وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
دانشگاه تربیت حیدریه

آشنایی با مفاهیم، استانداردها و چگونگی پیاده سازی سیستم مدیریت ساختمان هوشمند (IBMS)

دکتر احسان عظیمی راد
استادیار گروه برق دانشگاه تربیت حیدریه
دکتر سیدرضا موحد قدسی نیا
استادیار گروه برق دانشگاه تربیت حیدریه

آشنایی با مفاهیم، استانداردها و چگونگی پیاده‌سازی سیستم مدیریت ساختمان هوشمند (IBMS)

دکتر احسان عظیمی راد
استادیار گروه برق دانشگاه تربت حیدریه

دکتر سیدرضا موحد قدسی‌نیا
استادیار گروه برق دانشگاه تربت حیدریه

وزارت علوم تحقیقات و فناوری
دانشگاه تربت حیدریه

سرشناسه: عظیمی‌راد، احسان، ۱۳۶۲ –

عنوان و نام پدیدآور: آشنایی با مفاهیم، استانداردها و چگونگی پیاده‌سازی سیستم مدیریت ساختمان هوشمند (IBMS)/ احسان عظیمی‌راد، سیدرضا موحد قدسی‌نیا.

مشخصات نشر: تربت حیدریه: دانشگاه تربت حیدریه، انتشارات، ۱۳۹۹.

مشخصات ظاهری: ۲۲۳ص. : مصور، جدول.

شابک: ۳-۱۵-۸۳۳۵-۶۰۰-۹۷۸.

قیمت: ۶۰۰۰۰ تومان

وضعیت فهرست‌نویسی: فیپا

یادداشت: کتابنامه: ص. ۱۹۱-۱۹۳.

موضوع: ساختمان‌های هوشمند -- راهنمای آموزشی (عالی).

موضوع: Intelligent buildings -- Study and teaching (Higher)

موضوع: ساختمان‌های هوشمند – مدیریت – راهنمای آموزشی (عالی)

موضوع: Intelligent buildings -- Management-- Study and teaching (Higher)

شناسه افزوده: موحد قدسی‌نیا، سیدرضا، ۱۳۶۱ –

شناسه افزوده: دانشگاه تربت حیدریه

رده‌بندی کنگره: TH 6012

رده بندی دیویی: ۶۹۶

شماره کتابشناسی ملی: ۷۵۰۵۸۳۶

مسئولیت کلیه مطالب این کتاب بر عهده نویسنده می‌باشد. انتشارات دانشگاه تربت حیدریه هیچگونه مسئولیتی در قبال صحت و سقم مطالب ارائه شده در این کتاب ندارد.

کلیه حقوق این اثر متعلق به دانشگاه تربت حیدریه می‌باشد.

پیشگفتار

«به نام آن‌که هستی نام از او یافت»

سپاس و ستایش خداوند متعال، که ما را یاری نمود پس از ماه‌ها تلاش و پیگیری مستمر بتوانیم نگارش این کتاب را به‌پایان رسانیده و اکنون در اختیار شما دانشجویان، دانش‌پژوهان و متخصصین قرار دهیم. امروزه آشنایی با مفاهیم هوشمندسازی ساختمان علاوه‌بر افزایش دانش و یادگیری علاقه‌مندان در این حوزه تخصصی، تأثیر بسیار زیادی در ورود فارغ‌التحصیلان دانشگاهی به بازار فعالیت و کار به‌ویژه در رشته‌های مرتبط مانند مهندسی برق، مهندسی رایانه، مهندسی عمران، مهندسی صنایع و مهندسی مکانیک دارد. یکی از مهم ترین و پایه ای‌ترین موضوعات در رشته‌های ذکر شده، آشنایی دانشجویان با نرم‌افزارهای تخصصی رشته خود می‌باشد که می‌توانند فهم دقیق و کاملی از مفاهیم این موضوع را برای ایشان به‌همراه داشته باشند.

علی‌رغم جامعیت و گستردگی موضوع مدیریت ساختمان به‌روش هوشمند، مرجع کاملی که دربرگیرنده مفاهیم، استانداردها و پیاده‌سازی آن در ساختمان یا خانه به‌شکل هوشمند باشد وجود ندارد. عمده مطالب موجود یا حاصل کتاب‌هایی است که بر روی معرفی این سیستم‌ها مبتنی بر یک پروتکل خاص متمرکز شده و یا حاصل تحقیقات دانشجویان در قالب پایان‌نامه یا یک تحقیق علمی است. لذا وجود یک منبع کامل برای بیان ساده، روان و کاربردی مفاهیم، استانداردها و شیوه اجرا در عملیات هوشمندسازی ساختمان ضروری است. کتاب حاضر حاوی مطالب بسیار مفیدی از این مفاهیم است تا متخصصین مربوطه و افراد علاقه‌مند به این حوزه را راهنمایی نماید. در این کتاب مسائل اساسی حوزه مدیریت ساختمان هوشمند به زبانی ساده، گویا و البته کاربردی در قالب ۸ فصل بیان شده است. مطالب هر فصل به‌گونه‌ای تنظیم شده‌اند که نیاز تئوری و عملی مخاطب را برآورده سازند و از این نظر، یکی از نقات قوت کتاب مذکور در مقایسه با کتاب‌های چاپ شده قبلی، این مسئله خواهد بود. ضمن این‌که، نویسندگان قصد دارند جلد دوم آن‌را به پیاده‌سازی پروژه های عملی در حوزه سیستم مدیریت ساختمان هوشمند اختصاص دهند که کار پیاده‌سازی پروژه‌های گوناگون در زمینه‌های کنترل روشنایی، کنترل ایمنی و حفاظت، کنترل تردد، کنترل سیستم تهویه هوا و بسیاری از پروژه‌های مشابه مورد نیاز در حال انجام است. استفاده از مطالب این کتاب علاوه بر دانشجویان علاقه‌مند در رشته‌های فنی و مهندسی به سایر کارشناسان و متخصصین علاقه‌مند در این زمینه تخصصی توصیه می‌شود. محتوای کتاب فوق برای درس

تأسیسات الکتریکی در مقطع کاردانی و دروس سیستم‌های هوشمند، مباحث ویژه و ساختمان هوشمند در مقطع کارشناسی رشته‌های مهندسی برق و عمران و برخی از دروس رشته مهندسی مکانیک قابل استفاده می‌باشد.

در پایان امیدواریم این زحمت ناچیز ضمن قبولی در پیشگاه الهی، مورد توجه اساتید معزز، دانشجویان گرامی، کارشناسان و متخصصین مرتبط با موضوع قرار گرفته و نظرات و پیشنهادات سازنده را به مؤلفان یادآوری فرمایند.

ومن الله التوفیق و علیه التکلان

احسان عظیمی راد
عضو هیأت علمی گروه برق و کامپیوتر
دانشگاه تربت حیدریه
e.azimi@torbath.ac.ir

سیدرضا موحد قدسی‌نیا
عضو هیأت علمی گروه برق و کامپیوتر
دانشگاه تربت حیدریه
sr.movahhed@torbath.ac.ir

چکیده

خانهٔ هوشمند به مجموعه‌ای اطلاق می‌گردد که در آن همهٔ امکانات ضروری مورد نیاز انسان از طریق شبکهٔ تحت‌وب و براساس پروتکل‌های تعریف‌شده قابل دسترسی باشد. این امکانات شامل دسترسی به سیستم کنترل روشنایی، سیستم تهویهٔ هوا، سیستم نظارت و مانیتورینگ، سیستم آبیاری باغچه، سیستم کنترل پرده و موارد دیگر می‌شود که هدف هوشمندسازی هریک از آن‌ها، ایجاد رفاه، راحتی و صرفه‌جویی در وقت و انرژی برای انسان‌ها است. به‌عبارت دیگر، خانه هوشمند مجموعه‌ای از تکنولوژی‌ها و سرویس‌ها در شبکه خانگی برای بهبود کیفیت زندگی است که در سال‌های اخیر بسیار گسترش یافته و به جزء جدایی‌ناپذیر تمامی ساختمان‌های مسکونی و غیرمسکونی تبدیل شده است. استفاده از تکنولوژی در خانه‌ها و ساختمان‌های هوشمند چه از نظر بهبود کیفیت زندگی و چه از نظر صرفه‌جویی در مصرف انرژی بسیار سودمند است. موضوع تکنولوژی در خانهٔ هوشمند بیشتر از یک دهه است که مفهوم شبکه وسایل و تجهیزات را معرفی نموده است. بیشتر ابزارهایی که درسیستم‌های رایانه‌ای استفاده می‌شوند می‌توانند در سیستم‌های ساختمان و خانهٔ هوشمند مجتمع‌سازی شوند. شبکهٔ موجود در خانهٔ هوشمند شامل زیر سیستم‌های ناهمگون است که نیازمند برقراری ارتباط و تبادل اطلاعات با یکدیگرند تا بتوانند با یکدیگر همکاری داشته و وظایف مشترک را به‌درستی اجرا نمایند. در کتاب حاضر، مسائل اساسی حوزه مدیریّت ساختمان هوشمند به زبانی ساده، گویا و البته کاربردی در قالب هشت فصل تبیین گردیده‌اند. فصل‌های مختلف کتاب به‌معرّفی و تشریح اصول حاکم بر سیستم مدیرّیت ساختمان به‌صورت هوشمند می‌پردازند. مطالب در این کتاب به‌گونه‌ای سازماندهی شده‌اند که ضمن معرفی مزایا و دلایل هوشمندسازی ساختمان، معماری هوشمند، پروتکل‌ها و استانداردها، نحوّ سیم‌کشی در ساختمان و شیوهٔ طرّاحی و پیاده‌سازی خانهٔ هوشمند تشریح گردیده‌اند. در پایان کتاب، برخی از برنامه‌های کاربردی جهت حل مسئله و به‌شکلی ساده ارائه شده‌اند.

فهرست مطالب

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

مقدمه ۱

فصل اول: جایگاه سیستم مدیریّت ساختمان ۵

۱-۱- مقدّمه ۷

۱-۲- تعریف سیستم مدیریّت ساختمان ۷

۱-۳- مصالحه صرفه جویی و رفاه ۹

۱-۴- استفاده بهینه از تجهیزات ۱۱

۱-۵- افزایش عمر تجهیزات ۱۱

۱-۶- عدم نیاز به پیمانکار دائمی ساختمان ۱۲

۱-۷- امکان مانیتورینگ و کنترل از راه دور ۱۲

۱-۸- ایجاد هماهنگی بین کلیّهٔ تأسیسات ۱۳

۱-۹- گزارش آماری جهت بهینه سازی مصرف ۱۳

۱-۱۰- مدیریّت ساختمان در برابر مدیریّت هوشمند ساختمان ۱۳

فصل دوم: مفهوم سیستم مدیریّت ساختمان هوشمند ۱۵

۲-۱- مقدّمه ۱۷

۲-۲- تعریف سیستم مدیریّت ساختمان هوشمند ۱۷

۲-۳- مفهوم ساختمان هوشمند ۱۸

۲-۳-۱- ورودی‌ها ۲۲

۲-۳-۱-۱- حسگرها ۲۲

۲-۳-۱-۲- بایگانی اطّلاعات ۲۳

۲-۳-۱-۳- برنامه‌ریزی دستی ۲۴

۲-۳-۱-۴- اینترنت ۲۴

۲-۳-۲- نرم‌افزار پردازش و تحلیل اطّلاعات ۲۴

۲-۳-۳- خروجی‌ها ۲۴

۲-۳-۴- ملاحظات زمانی ۲۵

۲-۳-۵- توانایی یادگیری ۲۵

۲-۴- برتری IBMS در برابر BMS ۲۶
۲-۵- توابع اوّلیهٔ سیستم‌های مدیریّت ساختمان هوشمند ۲۷
۲-۵-۱- سوئیچینگ اتوماتیک ON/OFF تجهیزات ۲۷
۲-۵-۲- مانیتورینگ وضعیّت تجهیزات، همراه با شرایط محیطی ۲۷
۲-۵-۳- نگهداری و حفاظت انرژی ۲۸
۲-۵-۴- مدیریّت تجهیزات ساختمان ۲۸
۲-۵-۵- قابلیّت‌های کنترل از راه دور ۲۸
۲-۵-۶- ردیابی خطا ۲۸
۲-۵-۷- قابلیّت یکپارچه کردن سیستم‌های ساختمان ۲۸
۲-۶- ظهور تکنولوژی در هوشمندسازی ساختمان ۲۸
فصل سوم: معماری سیستم مدیریّت ساختمان هوشمند ۳۱
۳-۱- مقدّمه ۳۳
۳-۲- زیرسیستم‌های ساختمان هوشمند ۳۳
۳-۳- معماری ساختمان هوشمند ۳۷
۳-۴- اجزاء سیستم مدیریت ساختمان هوشمند ۳۸
۳-۴-۱- حسگرها ۳۸
۳-۴-۲- کنترل‌کننده‌ها ۳۹
۳-۴-۳- عملگرها ۳۹
۳-۵- اصول اساسی طرّاحی در ساختمان هوشمند ۳۹
۳-۵-۱- سیستم کنترل دما، تهویهٔ هوا ۴۰
۳-۵-۱-۱- نقاط قابل کنترل ۴۱
۳-۵-۱-۲- تهویهٔ مطبوع ۴۱
۳-۵-۱-۳- زیر سیستم‌های HVAC ۴۲
۳-۵-۱-۳-۱- هواسازها ۴۲
۳-۵-۱-۳-۲- سیستم کنترلی پمپ‌ها ۴۴
۳-۵-۱-۳-۳- سیستم کنترل چیلر جذبی ۴۴
۳-۵-۱-۳-۴- سیستم کنترل بویلر ۴۵

۳-۵-۱-۳-۵- فنّ‌کویل‌ها ۴۵
۳-۵-۱-۴- سیستم‌های کنترل هوشمند موتورخانه ۴۶
۳-۵-۲- سیستم کنترل روشنایی هوشمند ۵۲
۳-۵-۲-۱- روشنایی در محیط کار ۵۳
۳-۵-۲-۲- نگهداری سیستم‌های روشنایی ۵۴
۳-۵-۲-۳- مزایای هوشمندسازی سیستم روشنایی ۵۵
۳-۵-۲-۴- نقاط قابل کنترل توسّط سیستم روشنایی ۵۶
۳-۵-۳- سیستم دوربین مدار بسته هوشمند ۵۶
۳-۵-۳-۱- مزایای هوشمندسازی سیستم دوربین مداربسته ۵۷
۳-۵-۳-۲- نقاط قابل کنترل توسّط سیستم دوربین‌ها ۵۸
۳-۵-۴- سیستم کنترل تردّد هوشمند ۵۸
۳-۵-۴-۱- مزایای هوشمندسازی سیستم کنترل تردّد ۵۸
۳-۵-۴-۲- نقاط قابل کنترل توسّط سیستم کنترل تردّد ۶۰
۳-۵-۵- سیستم اعلام و اطفاء حریق هوشمند ۶۰
۳-۵-۵-۱- مزایای هوشمندسازی سیستم اعلام و اطفاء حریق ۶۰
۳-۵-۵-۲- نقاط قابل کنترل توسّط سیستم اعلام و اطفاء حریق ۶۱
۳-۵-۶- سیستم توزیع دیتا ۶۱
۳-۵-۶-۱- مزایای استفاده از سیستم توزیع دیتای هوشمند ۶۲
۳-۵-۶-۲- نقاط قابل کنترل توسّط سیستم توزیع دیتا ۶۲
۳-۵-۷- سیستم توزیع خطوط تلفن ۶۳
۳-۵-۷-۱- نقاط قابل کنترل توسّط سیستم توزیع خطوط تلفن ۶۳
۳-۵-۸- سیستم آنتن مرکزی و توزیع سیگنال ۶۳
۳-۵-۸-۱- مزایای استفاده از سیستم آنتن مرکزی ۶۴
۳-۵-۸-۲- نقاط قابل کنترل توسّط سیستم آنتن مرکزی ۶۴
۳-۵-۹- سیستم تغذیهٔ اضطراری ۶۵
۳-۵-۹-۱- مزایای استفاده از سیستم UPS ۶۵
۳-۵-۹-۲- مزایای ژنراتور ۶۵

۳-۵-۹-۳- نقاط قابل کنترل توسّط UPS ۶۶
۳-۵-۱۰- سیستم روشنایی اضطراری ۶۶
۳-۵-۱۰-۱- مزایای استفاده از سیستم روشنایی اضطراری ۶۷
۳-۵-۱۰-۲- نقاط قابل کنترل توسّط سیستم روشنایی اضطراری ۶۷
۳-۵-۱۱- سیستم عکس‌العمل خطر ۶۷
۳-۵-۱۱-۱- مزایای استفاده از سیستم عکس‌العمل خطر ۶۸
فصل چهارم: استانداردها و پروتکل‌های خانهٔ هوشمند ۶۹
۴-۱- مقدّمه ۷۱
۴-۲- پروتکل‌های ساختمان هوشمند ۷۱
۴-۲-۱- معرّفی X-10 ..... ۷۴
۴-۲-۱-۱- ماژول تجهیزات ۷۵
۴-۲-۱-۲- کنترل‌کننده‌ها ۷۵
۴-۲-۱-۳- نقاط ضعف و محدودیّت‌ها ۷۶
۴-۲-۲- معرّفی Z-Wave ۷۷
۴-۲-۲-۱- کاربردها و قابلیّت‌های Z-Wave ۷۸
۴-۲-۳- معرّفی KNX ۷۹
۴-۲-۳-۱- مزایا و حالات برنامه ریزی KNX ۷۹
۴-۲-۳-۲- بسترهای ارتباطی در KNX ۸۰
۴-۲-۴- معرّفی C-BUS ۸۲
۴-۲-۴-۱- سیستم C-BUS ۸۲
۴-۲-۵- معرّفی BACnet ۸۳
۴-۲-۵-۱- ویژگی‌های BACnet ۸۵
۴-۲-۵-۲- اصول پایهٔ BACnet ۸۶
۴-۲-۶- معرّفی LonWorks ۸۶
۴-۲-۶-۱- مزایا و معایب LonWorks ۸۷
۴-۲-۷- معرّفی ZigBee ۸۹
۴-۲-۸- معرّفی S-Bus ۹۱

۴-۲-۸-۱- مزایای S-Bus ۹۱
۴-۲-۹- معرّفی PLC-Bus ۹۲
۴-۲-۹-۱- سیستم PLC-Bus ۹۳
۴-۳- مقایسهٔ پروتکل‌های ساختمان هوشمند ۹۴
۴-۳-۱- Z-Wave در مقابل ZigBee ۹۵
۴-۳-۲- Z-Wave در مقابل X-10 ..... ۹۵
۴-۳-۳- LonWorks در مقابل BACnet ۹۶
۴-۳-۴- Z-Wave در مقابل KNX ۹۷
فصل پنجم: خانهٔ هوشمند مبتنی بر استاندارد دلتا کنترلز ۹۹
۵-۱- مقدّمه ۱۰۱
۵-۲- معرّفی خانه هوشمند دیتا کنترلز ۱۰۱
۵-۳- دلایل استفاده از محصولات دیتا کنترلز ۱۰۲
۵-۴- معرّفی نرم‌افزار شرکت Delta Controls ۱۰۲
۵-۵- ویژگی‌های نرم افزار دلتا کنترلز ۱۰۴
۵-۵-۱- سازگاری با BACnet ۱۰۴
۵-۵-۲- گرافیک یکپارچه ۱۰۴
۵-۵-۳- صفحهٔ اصلی گرافیکی ۱۰۴
۵-۵-۴- اعلام وضعیّت جاری ۱۰۵
۵-۵-۵- تنظیم و ارائهٔ گزارشات ۱۰۵
۵-۵-۶- قابلیّت ثبت و ذخیرهٔ وقایع ۱۰۶
۵-۵-۷- گزارش داده‌ها و اطّلاعات ۱۰۶
۵-۵-۸- قابلیّت برنامه‌ریزی پیشرفته ۱۰۶
۵-۵-۹- ابزارهای نرم‌افزاری اعلام وضعیّت ۱۰۷
۵-۵-۱۰- نسخهٔ مبتنی بر WEB ۱۰۷
۵-۶- معرّفی سخت افزار شرکت Delta Controls ۱۱۰
۵-۶-۱- ورودی‌ها و خروجی‌ها ۱۱۶
۵-۶-۲- کنترل‌کننده‌های عمومی ۱۱۸

۵-۶-۳- کنترل‌کننده‌های ویژه روشنایی ۱۱۹
۵-۶-۴- کنترل‌کننده‌های امنیّتی ۱۲۰
۵-۶-۵- یکپارچه‌سازی سیستم‌های کنترلی ۱۲۱
فصل ششم: پیاده سازی و اجرای خانهٔ هوشمند ۱۲۳
۶-۱- مقدّمه ۱۲۵
۶-۲- تجهیزات هوشمندسازی ساختمان ۱۲۵
۶-۳- پیاده‌سازی هوشمندسازی در خانه‌ها ۱۲۶
۶-۴- نحوهٔ توزیع برق در یک خانهٔ هوشمند ۱۲۸
۶-۴-۱- توزیع برق روشنایی‌ها در هر فضا ۱۲۸
۶-۵- پیاده‌سازی قسمت مرکزی سیستم BMS ۱۳۱
۶-۵-۱- محلّ نصب تابلو ۱۳۱
۶-۵-۱-۱- فعّال‌سازی سیستم روشنایی ۱۳۱
۶-۵-۱-۲- نحوهٔ جانمایی چشمی‌ها ۱۳۲
۶-۵-۱-۳- پوشش بهتر فضا با دو چشمی ۱۳۶
۶-۵-۱-۴- نحوهٔ سیم‌کشی چشمی ۱۳۸
۶-۵-۲- فعّال‌سازی سیستم اعلام حریق ۱۴۰
۶-۵-۲-۱- سنسورهای دود ۱۴۱
۶-۵-۲-۲- جانمایی سنسورهای دود ۱۴۱
۶-۵-۲-۳- سنسور نشت گاز ۱۴۲
فصل هفتم: میکروکنترلرها و نقش آن‌ها در خانهٔ هوشمند ۱۴۵
۷-۱- معرّفی میکروکنترلرها ۱۴۷
۷-۱-۱- بخش‌های متنوّع میکروکنترلر ۱۴۷
۷-۱-۲- انواع میکروکنترلر ۱۴۷
۷-۱-۲-۱- میکروکنترلر ۸۰۵۱ ..... ۱۴۷
۷-۱-۲-۲- میکروکنترلر AVR ۱۴۸
۷-۱-۲-۱- خانواده‌های میکروکنترلر AVR ۱۴۹
۷-۱-۲-۳- میکروکنترلر ARM ۱۵۰

۷-۱-۲-۴- میکروکنترلر PIC ۱۵۰
۷-۲- مقایسهٔ انواع میکروکنترلرها ۱۵۱
۷-۲-۱- شاخص نویزپذیری ۱۵۱
۷-۲-۱-۱- اهمیّت نویز ۱۵۲
۷-۲-۱-۲- محیط‌های شامل نویز ۱۵۲
۷-۲-۱-۳- نویز نرم‌افزاری ۱۵۳
۷-۲-۱-۴- نویز برنامه‌نویسی ۱۵۳
۷-۳- AVR در پروژه‌های صنعتی ۱۵۴
۷-۳-۱- فعّال‌کردن تایمر نگهبان یا WATCHDOG ۱۵۴
۷-۳-۲- ایزولاسیون منبع تغذیه ۱۵۵
۷-۳-۳- کنترل بارهای ورودی و خروجی ۱۵۶
۷-۳-۳-۱- مفهوم فریت‌بید و اهمیّت آن ۱۵۷
۷-۳-۴- تنظیم ولتاژ خاموشی میکروکنترلر ۱۵۹
۷-۳-۵- صفحه‌کلید برای میکرو ۱۶۰
۷-۳-۶- استفاده از کابل مناسب برای ارتباطات دور ۱۶۱
۷-۴- پشتیبانی میکروکنترلرها از پروتکل‌های IBMS ۱۶۲
فصل هشتم: پروژه‌های مقدماتی هوشمندسازی ساختمان ۱۶۵
۸-۱- مقدّمه ۱۶۷
۸-۲- اندازه‌گیری فشار هوا توسّط سنسور ST09 ..... ۱۶۷
۸-۳- اندازه‌گیری دما و رطوبت توسّط سنسور DHT11 ..... ۱۶۸
۸-۴- کنترل نور توسّط سنسور فتوسل ۱۷۱
۸-۵- کنترل از راه دور توسّط ماژول GSM SIM900D ۱۷۳
۸-۶- توصیف کلّی الگوریتم‌ها ۱۸۶
منابع و مراجع ۱۸۹

فهرست شکل‌ها

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱: ساختمان مدرن با بهره‌گیری از تکنولوژی‌های نوین ۸
شکل ۱-۲: نمودار مصرف انرژی در جهان ۱۰
شکل ۱-۳: صنعت هوشمند ساختمان و خانه هوشمند ۱۱
شکل ۲-۱: ساختمان هوشمند ۲۰
شکل ۲-۲: بخش های مختلف سیستم یکپارچه در مدیریت ساختمان هوشمند ۲۱
شکل ۳-۱: عملکرد ساختمان هوشمند ۳۶
شکل ۳-۲: معماری هوشمند ساختمان ۳۸
شکل ۳-۳: سیستم فن‌کویل با چهار شیر سوزنی ۴۵
شکل ۳-۴: سیستم فن‌کویل با دو شیر سوزنی ۴۶
شکل ۴-۱: سطوح هوشمندسازی ساختمان مبتنی بر پروتکل‌ها ۷۳
شکل ۴-۲: انواع پروتکل‌های رایج در سیستم مدیریت ساختمان هوشمند ۷۴
شکل ۴-۳: تفاوت سیم کشی سنتی با سیم کشی C-BUS ۸۳
شکل ۴-۴: لایه های مختلف تحت شبکه پروتکل LonWorks ۸۷
شکل ۴-۵: ساختار خودکارسازی ساختمان مبتنی بر پروتکل LonWorks ۸۸
شکل ۴-۶: چارچوب اصلی پروتکل ZigBee در ساختمان هوشمند ۹۰
شکل ۴-۷: لایه‌های پروتکل ZigBee مبتنی بر استاندارد IEEE 802.15.4 ..... ۹۰
شکل ۵-۱: کنترل‌کننده دلتا کنترلز برای تنظیم سیستم کنترل تهویه هوا ۱۰۳
شکل ۵-۲: محیط نرم‌افزار Orcaview ۱۰۳
شکل ۵-۳: صفحه مدیریت نرم‌افزار در ساختمان هوشمند ۱۰۵
شکل ۵-۴: نرم‌افزار پیشرفته مدیریت انرژی در ساختمان ۱۰۷
شکل ۵-۵: توصیف صفحه اصلی نرم‌افزار Orcaweb ۱۰۸
شکل ۵-۶: پنل نمایش وضعیت نسخه تحت وب نرم‌افزار Orcaweb ۱۰۸
شکل ۵-۷: صفحه مشاهده گزارش‌ها در نرم‌افزار تحت وب ۱۰۹
شکل ۵-۸: سیستم کنترل ماژولار سخت‌افزار دلتا کنترلز ۱۱۰
شکل ۵-۹: سیستم کنترل سخت‌افزار DSC-1146E ۱۱۱

شکل ۵-۱۰: جزئیات طرح‌بندی سیستم کنترل سخت‌افزار DSC-1146E ۱۱۱
شکل ۵-۱۱: کنترل‌کننده‌های کاربردی دلتا کنترلز DLC سری G1212 ..... ۱۱۲
شکل ۵-۱۲: شماتیک سیم‌کشی ورودی‌ها و خروجی‌های ماژول DLC-G1212 ..... ۱۱۳
شکل ۵-۱۳: کنترل‌کننده‌های کاربردی دلتا کنترلز DAC ۱۱۳
شکل ۵-۱۴: کنترل‌کننده‌های کاربردی دلتا کنترلز DVC ۱۱۴
شکل ۵-۱۵: پنل کنترل دما و رطوبت ماژول‌های سخت‌افزاری DNS و DNT ۱۱۴
شکل ۵-۱۶: طرح بُرد PCB سخت‌افزار DNT ۱۱۵
شکل ۵-۱۷: طرح بُرد PCB سخت‌افزار DNS-x24 ..... ۱۱۵
شکل ۵-۱۸: ماژول سخت‌افزاری DFM-404 ..... ۱۱۶
شکل ۵-۱۹: دیاگرام طرح بُورد ماژول سخت‌افزاری DFM-404 ..... ۱۱۶
شکل ۵-۲۰: ماژول کنترل‌کننده سخت‌افزاری DSM ۱۱۷
شکل ۵-۲۱: طرح‌بندی الکترونیکی بُرد ماژول کنترل‌کننده سخت‌افزاری DSM ۱۱۸
شکل ۵-۲۲: تابلو برق کنترل روشنایی شرکت دلتا کنترلز ۱۱۹
شکل ۵-۲۳: سیستم کنترل مدیریت دسترسی به درب‌ها ASM-24E ۱۲۱
شکل ۶-۱: اجزاء قابل مدیریت در ساختمان هوشمند ۱۲۷
شکل ۶-۲: نحوه توزیع برق در سیستم مدیریت ساختمان تابلوی BMS ۱۳۰
شکل ۶-۳: بلوک دیاگرام توزیع برق روشنایی برای یک خانه هوشمند ۱۳۰
شکل ۶-۴: نحوه عملکرد تابلوی BMS ۱۳۲
شکل ۶-۵: نحوه جانمایی صحیح چشمی‌ها در یک اتاق ۱۳۲
شکل ۶-۶: جانمایی چند نمونه چشمی در نزدیکی راه‌پله و آسانسور ۱۳۳
شکل ۶-۷: مثالی دیگر از جانمایی چشمی در ساختمان ۱۳۳
شکل ۶-۸: جانمایی چشمی در حالت کم‌ترین حساسیت به عبور یک فرد ۱۳۴
شکل ۶-۹: جانمایی چشمی در حالت بیش‌ترین حساسیت به عبور یک فرد ۱۳۴
شکل ۶-۱۰: جانمایی چشمی در حالت بیش‌ترین حساسیت به عبور یک فرد ۱۳۵
شکل ۶-۱۱: شماتیکی از اولویت‌های جانمایی چشمی در یک اتاق بزرگ ۱۳۵
شکل ۶-۱۲: استفاده از دوچشمی در یک اتاق بزرگ برای کنترل فرد ۱۳۶
شکل ۶-۱۳: جانمایی بهینه دوچشمی برای کنترل روشنایی خودکار ۱۳۷

شکل ۶-۱۴: نمایی از بُرد الکترونیک یک نمونه چشمی ۱۳۸
شکل ۶-۱۵: نحوه سیم‌کشی و اتصال چشمی‌ها به دستگاه BMS ۱۳۹
شکل ۶-۱۶: نحوه سیم‌کشی چشمی‌ها و اتصال آن‌ها برای کنترل چند منطقه ۱۴۰
شکل ۶-۱۷: جانمایی سنسورهای دود در بالاترین ارتفاع از سقف خانه ۱۴۲
شکل ۶-۱۸: جانمایی سنسورهای گاز و کابل‌کشی آن‌ها ۱۴۳
شکل ۷-۱: نمونه‌ای از میکروکنترلرهای ۸۰۵۱ ..... ۱۴۸
شکل ۷-۲: نمونه‌ای از میکروکنترلرهای AVR ۱۴۸
شکل ۷-۳: نمونه‌هایی دیگر از خانواده میکروکنترلرهای AVR ۱۵۰
شکل ۷-۴: نمونه‌ای از میکروکنترلرهای ARM ۱۵۰
شکل ۷-۵: نمونه‌ای از میکروکنترلرهای PIC ۱۵۱
شکل ۷-۶: مدار داخلی منبع تغذیه میکروکنترلرها ۱۵۶
شکل ۷-۷: انواع اپتوکوپلرها: (الف-د) دارلینگتون، ترانزیستوری، دیاک و مدار منطقی ۱۵۷
شکل ۷-۸: نمونه‌ای از فریت‌بید ۱۵۷
شکل ۷-۹: نمونه‌ای از مدل مداری فریت‌بید ۱۵۸
شکل ۷-۱۰: نمودار تغییرات امپدانس عناصر مدل فریت‌بید نسبت به فرکانس ۱۵۹
شکل ۷-۱۱: نمونه‌ای از صفحه کلید جهت اتصال به میکروکنترلر ۱۶۰
شکل ۷-۱۲: مدار تبیین عملکرد ولتاژ مخالف عملکرد پایه میکروکنترلر ۱۶۱
شکل ۷-۱۳: انواع کابل زوج سیم بهم‌تابیده: (الف) حفاظ‌دار (ب) بدون حفاظ ۱۶۱
شکل ۸-۱: مدار اندازه‌گیری فشار هوا توسط سنسور ST09 ..... ۱۶۸
شکل ۸-۲: مدار اندازه‌گیری دما و رطوبت توسط سنسور DHT11 ..... ۱۷۱
شکل ۸-۳: مدار کنترل نور توسط سنسور فتوسل ۱۷۳
شکل ۸-۴: مدار کنترل از راه دور توسط ماژول GSM SIM900D ۱۸۶

فهرست جداول

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۴-۱: مقایسه پروتکل‌های خانه هوشمند ۹۸
جدول ۷-۱: میزان نویزپذیری انواع میکروکنترلرها ۱۵۱
جدول ۷-۲: میزان استفاده از میکروکنترلرها در دنیا ۱۵۲

فهرست اختصارات

فهرست اختصارات

IBMS	Intelligent Building Management System	سیستم هوشمند مدیریّت ساختمان
BMS	Building Management System	سیستم مدیریّت ساختمان
HVAC	Heating, ventilation, and air conditioning	گرمایش و تهویهٔ هوا
IH	Intelligent Home	خانهٔ هوشمند
IAS	International Architecture Symposium	سمپوزیوم بین‌المللی معماری
EIBG	European Intelligent Building Group	گروه ساختمان هوشمند اروپا
DEGW	Duffy, Eley, Giffone and Worthington	روند فرماندهی در ساختمان
BCS	Building Control Section	بخش کنترل ساختمان
BSI	Building Systems Integrated	ادغام سیستم‌های ساختمان
LC	Lighting Control	کنترل روشنایی
HMI	Human Machine Interface	رابط ماشین انسان
STP	Shielded Twisted Pair	زوج سیم بهم تابیدهٔ حفاظ‌دار
USTP	Unshielded Twisted Pair	زوج سیم بهم تابیدهٔ بدون حفاظ
VAV	Variable Air Volume	حجم هوای متغیّر
AFD	Anti-Freezing Detector	آشکارساز ضدّ یخ
SAS	Start and Stop	شروع و پایان
CN	Camera Network	شبکهٔ مبتنی بر دوربین
DDVR	DVR-Digital Video Recorders	ضبط کننده‌های فیلم دیجیتال DVR
CCTV	Closed Circuit TeleVision	تلویزیون مدار بسته
NFPA	National Fire Protection Association	انجمن ملّی حریق
VOIP	Voice over Internet Protocol	پروتکل صدا از طریق اینترنت
PABX	Private Automatic Branch Exchange	تعویض شبکهٔ اتوماتیک خصوصی
UPS	Uninterruptible power supply	منبع تغذیهٔ اضطراری
HA	Home Automation	اتوماسیون خانگی
RC	Remote Control	کنترل از راه دور

OSI	Open System Interconnection	اتّصال سیستم باز
EHSP	European Home System Protocol	پروتکل سیستم خانگی اروپا
BB	Bati BUS	گذرگاه باتی
EIB	European Installation BUS	گذرگاه راه‌اندازی اروپا
BACNP	Building Automation and Control Networking Protocol	پروتکل شبکهٔ اتوماسیون و کنترل ساختمان
PTP	Point to Point	نقطه به نقطه
OPS	Open Protocol Systems	سیستم‌های پروتکل باز
SG	Smart Grid	شبکهٔ هوشمند
DCS	Delta Controls Software	نرم‌افزار کنترل دلتا
DSC	Delta System Controllers	کنترل‌کننده‌های سیستم دلتا
IE	Information Exchange	تبادل اطّلاعات
DAC	Delta Application Controllers	کنترل‌کننده‌های کاربردی دلتا
DVC	Delta VAV Controllers	کنترل‌کننده‌های حجم هوای متغیّر دلتا
DLC	Delta Lighting Controller	کنترل‌کنندهٔ روشنایی دلتا
DNS	Delta Network Sensors	سنسورهای شبکهٔ دلتا
DNT	Delta Network Thermostat	ترموستات شبکهٔ دلتا
DFM	Delta Field Modules	ماژول‌های زمینهٔ دلتا
BPS	Bit per Second	بیت بر ثانیه
DSM	Distributed Shared Memory	حافظهٔ مشترک توزیع شده
ADM	Access Door Module	ماژول دسترسی به در
ACA	Access Control Applications	کاربردهای کنترل دسترسی
CU	Central Unit	واحد مرکزی
CM	Control Modules	ماژول‌های کنترل
VM	Vision Modules	ماژول‌های بینایی
CC	Control Cards	کارت‌های کنترل

SAE	Sensors & Auxiliary Equipments	سنسورها و تجهیزات کمکی
WNC	Wires and Network Cables	کابل‌های شبکه و سیم‌بندی
WEM	Wireless Equipments & Modules	ماژول‌ها و تجهیزات بی‌سیم
TPC	Twisted Pair Cable	کابل زوج سیم بهم تابیده
CPU	Central Processing Unit	واحد پردازش مرکزی
ALU	Arithmetic Logic Unit	واحد منطقی محاسباتی
RAM	Readable and Writable Memory	حافظهٔ قابل خواندن و قابل نوشتن
ROM	Readable Only Memory	حافظهٔ فقط خواندنی
WDT	Watchdog	دیده‌بان
SMD	Surface Mount Device	دستگاه نصب سطح
MCU	Master Control Unit	واحد کنترل اصلی

مقدّمه

چرایی اهمیت سیستم مدیریت ساختمان هوشمند

مقدّمه

انرژی نقش بسزایی در عرصهٔ سیاسی، اقتصادی و اجتماعی جوامع بشر، ایفا می‌کند. در قرن حاضر مهم‌ترین دارایی هر جامعه میزان ذخایر انرژی آن می‌باشد و امنیّت ملّی آن‌ها مستقیماً به این منابع وابسته است. با کمبود منابع موجود در جهان نقش این مجموعه حیاتی، هر دهه بیشتر خواهد شد و لذا بهای پرداختی بابت آن نیز افزایش می‌یابد. با فرض ابداع و ایجاد انرژی‌های جدید و شرایط بهینه در آینده، قیمت گزاف این محصولات در حال حاضر مسئلهٔ مهمی برای مصرف کنندگان می‌باشد. این امر سبب ایجاد روند و روش‌های صرفه‌جویی و بهینه‌سازی مصرف انرژی می‌باشد (ماهنامه بازار بین‌الملل، ۱۳۸۹).

در گام دوم رفاه انسان، امنیّت و آرامش او یکی از معیارهای مهمّ بشر بوده و هر لحظه تلاشی در جهت ارتقاء آن داشته است، اکثر ابداعات و اختراعات، از نخستین انسان ها تا به حال در این مقوله گنجانده می‌شود و بر این مطلب صحّه گذاشته است. ایجاد سیستم‌های تمام اتوماتیک، راهبری آسان تجهیزات و ابزارآلات، سیستم‌های پیشرفته خانگی و صنعتی، تغییر ماهیّت کارگری به نظارتی جزو این مقوله به شمار خواهند آمد. این دو گام مخالف هم بوده و باید تأثیرات مخرّب گام اول را بر گام دوم کاهش دهیم، سازگاری این دو، پیشینهٔ متمادی در قرون بشر داشته است. موارد فوق، تکنولوژی های جدیدی را در صنعت ابداع و مجموع موارد بهینه را در آن ایجاد نموده است و در آینده‌ای نزدیک گرایش به آن ها، نوعی الزام خواهد بود. صنعت هوشمند ساختمان نیز شامل تمام تجهیزات مورد نیاز یک ساختمان به صورت تمام اتوماتیک بدون دخالت شخص می‌باشد. سیستم‌های مذکور تمام امکانات و رویّه‌های موجود در اماکن را یکپارچه پیاده‌سازی نموده است، مانیتورینگ و کنترل آن از نقاط مختلف جهان توسّط خطوط اینترنت و مخابرات امکان‌پذیر خواهد بود و لذا موقعیّت و مشخّصات سیستم‌ها، آنلاین و هوشمند کنترل می‌شود. از مهم‌ترین مزایای آن تحت پوشش قرار دادن دو گام فوق به طور کامل می‌باشد (سیف، ۱۳۹۶).

سیستم مدیریّت ساختمان هوشمند با تکنولوژی نوین، با راه‌حل‌های متفاوت و استقرار بر روی شبکهٔ کامپیوتر، تسهیلات مورد نیاز یک ساختمان مدرن را ایجاد نموده است. مجموع رفتارهای این سیستم در جهت ایجاد محیط مطلوب، افزایش رفاه، سلامتی و رضایت مندی ساکنین، افزایش عمر مفید تجهیزات ساختمان، افزایش کارایی و بهره‌وری با ایجاد نقطهٔ کار استاندارد، کاهش خرابی تجهیزات، عدم وابستگی به پیمانکار دائمی ساختمان، دسترسی در وب و کنترل آن، ارتقاء دکوراسیون و زیبایی بنا و در نهایت صرفه‌جویی در تمام هزینه‌های فوق از مزایای سیستم خواهد

بود. همسو با سیستم‌های کنترلی، تجهیزات حفاظت و ایمنی نیز به طور گسترده در این اماکن اجرا و با سیستم‌های مذکور تجمیع خواهند شد، لذا توانایی کنترل در این باب، شامل همهٔ موارد و سیستم‌های الکترونیکی داخل ساختمان، از لحاظ کاربردی، حفاظتی و تزئینی می‌باشد (مفیدی، ۱۳۹۵).

این کتاب به‌صورت زیر سازماندهی شده است. در فصل اول، جایگاه سیستم مدیریّت ساختمان هوشمند تشریح شده است. فصل دوم به تبیین مفهوم سیستم مدیریّت ساختمان هوشمند می‌پردازد. در فصل سوم، معماری سیستم مدیریّت ساختمان هوشمند تبیین شده است. فصل چهارم به تشریح پروتکل‌ها و استانداردهای سیستم مدیریّت ساختمان هوشمند پرداخته است. در فصل پنجم، استاندارد دلتا کنترلز برای خانهٔ هوشمند معرفی شده است. فصل ششم نحوهٔ پیاده‌سازی بخش‌های مختلف در سیستم مدیریّت ساختمان هوشمند را بیان می‌کند. فصل هفتم به‌معرفی انواع میکروکنترلرها و نحوه پشتیبانی آن‌ها از پروتکل‌های سیستم مدیریّت ساختمان هوشمند می‌پردازد. در نهایت، در فصل هشتم برخی از پروژه‌های مقدّماتی حوزهٔ سیستم مدیریّت ساختمان هوشمند ارائه شده است.

فصل اوّل

جایگاه سیستم مدیریت ساختمان

۱-۱- مقدّمه

سیستم مدیریّت ساختمان هوشمند(IBMS[1]) امروزه مورد توجّه بسیاری از محقّقین قرار گرفته است. علّت این امر را می توان تأثیر این سیستم بر کاهش تقاضای بار مصرفی از یک سو و ایجاد رفاه و آسایش از سوی دیگر دانست. این موضوعات، اهمیّت توجّه به این سیستم را دوچندان می نماید. لذا در این فصل به موضوع اهمیّت و جایگاه سیستم مدیریّت ساختمان هوشمند در برابر سیستم مدیریّت ساختمان(BMS[2]) پرداخته شده است.

۱-۲- تعریف سیستم مدیریّت ساختمان

سیستم مدیریت ساختمان مجموعه‌ای از تکنولوژی‌ها و سرویس‌ها است که در شبکهٔ خانگی و غیرخانگی برای بهبود کیفیّت زندگی بشر پیاده سازی شده است. این سیستم در سال‌های اخیر بسیار گسترش یافته و به جزء جدایی‌ناپذیر تمامی ساختمان‌های مسکونی و غیرمسکونی تبدیل شده است. این تکنولوژی چه از نظر بهبود کیفیّت زندگی و چه از نظر صرفه‌جویی در مصرف انرژی بسیار سودمند است. تکنولوژی ساختمان هوشمند بیش از یک دهه است که مفهوم شبکه شدن وسایل و تجهیزات و استفاده از آن‌ها را در ساختمان‌های اداری و غیراداری معرّفی کرده است. اکثر ابزارهایی که درسیستم‌های کامپیوتری استفاده می‌شوند می‌توانند در سیستم مدیریّت ساختمان هوشمند مجتمع‌سازی و استفاده شوند.

بنابراین یک ساختمان هوشمند بنایی است که توانایی پاسخگویی به نیازهای کاربرانش بر مبنای اطّلاعات پردازش شده را داشته باشد. فاکتور پاسخگویی در زمان معیّن در این ساختمان بسیار مهم و ضروری است. تجهیزات متعدّد دریافت‌کننده و ارسال کننده، اطّلاعات را با توجّه به نظارتی که بر تغییرات محیط درونی و برونی بنا دارند دریافت می‌کنند. اهدافی که با ساخت یک ساختمان هوشمند بدست می‌آیند تقریباً تمام وجوه زندگی انسان را در برمی‌گیرند. بهره وری، راندمان بالا، ذخیره انرژی، سرگرمی، رفاه، آسایش، پایین آوردن هزینه‌های زندگی و افزایش عمر بنا، همه و همه نمونه‌هایی از این نوع اهداف است که با ساخت بناهای هوشمند بدست می‌آیند.

[1] Intelligent Building Management System
[2] Building Management System

سیستم مدیریّت ساختمان هوشمند، با راه‌حل‌های متفاوت و استقرار بر روی شبکهٔ کامپیوتر، تسهیلات مورد نیاز یک ساختمان مدرن را ایجاد نموده است. اثرات مثبت بکارگیری این سیستم در ساختمان هوشمند در جهت ایجاد محیط مطلوب، افزایش رفاه، سلامتی و رضایت‌مندی ساکنین، افزایش عمر مفید تجهیزات ساختمان، افزایش کارایی و بهره‌وری با ایجاد نقطه کار استاندارد، کاهش خرابی تجهیزات، عدم وابستگی به پیمانکار دائمی ساختمان، دسترسی از طریق وب و کنترل آن، ارتقاء دکوراسیون و زیبایی بنا و در نهایت صرفه‌جویی در تمام هزینه‌های فوق خواهد بود (بانشی و مهربان، ۲۰۱۵ میلادی). شکل ۱-۱ نمونه‌ای از یک ساختمان مدرن با بهره-گیری از تکنولوژی‌های نوین را نشان می‌دهد (سیف، ۱۳۹۶).

شکل ۱-۱: ساختمان مدرن با بهره‌گیری از تکنولوژی های نوین (سیف، ۱۳۹۶)

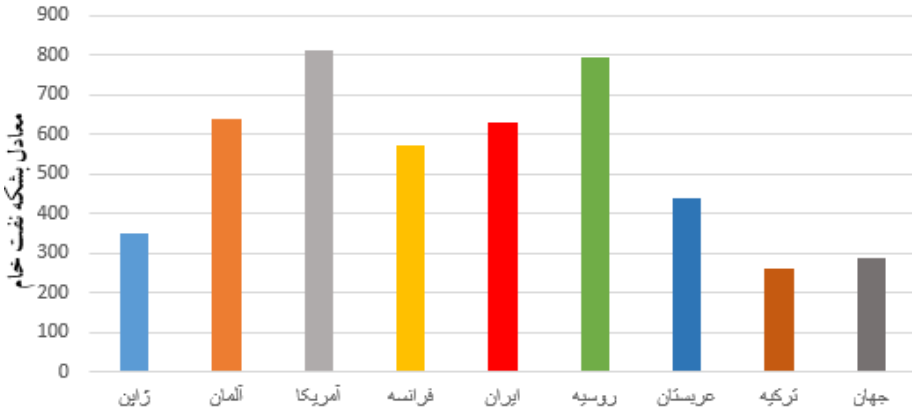
سیستم مدیریّت ساختمان هوشمند با به‌کارگیری آخرین تکنولوژی‌ها در صدد است شرایطی ایده‌آل، همراه با مصرف بهینهٔ انرژی در ساختمان‌ها به‌وجود آورد. این سیستم‌ها، ضمن کنترل بخش‌های مختلف ساختمان و ایجاد شرایط محیطی مناسب با ارائهٔ خدمات و سرویس‌های همزمان، موجب بهینه‌سازی مصرف انرژی، سطح کارایی و بهره‌وری سیستم و امکانات موجود در ساختمان می‌شوند. کنترل سیستم مدیریّت ساختمان و دسترسی به آن با استفاده از نرم‌افزارهای مربوطه از هر نقطه در داخل یا خارج ساختمان از طریق اینترنت امکان‌پذیر است. هم‌اکنون نیمی از

ساختمان‌های بالای ده‌هزار متر مربع در سطح کشور آمریکا که در آن از انواع سیستم‌های مدیریّت ساختمان استفاده شده است، چیزی در حدود ۱۰ درصد کل انرژی مصرفی در ساختمان‌ها را صرفه‌جویی می‌کنند. در صورتی‌که استانداردهای بین‌المللی در کلیّهٔ فرآیندهای نیازسنجی، طرّاحی، نظارت و اجرای سیستم رعایت شده و در طول بهره‌برداری از سیستم آموزش‌های بومی لازم در اختیار بهره‌برداران و گروه شبکهٔ ساختمان قرار گیرد، می‌توان به میزان مورد انتظار شاهد کاهش در مصرف انرژی بود (غازی و نادری، ۱۳۹۰).

۱-۳- مصالحهٔ صرفه جویی و رفاه

انرژی نقش بسزایی در عرصه سیاسی، اقتصادی و اجتماعی جوامع بشر ایفا می‌کند. در قرن حاضر مهم‌ترین دارایی هر جامعه میزان ذخایر انرژی آن می‌باشد و لذا امنیّت ملّی آن ها مستقیماً به این منابع وابسته است. با کمبود منابع موجود در جهان نقش این مجموعهٔ حیاتی بیشتر خواهد شد و لذا بهای پرداختی بابت آن نیز افزایش می‌یابد. در این میان دسترسی به منابع جایگزین و انرژی‌های نو نیز گران‌تر و بعضاً غیرممکن بوده و امکان ایجاد و استفاده از آن در هر نقطه‌ای میسّر نخواهد بود. در هر حال با مصرف بهینهٔ سوخت تا یکصد سال دیگر منابع نفت، گاز و تا دو قرن دیگر منابع زغال سنگ پایان خواهد یافت. ذخایر اورانیوم نیز توان تولید حدّاکثر ۱۵۳ میلیارد تن SKE[۳] را دارد. با این وجود و با در نظر گرفتن شرایط فعلی، جوامع در معرض دو خطر کمبود انرژی و آلایندگی تولید انرژی خواهند بود که محیط زیست انسان و سایر جانداران را به مخاطره انداخته است. با نگاهی گذرا به چارت مصرف انرژی در جهان به نوع و شکل الگوی مصرف و حقایق فوق پی خواهیم برد. با فرض ابداع و ایجاد انرژی‌های جدید و شرایط بهینه در آینده، قیمت گزاف این محصولات در حال حاضر مسئله مهمّی برای مصرف کنندگان می‌باشد. در نتیجه این امر سبب ایجاد روش‌هایی جهت صرفه‌جویی و بهینه‌سازی مصرف انرژی می‌شود. شکل ۱-۲ این موضوع را نشان می‌دهد.

[۳] واحد زغال سنگ



شکل ۱-۲: نمودار مصرف انرژی در جهان (آژانس بین‌المللی انرژی، ۲۰۱۵ میلادی)

شکل بالا نشان می‌دهد که ایران از نظر مصرف انرژی در بین کشورهای مورد بررسی جزء کشورهای با مصرف بالا محسوب می‌شود و سرانهٔ مصرف آن نزدیک به دو و نیم برابر مصرف میانگین جهانی است. بنابراین کاهش مصرف انرژی در کشور ایران امری ضروری است (آژانس بین‌المللی انرژی، ۲۰۱۵ میلادی).

از سویی رفاه انسان، امنیّت و آرامش او یکی از معیارهای مهمّ بشر بوده و هر لحظه تلاشی در جهت ارتقاء آن داشته است. اکثر ابداعات و اختراعات، از نخستین انسان ها تاکنون در این مقوله گنجانده می‌شوند و بر این مطلب صحّه می گذارند. ایجاد سیستم‌های تمام اتوماتیک، راهبری آسان تجهیزات و ابزارآلات، سیستم‌های پیشرفته خانگی و صنعتی، تغییر ماهیّت کارگری به نظارتی جزو این مقوله به شمار می آیند. این دو موضوع یعنی رفاه و صرفه جویی در جهت خلاف یکدیگر بوده و لذا می بایست مصالحه ای بین آنها صورت پذیرد. مصالحه این دو پیشینه ای طولانی در قرون بشر داشته است. موارد فوق، تکنولوژی های جدیدی را در صنعت ابداع و مجموع موارد بهینه را در آن ایجاد نموده است و در آینده‌ای نزدیک گرایش به آن ها، نوعی الزام خواهد بود. صنعت هوشمند ساختمان نیز شامل تمام تجهیزات مورد نیاز یک ساختمان بصورت تمام اتوماتیک بدون دخالت شخص می‌باشد. سیستم‌های مذکور تمام امکانات و رویه‌های موجود در اماکن را یکپارچه پیاده‌سازی نموده و مانیتورینگ و کنترل آن از نقاط مختلف جهان توسّط خطوط اینترنت و مخابرات امکان‌پذیر می نماید. لذا موقعیت و مشخّصات سیستم‌ها بصورت آنلاین و هوشمند کنترل می‌شود. از مهم‌ترین مزایای پیاده سازی سیستم مدیریت ساختمان

هوشمند، ایجاد تعادل در خصوص رفاه و صرفه جویی انرژی می‌باشد. شکل ۱-۳ مثالی از صنعت هوشمند ساختمان و خانهٔ هوشمند را نشان می‌دهد (سیف، ۱۳۹۶).

شکل ۱-۳: صنعت هوشمند ساختمان و خانهٔ هوشمند (سیف، ۱۳۹۶)

۱-۴- استفادهٔ بهینه از تجهیزات

هر چند بزرگترین مزیّت و اهمیّت سیستم های مدیریّت ساختمان ایجاد صرفه اقتصادی و رفاه فردی و اجتماعی می باشد اما این سیستم ها مزایای دیگری نیز دارند که اهمیّت استفاده از آن ها را دوچندان می نماید. از جمله این موارد می توان تأثیر استفاده از این سیستم ها در راستای بهره برداری و استفادهٔ بهینه از تجهیزات را نام برد. پرواضح است که با استفاده از سیستم‌های مدیریّت ساختمان به دلیل بهره‌گرفتن از تجهیزات در صورت نیاز و ضرورت، خاموش و روشن شدن وسایل براساس دستورات و برنامهٔ زمانبندی از پیش تعیین شده، بهره برداری در بهترین نقطهٔ کارکرد تجهیزات، محدود کردن تقاضا و استهلاک تجهیز و بسیاری دلایل مشابه، می توان بهترین شیوهٔ بهره برداری از هر یک از ابزارآلات و تجهیزات را داشت (سعیدزاده، فرازمند و پنجستونی، ۱۳۹۵).

۱-۵- افزایش عمر تجهیزات

با توجه به آنچه در قسمت قبل بیان شد واضح است که با بهره برداری بهینه از تجهیزات و جلوگیری از کارکرد بیش از حد و یا خارج از حدّ مجاز هر تجهیز، عمر این تجهیزات افزایش می

یابد. از سویی با توجّه به ساختارهای تعریف شده و پیش فرض در این سیستم ها، می توان وقوع خرابی یا خطا در هر تجهیز را قبل از آن که این خطا منجر به از کار افتادگی آن گردد تشخیص داد که این مورد تأثیر بسزایی در افزایش عمر مفید تجهیزات و کاهش هزینه های جاری سیستم خواهد داشت.

۱-۶- عدم نیاز به پیمانکار دائمی ساختمان

در ساختار سنّتی ساختمان ها، همواره نیاز به پیمانکاران دائمی برای تعمیر و نگهداری تجهیزاتی از قبیل سیستم های سرمایشی و گرمایشی، سیستم های برقی، آسانسور و غیره می باشد که به صورت منظّم می بایست نسبت به سرکشی و بررسی این تجهیزات اقدام کنند تا از خرابی و ایجاد هزینه های بالای تعمیرات جلوگیری شود. اما با استفاده از سیستم مدیریّت ساختمان هوشمند وظیفهٔ تعمیر و نگهداری تجهیزات را این سیستم انجام داده که از یک سو به دلیل توانایی تجزیه و تحلیل آماری و محاسباتی، دقّت تشخیص بالاتر است و از سویی دیگر نیاز به بررسی های بی مورد را کاهش می دهد. مجموع این شرایط سبب کاهش هزینه های تعمیر و نگهداری ساختمان می گردد که خود دلیل دیگری بر اهمیّت استفاده از این سیستم هوشمند است.

۱-۷- امکان مانیتورینگ و کنترل از راه دور

با پیشرفت تکنولوژی دو موضوع در خصوص ساختمان ها اهمیّت یافت. اول این که افراد به دلیل عدم حضور در ساختمان، امکان ایجاد تنظیمات دلخواه را برای هنگام ورود خود به ساختمان نداشتند و دوم این که عدم حضور در ساختمان به منزلهٔ عدم کنترل بر بسیاری از شرایط آن از جمله اتفاقات ناخواسته، آتش سوزی، سرقت و غیره بود. ساختارهای سنّتی مدیریّت ساختمان که متّکی بر دانش انسان هستند قادر به پاسخگویی به این درخواست نبودند. لذا با توجّه به اهمیّت این موارد، سیستم مدیریّت ساختمان هوشمند وارد عرصهٔ ساختمان ها گردید و توانست نیاز به هر دوی این موارد را به راحتی مرتفع سازد. مهمترین دلیل این موضوع امکان برقراری ارتباط و هستهٔ واحد پردازشگر سیستم مدیریّت ساختمان از طریق اینترنت، خطوط تلفن و یا سایر شیوه های ارتباطی می باشد.

۱-۸- ایجاد هماهنگی بین کلیّهٔ تأسیسات

در یک ساختمان اعم از مسکونی، تجاری یا اداری تأسیسات مختلفی از قبیل تأسیسات الکتریکی، مکانیکی، حرارتی و غیره وجود دارد. در ساختار سنّتی هر یک از این تأسیسات به صورت فردی تنظیم، بررسی و بازبینی می شد و امکان هماهنگی در کارکرد آن ها تنها توسّط تجربهٔ فردی مقدور بود. این موضوع گاهی سبب اتلاف وقت، انرژی و هزینه می گردید. لذا اهمیّت وجود سامانه ای که بتواند تمامی این موارد را با یکدیگر هماهنگ نموده و با کمینهٔ هزینه مالی و زمانی، کارکرد مناسبی داشته باشد ضروری می نمود. سیستم مدیریّت ساختمان هوشمند در این شرایط با توجّه به ساختار متمرکز و استفاده از فاکتور هوش؛ توانست بر این مشکل غلبه کرده و امکان هماهنگی بین تأسیسات مختلف را چه از نظر کارکرد و چه از لحاظ وظیفه و زمانبندی فرآهم آورد (سینو پولی، ۱۳۹۶).

۱-۹- گزارش آماری جهت بهینه سازی مصرف

برای بهینه سازی مصرف در ساختمان ها یکی از بهترین روش های موجود ایجاد یک بانک آماری از شرایط محیطی و کارکردی تجهیزات می باشد که در گذشته یا این کار به دلیل سختی آن انجام نمی گرفته است و یا این که با صرف زمان و هزینهٔ مالی و فردی سنگین صورت می پذیرفته که اغلب به دلیل وابسته به انسان بودن این جمع آوری اطّلاعات، میزان خطای آن ها بسیار بوده است. بنابراین وجود سیستمی که به صورت خودکار بتواند این اطلاعات را جمع آوری نماید ضروری بود. با ظهور سیستم مدیریّت ساختمان نه تنها این گردآوری اطّلاعات بسیار ساده و روان گردید بلکه میزان خطای موجود در آن ها نیز به سمت صفر میل نمود. از سویی در سیستم های مدیریّت ساختمان هوشمند می توان به کمک این اطّلاعات جمع آوری شده و حتی از طریق اتّصال به بانک های اطّلاعاتی بزرگتر و گاهی شبکه های محلّی و حتّی اینترنت، نسبت به تجزیه و تحلیل دقیق این اطّلاعات و نتیجه گیری منطقی اقدام نمود (ماهنامهٔ بین‌المللی انرژی، ۱۳۸۹).

۱-۱۰- مدیریّت ساختمان در برابر مدیریّت هوشمند ساختمان

مجتمع های بزرگ ساختمانی مانند فروشگاه ها، بیمارستان ها، ورزشگاه ها، برج ها، پالایشگاه ها و کارخانجات، با توجّه به زیربنای وسیع، کاربری های متفاوت و سالن های بزرگ و مکان های چند منظوره که یا به صورت پراکنده در یک سطح وسیع قرار دارند (مانند ورزشگاه و پالایشگاه)

و یا به صورت متمرکز در طبقات متعدّد (مانند برج ها) و در مواردی به هر دو صورت متمرکز و پراکنده (مانند فرودگاه) هستند، نیاز به مدیریت قوی متکی به تجهیزات مدرن الکترونیکی دارند. سرویس و نگهداری تأسیسات و تجهیزات مجموعه از قبیل تأسیسات مرکزی تهویه مطبوع، آسانسورها و پلّه برقی ها، تابلوهای توزیع برق، سیستم های اعلام و اطفاء حریق، سیستم های صوتی و تصویری، روشنایی داخلی و محوطه، سیستم های حفاظتی، سیستم های اخباری خطرات احتمالی (مانند سیستم زلزله) و سایر مواردی ازاین قبیل یکی از وظایف اصلی سیستم مدیریّت ساختمان می باشد. سرویس به موقع دستگاه ها و جلوگیری از انتشار خرابی احتمالی آن ها و در نتیجه پیشگیری از توقّف کار این تأسیسات، نه تنها باعث کاهش هزینه های نگهداری و تأمین آسایش بهره برداران می شود، بلکه در مواردی از قبیل روشنایی اضطراری و اعلام حریق و سیستم حفاظتی، ایمنی افراد نیز تأمین می نماید. لذا بهینه کردن مصرف انرژی و جلوگیری از هدر رفتن آن از دیگر وظایف سیستم مدیریّت ساختمان می باشد. به عنوان مثال بخش نسبتاً قابل ملاحظه ای از برق مصرفی، مربوط به تأسیسات تهویۀ مطبوع ساختمان است که استفادۀ بهینه هر یک از بخش های دیگر بطور غیرمستقیم بر میزان این مصرف تأثیر خواهد گذاشت. میزان مصرف گاز نیز بطور مشابه متأثّر از سیستم تهویۀ مطبوع است که باید مورد توجّه قرار گیرد. بنابراین علاوه بر بهینه کردن مصرف تأسیسات با بار مشخّص، مدیریّت سیستم باید به گونه ای باشد که مقدار این بار نیز تا حدّ ممکن کاهش یابد.

لازم به ذکر است که منظور از کاهش میزان بار تأسیسات، خاموش کردن آن ها نیست، بلکه هدف اعمال سیاست هایی است که به طور خودکار؛ بهینه کردن مصرف انرژی را در پی داشته باشد. با توجّه به مطلب فوق که بطور خلاصه اهمیّت یک سیستم مدیریّت صحیح برای ساختمان همراه با استفاده از فناوری های هوشمند را بیان می کند و با توجّه به اینکه پارامترهای تحت نظارت و کنترل در این مجموعه بسیار گسترده تر از آن است که فرد یا افرادی بدون بهره گیری از سیستم های پیشرفته کامپیوتری قادر به انجام بهینۀ این امور مهم باشند، لذا نیاز به یک سیستم مدیریّت ساختمان هوشمند به عنوان مکمّل تأسیسات و تجهیزات کاملاً احساس می شود (مفیدی، ۱۳۹۵. نیکنامی، ۱۳۹۵).

در فصل بعد، به تبیین مفاهیم و مزایای سیستم مدیریّت ساختمان هوشمند پرداخته خواهد شد.

فصل دوّم

مفهوم سیستم مدیریت ساختمان هوشمند

۲-۱- مقدّمه

تمامی مراکز اداری و غیراداری، برج ها و منازل مسکونی با توجّه به وسعت زیاد نیازمند مدیریّت قوی متکّی به تجهیزات الکترونیکی مدرن هستند. نگهداری تأسیسات و تجهیزات این ساختمان ها مانند تأسیسات تهویهٔ مطبوع، آسانسور و پلّه برقی، تابلوی توزیع برق، سیستم اعلام و اطفاء حریق، سیستم های صوتی و تصویری، روشنایی داخلی و محوطه، سیستم های حفاظتی، سیستم های اخباری خطرات احتمالی مانند سیستم زلزله و سایر مواردی از این قبیل؛ از وظایف اصلی مدیریّت ساختمان می‌باشد.

از طرفی پارامترهای تحت نظارت و کنترل در این ساختمان ها بسیار گسترده تر از آن است که فرد یا افرادی بدون بهره گیری از سیستم های پیشرفتهٔ کامپیوتری قادر به انجام بهینهٔ این امر مهم باشند. لذا نیاز به یک سیستم مدیریّت ساختمان هوشمند به‌عنوان مکمّل تأسیسات و تجهیزات کاملاً احساس می‌شود. این فصل قصد دارد مخاطب را با مفهوم سیستم مدیریّت ساختمان هوشمند و فواید آن بیشتر آشنا نماید.

۲-۲- تعریف سیستم مدیریّت ساختمان هوشمند

سیستم مدیریّت ساختمان هوشمند، مجموعه‌ای است از سخت‌افزارها و نرم‌افزارها که به منظور مانیتورینگ و کنترل یکپارچهٔ قسمت‌های اساسی و ضروری در یک خانه یا ساختمان نصب می‌شوند. وظیفهٔ این سیستم، نظارت مداوم بر بخش‌های مختلف ساختمان و اعمال فرمان به آن‌ها به‌شکلی است که عملکرد این بخش‌ها متعادل با یکدیگر و در شرایط مطلوب قرار گیرد. سیستم مدیریت ساختمان هوشمند با بکارگیری آخرین تکنولوژی‌ها، شرایطی ایده‌آل برای ساکنین ساختمان فراهم می‌آورد. این سیستم ضمن کنترل بخش‌های مختلف ساختمان و ایجاد شرایط محیطی مناسب با ارائه سرویس‌های همزمان، سبب افزایش سطح کارآیی و بهره‌وری سیستم‌ها و امکانات موجود در ساختمان می‌گردد. این سیستم قادر به کنترل و ارائه دسترسی به بخش‌های مختلف ساختمان با استفاده از نرم‌افزارهای مربوطه در نقاط داخلی و خارجی ساختمان از طریق اینترنت، موبایل و سایر تکنولوژی ها می‌باشد (مفیدی، ۱۳۹۵).

سیستم مدیریّت ساختمان هوشمند می تواند دربرگیرندهٔ تمام سرویس های الکتریکی، مکانیکی و حفاظتی ساختمان باشد. این سرویس ها شامل گرمایش، سرمایش، تهویهٔ مطبوع، آسانسور، نیروگاه برق اضطراری، پلّه برقی، کنترل روشنایی، دوربین مدار بسته، اعلام و اطفاء

حریق، کنترل تردّد و غیره هستند (حدّادی نیستانک، ۱۳۹۳). برخی از اهداف سیستم مدیریّت ساختمان هوشمند عبارتند از (سایت پاورجام، کد پروژه ۸۴):

- ایجاد محیطی مطلوب برای افراد حاضر در ساختمان
- استفادهٔ بهینه از تجهیزات و افزایش عمر مفید آن‌ها
- ارائهٔ یک سیستم کنترلی دارای قابلیّت برنامه‌ریزی زمانی در حوزهٔ عملکرد
- کاهش هزینه‌های نگهداری تجهیزات و صرفه‌جویی در مصرف انرژی
- عدم نیاز به پیمانکار دائمی ساختمان
- امکان مانیتورینگ و کنترل تمامی نقاط از طریق یک کامپیوتر شخصی، اینترنت و یا شبکهٔ موبایل
- یکپارچه‌سازی ساختمان و هماهنگی تمام تجهیزات بایکدیگر
- ارائهٔ گزارش‌های آماری از تمامی تجهیزات جهت بهینه‌سازی عملکرد آن‌ها

۲-۳- مفهوم ساختمان هوشمند

سیستم مدیریّت ساختمان هوشمند سیستمی است که به فعالیّت ها و امور ساختمان ها نظارت کرده و در مواقع لازم با توجّه به تغییرات شرایط محیطی، اصلاحات لازم را بطور خودکار اعمال می نماید. به ساختمانی که مجهّز به این سیستم باشد ساختمان هوشمند[1] یا خانهٔ هوشمند[2] اطلاق می گردد. این سیستم به افراد ساکن در ساختمان این امکان را می دهد که از تجهیزات، بطور کارآمدتری استفاده نموده و احساس امنیّت و آسایش را در آن ها افزایش داده و می تواند موجب صرفه جویی در مصرف انرژی گردد. این ساختمان ها با یکپارچه نمودن چهار عنصر اصلی یعنی سیستم ها، ساختار، سرویس و مدیریّت و با برقراری ارتباط میان آنها، محیطی پویا و مقرون به صرفه بوجود می آورند (سیف،۱۳۹۶).

مفهوم ساختمان هوشمند، معرف نوعی تبادل قوی و بدون نقص اطّلاعات میان بخش‌های مختلف ساختمان است. منظور از بخش‌های مختلف ساختمان، تمام اجزایی است که در اداره کردن ساختمان نقشی ایفا می‌کنند. به عنوان مثال بخش‌هایی نظیر HVAC[3]، بخش‌های مکانیکی،

[1] Intelligent Building
[2] Intelligent Home
[3] Heating, ventilation, and air conditioning

ساختمانی، کنترل دسترسی، امنیّتی، مدیریّتی، نوردهی، نگهداری و تعمیرات، شبکهٔ محلّی و مدیریت انرژی. ساختمان هوشمند یعنی کنترل و مدیریت اجزاء یک بنا توسط کاربرانی که از توانایی‌های کامپیوتر استفاده می‌کنند تا نیازها را برآورده سازند. نیازهایی که ممکن است شامل کارآمدی، سودمندی و ذخیره انرژی، سرگرمی، ایجاد شعف و شادی، آسایش، بازگشت سرمایه و کم کردن هزینه‌های زندگی باشد. بنابراین لزومی ندارد که تعریف یک ساختمان هوشمند به موفقیّت‌ها و اهداف بسیار ویژه و آرمانی ربط داده شود. چرا که تعریف این موفقیّت‌ها و اهداف از موقعیّتی به موقعیّت دیگر تغییر می‌کند و نزد افراد گوناگون، تعاریف گوناگون دارد (طحانی، ۱۳۹۷).

مفهوم «ساختمان هوشمند» در اکثریت متون علمی این گونه تعریف شده است: «بنایی که در آن از آخرین تکنولوژی‌ها استفاده شده باشد». با این تعریف مشخّص است که آن‌ها به بنایی هوشمند می‌گویند که دارای بروزترین سیستم‌های ساختمانی باشد. اگر چه نوآوری و ابداع در ساختمان‌های هوشمند بسیار مهم است اما این به آن معنی نیست که لزوماً تبادل اطّلاعات و یکپارچگی سیستم‌های ساختمان موجب می‌شود که آنرا هوشمند بنامیم. سمپوزیوم بین المللی معماری[۴] در سال ۱۹۸۵ در تورنتو تصریح کرد که: «یک ساختمان هوشمند آمیزه‌ای است از ابداعات به همراه مدیریّتی بدون نقص که در این راستا و با داشتن این دو ویژگی سرمایه صرف شده تا حد زیادی باز گردد». این تعریف علاوه بر لزوم وجود ابداع و نوآوری و استفاده از تکنولوژی؛ این موضوع را نیز یادآوری می‌کند که یکی از اهداف ساخت ساختمان‌های هوشمند، این است که ساختمان‌هایی ساخته شوند که سرمایهٔ صرف شده جهت ساخت و ساز را برگردانند. ممکن است این گونه به‌نظر برسد که این اهداف تنها در ساخت ساختمان‌های تجاری و اداری مدنظر قرار داده می‌شود اما در ساخت خانه‌های مسکونی به آن‌ها توجّه نمی‌شود. چنانچه این اهداف در راستای آسایش و راحتی مردم و تمرکز بر استفاده بهینه و بهره‌برداری تمام و کمال از سرمایه باشند می توانند جهت ساختمان‌های مسکونی نیز مورد توجّه قرار گیرند (سایت پاورجام، کد پروژه ۱۰).

ارائهٔ تعریف برای بناهای هوشمند بر مبنای ذکر اهداف ضروری در تعریف EIBG[۵] به وضوح مشاهده می‌شود که می‌گوید: «یک بنای هوشمند، بنایی است که کارآیی و راندمان ساکنانش را افزایش داده و امکان مدیریت مؤثّر را بر اساس مقتضیّات خاص و با کمترین هزینه فراهم آورد».

[4] International Architecture Symposium

[۵] گروه سازنده ساختمان‌های هوشمند در اروپا

راندمان و سودمندی تا حدودی غیرقابل لمس و نامحسوس هستند. با نگاهی به عملکرد گذشته و مقایسهٔ آن با عملکرد جدید، تا حدودی می‌توان به این دو مفهوم دست یافت. همچنین پایین آوردن هزینه‌ها (راندمان و سودمندی) از جمله اهدافی است که باید توسّط سیستم‌های کنترل کننده مورد توجّه قرار گیرد.

از سویی دیگر در سال ۱۹۹۶، باب، تعریفی برای ساختمان‌های هوشمند ارائه کرد. "ساختمان هوشمند، ساختمانی است که با بهره گرفتن از تکنولوژی مدرن این امکان را فراهم می آورد تا بتوان اجزاء و تجهیزات مختلف را به‌صورت خودکار کنترل کرد". این تعریف به خوبی نشانگر روند تبادل اطّلاعات بین اجزاء کنترل کننده و اجزاء کنترل شونده در ساختمان‌های هوشمند است. روند فرماندهی ساختمان در تعریف DEGW[۶] در سال ۱۹۹۸ ذکر شده است. این تعریف بیان می‌کند که «یک ساختمان هوشمند در برابر نیازهای کاربران خود بسیار پاسخگوتر است و توانایی هماهنگی با تکنولوژی جدید را دارد و می‌تواند خود را با تغییرات سازمانی ساختمان هماهنگ کند.» این تعریف یک مبحث بسیار مهم را درباره روند فرماندهی ساختمان در برمی‌گیرد. در سال ۱۹۸۸، معماری بنام اتکین تعریفی برای ساختمان‌های هوشمند ارائه کرد. به بیان او «یک ساختمان هوشمند ساختمانی است که از وقایعی که در درون و برون آن رخ می‌دهد مطلع است و می‌تواند در مواجهه با این وقایع و برای به‌وجود آوردن محیطی دلچسب برای کاربرانش، موثرترین و بهترین تصمیمات را در همان زمان بخصوص اتّخاذ کند» (سایت پاورجام، کد پروژه ۸۴). شکل ۲-۱ نمایی از یک ساختمان هوشمند را به تصویر کشیده است.

شکل ۲-۱: ساختمان هوشمند (سایت پاورجام، کد پروژه ۸۴)

اتکین در تعریف خود، علاوه بر توانایی کسب اطّلاعات و توانایی پاسخگویی، فاکتور زمان را نیز دخیل کرده است. بر مبنای این تعریف همه تصمیمات سیستم در مواجهه با وقایع درون و برون

[6] Duffy, Eley, Giffone and Worthington

ساختمان باید در زمان خاص خود اتّخاذ شوند و اگر این تصمیم گیری‌ها در زمان دیگری انجام شوند، ارزشمند نخواهند بود. کلمه «مطّلع است» در تعریف اتکین به معنای اطّلاعات دریافت شده و وسایل ارتباطی است که اطّلاعات به وسیلهٔ آن‌ها به سیستم کنترل وارد شده و جمع آوری می‌شود. کلمهٔ «تصمیم می‌گیرد» در این تعریف بیانگر همه انواع پاسخ‌هاست. مانند تصمیم سیستم برای تعادل دمای درون بنا و هماهنگی فرم ساختمان که همه این‌ها تحت عنوان *خروجی سیستم* قرار می‌گیرند.

تحوّلی که در زمینهٔ ارتباطات راه دور و همچنین علم الکترونیک رخ داد موجب گسترش توانایی‌های ساختمان‌های هوشمند شد. توانایی یادگیری در سیستم‌های یکپارچه که شامل اصطلاح «هماهنگی» است موجب می‌شود که سیستم بتواند از تجربه‌های مشابه در موارد دیگر استفاده کند. علاوه بر توانایی یادگیری سیستم، اطّلاعاتی که بین بخش‌های مختلف ردّ و بدل می‌شود باید در BCS[7] که همان بخش کنترل ساختمان است، مورد تحلیل و پردازش قرار گیرند که در حقیقت این بخش به منزله مغز ساختمان است. شکل ۲-۲ بخش‌های مختلف سیستم یکپارچه در سیستم مدیریّت ساختمان هوشمند را نشان می‌دهد (بانشی و مهربان، ۲۰۱۵ میلادی).

شکل ۲-۲: بخش های مختلف سیستم یکپارچه در مدیریّت ساختمان هوشمند (بانشی، ۲۰۱۵)

[7] Building Control Section

ویژگی‌های اصلی که یک ساختمان در صورت دارا بودن آن‌ها هوشمند خوانده می‌شود را می‌توان به‌صورت زیر بیان نمود (فولادیان، ۱۳۹۲ و بیات، ۱۳۹۳).

۱- ورودی سیستم
۲- پردازش و تحلیل داده‌های اطّلاعاتی
۳- خروجی سیستم
۴- ملاحظات زمانی
۵- توانایی یادگیری

در ادامه سهم و نقش هر کدام از ویژگی‌ها در ساختمان هوشمند روشن می‌گردد.

۲-۳-۱- ورودی‌ها

هر بخشی در یک ساختمان هوشمند باید دارای تجهیزاتی باشد که توسّط آن‌ها اطّلاعات دریافت شده و وارد سیستم کنترل شوند. سیستم می‌تواند اطّلاعات مورد نظر را از چهار روش مختلف بدست آورد.

۲-۳-۱-۱- حسگرها

حسگرها ابزارهایی هستند که اطّلاعات داخلی و خارجی ساختمان را جمع آوری می‌کنند. در فضای داخلی، حسگرها این امکان را برای سیستم‌ها فراهم می‌کنند تا درک درستی از شرایط درونی ساختمان داشته باشند. در فضای خارجی، سنسورها اطّلاعات را از محیط بیرونی ساختمان، در زمان‌های معیّن دریافت و جمع‌آوری می‌کنند.

حسگرها به سه دسته تقسیم می‌شوند که حسگرهای درون و بیرون بنا زیر مجموعه‌های این سه قسم هستند. حسگرهای پرتو خورشیدی، حسگرهای نظارتی و امنیّتی، حسگرهای آلودگی صوتی، حسگرهای تغییر رنگ و نمای بصری از جمله حسگرهای بیرونی هستند. حسگرهای بخش‌هایی نظیر بخش انرژی، کنترل هوا، بخش نوردهی و تهویهٔ مطبوع از انواع حسگرهای درون بنا هستند که به وسیلهٔ آن‌ها اهداف گوناگونی محقّق می‌شوند. سه گروه یاد شده شامل موارد زیر هستند.

۱. حسگرهای امنیّتی و مراقبتی
الف. حسگرهای آتش و دود
ب. دوربین‌های مدار بسته
ج. حسگرهای ورود و خروج

د. حسگرهای لرزش و شتاب
هـ حسگرهای حرکت
۲. حسگرهای تشخیص کیفیّت هوا
الف. حسگرهای دما
ب. حسگرهای رطوبت
پ. حسگرهای پرتوهای خورشیدی
ت. حسگرهای فشار هوا
ث. حسگرهای میزان نور
ج. حسگرهای جریان آب و گاز
د. حسگرهای تشخیص محتویّات هوای درون بنا
هـ حسگرهای میزان موادّ شیمیایی
۳. حسگرهای نظارتی سیستم
الف. حسگرهای سیستم عمرانی ساختمان
ب. حسگرهای نظارت بر سیستم‌های مکانیکی
ج. دیگر حسگرها که اجزای مختلف ساختمان را نظارت می‌کنند.

حسگرها به منزلهٔ عصب‌های یک ساختمان هستند که می‌توانند شرایط خاص را حس کرده و تصمیم‌های موردنیاز در قبال شرایط درونی و برونی بنا را اتّخاذ نمایند.

۲-۳-۱-۲- بایگانی اطّلاعات

هر سیستم هوشمندی باید توانایی بایگانی اطلاعات و رجوع مجدّد به آن‌ها را داشته باشد. کلمهٔ رجوع مجدّد به این معناست که سیستم باید بتواند سناریو مشخّصی را در اتاق کنفرانس زمانبندی کند و اگر نیاز باشد که این اتاق به شبکه متّصل شود و سیستم تهویهٔ مطبوع خواستار دمای ۲۵ درجهٔ سانتیگراد در زمان معیّنی باشد، سیستم باید بتواند به اطّلاعات گذشته خود رجوع کرده و آن‌ها را بازخوانی کند و شرایط مورد نیاز را فراهم آورد. بایگانی اطّلاعات نقش حافظه را در سیستم‌های هوشمند بازی می کند.

۲-۳-۱-۳- برنامه‌ریزی دستی

سیستم هوشمند باید به گونه‌ای باشد که کاربران هم بتوانند آن را برنامه‌ریزی کنند. یک کاربر که ممکن است مدیر شبکه و یا کاربر مورد وثوق در سیستم باشد باید بتواند در هر زمانی با توجّه به شرایط و مقتضّیات جدید، برنامه‌ای نو بر روی سیستم پیاده نماید.

۲-۳-۱-۴- اینترنت

اتّصال بخش‌های مختلف سیستم به اینترنت این امکان را فراهم می‌آورد تا اجزاء مختلف بروز شوند و اطّلاعاتی را که توسّط شرکت‌های مختلف کامپیوتری بر روی اینترنت قرار داده شده است را دریافت نمایند. بیشتر سیستم‌های کامپیوتری و کنترلی دارای فایل‌های به روزرسانی شده هستند که شرکت‌های فراهم‌کننده این فایل‌ها را بر روی اینترنت قرار می‌دهند. بنابراین اگر سیستمی بخواهد به روز باشد و عملکرد بهتری داشته باشد، ناگزیر است ضمن ارتباط با شرکت های فراهم کننده فایل‌های به روزرسانی، سیستم‌های کنترلی‌اش را به روز کند. لازم به ذکر است که همه اطّلاعات جمع‌آوری شده از طریق اینترنت به نرم‌افزار پردازش داده‌ها تحویل داده می‌شود.

۲-۳-۲- نرم‌افزار پردازش و تحلیل اطّلاعات

پردازش اطّلاعات در قسمت کنترل ساختمان انجام می‌شود. BCS[8] همهٔ سیستم‌ها را به صورت یک سیستم واحد کنترل می‌کند. بخش کنترل ساختمان همچنین این توانایی را دارد که هر سیستم را به صورت مجزّا کنترل کند. مرکز کنترل ساختمان جایی است که در آن همه سیستم‌ها به صورت واحد در می‌آیند. لذا این محل به نام «یکپارچه کنندهٔ سیستم‌های ساختمان (BSI[9])» نامیده می‌شود. برای اینکه بخش‌های گوناگون ساختمان یکپارچه شوند، آن‌ها باید دارای آدرس‌هایی مشخّص باشند تا دیگر اجزاء بتوانند بر مبنای آن آدرس‌ها اجزاء دیگر را بشناسند.

۲-۳-۳- خروجی‌ها

خروجی‌های BCS دستورهایی هستند که بر مبنای تصمیمات اتّخاذ شده توسّط سیستم صادر می‌شوند. این تصمیمات پاسخ‌های سیستم کنترل‌کننده را شکل می‌دهند و می‌توان دست کم آن‌ها

[8] Building Control System
[9] Building Systems Integrated

را به دو دسته تقسیم نمود: پاسخ‌های داخلی و خارجی. پاسخ‌ها و دستورات داخلی و خارجی مربوط به سیستم کنترل‌کننده هستند. پاسخ‌های داخلی نوعی از دستورات هستند که همهٔ اقدامات اتّخاذ شده در ارتباط با داخل ساختمان را در بر می‌گیرند. دستورات محاسبه شده و برنامه‌ریزی شده در درون سیستم از جمله این پاسخ‌ها هستند.

یک پاسخ خارجی می‌تواند دو شکل داشته باشد: ایستا یا حرکتی. پاسخ‌های خارجی ایستا مانند تغییرات بصری، تغییرات صوتی و یا تغییرات نور هستند. از سوی دیگر پاسخ‌های حرکتی در قالب حرکت هستند، مانند وقتی که سیستم تصمیم می‌گیرد یک در را باز یا بسته کند. این عمل از جمله پاسخ‌های حرکتی است که سیستم کنترل ساختمان برای کاربرانش فراهم می‌کند.

۲-۳-۴- ملاحظات زمانی

زمان، یکی از مهم‌ترین مسائل در سیستم‌های هوشمند است. چرا که همه کنش‌ها و تصمیمات باید در زمان مقرّر و یا رأس زمان خاصی انجام شود. برای مثال، هشدار دهنده‌های آتش باید در زمان مقرّر هشدار دهند و سیستم نگهداری از تأسیسات باید در زمان مقرّر عمل نماید. گاهی اوقات سیستم در تشخیص و پردازش اطّلاعات داده شده دچار اشتباه می‌شود که این مسئله منجر به تأخیر در اقدامات سیستم می‌شود. برای نمونه، ممکن است که دود آتش در ابتدا برای سیستم به عنوان دود سیگار قلمداد شود. اما پس از آن و در مدت زمانی کوتاه سیستم قادر به تشخیص خواهد بود که دود متعلق به آتش است. در این مورد، سیستم باید این توانایی را داشته باشد تا حساسیت خود را اصلاح کند و روند پردازش خود را به گونه‌ای تغییر دهد که در زمان بعد سریعاً بتواند دود آتش را تشخیص دهد (قابلیّت یادگیری و رجوع مجدّد به حافظه). از این روند می‌توان به عنوان توانایی یادگیری نیز یاد کرد.

۲-۳-۵- توانایی یادگیری

دسته‌ای از قوانین که پیروی از آن‌ها احتمال حل مشکلات را افزایش می‌دهد توانایی یادگیری نام دارد. این ویژگی نوعی توانایی است که با استفاده از آن سیستم از تجربه‌های پیشین درس می‌آموزد. تنظیم زمان تصمیم‌گیری نمونه‌ای از برنامه‌نویسی مجدّد سیستم با توجّه به تجربه‌های گذشته است. لذا تنظیم سیستم بر مبنای اطّلاعات جدید داده شده صورت می‌گیرد. اطّلاعات توسّط حسگرها یا افراد داده می‌شوند. در یک اتاق کنفرانس، سیستم می‌تواند افزایش تعداد افراد

را دریابد، بنابراین دمای هوای اتاق را از ۲۵ درجه سانتیگراد به ۲۰ درجه کاهش می‌دهد تا به گرمای حاصل از تجمّع (به عنوان مثال) ۲۰ نفر در یک اتاق غلبه کند. اما پس از این عمل که به صورت خودکار انجام می‌شود، فردی که وظیفه مدیریّت کنترل را بر عهده دارد تشخیص می‌دهد که باید دما از ۲۰ به ۱۸ کاهش یابد و تغییرات را به صورت دستی در سیستم اعمال می‌کند. بنابراین در طول این روند سیستم می‌آموزد که محاسبه‌اش در تقلیل ۵ درجه‌ای دمای هوا چندان دقیق نبوده است. لذا در نوبت بعد و با تجمّع ۳۰ نفر، سیستم سعی می‌کند با توجه به تجربهٔ قبلی گرمای حاصل از هر نفر را محاسبه کند. این توانایی مسئله‌ای بسیار مهم در موقعیّت‌هایی نظیر آتش‌سوزی و نگهداری تأسیسات است.

۲-۴- برتری IBMS در برابر BMS

هدف اصلی به‌کارگیری سیستم مدیریّت ساختمان هوشمند در خانه‌ها و ساختمان‌ها، بهره‌گیری از مزایای اقتصادی و کاهش مصرف انرژی و ایجاد فضای امن و آرام در آن‌هاست. مزایا و نتایج بهره‌برداری از IBMS همانند مزایای BMS است اما دارای فواید دیگری نیز می‌باشد که به شرح ذیل است:

- استفاده از برترین تکنولوژی‌های نرم‌افزاری و سخت‌افزاری به‌روز دنیا در آن
- بهینه‌سازی تجهیزات نرم‌افزاری و سخت‌افزاری و افزایش عمر مفید آن‌ها
- ارتقاء سیستم‌های کنترلی با قابلیّت شبکه‌سازی و مبتنی بر شبکه‌های رایانه‌ای
- افزایش کارآمدی و رضایت مشتریان و کاربران در خانه‌های هوشمند
- افزایش سطح نظارت و کنترل تمامی نقاط از طریق یک PC، موبایل یا تبلت
- ایجاد قابلیّت یکپارچه‌سازی تجهیزات متنوّع در ساختمان هوشمند

از سویی فواید استفاده از سیستم مدیّریت ساختمان هوشمند در خانه‌ها و ساختمان‌ها را می‌توان به گونه‌ای دیگر دسته‌بندی نمود (ماهنامهٔ بازار بین‌الملل، ۱۳۸۹).

الف) مزایا برای صاحب ساختمان

- بهای اجاره بالاتر (ارزش افزودهٔ ساختمان)
- قابلیّت انعطاف و تغییر در بهره‌برداری از ساختمان

ب) مدیریّت تأسیسات

- کنترل مرکزی یا کنترل از راه دور ساختمان

- بهای عملکردی پایین
- استفاده کافی از منابع ساختمان و سرویس‌ها
- بهره‌وری بالا
- سیستم اطلاع رسانی سریع و تشخیص خطاها
- شماتیک کلّی از تجهیزات همراه با مستندات به طور مطلوب

ج) مزایا برای مستأجر یا ساکنین ساختمان

- نظارت مؤثّر در مصرف انرژی
- کنترل شرایط آسایش درونی
- امکان کنترل جداگانه اتاق‌ها
- افزایش بازدهی کارکنان
- بهبود قابلیّت اعتماد و عمر مفید ساختمان

د) نگهداری و حفاظت

- سهولت دستیابی به اطّلاعات در خصوص تشخیص مشکلات
- برنامه‌ریزی حفاظت کامپیوتری
- استفاده مؤثّر از کارکنان واحد تعمیر و نگهداری
- مشخّص کردن سریع مشکلات
- متقاعد کردن بهتر ساکنین و ایجاد شرایط آسایش بیشتر

۲-۵- توابع اوّلیه سیستم‌های مدیریّت ساختمان هوشمند

سیستم مدیریّت ساختمان هوشمند توابع مختلفی را ارائه می‌کند که در زیر تمامی آن‌ها لیست شده‌اند. این توابع به درک بهتر اثربخشی و عملکرد مناسب این سیستم در مدیریّت ساختمان کمک می‌کند (سایت پاورجام، کد پروژه ۱۰).

۲-۵-۱- سوئیچینگ اتوماتیک ON/OFF تجهیزات

این تابع لحظه‌ای عمل می‌کند و نوع آن روزانه بر اساس شرایط محیطی قابل تغییر است.

۲-۵-۲- مانیتورینگ وضعیّت تجهیزات، همراه با شرایط محیطی

توسّط این تابع پرسنل تعمیراتی ساختمان می‌توانند توسّط هشداردهنده در یک لحظه برای ترمیم سیستم اطلاع حاصل کرده و اقدام نمایند. به بیانی دیگر یک سیستم خوب سیستم مدیریّت

ساختمان به ما اجازه می‌دهد که به روشی غیر فعّال خطاهای موجود در سیستم را به صورت پیشگیرانه کنترل نماییم.

۲-۵-۳- نگهداری و حفاظت انرژی

در طرّاحی خوب یک ساختمان و تجهیزات HVAC کارآمد، سیستم مدیریّت ساختمان نقشی اساسی در جلوگیری از هدر رفتن انرژی و کاهش اثرات محیطی به ساختمان ایفا می‌کند.

۲-۵-۴- مدیریت تجهیزات ساختمان

سیستم مدیریّت ساختمان یک خلاصه از الگوریتم‌ها و گزارشات را در سطحی وسیع در اختیار قرار می‌دهد. این امر اطّلاعات مفیدی را برای پیشبرد سرویس‌ها و هزینه‌ها تأمین می‌کند.

۲-۵-۵- قابلیّت‌های کنترل از راه دور

سیستم مدیریّت ساختمان کنترل مرکزی یک ساختمان را فراهم می‌سازد. از یک مکان می‌تواند وضعیّت دما، فشار و تجهیزات را در مکان‌های دیگر به دست آورد که این اطّلاعات وضعیّت ساختمان را کاملاً مشخص نموده و این موقعیّت مرکزی از نظر جغرافیایی محدودیّت ندارد.

۲-۵-۶- ردیابی خطا

سیستم مدیریّت ساختمان این امکان را فراهم می‌کند تا تصویری بزرگ از تجهیزات ساختمان انتخاب و خطاهای موجود در فرآیند بهره‌برداری تشخیص داده شود.

۲-۵-۷- قابلیّت یکپارچه کردن سیستم‌های ساختمان

انجام این کار باعث افزایش راندمان و کاهش هزینه‌های مربوط به راه‌اندازی سیستم می‌شود و از طرفی بازدهی کارکنان را نیز افزایش می‌دهد.

۲-۶- ظهور تکنولولوژی در هوشمندسازی ساختمان

یک ساختمان هوشمند بنایی است که توانایی پاسخگویی به نیازهای کاربرانش بر مبنای اطّلاعات پردازش شده که توسّط ورودی‌های متعدّد فراهم آمده را دارد. فاکتور پاسخگویی در زمان معیّن در این ساختمان بسیار مهم و ضروری است. تجهیزات متعدّد دریافت کننده و ارسال کننده، اطّلاعات را با توجّه به نظارتی که بر تغییرات محیط درونی و برونی بنا دارند دریافت می‌کنند. همچنین یکی از مولّفه‌های اصلی یک بنای هوشمند، دارا بودن توانایی یادگیری است.

اهدافی که با ساخت یک ساختمان هوشمند به دست می‌آید تقریباً تمام وجوه زندگی انسان را در برمی‌گیرد. بهره‌وری، راندمان بالا، ذخیره انرژی، سرگرمی، رفاه، آسایش، پایین آوردن هزینه‌های زندگی و افزایش عمر بنا، همه و همه نمونه‌هایی از این نوع اهداف است که با ساخت بناهای هوشمند به‌دست می‌آیند.

سیستم مدیریّت ساختمان هوشمند(IBMS) با بکارگیری آخرین تکنولوژی‌ها، شرایطی ایده‌آل همراه با مصرف بهینهٔ انرژی در ساخت بناهای هوشمند فراهم می‌آورد. این سیستم ضمن کنترل بخش‌های مختلف ساختمان و ایجاد شرایط محیطی مناسب، سبب بهینه‌سازی مصرف انرژی، سطح کارآیی و بهره‌وری سیستم‌ها و امکانات موجود در ساختمان می‌گردد. کنترل و دسترسی به سیستم با استفاده از نرم‌افزارهای مربوطه از هر نقطه در داخل و خارج از ساختمان و از طریق اینترنت و موبایل مقدور خواهد بود.

لازمهٔ تحقق این امر انتخاب صحیح این سیستم در ساختمان‌ها می باشد زیرا برای کنترل هزینهٔ انرژی و اصلاح عملکرد اجزاء از طریق کنترل از راه دور و همچنین کاهش اتلاف انرژی و هزینه نیروی انسانی بطوری که آسایش و راحتی ساکنین را فراهم کند نیازمند انتخاب سیستم مدیریّت ساختمان مناسب است. فرایند انتخاب یک سیستم مدیریّت ساختمان مطلوب باید طبق فاکتورهای زیر انجام شود.

- نیاز مصرف کننده را تأمین کند.
- در بازار عرضه شده و از کیفیّت راضی کننده برخوردار باشد.
- وجود دورهٔ آموزش جهت پرسنل عملیاتی و کارکنان تعمیرات
- حمایت، گارانتی و خدمات پس از فروش جهت یک دورهٔ زمانی بلند مدت

باظهور ریزپردازنده‌ها، سیستم‌های کنترل کامپیوتری در بیش‌تر جوامع و صنایع ساختمانی نقشی اساسی را ایفا می‌کنند. عملکرد صحیح سیستم‌ها و ذخیره‌سازی منابع انرژی توسّط این سیستم‌ها، افزایش قابلیّت اعتماد آن‌ها را به‌دنبال دارد. بدون شک یکپارچگی سیستم های ساختمانی مدرن‌تر نوید و موجی از آینده‌ای امیدبخش به‌همراه دارد. در دهه‌های بعد نه تنها سیستم‌های HVAC بلکه تقویت تمامی سیستم‌های ساختمانی از قبیل کنترل روشنایی، آسانسورها و سیستم‌های اطفاء حریق یکپارچه خواهد شد و این امر توسّط سیستم‌های مدیریّت ساختمان هوشمند لحاظ گردیده است (سینو پولی، ۱۳۹۶ و سیف، ۱۳۹۶).

در فصل بعد، به تبیین مفهوم معماری سیستم مدیریت ساختمان هوشمند و انواع زیرسیستم‌های مدیریّت هوشمند در ساختمان پرداخته خواهد شد.

فصل سوّم

معماری سیستم مدیریت ساختمان هوشمند

۳-۱- مقدّمه

ایدهٔ معماری هوشمند ساختمان به‌عنوان آخرین اطّلاعات سامانه‌های ساختمانی برای اداره کردن امکانات و واحدهای یک بنا تعریف شده است به‌نحوی که میان سامانه‌های هوشمند برقراری ارتباط و تبادل اطّلاعات امکان پذیر شود. قابلیّت ارتباط میان سامانه‌ها و تصمیم‌گیری دربارهٔ عملکرد ساختمان‌ها به روش اقتصادی، بهینه و سهولت در این معماری فراهم شده است. موقعیّت، شکل و حجم معماری ساختمان هوشمند به‌صورت بهینه در کاهش هزینه‌های گرمایشی و سرمایشی، استفادهٔ حداکثر از نور روز، باران و انرژی‌های محیطی توسّط ابزار و فناوری‌های سازگار با محیط زیست نظیر مصالح، پنل‌های خورشیدی، سایبان‌های خودکار بیرونی، شبکه‌های ارتباطی اینترنتی، پوسته‌های واکنشی‌نما و غیره تأثیرگذار است. معماری هوشمند، فضای مولّد و مقرون به‌صرفه‌ای است که برای طرّاحی آن بایستی تخصص‌هایی نظیر مهندسی برق، علوم رایانه‌ای، مدیریّت ساختمان، روانشناسی و جامعه‌شناسی در نظر گرفته شوند.

ایدهٔ معماری ساختمان هوشمند، عرضه‌کنندهٔ مستحکم‌ترین سطح ارتباطی میان سامانه‌های ساختمانی است. اصطلاح «سامانه‌های ساختمانی» به تمامی سامانه‌هایی که اداره کننده یک ساختمان هستند همانند گرمایش، تهویهٔ مطبوع، دستگاه کنترل دسترسی، مدیریّت ساختمان، روشنایی، مدیریّت انرژی، شبکهٔ ارتباطی موضعی، نگهداری و تعمیر اطلاق می‌گردد. ایدهٔ ساختمان هوشمند عرضه‌کنندهٔ کنترل و مدیریّت سامانه‌های ساختمانی و توانایی‌های کاربران رایانه برای رسیدن به نیازهای ساکنان است که عبارت از بهینه‌سازی و سودمندی مصرف انرژی، تفریح و سرگرمی، آسایش و راحتی، دوباره بازگشت سرمایه، و داشتن هزینهٔ کم زندگی می‌باشد. در نتیجه مفهوم معماری هوشمند بایستی عملکرد ویژه‌ای باشد که دارای توانایی برای تطابق و سازگاری با نیازهای مختلف در ساختمان است. محقّقان، «ساختمان هوشمند» را ساختمانی تعریف کرده‌اند که دارای آخرین فناوری‌هاست، در نتیجه این سازه‌ها هستند که از آخرین سامانه‌های ساختمانی برخوردار باشند. این فصل به تشریح زیرسیستم‌های ساختمان هوشمند و معماری هوشمند در ساختمان می‌پردازد.

۳-۲- زیرسیستم‌های ساختمان هوشمند

یک ساختمان هوشمند بنایی است که با استفادهٔ بهینه از چند عنصر پایه شامل سازه و سیستم، خدمات و مدیریّت و روابط درونی آن‌ها، محیطی مناسب و دارای صرفه اقتصادی ایجاد نماید. در ساختمان هوشمند بسیاری از اعمالی که ساکنان از روی عادت و به‌صورت غیرارادی

انجام می‌دهند توسط سیستم‌های هوشمند انجام می‌شود که باعث صرفه‌جویی در زمان و هزینه نیروی انسانی می‌گردد. با به‌کارگیری انواع و اقسام سنسورهای حسی در داخل و خارج ساختمان و با به‌کارگیری یک شبکه و سیستم واحد می‌توان به‌صورت مداوم و بلادرنگ اطّلاعات دما، فشار، رطوبت، دی اکسیدکربن، دبی هوا و میزان اکسیژن را در اختیار داشت و از آن‌ها در جهت رسیدن به شرایط ایده‌آل استفاده کرد. در یک ساختمان هوشمند با امکانات نرم‌افزاری به‌وجود آمده می‌توان نمودارهای مختلفی را برحسب زمان در اختیار داشت و از آن‌ها در جهت بهبود کیفی شرایط زیستی و افزایش آرامش و آسایش بهره برداران استفاده نمود.

در زمان کارکرد سیستم هوشمند، ساکنان در جهت صرفه‌جویی مصرف انرژی حق باز کردن پنجره‌ها را نخواهند داشت و در ساختمان‌های اداری قبل از اتمام ساعت کار این سیستم به‌صورت اتوماتیک و متناوب شروع به خاموش‌کردن سیستم‌های تهویهٔ مطبوع می‌کند. در یک ساختمان هوشمند با امکانات به‌وجود آمده می‌توان در هر زمان میزان مصرف انرژی را بر پایهٔ شاخص مصرف سوخت فسیلی و برق بدست آورد و از آن در جهت کاهش مصرف انرژی و بهینه‌سازی مصرف سوخت در ساختمان بهره برد. یکی از بزرگ‌ترین عوامل مصرف انرژی در ساختمان سیستم روشنایی می‌باشد که با هوشمندسازی این سیستم می‌توان از اتلاف انرژی تا حد زیادی جلوگیری کرد که این عمل با ترکیب روشنایی روز و روشنایی مصنوعی به‌بهترین نحو و خاموش کردن چراغ‌ها در زمان غیرضروری بوجود می‌آید.

سیستم‌های مدرن مدیریّت ساختمان امروزه بر پایهٔ وب[1] بنا نهاده شده‌اند که بزرگ‌ترین امتیاز آن در به‌کارگیری امکانات شبکهٔ جهانی اینترنت و کنترل ساختمان از راه دور توسّط سیستم‌های ارتباطی در دنیا است. به این صورت که با راه‌اندازی سایت ساختمان موردنظر و با وارد کردن شناسهٔ کاربری و رمز عبور می‌توان از هر مکانی بر ساختمان احاطه داشت. در این‌گونه ساختمان‌ها می‌توان با نصب تابلوهای نمایشگر الکترونیکی در مکان‌های خاص ساختمان و نمایش دادن اطّلاعات مختلف از سیستم‌های کنترلی ساختمان، زندگی را برای ساکنین لذّت بخش کرد. بخشی از ویژگی‌های یک ساختمان هوشمند را می‌توان به‌صورت ذیل بیان نمود (سایت پاورجام، کد پروژه ۸۴):

- این ساختمان مجهّز به حسگرهای متعدّدی در سقف اتاق‌ها، راهروها و مکان‌های مختلف می‌شود که از این طریق به شکل پیوسته و بلادرنگ اندازه‌گیری دما، رطوبت، جریان هوا،

[1] Web Base

میزان نور، میزان اکسیژن و دی‌اکسیدکربن اندازه‌گیری می‌شود. توسّط برخی از این حسگرها سیستم می‌تواند حضور انسان‌ها را تشخیص داده و تعداد آن‌ها را پیش‌بینی کند.

- رفت و آمد تمامی افراد تحت نظر سیستم مدیریّت ساختمان هوشمند و با توجّه به سطح دسترسی آن‌ها صورت می‌پذیرد. حضور و غیاب اشخاص و مدّت زمان کاری آن‌ها توسّط سیستم محاسبه می‌شود.

- در یک ساختمان هوشمند میزان مصرف انرژی در هر دورهٔ زمانی اندازه‌گیری و ذخیره می‌شود. از این اطّلاعات برای بهینه‌سازی مصرف انرژی استفاده می‌شود.

- سیستم جابجایی افراد و حمل‌ونقل تجهیزات به‌نحوی برنامه‌ریزی می‌شود که در حدّاقل زمان و مسیر ممکن بیشترین مسافر و یا بار را جابجا کند.

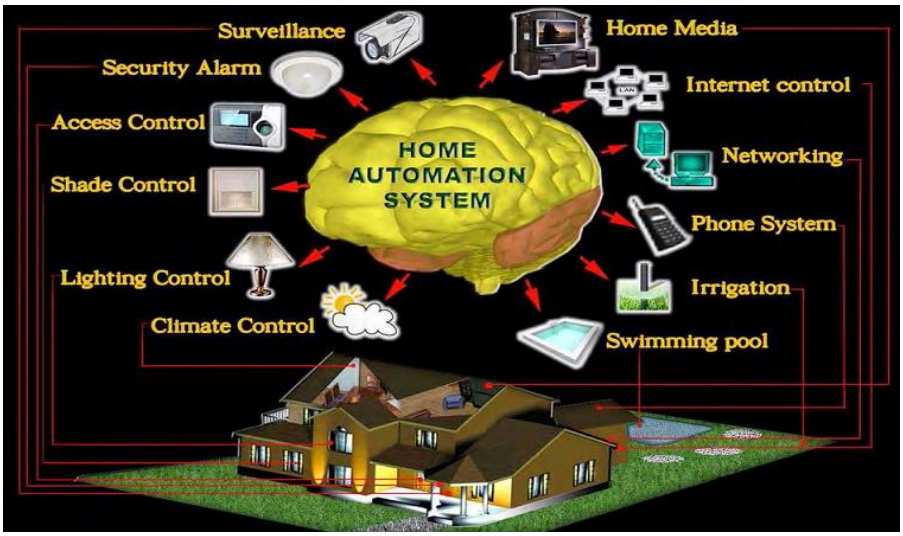
- کنترل و دسترسی به ساختمان از راه دور از هر نقطه از دنیا با استفاده از شبکهٔ اینترنت امکان‌پذیر است. کاربر با وارد کردن کد دسترسی می‌تواند تغییراتی در سیستم مدیریّتی ساختمان به وجود آورده و از دور اعمال نظر کند. این اعمال نظر می‌تواند حتّی مربوط به جزئیّاتی مثل تغییر دمای یک اتاق باشد.

- مدیران و ساکنین ساختمان می‌توانند با داشتن تجهیزات رایانه‌ای به‌راحتی از طریق شبکهٔ رایانه‌ای که متناسب با ساختمان طرّاحی شده است ضمن کنترل از راه دور، با یکدیگر ارتباط تصویری و صوتی داشته و به تبادل نظرات و حتی کنفرانس ویدیویی بپردازند.

- سیستم روشنایی، متناسب با شرایط روز نور رسانی را تنظیم کرده و مصرف آنی را به حداقل می‌رساند. در ساعات غیر اداری تجهیزات روشنایی به طور اتوماتیک خاموش شده و از هدر روی انرژی جلوگیری می‌شود.

- رفت و آمد پرسنل شاغل در ساختمان تحت کنترل بوده و سیستم اجازه عبور و دسترسی افراد به اتاق‌های مختلف را می‌دهد.

شکل ۳-۱ عملکرد ساختمان هوشمند را در بخش‌های مختلف نمایش می‌دهد.



شکل ۳-۱: عملکرد ساختمان هوشمند (سایت پاورجام، کد پروژه ۸۴)

برای هوشمندسازی یک ساختمان نخست می‌بایست منطق کنترل ساختمان شناسایی شود. این منطق مبتنی بر زیر سیستم‌هایی است که به‌صورت یکپارچه و در تعامل با یکدیگر می‌باشند. لذا جهت آشنایی بیشتر با منطق کنترل، توضیحاتی پیرامون مهم‌ترین زیر سیستم‌های یک ساختمان هوشمند ارائه می‌گردد (فولادیان، ۱۳۹۲ و حدادی نیستانک، ۱۳۹۳).

- سیستم کنترل دما و تهویهٔ هوا[۲]
- سیستم کنترل روشنایی[۳]
- سیستم دوربین مداربسته
- کنترل تردّد
- سیستم اعلام و اطفاء حریق
- سیستم توزیع دیتا
- سیستم توزیع خطوط تلفن
- سیستم آنتن مرکزی وتوزیع سیگنال
- سیستم تغذیهٔ اضطراری
- سیستم روشنایی اضطراری

[2] HVAC
[3] Lighting Control

- سیستم‌های عکس‌العمل خطر

۳-۳- معماری ساختمان هوشمند

معماری سیستم مدیریّت ساختمان هوشمند را می‌توان در سه سطح دسته‌بندی نمود (سایت پاورجام، کد پروژه ۱۰).

۱) سطح یک شامل وسایل و تجهیزات، حسگرها و اجزاء نهایی کنترل می‌باشد. این اجزاء شامل سیستم‌های ورودی/خروجی (I/O)، کنترل‌کننده‌ها و نرم‌افزارهای مرتبط با سطح دو می‌باشد و تمامی الگوریتم‌های کنترلی و منطقی در این سطح وجود دارد.

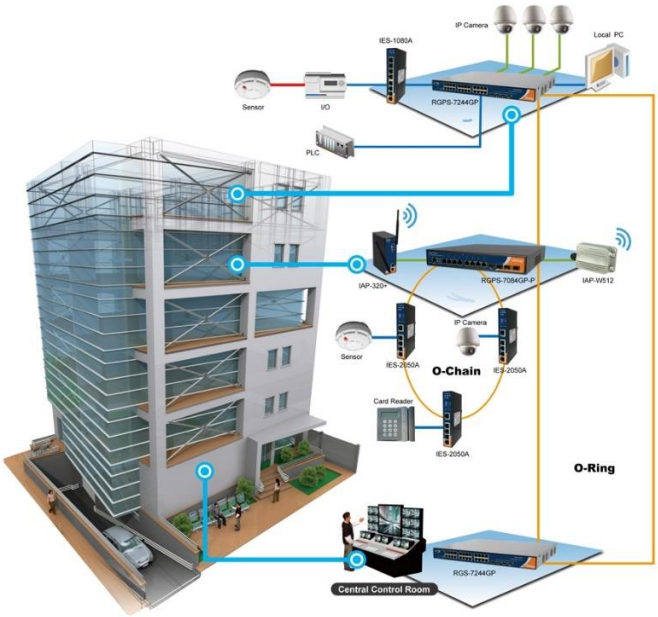
۲) سطح دو سطحی است که در آن ابزارهای نظارتی و مدیریّت اطّلاعات شامل واسط انسان-کامپیوتر[۴]، سرورها و تجهیزات ذخیره سازی قرار دارند. ارتباط بین سطح یک و دو از طریق پروتکل‌های استاندارد صنعتی انجام می‌شود.

۳) سطح سه دربرگیرندهٔ نرم‌افزار کنترلی سیستم‌های مدیریّت ساختمان هوشمند است. این نرم‌افزار روی سرور مناسب نصب شده و دارای شرایط زیر می‌باشد:

- محیط گرافیکی مناسب و ساده برای کاربر عادی.
- دارای کتابخانه انواع راه‌حل‌ها و برنامه‌ها برای آسانی طرّاحی سیستم در آینده.
- دارای امکانات راهبری سیستم در آینده.
- امکان تعریف طول و عرض جغرافیایی جهت تنظیم اتوماتیک شرایط طلوع و غروب خورشید و کنترل مصرف انرژی.
- امکان تعریف لایه‌های امنیّتی جهت دسترسی به برنامه برای کاربران متفاوت.
- امکان تعریف لایه‌های امنیتی برای کاربران زیرسیستم‌های متفاوت از قبیل سیستم تهویهٔ هوا، روشنایی و غیره.
- امکان ذخیره‌سازی اطّلاعات نرم‌افزار در بانک‌های اطّلاعاتی از قبیل SQL با قابلیّت کنترل در محیط مایکروسافت و اندروید.
- امکان تهیّه، تنظیم و مقایسه نمودارهای مختلف عملیّاتی از جمله نمودار مصرف برق و غیره در بازه های مختلف زمانی.

شکل ۳-۲ نمونه ای از معماری هوشمند ساختمان را نشان می‌دهد.

[4] Human Machine Interface



شکل ۳-۲: معماری هوشمند ساختمان (سایت پاورجام، کد پروژه ۱۰)

برای پیاده‌سازی سطوح سه‌گانهٔ معماری هوشمند در ساختمان‌ها، لازم است اجزاء و اصول طرّاحی سیستم مدیریّت ساختمان هوشمند بررسی و ملاحظات آن‌ها در اجرا در نظر گرفته شود. لذا در ادامه به موضوع اجزاء اصلی سیستم مدیریّت ساختمان هوشمند و اصول اساسی طرّاحی در ساختمان‌های هوشمند پرداخته شده است.

۳-۴- اجزاء سیستم مدیریّت ساختمان هوشمند

به‌طور کلّی IBMS از سه جزء تشکیل شده است (سایت پاورجام، کد پروژه ۸۴):

۳-۴-۱- حسگرها

حسگرها[5] سنجش پارامترهای محیطی و ارسال این اطّلاعات به سیستم را عهده‌دار هستند. این اطلاعات می‌تواند دمای محیط بیرون و درون، دمای سیّال گرم‌کننده یا خنک‌کننده، میزان روشنایی محیط، میزان رطوبت، مقدار گازها در هوا، حضور یا عدم حضور افراد در محل و دیگر اطّلاعاتی که برای راهبری بهینهٔ سیستم حیاتی است، باشد.

[5] Sensors

۳-۴-۲- کنترل کننده‌ها

کنترل‌کننده‌ها[6] اجزایی هستند که اطّلاعات دریافتی از حسگرها را دریافت و پردازش را بر اساس نرم‌افزار درونی خود یا شبکه انجام داده و فرامینی را به عملگرها ارسال می‌کنند.

۳-۴-۳- عملگرها

عملگرها[7] اجزایی از سیستم هستند که فرامین ارسالی از کنترل کننده ها را دریافت و بر اساس آن واکنش نشان می‌دهند. این عملگرها می‌توانند شیرهای برقی سیّالات، دریچه‌های قابل تنظیم عبور هوا، رله‌های قطع و وصل جریان الکتریکی و غیره باشند.

با توجّه به مطالب بالا می‌توان نتیجه گرفت که اعمال کنترل مرکزی توسّط یک سیستم در ساختمان هوشمند، بر روی بخش‌های زیر پیاده‌سازی می‌شود.

- سیستم‌های قدرت (شامل سیستم‌های ذخیره انرژی الکتریکی و تأمین برق اضطراری)
- سیستم تأمین روشنایی (تجهیزات روشنایی)
- سیستم تأمین گرمایش، سرمایش و تهویهٔ مطبوع (HVAC)
- سیستم‌های ایمنی و بازدید (شامل بازرسی مکان‌های مختلف و سیستم اعلام سرقت، امکان دید قسمت های مختلف، سیستم مدار بسته و ...)
- تنظیم دسترسی
- سیستم آتش‌نشانی (شامل اعلام و اطفاء حریق)
- سیستم کنترل آسانسورها و بالابرها
- سیستم آبرسانی (شامل تنظیم دبی و فشار آب مناطق مختلف، قطع و وصل جریان آب در مواقع مختلف، امکان کنترل آبیاری فضای سبز و غیره)

و موارد دیگری که هریک بسته به کاربری ساختمان و سطح درخواست کاربر، قابلیّت منظور نمودن در سیستم را دارد.

۳-۵- اصول اساسی طراحی در ساختمان هوشمند

برای شروع پروژه لازم است تا با مطالعهٔ دقیق نقشه‌ها و داده‌های موجود، بهترین طرّاحی بر اساس نیاز ساختمان و درخواست کارفرما انجام گیرد. این طرّاحی باید توسّط یک تیم ماهر و

[6] Controllers
[7] Actuators

کارآزموده که اشراف کامل بر سیستم‌های مکانیکی و الکتریکی ساختمان دارد انجام شود تا بتواند بهترین نقاط قابل کنترل را به دست آورده و آن‌ها را به صورت یک برگهٔ اطّلاعات[8] کامل کنترلی درآورد (وانگ، ۱۳۹۳).

در این برگه، نقاط قابل کنترل به‌صورت ورودی و خروجی دیجیتال و آنالوگ مشخّص می‌شوند. بعد از این مرحله نوبت به طرّاحی نقشه‌های فاز یک می‌شود که بعد از بازبینی نقشه‌های مکانیکال و الکتریکال، نقشه‌های اجرایی براساس آن‌ها تهیه می‌گردد. در یک ساختمان لازم است تا محل‌هایی به عنوان مرکز کنترل در بعضی نقاط مشخّص شود. درون این محل‌ها کنترل‌کننده‌ها قرار می‌گیرند و توسّط کابل‌های زوج سیم بهم تابیده[9] به سنسورها و تابلو فرمان متّصل می‌گردند تا بتوانند کار کنترل را انجام دهند.

۳-۵-۱- سیستم کنترل دما، تهویهٔ هوا[10]

در این سیستم‌ها که مبتنی بر بهینه‌سازی مصرف انرژی ساختمان و نیز کنترل صحیح تجهیزات مولّد انرژی می‌باشد، عملیّات کنترل در لایه‌های مختلف انجام می‌شود. در روش سنّتی، عملیّات کنترل عملکرد تجهیزات به صورت محلّی و کاملاً مستقل صورت می‌گیرد. برای مثال در کنترل چیلر جذبی با پایین آمدن اختلاف دمای آب سرد رفت و برگشت به مدار ساختمان، شیر آب سرد به‌تدریج بسته می‌شود تا عملیّات سردسازی کاهش یابد، اما همکاری بین چیلرها و یا همزمانی فعالیّت چیلرها با پمپ‌های تزریق آب به داخل سیستم وجود ندارد (سایت پاورجام، کد پروژه ۸۴).

در سیستم کنترل هوشمند تمام تجهیزات نصب شده در سطوح مختلف اعم از موتورخانه، اتاق هواساز و یا شوفاژ یا فن‌کوئل‌ها، اعضای یک پیکرهٔ کنترلی می‌باشند و فعّالیّت آن‌ها در راستای یکدیگر است. این سیستم توانایی آن را دارد که در حالت پشتیبان، اکثر تجهیزات را در صورت خرابی به‌صورت اتوماتیک جایگزین یکدیگر نماید. با پیاده‌سازی این سیستم مزایای زیر کاملاً در دسترس است.

۱- صرفه‌جویی در مصرف انرژی تا حدود ۳۰٪.
۲- کاهش هزینه‌های نگهداری تجهیزات مکانیکی
۳- کاهش ضریب استهلاک تجهیزات

[8] Data Sheet
[9] Unsheilded Twisted Pair
[10] HVAC

۴- کنترل آسان و مرکزی سیستم
۵- ایجاد گرما و رطوبت مطلوب در سطح ساختمان
۶- برنامه‌ریزی متمرکز برای تجهیزات مبتنی بر زمان مناسب عملکرد
۷- امکان بهره‌گیری از دیگر سیستم‌های هوشمند در عملکرد صحیح
۸- امکان تغییر عملکرد تجهیزات با توجه به تغییرات آب و هوا و نیز تغییر فصل
۹- امکان کنترل تجهیزات از راه دور توسّط شبکهٔ جهانی اینترنت، موبایل و غیره
۱۰- امکان اعلام خرابی به روش‌های مختلف اعم از فکس، E-mail، SMS و غیره.

مشخّصات این سیستم کنترل هوشمند به شرح ذیل می‌باشد.
۱) مشخّص کردن روش فعّالیّت و تعیین منطق صحیح کنترل
۲) محاسبات دقیق بار حرارتی نقاط مختلف ساختمان و تعیین انرژی لازم
۳) برآورد دقیق میزان و چگونگی تأمین رطوبت مورد نیاز فضاها
۴) طرّاحی زیرساختی بر مبنای تجهیزات مناسب به فراخور نیاز تأسیساتی ساختمان
۵) مشخّص شدن محل و نوع فضا به‌منظور نصب ترموستات‌های دیواری

۳-۵-۱-۱- نقاط قابل کنترل

لولهٔ آب، کانال هوا، دمپر، فن‌کوئل، چیلر، بویلر، هواساز، برج خنک‌کننده و پمپ‌های آن‌ها، مخزن آب مصرفی، منبع انبساط، فن فشار منفی از نقاط کنترل این سیستم‌ها می‌باشند.

۳-۵-۱-۲- تهویهٔ مطبوع

نوعی از مکیدن و یا دمیدن هوا از طریق طبیعی و یا مکانیکی برای کنترل برودت و حرارت ساختمان با تنظیم هوشمند دما و رطوبت و همراه با حذف آلاینده‌های مختلف برای تأمین آسایش ساکنین ساختمان را تهویهٔ مطبوع می‌نامند.

در این سیستم که مبتنی بر بهینه‌سازی مصرف انرژی و کنترل صحیح تجهیزات مولّد انرژی می‌باشد؛ کنترل هوشمند در تمامی سطوح ساختار برودتی، حرارتی و رطوبتی سیستم وجود دارد. سال‌هاست که چیلرها، بویلرها، هواسازها، فن‌کوئل‌ها و دیگر تجهیزات مکانیکی یک ساختمان امکان کنترل را دارا می‌باشند که این کنترل به‌صورت کاملاً بسته و محلّی صورت می‌گیرد. برای مثال در صورتی که فشار بخار داخل بویلر از حدّ استاندارد بالاتر رود به طور خودکار مشعل خاموش شده و یا شیر اطمینان عمل می‌کند. در چنین سیستمی تمامی کنترل‌ها و عملکردهای

تجهیزات بصورت فردی انجام می‌شود، به‌عنوان مثال، مدیر واحد تأسیسات است که تصمیم می‌گیرد چند درصد از سیستم فعّال شده و چه تعداد از پمپ‌ها در مدار قرار گیرند و یا این‌که توالی فعّالیّت پمپ‌ها طوری انجام گیرد که استهلاک به‌صورت متناسب انجام شود.

ولی در سیستم مدرن، به‌واسطهٔ پیاده‌سازی یک شبکهٔ عصبی و قابل کنترل، اطّلاعات مربوط به کلیّهٔ تجهیزات اعم از فشار مایع، فشارگاز، دما، رطوبت، فرمان حرکت و غیره در یک کنترل‌کنندهٔ مرکزی وارد شده و سپس با نرم‌افزاری که در آن کلیّهٔ ساختمان و تجهیزات مکانیکی آن به‌صورت گرافیکی شبیه‌سازی شده است عمل برنامه‌ریزی صورت می‌گیرد.

۳-۵-۱-۳- زیر سیستم‌های HVAC

۳-۵-۱-۳-۱- هواسازها

هر هواساز یک منطقه از ساختمان را تحت پوشش خود دارد و یکی از وظایف آن پیش سرمایش و یا پیش گرمایش هوای تزریقی به مناطق مختلف فضاهایی است که این مناطق از سیستم فن‌کویل استفاده می‌کنند و یا فضاهایی که به‌صورت مستقیم از هوای هواساز تغذیه می‌شوند. وظیفهٔ دیگر آن تأمین هوای تازه برای فضاهای داخلی ساختمان است که این کار در قسمت مخلوط‌کن هواساز از طریق هماهنگی دمپرهای ورودی هوای تازه و هوای برگشته انجام می‌شود. دمپرها وظیفهٔ تنظیم دریچه‌های ورودی هوا را برعهده دارند. سیستم IBMS جمع‌آوری اطّلاعات دمایی، رطوبتی و مقدار CO2 فضاها، بهترین توازن را بین دمپرهای ورودی و خروجی به‌وجود می‌آورد که باعث استفادهٔ بهینه از هوای برگشتی فضاها نیز می‌گردد.

درون هر هواساز فنّی تعبیه شده است که عمل دهش و یا مکش هوا را به عهده دارد. در سیستم کنترل هوشمند هواساز، کنترل عملکرد فن بسیار حیاتی است که می‌توان اطّلاعات مورد نیاز را با استفاده از سنسورهای فشار هوا و نیز سیگنال‌های الکتریکی تابلوهای برق به سیستم IBMS گزارش داد. هواساز دارای یک مبدّل حرارتی است که نقش انتقال حرارت از سیّال مایع سرد و یا گرم به سیّال گذرا «هوا» را بر عهده دارد که می‌توان بصورت مستقیم و یا غیر مستقیم باشد که در هر صورت می‌توان با تعبیهٔ یک شیر سه راهه به همراه یک شیر برقی قابل کنترل توسّط IBMS به ذخیرهٔ انرژی و کارکرد بهینه دست پیدا کرد. باز و بسته شدن شیر عملگر[11] بستگی به دمای منطقه‌های تحت پوشش هواساز دارد که توسّط برنامه‌ریزی سیستم IBMS این کار صورت می‌گیرد.

[11] Actuator

در حالت کنترل سیستم به شیوهٔ تنظیم حجم هوای قابل تغییر[۱۲]، دمپرها نقش حیاتی در کنترل دبی هوای تزریقی و دمای مطلوب محیط دارند. در زمان آتش‌سوزی کلیّهٔ دمپرها بسته می‌شوند تا اکسیژن به مناطق آتش‌سوزی نرسد. در زمان بسته بودن کلیّهٔ دمپرها، جهت آسیب نرسیدن به موتور هواساز، سیستم IBMS موتور را خاموش می‌کند. در سیستم تهویهٔ مطبوع می‌توان توسّط سیستم هواساز بر روی محل‌های ورودی به هواساز (هوای تازه و هوای برگشتی) محل‌های خروجی از هواساز، سنسورهای رطوبت، دما و حتی CO قرار داد تا بتوان از محیط‌های مختلف اطّلاعات مفیدی جهت کنترل کیفی محیط به‌دست آورد. در شرایط سرمای محیطی، وجود سنسور یخ‌زدگی[۱۳] بر روی کویل‌ها ضروری است. به این صورت که در هنگام پایین‌تر رفتن دما از نقطهٔ مشخّص، سیستم IBMS فرمان‌های لازم را جهت جلوگیری از یخ‌زدگی کویل صادر می‌کند. برج خنک‌کن[۱۴] وظیفهٔ پایین آوردن دمای آب خروجی کندانسور دستگاه‌های چیلر را بر عهده دارد. در سیستم IBMS جهت کنترل بهینهٔ برج خنک‌کن، نقاط کنترلی متمرکز برکلکتورهای دستگاه است و اطلاعات لازم را از سنسورهای دمایی بر روی کلکتورهای رفت و برگشت برج خنک‌کن و از اطّلاعات باینری موجود در تابلو برق[۱۵] برمی دارد و می‌تواند در مواقع لزوم از قسمت آغاز یا خاتمهٔ تابلو برق بهره جسته و به فن‌های برج فرمان لازم را صادر کند. در این سیستم کنترل از دو برج خنک‌کن بهره گرفته شده است. در سیستم‌های جدیدتر برج خنک-کن می‌توان از سیستم دور متغیّر فن و یا پمپ استفاده کرد. با تغییر اول می‌توان انتقال حرارت و با تغییر دوّم می‌توان دبی سیّال را کنترل کرد.

در تانک و مبدّل حرارتی آب گرم مصرفی در هواساز، بخار یا آب جوش تولید شده در دیگ‌ها وارد کویل تانک‌ها شده و حرارت خود را به آب مصرفی جهت گرم شدن آن می‌دهد. با داشتن دمای آب ورودی و خروجی به تانک آب گرم مصرفی (آب جوش و آب مصرفی) می‌توان میزان انتقال حرارت به وجود آمده را به‌دست آورد و از این اطّلاعات در جهت کنترل هر چه بهتر دستگاه استفاده نمود. در حالت ایده‌آل، بر حسب نوع و کیفیّت کویل استفاده شده، کیفیّت انتقال حرارت تعیین می‌گردد، اما با وجود سختی و رسوبات در داخل آب مصرفی، به مرور زمان بر روی کویل، یک لایه از رسوبات ایجاد می‌شود که انتقال حرارت را با مشکل مواجه

[12] Variable Air Volume (VAV)
[13] Anti-Freezing Detector
[14] Cooling Tower
[15] Electrical Panel

می‌سازد. در سیستم IBMS اگر انتقال حرارت صحیح دچار اختلال گردد با یک بوق هشدار دهنده[۱۶] به فرد نگهدارندهٔ دستگاه اعلام می‌گردد که تانک و مبدّل حرارت از لحاظ جرم گرفتگی کویل دچار اشکال گردیده است. همچنین با نصب یک سنسور فشار بر روی تانک می‌توان امنیّت کاری دستگاه را افزایش داد.

۳-۵-۱-۳-۲- سیستم کنترلی پمپ‌ها

در ساختمان از پمپ‌های سیرکولاتور (و یا بوستر پمپ‌ها) استفاده می‌شود که به‌طور معمول یکی از آن‌ها در حالت رزرو قرار دارد و مابقی با توان نامی مشغول به‌کار هستند که انرژی برق فراوانی را مصرف می‌کنند. از این پمپ‌ها جهت گردش آب درون سیستم‌های مختلف از قبیل هواسازها، فن‌کویل‌ها، آب مصرفی و برج خنک‌کن استفاده می‌شود که این گردش سیّال بدون درنظر گرفتن مصرف انرژی و راندمان کاری است. در صورتی که در سیستم IBMS این گردش سیّال به‌صورت کنترل شده است و بر حسب نیاز ساختمان؛ پمپ‌ها به‌صورت متوالی و چرخشی روشن و خاموش می گردند. در سیستم کنترل پمپ‌ها می‌توان از فرامین و اطّلاعات زیادی همچون شروع و توقّف[۱۷]، گردش[۱۸] و غیره در جهت کنترل پمپ‌ها استفاده کرد که این اطّلاعات در منطق کنترل به صورت‌های مختلف استفاده می‌شود. همچنین در قسمت ورودی و خروجی پمپ‌ها از سنسورهای فشار جهت کنترل کار پمپ‌ها می‌توان بهره جست.

۳-۵-۱-۳-۳- سیستم کنترل چیلر جذبی

وظیفهٔ این سیستم تأمین آب سرد جهت سرمایش ساختمان است. این چیلرها دارای یک سیستم کنترلی کامل هستند. بنا به ماهیّت سیستم IBMS که یک سیستم مدیریّت جامع است، دستگاه‌های چیلر به‌صورت کامل با مدارات کنترلی داخلی به‌کار خود ادامه می‌دهند. سیستم IBMS در یک مرحلهٔ کنترلی بالاتر کار کنترل را انجام می‌دهد تا در مواقع اضطراری فرمان‌های لازم را صادر کند. این کار با جمع‌آوری اطّلاعات توسّط سنسورهای متعدّد و اطّلاعاتی که از تابلو برق گرفته شده امکان‌پذیر می‌شود.

نقاط حسّاس چیلر همچون خطّ سرد[۱۹] و کندانسور[۲۰] دارای سنسورهای حرارتی ورود و خروج سیّال از چیلر و همچنین سنسور جریان سیّال[۲۱] در نقاط ورودی اپراتور و کندانسور است تا احتمال

[16] Alarm
[17] Start and Stop
[18] Trip
[19] Chilled

یخ‌زدگی و حل شدن مایع را از بین ببرد. این سیستم با کنترل دبی آب گرم ورودی از دیگ آب گرم به چیلر به همراه سنسورهای حرارتی در ورودی و خروجی آب گرم، کار کنترل را انجام می‌دهد (فولادیان، ۱۳۹۲).

۳-۵-۱-۳-۴- سیستم کنترل بویلر

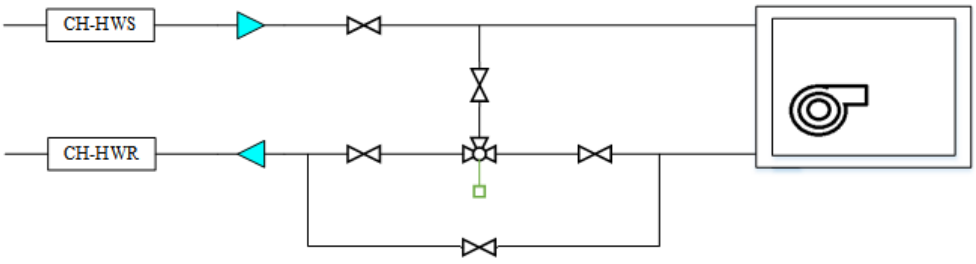
بویلرها دارای مدارات کامل کنترلی داخلی هستند که کنترل تمام سیستم‌های داخلی بویلر را انجام می‌دهند. در سیستم کنترل بویلر IBMS با داشتن دمای ورودی و خروجی می‌تواند در یک مرحله بالاتر بر کار بویلر نظارت داشته و در زمان خطر فرامین لازم را صادر کند.

۳-۵-۱-۳-۵- فن‌کویل‌ها

بر اساس نیاز پروژه و تعداد زیاد فن‌کویل‌ها، پیش‌بینی سیستم کنترلی خاص برای کاهش مصرف انرژی و کنترل بهینهٔ دمای اتاق‌ها وجود دارد. تنظیم دبی آب سرد و یا گرم مورد نیاز فن‌کویل‌ها به کمک شیر سه راهی که دستور باز یا بسته بودن را از کنترل‌کننده می‌گیرد انجام می پذیرد که به منظور بهینه‌شدن پروژه، دو گونهٔ خاص برای طرّاحی در نظر گرفته شده است (فولادیان، ۱۳۹۲).

۱- استفاده از شیر سه راهه و چهار شیر سوزنی:

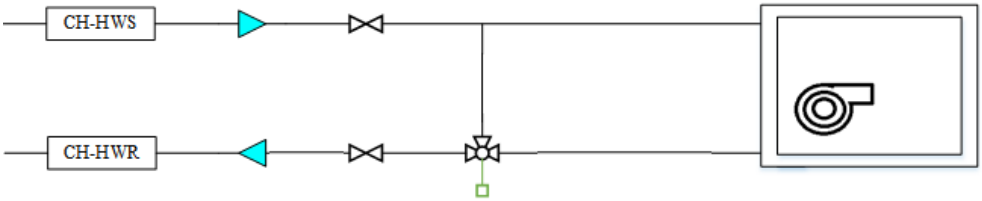
این روش که در شکل زیر دیده می‌شود جهت فضاهای بسته‌ای مناسب است که تنها یک فن‌کویل در آنها فعّال باشد.



شکل ۳-۳: سیستم فن‌کویل با چهار شیر سوزنی (فولادیان، ۱۳۹۲)

[20] Condenser
[21] Flow

۲- استفاده از شیر سه راهه و دو شیر سوزنی:



شکل ۳-۴: سیستم فن‌کویل با دو شیر سوزنی (فولادیان، ۱۳۹۲)

در سیستم کنترل IBMS می‌توان بر هماهنگی و کارآیی دستگاه‌های مرتبط با سیستم گرمایش ساختمان همچون بویلرها و پمپ‌های مربوطه و فن‌کویل‌ها و هواسازها و در یک زمان واحد، نظارت داشته تا بهترین بازده از سیستم بدست آید. این روش جهت فضاهایی است که تعداد فن‌کویل بیش از یک دستگاه می‌باشد. در صورت نیاز به تعمیر، فن‌کویل‌های دیگر جبران بار حرارتی محیط را انجام می‌دهند. مزایای این روش عبارتند از:

- در مصرف انرژی تا ۳۰٪ صرفه‌جوئی می‌شود.
- هزینه‌های نگهداری تجهیزات مکانیکی ساختمان کاهش می‌یابد.
- استهلاک دستگاه‌ها تا حدّ بسیار زیادی کاهش می‌یابد.
- دمایی مطلوب بدون نیاز به کنترل لحظه‌ای و حتی مستقل از فصول در تمام طول سال ایجاد می‌گردد.
- امکان تعامل سیستم با دیگر زیرسیستم‌های ساختمان مانند سیستم روشنایی، اعلام حریق و غیره وجود دارد.
- امکان اعلام سریع نقص فنّی تجهیزات مکانیک بلافاصله پس از وقوع آن توسّط فکس، پست الکترونیکی، آلارم و تلفن.

۳-۵-۱-۴- سیستم‌های کنترل هوشمند موتورخانه

مصرف انرژی روند رو به رشدی دارد و متأسّفانه این روند افزایشی درتمامی بخش‌ها و قسمت‌های ساختمان به‌چشم می‌خورد. یکی از بخش‌های ساختمان که مصرف انرژی در آن بالاست موتورخانه می‌باشد یک موتورخانه هوشمند از تعدادی از ادوات الکتریکی و الکترومکانیکی که توانایی کنترل مشعل‌ها یا پمپ‌ها را دارد تشکیل شده است. قسمت اصلی این ادوات از بخش‌های زیر تشکیل شده است (فولادیان، ۱۳۹۲):

۱) سیستم کنترل مرکزی که یک مدار پیچیدهٔ الکترونیکی است و وظیفهٔ آن پردازش اطّلاعات و کنترل مشعل یا مشعل‌ها، شیرها و پمپ‌ها است.

۲) سنسورها که قسمتی از مدار سیستم کنترل مرکزی هستند بیرون از دستگاه روی محل‌های مشخّصی مثل دیگ و لوله‌ها و دیوار شمالی ساختمان (سردترین نقطهٔ ساختمان) نصب می‌شوند تا دما را اندازه‌گیری کنند.

۳) شیرهای برقی که در مسیر لوله‌های آب گرم قرار می‌گیرند تا کنترلی روی آب چرخنده در مسیر شوفاژها وجود داشته باشد.

در حال حاضر میزان درجهٔ حرارت آب گرم چرخشی و آب گرم مصرفی در موتورخانه‌ها به‌صورت تنظیم درجه حرارت ترموستات دیگ و یا پمپ‌های سیرکولاسیون انجام می‌گیرد و معمولاً برای تمام مدّت بر روی یک عدد ثابت قرار دارد. تغییرات دمای هوا درطول روز موجب افزایش یا کاهش دمای داخل ساختمان شده که نتیجهٔ آن انحراف دمای داخل ساختمان از محدودهٔ آسایش و مصرف بیهودهٔ سوخت و انرژی می‌باشد. همچنین در بسیاری از ساختمان‌های غیرمسکونی با کاربری اداری- عمومی- آموزشی- تجاری از فضای ساختمان به‌صورت غیرپیوسته و فقط در بخشی از ساعات روز استفاده می‌گردد و نیازی به کارکرد موتورخانه پس از اتمام ساعت کاری وجود ندارد.

روش فعلی تنظیم دستی ترموستات دیگ‌ها و پمپ‌ها، قابلیّت اعمال خاموشی و یا کنترل تجهیزات در وضعیت آماده باش را ندارند. بنابراین با توجّه به عدم کارآیی دقیق و محدودیّت‌های کنترلی ترموستات‌های دستی، ضرورت استفاده از سیستم‌های کنترل هوشمند موتورخانه به دلایل زیر آشکار می‌باشد:

- راهبری و کنترل صحیح تجهیزات موتورخانه شامل مشعل‌ها و پمپ‌ها
- بهینه‌سازی و جلوگیری از مصرف بیهودهٔ سوخت و انرژی الکتریکی
- تثبیت محدودهٔ آسایش حرارتی ساکنین ساختمان
- کاهش استهلاک تجهیزات و هزینه‌های مربوطه
- کاهش هزینه‌های سرویس و نگهداری تأسیسات حرارتی
- کاهش تولید و انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی.

اصول بهینه‌سازی مصرف سوخت و انرژی توسّط سیستم‌های کنترل هوشمند موتورخانه مبتنی بر کنترل گرمایش از مبدأ و محل تولید انرژی حرارتی (موتورخانه) می‌باشد. این سیستم با دریافت اطّلاعات از سنسورهای حرارتی لحظه به لحظه اطّلاعات حرارتی موقعیّت‌های فوق را اندازه‌گیری

و با تشخیص نیاز حرارتی ساختمان تا برقراری شرایط مطلوب در تابستان یا زمستان به‌صورت هوشمند، تجهیزات حرارتی موتورخانه شامل مشعل‌ها و پمپ‌های آب گرم چرخشی را راهبری می‌نماید. بدین صورت مصارف گرمایشی نیز متناسب با نوع کاربری ساختمان مسکونی یا غیرمسکونی تأمین و کنترل می‌شود.

هنگام استفاده از موتورخانه در ساختمان‌های مسکونی و یا غیرمسکونی و با در نظر گرفتن شرایط کارکرد زمستانی یا تابستانی و برای کنترل گرمایش، مشعل‌ها و پمپ‌ها توسّط یک منحنی حرارتی کنترل می‌شوند. در این منحنی دمای آب گرم چرخشی در تأسیسات، تابعی از درجه حرارت محیط خارج ساختمان می‌باشد و به‌صورت لحظه‌ای و خودکار متناسب با تغییرات دمای خارج ساختمان کنترل می‌شود و باعث ایجاد دمای یکنواخت در داخل ساختمان می‌گردد. بدین صورت هنگام گرم شدن دمای محیط خارج ساختمان مشعل‌ها و پمپ‌ها به اندازه‌ای کار می‌کنند که گرمایش در حدّ مورد نیاز و در محدودهٔ آسایش حرارتی تأمین شود و از تولید بیش از حدّ حرارت که موجب سردرگمی و باز شدن پنجره‌ها به‌منظور تعدیل دمای اتاق‌ها می‌گردد جلوگیری می‌نماید.

برای تأمین دمای آب گرم مصرفی مطابق با شرایط مطلوب تعریف شده نیز تجهیزات موتورخانه به اندازه‌ای کار می‌کنند که فقط دمای آب گرم مصرفی در ساعت‌های مورد نظر به حد تعریف شده و مطلوب برسد.

در ساختمان‌های با کاربری غیرمسکونی نظیر ادارات، مدارس، مجتمع های تجاری و غیره نیز به‌دلیل غیرپیوسته بودن ساعت بهره‌برداری از ساختمان، سیستم کنترل هوشمند موتورخانه توسّط یک تقویم زمانی پس از ساعت کاری و تا زمان پیش راه‌اندازی موتورخانه در صبح روز بعد، موتورخانه را کاملاً خاموش و یا در وضعیّت آماده باش[۲۲] قرار می‌دهد. ویژگی‌های منحصربه فرد استفاده از سیستم‌های کنترل هوشمند موتورخانه در مقایسه با سایر روش‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی عبارتند از:

۱- **مستقل بودن عملکرد سیستم از مساحت زیربنای ساختمان:** با افزایش مساحت زیربنای ساختمان، مصرف سوخت و انرژی آن نیز به نسبت ساختمان‌های کوچک‌تر افزایش می‌یابد و موجب می‌شود تا اجرای روش‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان‌های بزرگ‌تر به همین میزان پرهزینه‌تر شود. به‌عنوان مثال در صورتی که مساحت پنجره‌های هر ساختمان ۱۵٪

[۲۲] وضعیّت آماده باش یعنی کنترل دمای آب گرم چرخشی در یک دمای ثابت و پایین

مساحت کل ساختمان در نظر گرفته شود در یک ساختمان با مساحت ۱۰/۰۰۰ متر مربع، مقدار و هزینهٔ اجرای پنجره دو جداره ۵ برابر مقدار و هزینه اجرای آن در یک ساختمان با مساحت ۲۰۰۰ مترمربع می‌باشد و به همین ترتیب برای اجرای روش‌های دیگری مانند: عایق حرارتی، عایق‌های حرارتی دیوار و کف و سقف، شیرهای ترموستاتیک رادیاتور.

برخلاف روش‌های فوق، سیستم‌های کنترل هوشمند موتورخانه دارای ویژگی منحصربه فرد و متمایز "مستقل بودن ساختار عملکردی از مساحت بنای ساختمان" می‌باشند. به عبارت دیگر در موتورخانه هر ساختمان، صرف نظر از مساحت آن، تنها با نصب یک دستگاه با هزینه‌ای ثابت و حدّاقل، هوشمند می‌گردد. دلیل این ویژگی منحصربه فرد در تعداد مشعل‌ها و دیگ‌های هر موتورخانه است. تعداد و ظرفیّت حرارتی مشعل‌ها و دیگ‌های تأسیسات حرارتی هر ساختمان (مصرف‌کنندگان سوخت) با مساحت آن نسبت مستقیم دارند و همواره تعداد مشعل‌ها و ترکیب ظرفیّت حرارتی آن‌ها به‌نحوی است که علاوه بر تأمین بار حرارتی مورد نیاز ساختمان، موجب افزایش هزینه‌های اجرایی نیز نگردند. طبق تحقیقات انجام شده در سطح موتورخانه‌های کشور در بیش از ۹۹٪ ساختمان‌های موجود تعداد دیگ‌ها و مشعل‌ها حدّاکثر ۳ دستگاه می‌باشد. در ساختمان‌های کوچک با مساحت زیر ۲۰۰۰ مترمربع، ظرفیت حرارتی مشعل‌ها و دیگ‌ها پائین و در حدود kcal/h ۱۵۰/۰۰۰ – ۱۰۰/۰۰۰ می‌باشد و با افزایش مساحت ساختمان با ثابت ماندن تعداد دیگ و مشعل، ظرفیّت حرارتی آن‌ها افزایش می‌یابد و حتّی به حدود kcal/h ۱/۰۰۰/۰۰۰ یا بیشتر نیز می‌رسد.

عملکرد هر خروجی مشعل یا پمپ در سیستم‌های کنترل هوشمند موتورخانه به شکلی است که به‌صورت سری در مدار برق این تجهیزات قرار گرفته و صرف نظر از ظرفیّت جریانی و آمپراژ آن‌ها، با فرمان روشن و خاموش[23] در زمان‌های مقتضی آن‌ها را کنترل می نماید. بنابراین با توجّه به توضیحات فوق سیستم‌های کنترل هوشمند موتورخانه با قابلیّت کنترل تا ۳ مشعل دارای ویژگی منحصربه فرد مستقل بودن عملکرد از مساحت بنای ساختمان می گردند.

۲-**پیک زدایی مصرف سوخت در اوج سرما:** اوج مصرف گاز در فصل سرما از ساعت ۱۷ تا ساعات اولیّه بامداد می‌باشد. این محدودهٔ زمانی مقارن با غروب خورشید و کاهش دمای هوا و نیاز به افزایش فرآیند گرمایشی ساختمان از طریق افزایش درجه حرارت بخاری‌های گاز سوز، افزایش درجهٔ ترموستات دیگ در ساختمان‌های دارای موتورخانه مرکزی و یا افزایش تعداد رادیاتورهای فعّال در هر واحد ساختمانی می‌باشد. نکتهٔ قابل توجّه دیگر، زمان پایان ساعت کاری

[23] ON/OFF

ادارات، مجتمع های عمومی و تجاری و مدارس می‌باشد که دقیقاً همزمان با ساعت اوج مصرف گاز است. این مهم در کنار قابلیّت ویژه و منحصربه فرد سیستم‌های کنترل هوشمند که توانایی خاموشی و یا اعمال دمای آماده باش مصرف موتورخانه ساختمان‌های غیر مسکونی پس از پایان ساعت کاری را دارند مفهوم ویژه‌ای را به‌نام پیک زدایی مصرف در اوج سرما پدید می‌آورد.

همچنین در بسیاری از ساختمان‌های اداری و مدارس، موتورخانه در تابستان خاموش و تنها در زمستان مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد. بنابراین در این دسته از ساختمان‌ها صرفه‌جویی حاصل از عملکرد سیستم‌های کنترل هوشمند موتورخانه مربوط به فصل سرما خواهد بود. درحدود ۸۰٪ از حجم گاز صرفه‌جویی شده حاصل از عملکرد سیستم‌های کنترل هوشمند موتورخانه در فصل سرما مربوط به خاموشی یا دمای آماده باش موتورخانه پس از پایان ساعت کاری ساختمان‌های غیرمسکونی و از ساعت ۱۷ تا ساعت‌های اولیّه بامداد می‌باشد که همزمان با ساعت اوج مصرف گاز است.

پیک‌های مصرف گاز در ساختمان‌های غیرمسکونی و اداری طی دو نوبت یکی صبح‌ها به هنگام شروع کار اداره و دیگری در هنگـام ظهر و موقع نماز و ناهار و استفاده از آب گرم مصرفی می‌باشد که البته اثرات آن بر روی مصرف گاز شبکه ناچیـز می‌باشد ولی با این وجود در صورت استفاده از سیستم‌های کنترل هوشمند موتورخانه با توجّه به افزایش دمای هوا به هنگام ظهر و نیاز گرمایش کمتر در این مقطع زمانی نیز امکان پیک زدایی وجود دارد.

۳- **کنترل مستقیم تجهیزات حرارتی ساختمان:** با اجرای روش‌های مختلف بهینه‌سازی در ساختمان‌هایی که دارای سیستم حرارت مرکزی می‌باشند، فرآیند صرفه‌جویی و کاهش مصرف سوخت نهایتاً منجر به تقلیل زمان کارکرد مشعل‌ها به دو صورت مستقیم و یا غیر مستقیم می‌گردد.

در صورتی که سیستم‌های کنترل هوشمند موتورخانه علاوه بر کنترل زمان روشنی و خاموشی مشعل‌ها، پمپ‌های آب گرم چرخشی را نیز با منطقی هماهنگ و سازگار با برنامه کارکرد مشعل‌ها و البته متناسب با تغییرات دمای خارج ساختمان و شرایط مطلوب دمای آب گرم مصرفی کنترل نماید، سیستم را مستقیم می‌نامند.

این ویژگی منحصربه فرد (کنترل تجهیزات در مبدأ) باعث می‌گردد تا دمای آب گرم چرخشی تنها به اندازهٔ مورد نیاز و تا برقراری شروط مصارف گرمایشی افزایش یابد. در غیر این‌صورت همواره دمای آب گرم چرخشی در بالاترین حد خود بوده و با اجرای روش‌های بهینه‌سازی در محل مصرف می‌بایست از اتلاف آن جلوگیری نمود. علاوه بر آن با کنترل مستقیم

پمپ‌های آب گرم چرخشی به میزان قابل ملاحظه‌ای در مصرف انرژی الکتریکی صرفه‌جویی شده و هزینه‌های استهلاک و سرویس و نگهداری نیز به‌شدّت کاهش می‌یابند.

۴- **بهینه‌سازی مصرف سوخت در ساعات تعطیلی ساختمان:** قابلیّت‌های کنترلی سیستم‌های هوشمند موتورخانه موجب صرفه‌جویی در مصرف سوخت به دو صورت زیر می‌گردند:

الف- کنترل مصارف گرمایشی در زمان کارکرد و بهره‌برداری از موتورخانه

ب- امکان خاموشی و یا آماده باش موتورخانه در دمایی ثابت و پایین پس از ساعت کاری در ساختمان‌های غیرمسکونی

ساختمان‌ها به‌لحاظ کاربری به دو دسته مسکونی و غیرمسکونی (اداری- آموزشی-عمومی- تجاری) تقسیم می‌شوند. در ساختمان‌های مسکونی از موتورخانه به‌صورت پیوسته و دائم به منظور تأمین مصارف گرمایشی استفاده می‌شود و صرفه‌جویی ناشی از عملکرد سیستم‌های کنترل هوشمند موتورخانه در این دسته از ساختمان‌ها صرفاً به لحاظ اعمال تغییرات دمای خارج ساختمان و کنترل دمای آب گرم مصرفی می‌باشد و صرفه‌جویی در این ساختمان‌ها تا ۲۰٪ امکان‌پذیر است.

در ساختمان‌های غیرمسکونی مانند ادارات و مدارس به‌دلیل استفاده منقطع و غیرپیوسته از ساختمان امکان خاموشی و یا آماده باش موتورخانه پس از ساعت کاری نیز وجود دارد. بهره‌برداری از این پتانسیل تنها توسّط سیستم‌های کنترل هوشمند امکان‌پذیر می‌باشد. به‌عنوان مثال در مدرسه‌ای که ساعت کاری آن از ساعت ۷ صبح تا ۱۶ می‌باشد و جمعه‌ها نیز تعطیل است، تنها از محل خاموشی موتورخانه پس از ساعت کاری بیش از ۵۵٪ صرفه‌جویی حاصل می‌شود و در صورتی که صرفه‌جویی زمان کارکرد موتورخانه نیز به آن اضافه گردد این رقم صرفه‌جویی می‌تواند به حدود ۶۵٪ افزایش می‌یابد. در سایر روش‌های غیرهوشمند بهینه‌سازی، صرفه‌جویی در مصرف سوخت تنها در زمان کارکرد موتورخانه ممکن می‌باشد و قادر به استفاده از پتانسیل بالای صرفه‌جویی زمان تعطیلی در ساختمان‌های غیرمسکونی نمی‌باشند.

۵- **صرفه‌جویی در پیش راه‌اندازی و تسریع در خاموشی موتورخانه:** یکی دیگر از پتانسیل‌های قابل ملاحظه صرفه‌جویی در مصرف سوخت ساختمان‌های اداری و آموزشی، استفاده از قابلیّت‌های هوشمند پیش راه‌اندازی و تسریع در خاموشی سیستم‌های کنترل هوشمند موتورخانه در ساختمان‌های غیرمسکونی می‌باشد. با توجه به اطّلاعات ارسالی از سنسور حرارتی که در نقاط مهم ساختمان نصب شده است، سیستم‌های کنترل هوشمند قادر می‌باشند طبق برنامه جدول زمانی و متناسب با سردی هوای خارج ساختمان، موتورخانه‌ها را از چندین ساعت زودتر از

ساعت شروع به کار ساختمان روشن و یا از دمای آماده باش به شرایط تابع حرارتی برسانند. همچنین این سیستم‌ها می‌توانند با توجّه به دمای هوای خارج ساختمان و در ساعات انتهایی کار ساختمان، تا یک ساعت زودتر موتورخانه را خاموش و یا به دمای آماده باش ببرند که این خود موجب صرفه‌جویی در مصرف سوخت می‌گردد.

۶- **بازهٔ زمانی صرفه‌جویی و بهینه‌سازی مصرف سوخت:** سیستم‌های کنترل هوشمند بر خلاف سایر روش‌های بهینه‌سازی که تنها در دورهٔ سرما و پنج یا شش ماه سال قادر به صرفه‌جویی و بهینه‌سازی مصرف سوخت ساختمان می‌باشند، به‌دلیل کنترل دمای آب گرم مصرفی با دو دمای حدّاقل و حدّاکثر در طی شبانه روز در تابستان‌ها نیز به‌میزان قابل ملاحظه ای مصرف سوخت را کاهش می‌دهند و بدین ترتیب به‌صورت لحظه‌ای در ۱۲ ماه سال فعّال می‌باشند.

۷- زمان نصب و بهره‌برداری از سیستم‌های کنترل هوشمند موتورخانه: مدّت زمان نصب و راه‌اندازی سیستم‌های کنترل هوشمند موتورخانه بسیار کوتاه و به‌طور متوسّط در حدود ۳ ساعت می‌باشد که بدون انجام هیچگونه تغییرات مکانیکی در موتورخانه انجام می‌گیرد .به همین علّت این روش در هر زمان از سال قابل اجرا بوده و هیچ‌گونه وقفه‌ای در تأمین مصارف گرمایشی ساختمان به‌وجود نمی‌آورد.

در دیگر روش‌های بهینه‌سازی فاکتور زمان عامل محدودکننده‌ای برای اجرای پروژه می‌باشد. به عنوان مثال پنجره‌های دو جداره را نمی‌توان در فصل سرما و در ساختمان‌هایی که از آن بهره‌برداری شده است اجرا نمود و یا جایگزینی شیرهای ترموستاتیک رادیاتور به‌جای شیرهای قدیمی در زمستان می‌تواند موجب اختلال چند روزه در گرمایش ساختمان گردد.

۸- **تثبیت محدودهٔ آسایش حرارتی در ساختمان:** در صورت استفاده از سیستم‌های کنترل هوشمند موتورخانه به‌دلیل لحاظ نمودن تغییرات دمای خارج ساختمان بر فرآیند کنترل دمای آب گرم چرخشی، دمای داخل ساختمان با دامنه نوسانات محدودی کنترل شده و موجب تثبیت نسبی آسایش حرارتی ساکنین می‌گردد. البته این ویژگی به صورت مشابه در شیرهای ترموستاتیک رادیاتور نیز ایجاد خواهد شد.

۳-۵-۲- سیستم کنترل روشنایی هوشمند

سیستم روشنایی یکی از قسمت‌های مهم در معماری و فضای داخلی ساختمان‌هاست. روشنایی داخل ساختمان می‌تواند تأثیرات زیادی بر فضای داخلی داشته باشد. به‌عنوان مثال اجسامی را در بعضی سطوح پنهان و یا بیشتر مشخّص کند، فضاها را بزرگ‌تر و یا کوچک‌تر جلوه دهد و

همچنین با استفاده از رنگ‌ها می‌توان ابتکاراتی ایجاد نمود. نورپردازی وسیله‌ای است برای نشان دادن بیشتر علامت‌ها، جهت‌ها و همچنین گاهی برای تأکید بر مخاطرات موجود در یک فضا. یکی از روش‌های نورپردازی در ساختمان، تکیه بر روش های هوشمند است که مبتنی بر آن شدّت روشنایی، مدّت زمان روشنایی، موزیکال بودن محیط مبتنی بر روشنایی و غیره تنظیم و کنترل می گردد (سیف، ۱۳۹۶).

بر اساس آمار مراجع رسمی در کشور ما بیش از ۴۰ درصد از انرژی الکتریکی ورودی به ساختمان به‌مصرف المان‌های روشنایی می‌رسد و این در حالی است که معمولاً نور مناسب و مرغوبی هم توسّط مصرف‌کننده‌های پر قدرت امروزی تولید نمی‌شود. نور مناسب باید دارای خصوصیات زیر باشد:

- مطلوب از نظر توزیع فرکانسی
- برای روشن نمودن محیط کافی باشد.
- سبب درخشندگی سطوح تا حدّی که باعث چشم‌زدگی نشود.
- عدم وجود سایه‌های مزاحم

کنترل روشنایی[24] در مکان‌های عمومی و صنعتی بزرگ اهمیّت فراوانی دارد به‌نحوی که امروزه در هیچ یک از سالن‌های صنعتی استفاده از روشنایی بر اساس سیستم‌های سنّتی توصیه نمی‌شود. زیر سیستم کنترل روشنایی امکان کنترل انرژی الکتریکی جهت ایجاد نور رضایت‌بخش و آرامش‌بخش را مهیّا می‌کند. چون در یک ساختمان هوشمند کلیّهٔ ادوات روشنایی به‌عنوان مدول‌های آدرس‌پذیر عمل می‌کنند، امکان برنامه‌ریزی و کنترل وسایل روشنایی با توجّه به‌نظر طرّاح و بر پایهٔ اجرای منطق کنترل میسر می‌گردد. به همین دلیل است که عبور از سیستم های روشنایی سنّتی که صرفاً نور ثابتی تولید می‌کنند آغاز شده و رویکرد عمده، رفتن به سمت هوشمند کردن آن برای بهره‌گیری از دیگر مزایای هوشمندسازی سیستم روشنایی است (حدّادی نیستانک، ۱۳۹۳).

۳-۵-۲-۱- روشنایی در محیط کار

کیفیّت روشنایی در محیط کار شامل تنظیم شدّت نور، روشنایی در زمان مناسب و غیره تأثیر بسزایی در کارایی بهتر و بیشتر نیروی کار دارد. هنگامی که نور محیط کار مناسب باشد، باعث تولید بیشتر و اشتباه کمتر می‌شود که این امر سبب افزایش کارایی شرکت از ۱۰٪ تا ۵۰٪ خواهد

[24] Lighting Control

شد. نور مناسب باعث کاهش اشتباهات از ۳۰٪ تا۶۰٪ شده و همچنین خستگی چشم‌ها، سردرد، حالت تهوّع، گردن‌درد را که نتیجهٔ خسته شدن چشم‌هاست کاهش می‌دهد. استفاده از نور مناسب باعث می‌شود که کارمندان بر کار خود هرچه بهتر تمرکز کنند که این امر نیز سبب افزایش کارایی پرسنل می‌گردد.

میزان روشنایی مورد نیاز کارکنان برحسب نوع کار، قدرت دید کارکنان و محیطی که کار در آن انجام می‌شود متفاوت است. برای مثال انجام کارهای حسّاسی مثل معاینه، مونتاژ قطعات ظریف و کوچک و رسم فنّی نیاز به نور زیادی دارد. از سوی دیگر کارهای سنگین مثل بارگیری یا تخلیهٔ بار و بسته‌بندی کالا، به نور کمتری نیازمند است. نور مناسب در محل کار مزایای زیر را دارد:

- کاهش خطر وقوع حوادث هولناک و بیماری‌های گوناگون
- ایجاد تمرکز و دقّت بیشتر در کار
- ایجاد محیط کاری روشن و پاکیزه و در نتیجه فضای فعّال‌تر و سرزنده‌تر
- بهبود انجام کار
- دید بهتر، افزایش دقّت و سرعت تولید

برای رسیدن به این هدف و بهبود بخشیدن به روشنایی محیط، نیاز به افزایش تعداد لامپ‌های روشنایی، سیم‌کشی بیشتر و یا پرداخت هزینهٔ بیشتر نمی‌باشد. بلکه می‌توان با استفاده از هوشمندسازی سیستم کنترل روشنایی، تغییر مناسب منبع نور، چیدمان میزها، تغییر محل استقرار پرسنل و استفاده مؤثّر از انعکاس نور، شدّت نور و بازهٔ زمانی روشن یا خاموش بودن آن را کنترل کرده و از روشنایی بیشتری بهره برد (وانگ، ۱۳۹۳).

۳-۵-۲-۲- نگهداری سیستم‌های روشنایی

تعمیر و نگهداری سیستم روشنایی که به صورت هوشمند کنترل می‌شود آسان است زیرا اطّلاعات سرویس دوره‌ای سیستم و داده‌های لحظه‌ای آن در دستگاه کنترل مرکزی سیستم مدیریّت ساختمان هوشمند وجود دارد و رصد میشود. نگهداری منظّم و مرتّب از سیستم روشنایی موجب کارایی بالاتر و کاهش هزینه‌ها می‌گردد. لامپ‌هایی که به‌دلیل گرفتن گرد و غبار از میزان نوردهی‌شان کاسته می‌شود همان میزان انرژی اولیّه را مصرف می‌کنند. اگر طرّاحی سیستم برق و نحوهٔ قرارگیری لامپ‌ها، پنجره‌ها، سقف‌ها، دیوارها و کلّاً محیط کار به‌درستی انجام شده و در شرایط خوبی باشند، برای دستیابی به روشنایی مورد نظر نیاز به اضافه کردن لامپ‌های بیشتری نیست (سایت پاورجام، کد پروژه ۸۳).

دریک محیط کار خاک گرفته فارغ از وجود سیستم روشنایی سنّتی یا هوشمند، میزان ورود نور خورشید به داخل آن ۳۰٪ تا۴۰٪ و پس از ۶ ماه ۴۵٪ تا ۵۵٪ کاهش می‌یابد. بنابراین مهم است که:

- همه قسمت‌های محیط کار به طور مرتّب تمیز شود.
- لامپ‌هایی که کهنه و کم نور شده‌اند تعویض شوند.
- لامپ‌های کم نور در مکان‌هایی که به نور کمتری نیازمندند، نصب گردند.
- برای جلوگیری از نشستن گرد و غبار روی لامپ‌ها، از محافظ استفاده شود.
- به هشدارهای سیستم کنترل هوشمند روشنایی توجّه شود تا ایراد به‌وجود آمده برطرف و از وقوع مشکل اساسی جلوگیری شود.

۳-۵-۲-۳- مزایای هوشمندسازی سیستم روشنایی

استفاده از سیستم مدیریّت ساختمان هوشمند (IBMS) در کنترل سیستم روشنایی ساختمان، مزایای زیر را ایجاد می‌نماید (وانگ، ۱۳۹۳).

۱- منطق کنترل هوشمند روشنایی بر اساس شدّت نور مورد نیاز و مناسب هر فضا تعریف می‌شود نه بر اساس تعدّد و تنوّع وسیله‌های روشنایی و این همان عامل اصلی کاهش انرژی مصرفی در ساختمان‌های هوشمند می‌باشد.

۲- در سیستم روشنایی هوشمند، سیستم انتقال قدرت و سیستم کنترل کاملاً مجزّا از یکدیگرند و این به معنای آن است که هیچ ارتباط فیزیکی بین وسایل کنترلی مانند کلیدها، سنسورها و غیره وجود نخواهد داشت.

۳- مزیّت دیگر پیاده‌سازی سیستم هوشمند روشنایی در ساختمان آن است که در هر شرایطی که منطق کنترل تغییر کند، می‌توان بدون کوچکترین تغییر فیزیکی (برای مثال تغییر در سیم‌کشی و غیره) و صرفاً با اعمال تغییرات در برنامه‌ریزی و یا اصولاً برنامه‌ریزی مجدّد تجهیزات کنترلی، منطق جدید را پیاده‌سازی کرد.

۴- در سیستم روشنایی هوشمند امکان تعریف منطق‌های روشنایی یکپارچه به‌راحتی میسر می‌گردد. برای مثال می‌توان حالت‌های مختلفی مانند عبور و مرور ساکنین و مهمان‌ها، قرار گرفتن در شب، عدم حضور ساکنین به علت مسافرت، برگزاری مجالس در منزل و غیره را تعریف و اجرا کرد که سیستم هوشمند به‌طور خودکار در وضعیّت‌های فوق تنظیم می‌گردد.

۵- هوشمندسازی، امکان ارتباط سیستم روشنایی با شبکه اینترنت یا موبایل را به‌راحتی میسّر می‌سازد و این به معنای آن است که کلیّهٔ ادوات روشنایی و اصولاً کلیّهٔ لوازم الکتریکی ساختمان هوشمند، از راه دور و از طریق خطّ تلفن و یا شبکهٔ اینترنت یا شبکه‌های محلّی قابل هدایت و کنترل می‌باشند.

۶- امکان ایجاد برنامه‌ریزی متمرکز مبتنی بر زمان در سیستم هوشمند روشنایی به‌راحتی مقدور است.

۷- امکان کنترل کلیدها و سیستم روشنایی به وسیلهٔ ریموت کنترل و بُردهای کنترلی وجود دارد.

۸- امکان ایجاد روشنایی مناسب با تلفیق نور طبیعی و مصنوعی به‌وسیلهٔ کنترل خودکار پرده‌ها وجود دارد.

۹- کنترل روشنایی بر اساس درک شدّت روشنایی محیط به‌راحتی قابل اجراست.

۱۰- امکان ایجاد نور مناسب، مطلوب، مرغوب و جلوگیری از اتلاف انرژی با حذف مصرف‌کننده‌های زائد وجود دارد.

۱۱- امکان بهره‌گیری از سیستم‌های هوشمند کنترل روشنایی برای ایجاد نورپردازی ویژه وجود دارد.

۱۲- امکان برقراری ارتباط مؤثّر بین سیستم روشنایی و تجهیزات کنترلی آن با دیگر زیر سیستم‌های هوشمند در IBMS وجود دارد.

۳-۵-۲-۴- نقاط قابل کنترل توسّط سیستم روشنایی

سیستم روشنایی هوشمند در کلیّهٔ نقاطی که کنترل روشنایی برای ما اهمیّت دارد قابل نصب و بهره‌برداری است. مکان‌هایی که این سیستم قادر به کنترل نور آن‌ها می‌باشد بسیار گسترده است؛ از منازل مسکونی گرفته تا مکان‌های عمومی مثل پارک‌ها و استادیوم‌های ورزشی. لذا به دلیل استفاده آسان و قابلیّت بالای تطبیق با شرایط و جایگاه غیر قابل اجتناب آن در هوشمندسازی، این سیستم به اصلی‌ترین زیر سیستم کنترلی ساختمان‌های هوشمند تبدیل شده است.

۳-۵-۳- سیستم دوربین مدار بسته هوشمند

سیستم دوربین‌های مدار بسته یکی از ارکان اصلی هوشمندسازی ساختمان‌هاست. نسل جدید این سیستم‌ها قابلیّت مشاهده تصاویر از هر نقطه دنیا به‌وسیله اینترنت، موبایل و غیره و با کیفیّت بسیار مطلوب را دارد (سیف، ۱۳۹۶ و فولادیان، ۱۳۹۲).

همچنین قابلیّت‌هایی نظیر ضبط تصاویر بدون استفاده از دستگاه‌های گران قیمت و حجیم مانند مالتی پلکسر، کنترل دوربین‌ها توسّط کامپیوتر، امکان شبکه شدن با دیگر سیستم‌های امنیّتی یا کنترلی موجود در ساختمان، تحوّل شگرفی در این صنعت ایجاد نموده است. استفاده از دوربین های آنالوگ، دیجیتال و یا دوربین هایی با آدرس پذیری شبکه[۲۵] از جمله روش‌های کنترل تصاویر به‌کمک کامپیوتر می‌باشند که بسته به شکل امنیّتی فضاها، از دوربین های بدون سیم[۲۶] نیز می‌توان بهره برد.

با پیاده‌سازی توزیع کننده های سیگنال[۲۷] و نیز استفاده از سیستم‌های ضبط دیجیتال مناسب[۲۸]، امکان آن وجود خواهد داشت تا صحیح ترین روش ضبط تصاویر و یا ارتباط با خارج از سیستم را برقرار نمود.

۳-۵-۳-۱- مزایای هوشمندسازی سیستم دوربین مداربسته

استفاده از سیستم مدیریّت ساختمان هوشمند (IBMS) در کنترل سیستم دوربین‌های مداربسته در ساختمان، مزایای زیر را ایجاد می‌نماید (مفیدی، ۱۳۹۵).

۱- کنترل امنیّت مکان‌ها به صورت تصویری.

۲- کنترل تردّد افراد در ساختمان.

۳- ارتقاء امنیّت و افزایش سطح رفاه و آرامش ساکنین.

۴- امکان استفاده از دوربین‌های مختلف از قبیل سیاه و سفید، رنگی با لنز متحرّک، و با قابلیّت نصب میکروفون در آن‌ها وجود دارد.

۵- استفاده از توزیع کننده‌های مناسب بر اساس پورت‌های تصویری میسّر است.

۶- استفاده از سرویس‌های مناسب با سرعت بالا جهت پردازش هوشمند تصاویر.

۷- امکان اتّصال سیستم CCTV[۲۹] به شبکهٔ کامپیوتری و مشاهده و کنترل تصاویر به صورت هم زمان و غیرهم زمان بر اساس دسترسی[۳۰] تعریف شده برای کاربران.

---

۲۵ Camera Network

۲۶ Wireless

۲۷ Multiplexers

28 DVR-Digital Video Recorders

29 Closed Circuit TeleVision

۳۰ Access

۸- زمان‌بندی فعّالیّت دوربین‌ها در بازه‌های زمانی دلخواه مورد نظر ساکنین ساختمان در هر ساعت از شبانه روز.

۳-۵-۳-۲- نقاط قابل کنترل توسّط سیستم دوربین‌ها

درهای ورودی اصلی، ورودی آسانسورها، مدخل سالن‌های اجتماعات، فضاهای عمومی، اتاق‌های کار، فنس‌های حفاظتی و غیره از جمله نقاط کنترلی در این سیستم محسوب می‌شوند. انتقال تصاویر ضبط شده از این نقاط بر روی سیستم‌های مختلف و ذخیرهٔ آن می‌تواند منجر به بهبود کنترل و تأمین امنیّت بیشتر شود.

فضاهای حسّاس بدون داشتن نقطهٔ کور، بهره گیری از امکان ضبط بر پایهٔ حرکت افراد، تشخیص هوشمند هویّت افراد در محل، تطبیق سیستم هوشمند دوربین‌های مدار بسته در محیط با شرایط متفاوت رطوبت، گازهای سمّی و یا شیمیایی، گرد و غبار، تاریکی مطلق و غیره از جمله موارد مهم دیگر در تعیین دقیق نقاط کنترلی جهت نصب سیستم هوشمند دوربین‌های مدار بسته است که منجر به بالا بردن ضریب امنیّت و کنترل محیط می‌شود.

۳-۵-۴- سیستم کنترل تردّد هوشمند

این سیستم برای طبقه‌بندی دسترسی به مکان‌های مختلف طرّاحی شده است. منظور از طبقه‌بندی، برنامه‌ریزی روی زمان، مکان و افراد است. برای مثال راهرویی در تمام ساعات روز پرتردّد و در ساعات خاصی از شب تردّد ممنوع می‌باشد، در این صورت چنانچه اتّفاق خاصّی خلاف روال عادی رخ دهد سیستم به ما اطّلاع خواهد داد. این اتفاق می‌تواند شامل تردّد شخص غیر مسئول، باز شدن بدون دلیل درها و یا حتی روشن شدن چراغ قسمتی از محیط باشد (حدّادی نیستانک، ۱۳۹۳).

از طرف دیگر برخی از درها تنها اجازهٔ ورود افراد خاصّی را می‌دهند و همهٔ امکان ورود و خروج ندارند. بدیهی است که با پیاده‌سازی سیستم مذکور تنها افرادی مجاز به تردّد خواهند بود که دارای مجوّز عبور از طریق کد تعریف شده، کارت ورود معتبر، اثر انگشت معرّفی شده، تصویر چهرهٔ تعریف شده و غیره باشند. سیستم کنترل تردّد محدودیّتی نسبت به نوع محلّ مورد استفاده ندارد، بلکه سیستم بسته به محل که می‌تواند مسکونی، اداری، تجاری و غیره باشد، راه‌حل مناسب را ارائه داده و کنترل فضاها را بر عهده می‌گیرد. این سیستم شامل یک کنترل‌کنندهٔ مرکزی و تعدادی کارت‌خوان است و قابلیّت اتّصال به شبکه را دارد.

۳-۵-۴-۱- مزایای هوشمندسازی سیستم کنترل تردّد

استفاده از سیستم مدیریّت ساختمان هوشمند (IBMS) در کنترل سیستم تردّد در ساختمان، مزایای زیر را ایجاد می‌نماید (حدّادی نیستانک، ۱۳۹۳).

۱- صدور مجوّز هوشمند عبور از درب‌ها برای کنترل تردّد افراد از طریق صفحه کلید[۳۱]، اثر انگشت[۳۲]، کارت‌خوان[۳۳]، مردمک چشم[۳۴]، تشخیص چهره[۳۵] و یا تلفیق روشهای ذکر شده[۳۶].

۲- کنترل درها به صورت مستقل که شامل دو ساختار است: کنترل هر در با یک پروسسور بدون امکان اتّصال به دیگر درها و کنترل هر در با یک پروسسور با امکان اتّصال به دیگر درهای ساختمان با پروتکل مناسب ارتباط شبکه.

۳- کنترل درها به صورت یکپارچه از طریق شبکه با یک پروسسور مرکزی.

۴- استفاده از نرم‌افزار کنترل تردّد جهت ذخیره‌سازی کلیّهٔ اطلاعات از قبیل درها، افراد، زمانبندی‌های تردّد و غیره به همراه گزارش‌گیری‌های مناسب.

۵- استفاده از انواع قفل‌های الکتریکی و مغناطیسی جهت تأمین سطح امنیّت مورد نیاز ورودی‌ها.

۶- استفاده از سنسورهای مخصوص جهت گزارش وضعیّت باز و بسته بودن درب‌ها.

۷- استفاده از انواع گیت‌های هوشمند قابل کنترل از قبیل انواع درهای اتوماتیک برقی، گیت‌های خورشیدی، گیت‌های مخفی و گیت‌های ورودی پارکینگ‌ها.

۸- استفاده از سیستم‌های حفاظت پیرامونی جهت کنترل تردّد.

۹- استفاده از سیستم‌های حفاظت فنسی جهت کنترل دیوارهای جانبی.

۱۰- استفاده از سیستم‌های کنترل تردّد با کاربری سنسورهای متأثّر از حرکت یا حضور.

با توجّه به شرایط فوق و دیگر امکاناتی که با توجّه به توسعهٔ علم و تکنولوژی به وجود می‌آید با پیاده‌سازی سیستم کنترل تردّد قابلیّت‌های زیر به دست خواهد آمد:

۱- حفظ امنیّت سیستم به طور کامل

۲- کنترل زمان تردّد افراد در چارچوب مدیریّت پرسنل

---

[31] Key Pad
[32] Finger Print
[33] Card Readers
[34] Iris
[35] Face Detection
[36] Fusion or Combination

۳- کنترل میزان تردّد افراد از گیت‌های خاص در چارچوب کنترل ترافیک تردّد
۴- تشخیص هویّت افراد و وسایل نقلیّه
۵- امکان ردیابی افراد در سازمان
۶- محاسبه و کنترل ضریب بهره‌وری نیروهای انسانی
۷- اتّصال به شبکهٔ هوشمند ساختمان و همکاری با دیگر زیر سیستم‌های هوشمند از قبیل روشنایی، دوربین‌ها، آسانسور، اعلام حریق و غیره.

۳-۵-۴-۲- نقاط قابل کنترل توسّط سیستم کنترل تردد

نقاط قابل کنترل در سیستم کنترل تردّد شامل درب‌های اصلی، گیت‌های عبوری، راهروها و لابی‌های عمومی، منافذ ارتباط با خارج اعم از پنجره، دریچه و غیره است.

۳-۵-۵- سیستم اعلام و اطفاء حریق هوشمند

یکی از مهم‌ترین ارکان حفظ امنیّت در داخل ساختمان، پیاده‌سازی سیستم اعلام حریق به منظور اطّلاع سریع وقوع حادثه آتش‌سوزی است. محل نصب سنسورها، نوع سنسورهای انتخابی، نوع سیستم، پروتکل مورد استفاده و نیز مسائلی از این قبیل مهم‌ترین ارکان سیستم اعلام حریق هستند، که با توجه به نوع محل، از سنسورهای حرارتی، سنسورهای دودی، سنسورهای حساس به گازهای سمی و سیستم مکش جهت نمونه‌برداری محیط و ارائهٔ عکس‌العمل سریع در برابر حریق استفاده می‌شود. استانداردهای جهانی از قبیل انجمن ملی حفاظت از آتش‌سوزی[۳۷] در همین راستا تدوین شده‌اند که به تأیید محصولات ساخته شده توسّط سازندگان و نیز روش‌های اجرای سیستم می‌پردازد (سینوپولی، ۱۳۹۶).

هنگام وقوع حریق نیاز است در مکان‌هایی که از بُعد فیزیکی و تجهیزات دارای اهمیّت خاصی هستند از رشد و افزایش حریق تا رسیدن نیروهای امداد جلوگیری شود. سیستم اطفاء حریق در مواردی نیز می‌تواند به‌عنوان اطفاءکننده کامل حریق وارد عمل شود.

۳-۵-۵-۱- مزایای هوشمندسازی سیستم اعلام و اطفاء حریق

استفاده از سیستم مدیریّت ساختمان هوشمند (IBMS) در کنترل سیستم اعلام و اطفاء حریق در ساختمان، مزایای زیر را ایجاد می‌نماید (یوسف‌نژاد، ۱۳۹۲).

[37] National Fire Protection Association (NFPA)

۱- انجام عملکرد سریع و مناسب در هنگام وقوع حریق.
۲- امکان برنامه‌ریزی جهت مدیریّت زمان عملکرد سیستم اطفاء حریق.
۳- پیاده‌سازی سیستم به‌صورت آدرس‌پذیر و یا معمولی.
۴- یکپارچه‌سازی و توانایی برقراری ارتباط و ایجاد هماهنگی با سایر زیرسیستم‌های هوشمند امنیّتی و اخباری از قبیل سیستم کنترل تردّد، دوربین‌ها و غیره.
۵- امکان استفاده از نرم‌افزارهای گرافیکی جهت ردیابی نزدیک‌ترین و سریع‌ترین راه جهت رسیدن به محل حریق و نیز مشخّص نمودن محل دقیق آتش‌سوزی.
۶- امکان استفاده از مدول‌های اتّصال به واسط سیستم مدیریّت ساختمان[۳۸] جهت هماهنگی با تجهیزات جانبی اطفاء حریق از قبیل دمپرهای تخلیهٔ دود و یا فن‌های فشار قوی.
۷- قابلیّت توسعهٔ سیستم در فضاهای تازه تأسیس جدید.
۸- استفاده از پنل مشترک کنترلی با سیستم اعلام حریق.
۹- امکان کنترل دستی و اتوماتیک سیستم اطفاء حریق به‌منظور صرفه‌جویی در گاز مصرفی.
۱۰- امکان استفاده از مخازن ذخیره جهت کنترل شدّت حریق.
۱۱- امکان کنترل تخلیهٔ گاز به‌صورت مرحله‌ای و یا یکباره.

۳-۵-۵-۲- نقاط قابل کنترل توسّط سیستم اعلام و اطفاء حریق

کلیّهٔ فضاهای بستهٔ ساختمان، راهروهای اضطراری، آشپزخانه‌ها، پارکینگ‌ها، آسانسورها، درهای ورود و خروج ساختمان، محل قرار گرفتن تجهیزات کنترلی حساس و غیره جزء نقاط قابل کنترل توسّط سیستم اعلام و اطفاء حریق می‌باشند.

۳-۵-۶- سیستم توزیع دیتا

سیستم توزیع شبکهٔ دیتا یکی از مهم‌ترین و اساسی‌ترین زیرسیستم‌های هوشمندسازی ساختمان است که با اجرای آن کلّ مجموعهٔ ساختمان هوشمند به‌عنوان یک شبکهٔ رایانه‌ای شناخته شده و در این صورت به یکی از اعضای شبکهٔ جهانی تبدیل می‌شود. در راستای دستیابی به دهکدهٔ جهانی اطّلاعات، ایجاد زیر ساختار مناسب ارتباطی امری بسیار ضروری می‌باشد. ایجاد یک شبکهٔ کامپیوتری در سایزهای مناسب برای توزیع دیتا در یک محلّه، شهر و یا حتی پیاده‌سازی در حدّ

[38] Building Management System Interface

یک کشور و یا چندین کشور جزئی از این یکپارچه‌سازی است. با توجّه به نوع نرم‌افزار یا نرم‌افزارهایی که در یک سازمان تعریف می‌شود، روش دستیابی به اطلاعات اهمیّت پیدا می‌کند.

در همین راستا استانداردهای بسیاری در چارچوب معماری پیاده‌سازی شبکه و نیز روش‌های پیاده‌سازی شبکه‌های کامپیوتری تدوین شده‌اند که برخی از آن‌ها عبارتند از ISO 11801، TIA/EIA B-568 و TCP/IP که اساس این استانداردها استفاده از کابل مسی و کابل فیبر نوری در پیاده‌سازی سیستم توزیع است (طحانی، ۱۳۹۷).

۳-۵-۶-۱- مزایای استفاده از سیستم توزیع دیتای هوشمند

با توجّه به آن که در یک ساختمان مدرن بر پایهٔ سیستم‌های کنترلی هوشمند استفاده از کلیّهٔ تجهیزات مرتبط با شبکه[39] بسیار متداول می‌باشد، لذا استفاده از یک زیرساختار قوی که بتواند تمام زیرمجموعه‌ها اعم از اطّلاعات، صدا، تصویر و غیره را تنها از یک رشته کابل عبور دهد و دیگر نیازی به کابل‌کشی مجدد نداشته باشد، بسیار ضروری است. از سویی دیگر یک سیستم کابل‌کشی استاندارد از نرم‌افزارها و سخت‌افزارها حتّی با وجود نام‌ها و کاربردهای مختلف پشتیبانی می‌کند. به عبارتی کلیّهٔ سخت‌افزارها و یا نرم‌افزارهای هوشمندسازی در ساختمان امکان پیاده‌سازی و ارتباط با یکدیگر را پیدا خواهند کرد. لذا انتقال تمام انواع دیتا از یک کابل و پشتیبانی از انواع تجهیزات با نام‌های مختلف، از مزایای پیاده سازی سیستم توزیع دیتای هوشمند است.

۳-۵-۶-۲- نقاط قابل کنترل توسّط سیستم توزیع دیتا

نقاط قابل کنترل در این سیستم شامل مدیریّت دیتا در کلیّهٔ تجهیزات سخت افزاری در شبکه‌های کامپیوتری اعم از سرورها[40]، مشتری‌ها[41]، دریافت‌کننده‌ها[42]، سوئیچ‌ها، مودم‌ها، تکرارکننده‌ها[43] و دیگر تجهیزات بین راهی مسیر انتقال داده می‌باشد. همچنین نقاط قابل کنترل در این سیستم شامل تمامی سخت‌افزارهای مربوط به زیرسیستم‌های هوشمند از قبیل مبدّل کنترل دما- تهویهٔ هوا (HVAC)، سیستم روشنایی هوشمند، بُرد کنترل مرکزی سیستم کنترل تردّد و تجهیزات مرتبط با انتقال و پردازش داده‌ها می‌باشند.

---

[39] Network Base
[40] Servers
[41] Clients
[42] Receivers
[43] Repeaters

۳-۵-۷- سیستم توزیع خطوط تلفن

سیستم ارتباطی ساختار یافته همواره مورد توجّه طرّاحان ساختمان هوشمند بوده است. سیستم توزیع تلفن یکی از زیرسیستم‌های با اهمیّت پروژه هوشمندسازی ساختمان است و برای ایجاد ارتباط بین همهٔ مکان‌های یک ساختمان هوشمند به‌کار می‌رود. این سیستم برای یکپارچه‌سازی ساختمان نیاز ضروری محسوب می‌شود (مفیدی، ۱۳۹۵).

از دیر هنگام در طرّاحی تمامی واحدهای اداری و غیر اداری یک سیستم تلفن مرکزی طوری انتخاب می‌شد که تمامی افراد با یک توزیع منطقی دسترسی داشته باشند. اما مهم‌ترین نکته در این بحث استفاده از پروتکل ارتباطی مناسب و نیز ارائهٔ راه‌حل بهتر جهت دستیابی همگان به این سیستم می‌باشد. بنابراین در این سیستم از دو راهکار اساسی کمک گرفته می‌شود که جزء مزایای استفاده از این سیستم نیز می باشند:

۱- استفاده از تلفن‌های مبتنی بر IP و VOIP[۴۴]

در واقع در چنین وضعیّتی بدون پرداخت هزینه‌های ناشی از ارتباطات مخابراتی هر یک از واحدها می‌توانند با واحد مرکزی و یا دیگر واحدها ارتباط برقرار کنند که این مورد یکی از مزایای سیستم تلفن شبکه‌ای می‌باشد (طحانی، ۱۳۹۷).

۲- استفاده از دستگاه‌های سوئیچ تلفنی (PABX[۴۵])

این سیستم در ارتباطات داخلی سازمانی توصیه می‌گردد. در این سیستم شبیه زیر سیستم توزیع دیتا با استفاده از همان کابل‌کشی ساختار یافته که در توزیع دیتا با تمام واحدها ارتباط برقرار شد امکان آن به‌وجود می‌آید تا سیستم تلفن داخلی به‌طور منطقی توزیع شود.

۳-۵-۷-۱- نقاط قابل کنترل توسّط سیستم توزیع خطوط تلفن

نقاط قابل کنترل در سیستم توزیع تلفن شامل سوئیچ‌ها و دیگر تجهیزات مخابراتی نصب شده در رک‌ها، مولتی پلکسرها، تکرارکننده‌ها، گیرنده‌ها و فرستنده‌های مخابراتی، آنتن‌ها و غیره هستند.

۳-۵-۸- سیستم آنتن مرکزی و توزیع سیگنال

سیستم ارتباطی ساختار یافته روشی برای توزیع سیگنال‌های تلویزیونی و ماهواره‌ای در محیط‌های چند اتاقه مثل ساختمان‌های اداری، هتل ها، دانشگاه‌ها، آپارتمان‌ها و غیره است.

---

[44] Voice over Internet Protocol

[45] Private Automatic Branch Exchange

برنامه‌های تلویزیونی می‌توانند از طریق شبکه‌های سراسری صدا و سیما، تجهیزات پخش تصویر و حتی آنتن‌های ماهواره‌ای پخش شوند. در این مقوله بحث بیشتر بر نحوهٔ توزیع صحیح سیگنال‌های تلویزیونی است به‌طوری که همگان بتوانند از این سیستم استفادهٔ بهینه نمایند. بنابراین در تمامی مکان‌ها اعم از واحدهای آپارتمانی، اتاق‌های اداری، سالن‌های اجتماعات و هر مکان دیگری که استفاده از این ابزار مهم تبلیغاتی و فرهنگی ضروری باشد یک یا چند دستگاه تلویزیون تعبیه شده است که بسته به محل استفاده، از شبکه‌ها و یا فرستنده‌های خاص استفاده می‌شود. لازمهٔ این نوع انعطاف‌پذیری ایجاد طرّاحی و زیر ساختار صحیح در پیاده‌سازی سیگنال‌ها و امواج رادیویی است.

۳-۵-۸-۱- مزایای استفاده از سیستم آنتن مرکزی

استفاده از سیستم مدیریّت ساختمان هوشمند (IBMS) در کنترل سیستم آنتن مرکزی در ساختمان، مزایای زیر را ایجاد می‌نماید (سایت پاورجام، کد پروژه ۸۴).

۱- سیگنال‌ها از ایستگاه‌های تلویزیون محلّی، ماهواره‌ها و یا فرستنده‌های خاص تولید شده در یک رک جمع‌آوری شده و بین تلویزیون‌ها توزیع می‌شوند. در این روش با استفاده از گیرنده‌ها، مبدّل‌های فرکانسی و توزیع‌کننده‌های امواج رادیویی این امکان به وجود می‌آید که تصاویر شبکه‌های تلویزیونی داخلی، تصاویر شبکه‌های ماهواره‌ای به صورت محدود یا نامحدود، تصاویر مربوط به برخی از دوربین‌های مدار بسته داخل ساختمان و تصاویر مربوط به دستگاه‌های مولّد مانند DVD تنها با استفاده از کابل تلویزیونی معمولی انتقال داده شود.

۲- سیستم‌های تلویزیونی هوشمند[46] در مقایسه با سیستم‌های سنّتی کابلی دارای کیفیّت دیجیتالی مطلوب‌تری هستند. با دریافت مستقیم سیگنال‌ها از ماهواره افت سیگنالی که در مسیرهای طولانی کابل ایجاد می‌شود وجود نخواهد داشت.

۳- هزینهٔ کل سیستم تلویزیونی هوشمند شامل نصب، تجهیزات و برنامه‌ریزی می‌تواند کمتر از نصف قیمت سیستم کابلی باشد.

۳-۵-۸-۲- نقاط قابل کنترل توسّط سیستم آنتن مرکزی

سالن های اجتماعات، مکان‌های عمومی، برخی مکان‌های خصوصی و کلیّهٔ مکان‌هایی که پخش تصاویر تلویزیونی با اهداف اجتماعی، تبلیغاتی، سرگرمی و غیره را تأمین می‌نمایند از جمله نقاط کنترلی این سیستم هستند.

[46] Smart TV

۳-۵-۹- سیستم تغذیهٔ اضطراری

جهت تأمین بدون وقفه برق دستگاه‌های مصرف کننده حسّاس که هنگام قطع برق شهری ممکن است به شکل ناگهانی اطّلاعات خود را از دست بدهند، نیاز است از منابع تغذیهٔ بدون وقفه[۴۷] استفاده شود. همچنین امروزه جهت تأمین برق مصرف‌کننده‌های اضطراری نیاز مبرم به موتور ژنراتور مولّد برق می‌باشد، به‌نحوی که پس از قطع برق بلافاصله موتور ژنراتور به‌طور اتوماتیک فعّال شده و وارد مدارهای تعیین شده می‌شود.

۳-۵-۹-۱- مزایای استفاده از سیستم UPS

استفاده از سیستم مدیریّت ساختمان هوشمند (IBMS) در کنترل منبع تغذیهٔ بدون وقفه در ساختمان، مزایای زیر را ایجاد می‌نماید (یوسف‌نژاد، ۱۳۹۲).

۱- UPS، با دریافت فرمان هوشمند از پنل کنترل مرکزی سیستم IBMS، تغذیه AC را از مشکلاتی نظیر نوسان ولتاژ، تغییرات فرکانس، ایجاد نویز و غیره می‌زداید و ولتاژی پایدار و ثابت و در صورت نیاز ایزوله شده را به‌وجود می‌آورد. این عمل باعث می‌شود تا مشکلات ایجاد شده در خطّ انتقال قدرت به سیستم‌های حسّاس مجموعه نرسد و از آسیب رسیدن به آن‌ها جلوگیری شود.

۲- امکان موازی‌سازی UPSها به شیوه‌های مختلف وجود دارد.

۳- امکان نصب سنسورهای زلزله و کنترل اتوماتیک خروجی هنگام وقوع خطر وجود دارد.

۴- امکان ارتباط با شبکه جهت انجام گزارش‌گیری و کنترل آن وجود دارد.

۵- عملکرد UPS به‌طور هوشمند از طریق نرم‌افزارهای ویژه کنترل می شود.

۶- ارتباط UPS با سایر تجهیزات سیستم مدیریّت ساختمان هوشمند وجود دارد.

۳-۵-۹-۲- مزایای ژنراتور

این مکانیزم به‌شکلی است که با استفاده از تابلوهای تغییر اتوماتیک، با قطع برق سیستم به شکل خودکار موتور را روشن نموده و پس از مدّتی (حدود ۳۰ ثانیه) وارد مدار تعریف شده می‌نماید. مدار کنترلی سیستم دارای شرایط خاصی است تا بتواند عملکرد موتور ژنراتور را بهینه نماید. مدار کنترلی در بخشهای موتور و ژنراتور به شرح زیر می‌باشد.

[47] Uninterruptible power supply

- مدار کنترل پارامترهای حسّاس موتور شامل:
  ۱) فشار روغن موتور
  ۲) دمای آب رادیاتور
  ۳) میزان سطح گازوئیل مخزن
  ۴) اعمال فرمان کنترل اتوماتیک سطح گازوئیل مخزن با پمپ
  ۵) کنترل دور موتور
  ۶) میزان شارژ باطری موتور
  ۷) محاسبهٔ زمان عملکرد دستگاه جهت انجام سرویس‌های اولیّه
- مدار کنترل پارامترهای ژنراتور شامل:
  ۱) کنترل جریان و ولتاژ برق ژنراتور و برق شهر
  ۲) کنترل فرکانس خروجی ژنراتور
  ۳) زمان بندی ورود و خروج ژنراتور به مدار برق ساختمان
  ۴) کنترل میزان بار منتقل شده به هر فاز خروجی ژنراتور

ماژول‌های ارتباط پارامترهای ذکر شده در بالا با شبکه‌های کامپیوتری هوشمند ساختمان به شکلی است که بتوان سیستم را به‌طور مرکزی و در ارتباط با دیگر زیر سیستم‌ها کنترل نمود.

۳-۵-۹-۳- نقاط قابل کنترل توسّط UPS

نقاط قابل کنترل توسّط UPS در سیستم مدیریّت ساختمان هوشمند شامل کلیّهٔ سیستم‌های دیجیتالی دارای اطّلاعات مانند کامپیوترها، سرورها، سوئیچ‌ها، روترها، بُردهای کنترلی و غیره است. نقاط قابل کنترل توسّط ژنراتورها در سیستم مدیریّت ساختمان هوشمند شامل مصرف‌کننده‌های اضطراری از قبیل آسانسور، پمپ‌های تزریق آب، روشنایی معابر و نیز شارژ باطری UPSها می‌شود.

۳-۵-۱۰- سیستم روشنایی اضطراری

روشنایی اضطراری سیستمی است که وظیفهٔ آن تأمین نور مناسب در بحران یا شرایط خاص است. هنگام قطع شبکهٔ سراسری برق، وقوع حریق، وقوع زلزله، سیل و یا هر وضعیّت اضطراری دیگر نیاز است تا معابر عبور افراد اعم از راهروها، پلّه‌های فرار، درهای خروجی و غیره روشن بمانند تا افراد مسیرهای خروج را به راحتی یافته و خارج شوند (سیف، ۱۳۹۶ و وانگ، ۱۳۹۳).

۳-۵-۱۰-۱- مزایای استفاده از سیستم روشنایی اضطراری

هدف از بکارگیری این سیستم در ساختمان‌های هوشمند، تأمین سلامت ساکنین در مواقع اضطراری است. به همین علّت روشنایی اضطراری از طریق چراغ‌هایی با ویژگی مقاومت بالا در برابر حریق و حرارت، باعث تأمین روشنایی در شرایط اضطراری تا چندین ساعت و با دریافت فرمان از پنل مرکزی سیستم مدیریّت ساختمان هوشمند می‌شود. همچنین این سیستم قابلیّت مشخص نمودن علائم راهنما مثل خروج عادی، خروج اضطراری، ممنوعیّت کشیدن سیگار و غیره، تولید طیف نور مناسب جهت رؤیت در دود و یا گاز را نیز دارد. تغذیهٔ این چراغ‌ها می‌تواند به سه روش اصلی زیر صورت پذیرد.

۱- تأمین انرژی به صورت مستقل در داخل چراغ.

۲- تأمین انرژی توسّط منبع DC خارجی.

۳- تأمین انرژی توسّط منبع AC خارجی.

لازم به‌ذکر است این چراغ‌ها بسته به محل و نوع استفاده، قابل تعریف خواهند بود. در مواقع ایجاد بحران که زمان زیادی برای تصمیم‌گیری وجود ندارد، اهمیّت این زیرسیستم به‌وضوح مشخص می‌شود و برای همین است که جزء الزامات مهمّ طرّاحی ساختمان‌های هوشمند قرار گرفته است.

۳-۵-۱۰-۲- نقاط قابل کنترل توسّط سیستم روشنایی اضطراری

تجهیزات مرتبط با این زیرسیستم معمولاً در محل‌های عبور، راهروها و پلّه‌ها، راهروهای فرار و دیگر مکان‌هایی که در مواقع اضطراری بیش‌تر مورد استفاده هستند قرار می‌گیرد و معمولاً به‌گونه‌ای نصب می‌شوند که ساکنین را به‌طرف محل امن یا خارج از ساختمان هدایت کنند و یا دستورالعمل‌هایی را در هنگام بروز مشکل ارائه نمایند.

۳-۵-۱۱- سیستم عکس‌العمل خطر

یکی دیگر از مهم‌ترین ویژگی‌های سیستم مدیریت ساختمان هوشمند، عکس‌العمل سیستم در مقابل خطر و استفاده از امکانات کنترل همزمان کلیّهٔ زیر سیستم‌ها و همکاری آن‌ها با یکدیگر است. در این راستا استفاده از سنسورهای مناسب نظیر سنسور آشکارسازی زلزله، سنسور سیل، سنسور اعلام ورود فرد غیرمجاز و سنسورهای اعلام حریق به اطلاع‌رسانی خطر کمک می‌کنند. امروزه اکثر UPSها و یا سیستم‌های آسانسور، مجهّز به سنسورهای اعلام زلزله جهت غیرفعّال

کردن مدار خود می‌باشند که در صورت وجود این امکان با دریافت یک خروجی از این سیستم‌ها توانایی کنترل دیگر نقاط حسّاس و اعمال دستورالعمل‌های مناسب وجود خواهد داشت (فولادیان، ۱۳۹۲).

۳-۵-۱۱-۱- مزایای استفاده از سیستم عکس‌العمل خطر

استفاده از این سیستم در مدیریّت ساختمان هوشمند، مزایای زیر را ایجاد می‌نماید.

۱- پیاده‌سازی یک زیرساخت صحیح در طرّاحی جهت مقابلهٔ منطقی با خطر.

۲- نصب کلیدهای اتوماتیک برای ورودی برق اصلی ساختمان و نیز خروجی UPS و ژنراتور جهت کنترل همزمان و قطع یکباره.

۳- امکان نصب شیرهای ضدانفجار در ورودی گاز شهری.

۴- امکان نصب شیرهای برقی در ورودی آب شهری.

۵- امکان ارتباط هوشمند این سیستم با سیستم کنترل تردد جهت درهای اصلی برای مهیا کردن زمینه خروج اضطراری.

۶- امکان ارتباط هوشمند این سیستم با سیستم کنترل اتوماتیک دما جهت کنترل فعالیت سیستم‌های تأمین هوا در هنگام وقوع حریق.

۷- امکان ارتباط هوشمند این سیستم با سیستم روشنایی اضطراری جهت روشن نگهداشتن چراغ مسیرها وگذرگاه‌ها در هنگام وقوع خطر.

۸- استفاده از سیستم هوشمند شماره‌گیری اتوماتیک جهت اعلام گزارش خطر به مراکز ذی صلاح.

در فصل بعد، به تشریح پروتکل‌ها و استانداردهای موجود در سیستم مدیریّت ساختمان هوشمند پرداخته خواهد شد.

فصل چهارم

استانداردها و پروتکل‌های خانهٔ هوشمند

۴-۱- مقدّمه

پروتکل، به مجموعه‌ای از قوانین مرسوم و متداول برای برقراری ارتباط بین سیگنال‌ها اطلاق می‌شود. یکی از مزایای استفاده از پروتکل‌ها در سیستم مدیریّت ساختمان هوشمند، افزایش سازگاری بین اجزاء مختلف تجهیزات کنترلی در این سیستم می‌باشد.

یکی از مشکلاتی که اخیراً در بکارگیری و گسترش یکپارچه‌سازی زیرساخت‌های موجود در ساختمان‌ها و خانه‌های هوشمند به‌وجود آمده است، موضوع تکنولوژی‌ها و فناوری‌های ساخت و چگونگی عملکرد گوناگون آنهاست. یکی از راهکارهای رفع مشکلات فوق استفاده از پروتکل‌ها و استانداردهای باز مانند BACnet، LanWorks، Modbus و knx می باشد (خدابنده‌لو، شیخی، و دهقان، ۱۳۹۴). این پروتکل‌ها که به پروتکل‌های هوشمندسازی ساختمان معروفند، دارای خصوصیّاتی مانند باز بودن[1]، سازگاری و پشتیبانی توسّط شرکت‌های معتبر و برتر دنیا می-باشند.

امروزه سیستم‌های مدیریّت ساختمان هوشمند منجر به ایجاد وحدت و یکپارچگی در زیرساخت‌های متعدّد در خانه‌ها و ساختمان‌ها مانند تأسیسات گرمایشی، روشنایی، تهویه و خنک سازی[2]، سیستم دوربین های مدار بسته[3]، کنترل دسترسی، اعلام حریق و غیره شده است. شرکت-های تولیدکننده این پروتکل‌ها، گاهی به‌گونه‌ای پروتکل ها را طرّاحی و ارائه می‌دهند که قابلیّت اشتراک‌گذاری اطّلاعات بین آن‌ها و بقیّهٔ سیستم‌ها وجود ندارد که به این پروتکل‌ها، پروتکل‌های بسته می‌گویند. در یک ساختمان هوشمند، هنگامی که به یک سیستم هوشمند باز احتیاج است، همکاری و تعامل بین زیرساخت های تأسیساتی تولید شده توسّط شرکت‌های گوناگون جهت به اشتراک‌گذاری اطّلاعات و تقسیم وظایف، بسیار مهم و حیاتی است. این همکاری در ساختمان‌ها به مفهوم هوشمندسازی معروف است. این فصل به بررسی و تشریح انواع پروتکل‌ها و استانداردهای هوشمندسازی ساختمان می پردازد.

۴-۲- پروتکل‌های ساختمان هوشمند

یکی از بخش‌های مهم سیستم‌های مدیریّت ساختمان، خانه‌های هوشمند است که با هدف ایجاد آسایش و امنیّت برای ساکنین یک ساختمان ایجاد شده و به‌سرعت در حال توسعه می‌باشد. امروزه تکنیک‌های مختلفی برای هوشمندسازی ساختمان‌های بزرگ از قبیل کنترل نور، کنترل

[1] Open Source
[2] HVAC
[3] CCTV

دما، کنترل درها، پنجره‌ها و پرده‌ها و یا سیستم‌های امنیّتی و مدار بسته به‌کار گرفته می‌شوند. علاوه برموارد فوق، در خانه‌های هوشمند، کاربردهای دیگری نیز مانند هوشمندسازی سیستم‌های صوتی و تصویری، هوشمندسازی آبیاری گیاهان و غیره نیز تعریف می‌شود. همه موارد ذکر شده، بر بستر پروتکل‌های هوشمندسازی ساختمان قابل پیاده‌سازی هستند. این پروتکل‌ها در ساختمان منجر به استفاده از تکنولوژی‌های مدرن جهت هوشمندسازی ساختمان شده و موجبات ایجاد آسایش و امنیّت بیشتر در خانه برای ساکنین را فراهم می‌آورد. اجرای دقیق هوشمندسازی مبتنی بر این پروتکل‌ها و استانداردها در خانه‌ها و ساختمان‌ها، می‌تواند در بهبود کیفیّت زندگی انسان‌ها تأثیر زیادی داشته باشد. پروتکل‌های هوشمندسازی در سیستم مدیریّت ساختمان، قابلیّت مدیریّت انواع سیستم‌های کنترلی زیر را دارند (سیف، ۱۳۹۶):

۱- کنترل دما
۲- کنترل روشنایی
۳- کنترل نور به کمک باز و بسته کردن هوشمند پرده‌ها
۴- کنترل سیستم‌های صوتی و تصویری
۵- کنترل سیستم اعلام و اطفاء حریق
۶- کنترل سیستم‌های حفاظتی و امنیّتی
۷- کنترل سیستم گرمایشی و سرمایشی
۸- کنترل آبیاری هوشمند گیاهان
۹- کنترل هوشمند تغذیهٔ حیوانات

تکنیک‌های استفاده شده به‌منظور هوشمندسازی ساختمان به‌طور کلّی به دو دسته تقسیم می‌شوند (سیف، ۱۳۹۶ و سایت پاورجام، کد پروژه ۱۰):

۱- روش‌هایی که در آن‌ها به کابل‌کشی جداگانه برای کنترل تجهیزات نیازی نیست. در این روش‌ها، سیگنال‌هایی که از طرف لوازم کنترل‌کننده تولید می‌شوند، از طریق برق داخل ساختمان و یا سیگنال‌های امواج رادیویی انتقال یافته و دستگاه مورد نظر را در مقصد کنترل می‌کنند. معروف‌ترین تکنولوژی‌ها در این دسته X-10 و پروتکل Z-Wave هستند.

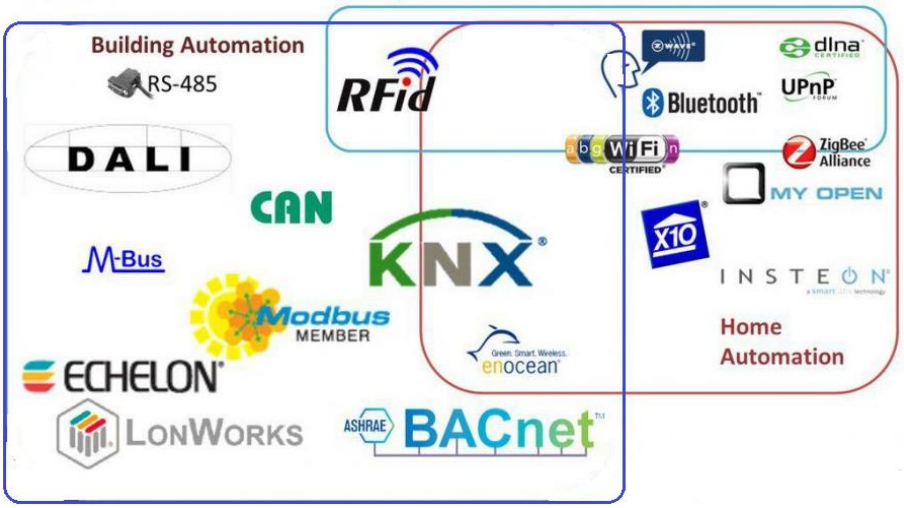
۲- روش‌هایی که در آن‌ها برای کنترل تجهیزات هوشمندسازی علاوه بر استفاده از برق ساختمان، نیاز به ایجاد یک شبکهٔ مبتنی بر کابل مجزا برای انتقال سیگنال‌های تولید شده توسّط تجهیزات کنترلی وجود دارد. معروف‌ترین تکنولوژی‌ها در این دسته KNX، TCP/IP و BACnet می‌باشند.

سیستم‌های هوشمند در یک ساختمان یا خانه، بر پایهٔ بهینه‌سازی و تقویت عوامل مؤثّر در کنترل بازدهی زیرساخت‌های مکانیکی و الکتریکی و از نظر بازدهی و عملکرد؛ در سه سطح دسته‌بندی می شوند. در سطح پایینی عملیّات ذخیره نمودن اطلاعات و داده‌ها شامل اندازه‌گیری‌ها و محاسبات انجام می‌شود و این موضوع باعث می‌شود فرآیند مدیریّت هوشمند ساختمان مانند سوئیچ‌زنی‌ها، تنظیمات و کنترل موقعیت‌ها، مدیریّت شود. در سطح میانی که با عنوان اتوماسیون شناخته می‌شود جنبه‌های گوناگون کنترل خودکار مانند اجرای عملیّات حلقه‌های کنترلی صورت می‌پذیرد و مدیریّت وظایف مانند کنترل‌های گرافیکی به‌عنوان وظایف موجود در سطح مدیریّت انجام می‌شود. شکل ۴-۱ سطوح هوشمندسازی ساختمان مبتنی بر پروتکل‌ها را نشان می‌دهد.

شکل ۴-۱: سطوح هوشمندسازی ساختمان مبتنی بر پروتکل‌ها (فولادیان، ۱۳۹۲)

پروتکل‌ها و استانداردهای باز ذکر شده در بالا براساس نوع طرّاحی و استفاده در سیستم هوشمند ساختمان، قابلیّت بررسی در یک یا هر سه سطح را دارا می‌باشند. به‌عنوان مثال کاربرد پروتکل‌هایی نظیر KNX و LonWorks به ترتیب در سطح اول تا سوم وجود دارد و در مقابل پروتکل BACnet کاربرد بیشتری در سطح سوم دارد. همچنین پروتکل Modbus در سطح دوم و پروتکل‌هایی مانند ZigBee در سطح اول استفاده می شود.

پروتکل‌های خانهٔ هوشمند انواع مختلفی دارند که بر حسب نیاز و میزان تمایل مشتری انتخاب شده و مورد استفاده قرار می‌گیرند. رایج‌ترین پروتکل‌های هوشمندسازی که وظیفهٔ اجراء و هماهنگی بین دستگاه‌ها و سخت افزارهای موجود در سیستم مدیریّت ساختمان هوشمند را برعهده دارند و در ادامهٔ این فصل توضیح داده می‌شوند عبارتند از: پروتکل‌های X-10، TCP/IP، KNX، LonWorks، ZigBee، BACnet، Z-Wave، C-BUS، S-BUS و PLC-BUS. شکل ۴-۲ پروتکل‌های فوق را نمایش می‌دهد (فولادیان، ۱۳۹۲ و مرز، هانسمن و هوبنر، ۱۳۹۲).



شکل ۴-۲: انواع پروتکل‌های رایج در سیستم مدیریّت ساختمان هوشمند (فولادیان، ۱۳۹۲)

۴-۲-۱- معرّفی X-10

X-10 یک استاندارد صنعتی برای ایجاد ارتباط بین تجهیزات استفاده شده در سیستم‌های اتوماسیون خانگی[4] است. این پروتکل یک روش قدیمی برای ارسال و دریافت سیگنال‌های الکتریکی دیجیتال است که به‌وسیلهٔ خطوط برق، تلفن و سیم‌کشی داخل ساختمان انتقال پیدا می کند و یکی از رایج‌ترین استانداردهای باز می‌باشد که در هنگام نصب آن نیاز به تغییرات و سیم-کشی مجدّد در ساختمان وجود ندارد (سیف،۱۳۹۶).

در این روش، سیستم‌های انتقال توان به‌منظور ارسال سیگنال‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند به-گونه‌ای که سیگنال‌ها به‌عنوان اطّلاعات دیجیتال با فرکانس بالا از طریق خطوط فرکانس پایین برق انتقال می‌یابند. همچنین انتقال بر پایهٔ ارسال سیگنال‌های رادیویی نیز در این روش وجود دارد.

X-10 به‌عنوان اوّلین تکنولوژی خانگی در سال ۱۹۷۵ توسّط شرکت پیکوالکترونیک ابداع شد که به‌عنوان یکی از پرکاربردترین تکنولوژی‌های هوشمندسازی ساختمان مورد استفاده قرار می-گیرد. امروزه از این تکنولوژی در سرتاسر دنیا به‌ویژه در مواقعی که امکان استفاده از شبکه‌های باسیم وجود ندارد استفاده می‌گردد (سایت پاورجام، کد پروژه ۱۰).

[4] Home Automation

۴-۲-۱-۱- ماژول تجهیزات

استفاده از پروتکل‌های ذکر شده در بالا نیازمند پیاده سازی ماژول‌های مختلفی است که بکارگیری تجهیزات کنترلی مانند کنترل هوشمند روشنایی، دما و غیره را تحقّق می‌بخشد. به‌عنوان مثال در سیستم کنترل روشنایی، برای لامپ‌های معمولی یک ماژول لامپ و یا ماژول رادیویی استفاده می‌شود. این ماژول‌ها به روشن و خاموش شدن و یا پرنور وکم‌نور شدن لامپ‌ها در سیستم کمک می‌کنند. این ماژول‌ها بدون صدا هستند و توانی بین ۴۰ تا ۵۰۰ وات را تحمّل می‌کنند. برای لامپ‌هایی مانند فلورسنت یا لامپ‌هایی با دشارژ بسیار سریع، ماژول‌های پیشنهادی در بالا مناسب نیستند و یک ماژول وسایل الکترونیکی باید مورد استفاده قرار گیرد. این ماژول‌ها از یک رلهٔ ضربه جهت روشن و خاموش کردن تجهیزات استفاده می‌کنند. ماژول‌های مذکور برای کنترل وسایلی با آمپر خیلی کم تا حدود ۱۵ آمپر مورد استفاده قرار می‌گیرند.

بسیاری از ماژول‌ها قابلیّت دیگری را به‌نام کنترل منطقه‌ای ارائه می‌دهند. کنترل منطقه‌ای یعنی این ماژول قابلیّت کنترل تجهیزات هوشمند را در محل و منطقه‌ای که نصب شده است دارد بدون اینکه نیاز به فعّال کردن ماژول از دستگاه اصلی کنترل‌کننده X-10 باشد. در این حالت، با روشن کردن کلید اصلی دستگاه می‌توان ماژول را روشن نمود.

۴-۲-۱-۲- کنترل‌کننده‌ها

کنترل‌کننده‌های بسیار زیادی از سطح ساده تا پیشرفته وجود دارند که پروتکل X-10 را در سیستم مدیریّت ساختمان هوشمند پیاده‌سازی می‌کنند. کنترل‌کننده وظیفهٔ قراردادن آدرس تجهیزات برای کنترل در خطوط انتقال را برعهده دارد. برخی از اعمال کنترل‌کننده‌ها برای کنترل سطح روشنایی در سیستم هوشمند روشنایی مبتنی بر پروتکل X-10 به‌صورت زیر هستند:

۱) امکان کنترل همزمان چهار وسیله را دارند.
۲) امکان کم‌نور یا پرنورتر کردن سیستم را دارند.
۳) امکان روشن یا خاموش کردن همه سیستم را دارند.

کنترل‌کننده‌های پیشرفته می‌توانند وسایل بیشتری را کنترل کرده و به‌عنوان یک تایمر می‌توانند کارهای از پیش تعیین شده‌ای را در زمان‌های معیّن انجام دهند. همچنین برخی از این کنترل-کننده‌ها می‌توانند به کمک آشکارساز حرکت یا فتوسل، چراغ‌ها را روشن یا خاموش نمایند.

کنترل‌کننده‌های بسیار پیشرفته‌ای نیز وجود دارند که می‌توانند کاملاً برنامه‌ریزی شده عمل نمایند. تجهیزاتی که توسّط این کنترل‌کننده‌ها کنترل می‌شوند می‌توانند بسیاری از فعّالیّت‌های

زمان‌بندی شده را انجام داده و آن فعالیّت را به صورت یکپارچه و با فشار یک دکمه انجام دهند. به‌عنوان مثال چراغ‌ها را روشن کرده و سطح روشنایی را تنظیم نمایند.

در تکنولوژی X-10 سیستم‌های هشداردهندهٔ سرقت نیز وجود دارند که برخی از کنترل‌کننده‌ها از پروتکل مذکور استفاده نموده و از نقاط حیاتی به طور عادی از طریق سیم‌کشی و یا به‌کمک یک سری از سنسورهای خارجی مانند دوربین و غیره مراقبت می‌نمایند. در صورت تشخیص سرقت، این کنترل‌کننده‌ها با کمک پروتکل X-10 باعث روشن شدن چراغ‌ها، به صدا درآمدن آژیر و سایر امکانات حفاظتی و اعلام هشدار می‌شوند (طحانی، ۱۳۹۷).

۴-۲-۱-۳- نقاط ضعف و محدودیّت‌ها

یکی از نقاط ضعف X-10، تضعیف زیاد سیگنال‌ها بین دو هادی در سیستم‌های سه فاز است. سیگنال‌ها از یک فرستنده بر روی یک رسانای فعّال امکان انتشار به یک رسانای دیگر از طریق سیم‌پیچ‌های یک ترانسفورماتور با امپدانس بالا را ندارند. معمولاً راه‌حل مطمئنّی برای ارسال سیگنال‌ها از روی یک فاز بر روی فاز دیگر وجود ندارد. این مشکل برای وسایلی که با ولتاژ ۲۴۰ ولت کار می‌کنند مثل بخاری‌ها و خشک‌کن‌ها می‌تواند به‌وجود آید که باعث خاموش و روشن شدن آنها می‌شود. این مشکل را می‌توان با نصب یک خازن بین فازها برای عبور سیگنال‌های X-10 مرتفع نمود. روش دیگر نصب یک تقویت‌کننده فعّال بین فازها است. این تقویت‌کننده‌ها در خانه‌هایی که به‌صورت سه فاز از برق شهر استفاده می‌کنند جهت انتقال سیگنال‌ها بین فازها مورد استفاده قرار می‌گیرد. در ایران غالب منازل از یک سیستم ۲۴۰ ولت تک فاز استفاده می‌کنند و این مشکل کمتر به‌وجود می‌آید (سیف، ۱۳۹۶ و سایت پاورجام، کد پروژه ۸۴).

یکی دیگر از نقاط ضعف X-10، حذف سیگنال‌ها توسّط فیلترهای حذف نویزی[5] است که برای آن طرّاحی نشده‌اند. به‌عنوان مثال تلویزیون‌ها یا وسایل بی‌سیم که سیگنال‌های On یا Off مجازی تولید می‌کنند ممکن است تحت تأثیر فیلترهای حذف نویزی قرار بگیرند که برای X-10 طرّاحی نشده و منجر به حذف سیگنال‌های این تجهیزات شوند. فیلتر حذف نویز که روی بسیاری از کامپیوترها یا مودم‌ها نصب می‌شود می‌تواند به دور نگه‌داشتن این نویزها از سیگنال‌های پروتکل X-10 کمک نماید.

برخی از منابع تغذیه به‌کار رفته در تجهیزات الکترونیکی پیشرفته مانند رایانه‌ها، تلویزیون‌ها و گیرنده‌های ماهواره، سیگنال‌های پروتکل X-10 را با اختلال مواجه می‌کنند. به‌عنوان مثال،

[5] Noise Filtering

خازن‌های بکار رفته در ورودی‌های منابع تغذیه، سبب ایجاد اتّصال کوتاه بین سیم فاز و نول شده و منجر به توقّف سیگنال‌های تولید شده توسّط آن سیستم و گاهی حذف آن سیگنال‌ها می‌شوند.

برخی از کنترل‌کننده‌هایی که پروتکل X-10 را در کنترل تجهیزات پیاده‌سازی و اجرا می‌کنند، نمی‌توانند در توان‌های پایین (زیر ۵۰ وات) عملکرد مناسبی داشته‌باشند. یا کار نمی‌کنند و یا با وسایل دیگر مشکل ساز خواهند شد. بکارگیری یک ماژول لوازم خانگی[6] به‌جای یک ماژول لامپ، مشکل فوق را مرتفع خواهد ساخت.

از نقاط ضعف دیگر پروتکل X-10، تداخل ایجاد شده هنگام ارسال دو سیگنال در هر لحظه است که منجر به عدم واکنش مناسب گیرنده می‌شود. سیگنال‌های X-10 فقط می‌توانند یک دستور را در هر لحظه ارسال کنند.

از نقاط ضعف دیگر پروتکل X-10، تداخل فرمان است. به این صورت که یک فرد در خانه خود فرمانی می‌دهد اما فردی در خانه دیگر به اشتباه این دستور را مجدّداً صادر می‌کند. برای حل این مشکل فیلترهایی در ورودی سیگنال ساختمان‌ها نصب می‌کنند تا در صورت صدور فرمان توسّط یک فرد، دیگران مجاز به صدور همان فرمان نباشند.

۴-۲-۲- معرفی Z-Wave

Z-Wave یک پروتکل ارتباطی دوطرفه بی‌سیم است که با اتحاد شرکت دانمارکی Zensys و Z-Wave ارائه شد. این تکنولوژی برای توان‌ها و پهنای باندهای کم و برای استفاده در کاربردهایی مانند اتوماسیون خانگی و شبکهٔ سنسوری طرّاحی شده است. این پروتکل با قیمتی بسیار کمتر از پروتکل های دیگر ولی با کیفیتّی بسیار بالاتر در زمینه انتقال و امنیّت داده‌ها قرار دارد و در زمان پیاده‌سازی آن در ساختمان، نیازی به انجام تغییرات و سیم‌کشی مجدّد ساختمان نیست (سیف، ۱۳۹۶).

این پروتکل ارتباط و انتقال اطّلاعات را در بستر توپولوژی مش انجام می‌دهد. در این توپولوژی هر وسیله‌ای مستقیماً به کلیّهٔ وسایل دیگر در شبکهٔ متّصل می شود. در حقیقت نحوهٔ اتّصال تجهیزات به‌یکدیگر به‌شکل یک گراف کامل دیده می‌شود. از جمله مزایای این توپولوژی دارا بودن بالاترین درجه امنیّت، ضریب اطمینان بالا و درصد خطای نزدیک به صفر در شبکه می‌باشد. توپولوژی مش می تواند فرامین را به صورت دوسویه از یک دستگاه به دستگاه دیگر انتقال دهد.

[6] Appliance Module

Z-Wave یک شبکه با کیفیّت بالا را در اختیار کاربران می‌گذارد که این امر با تمرکز برروی استفاده از پهنای باند کم و جایگزینی سخت‌افزارهای گران قیمت با روش‌های نرم‌افزاری و ابتکاری صورت می‌پذیرد. در این تکنولوژی از هیچ گونه سیم‌کشی برای انتقال سیگنال‌های کنترلی استفاده نمی‌شود و این مسئله فقط با کمک سیگنال‌های امواج رادیویی صورت می پذیرد (سایت پاورجام، کد پروژه ۱۰).

۴-۲-۲-۱- کاربردها و قابلیّت‌های Z-Wave

این پروتکل غالباً از تکنولوژی امواج رادیویی برای کنترل از راه دور[۷] تجهیزات در سیستم مدیریّت ساختمان هوشمند استفاده می‌کند. Z-Wave با مصرف انرژی پایین، انتقال دوسویه اطّلاعات و پشتیبانی از توپولوژی مش، گزینهٔ مطلوبی برای تجهیزات کنترلی در سیستم مدیریّت ساختمان هوشمند می‌باشد.

پروتکل Z-Wave در درون یک تراشه قرار دارد و این پروتکل به تنهایی در آن تراشه در دسترس است. حافظهٔ فلش مورد نیاز برای این پروتکل و آنتن جهت دریافت و ارسال اطّلاعات بر روی یک بُرد مدار چاپی در کنار تراشهٔ Z-Wave به صورت مستقل وجود دارد.

Z-Wave دارای این قابلیّت است که به ساکنین امکان می‌دهد تمام تجهیزات و وسایل خود را در زمانی که در خانه نیستند نیز تحت کنترل داشته باشند. این مسئله با کمک یک رایانه شخصی و اینترنت یا موبایل، از هر مکانی امکان‌پذیر است. یکی دیگر از توانمندی‌ها و قابلیّت‌های پروتکل Z-Wave عدم تداخل کاری با تجهیزات دیگر مانند تلفن‌های بی‌سیم، مسیریاب‌ها، مودم‌ها و غیره می‌باشد. علّت این مسئله این است که این پروتکل، بر روی فرکانس خاص خود که مخصوص این پروتکل است عمل می‌نماید. این پروتکل بر روی کلیّهٔ تجهیزات باسیم ساختمان قابلیّت اجرا داشته و امکانات جدیدی برای خانه‌ها و ساختمان‌های نسل آینده هوشمند فراهم می‌نماید.

نکتهٔ دیگر در رابطه با قابلیّت‌های Z-Wave این است که این پروتکل می‌تواند پوششی به مراتب بیش از یک واحد آپارتمان را داشته باشد (در حدود ۳۰ متر). علّت این موضوع استفاده کامل این پروتکل از توپولوژی شبکهٔ مش است که باعث می‌شود هیچ نقطه کوری از نظر آنتن-دهی در شبکه وجود نداشته باشد (سیف، ۱۳۹۶).

[7] Remote Control

۴-۲-۳- معرّفی KNX

KNX یکی از پروتکل‌ها و استانداردهای قابل استفاده در سیستم مدیریّت ساختمان هوشمند است که جزو سیستم‌های باز در شبکه‌های رایانه‌ای محسوب می‌شود. این پروتکل توسّط انجمن استانداردسازی اروپا توسعه داده شده و یکی از مهم‌ترین استانداردهای مورد استفاده در هوشمندسازی ساختمان است. پروتکل KNX از طریق کابل می‌تواند با تجهیزات کنترلی سیستم ارتباط برقرار نماید. این پروتکل همچنین از سیستم‌های مختلف کنترلی در سیستم IBMS مانند سیستم کنترل روشنایی، سیستم کنترل سرمایش و گرمایش، سیستم کنترل امنیّتی و غیره پشتیبانی می‌نماید.

KNX یک استاندارد بر مبنای مدل باز OSI[8] بوده و یک پروتکل ارتباطی شبکه محسوب می‌شود. KNX به‌عنوان جایگزین برای سه استاندارد قدیمی EHS[9]، BB[10] و EIB[11] استفاده می‌شود. این پروتکل توانایی تعامل و سازگاری با دیگر پروتکل ها را داشته و از متغیّرهای مختلف مانند زمان، تغییرات جوّی، حضور یا عدم حضور ساکنین و موارد دیگر استفاده می‌کند (نیکنامی، ۱۳۹۵ و نشاسته‌گران، رجالی و حقیقت‌پناه، ۱۳۹۳).

۴-۲-۳-۱- مزایا و حالات برنامه‌ریزی KNX

از مزایای پروتکل KNX می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود (بیات، ۱۳۹۳):

- تفکیک مدارهای قدرت و فرمان
- برخورداری از آخرین تکنولوژی در هوشمندسازی ساختمان
- افزایش و ارتقاء طول عمر تجهیزات
- بهینه‌سازی و صرفه جویی در مصرف انرژی
- سازگار با محیط به منظور انجام دکوراسیون داخلی
- دارای قابلیّت پیاده سازی و اجرای سناریوهای دلخواه و کاربردی
- پیاده سازی مبتنی بر شبکه
- دارای قابلیّت کنترل سیستم به صورت یکپارچه و هدفمند
- دارای قابلیّت سرعت بالا در ارسال و دریافت داده‌ها

[8] Open System Interconnection
[9] European Home System Protocol
[10] Bati BUS
[11] European Installation BUS

– دارای قابلیّت کنترل از راه دور به وسیلهٔ تلفن و اینترنت
– تحقّق بخش ایمنی و امنیّت بالا در محیط

بسترهای برقراری ارتباط فیزیکی در پروتکل KNX توسّط زوج سیم‌های به‌هم تابیده، شبکهٔ برق ساختمان، استفاده از امواج رادیویی و استفاده از شبکهٔ داخلی اینترنت با نام KNX net/IP ایجاد می‌شود. این پروتکل به‌صورت سخت‌افزاری طرّاحی شده است به‌گونه‌ای که یک وسیله در شبکهٔ تحت مدیریّت پروتکل KNX می‌تواند توسّط هر چیزی از یک میکروکنترلر ۸ بیتی گرفته تا یک رایانهٔ شخصی؛ کنترل شود.

امروزه در برخی از نقاط دنیا، پروتکل KNX درحال رقابت با پروتکل C-BUS طرّاحی شده توسّط شرکت Clipsal است که بیش‌ترین نصب آن بر روی بستر ارتباطی زوج سیم‌های به‌هم تابیده انجام می‌شود. تجهیزات و وسایلی که تحت این پروتکل در شبکهٔ نصب و مورد استفاده قرار می‌گیرند می‌توانند دارای یکی از سه حالت برنامه‌ریزی زیر باشند (سایت پاورجام، کد پروژه ۸۴):

۱- وضعیّت A-Mode یا حالت خودکار[12]: تجهیزاتی که به صورت خودکار خودشان را برنامه‌ریزی می‌نمایند و کاربران می‌توانند خرید و نصب آنها را انجام دهند.

۲- وضعیّت E-Mode یا حالت آسان[13]: تجهیزاتی که آموزش‌های اوّلیه را برای نصب نیاز دارند. رفتار آنها از پیش برنامه‌ریزی شده است. اما، دارای پارامترهای قابل برنامه‌ریزی نیز هستند که متناسب با نیاز کاربر تعریف می‌شوند.

۳- وضعیّت S-Mode یا حالت سیستمی[14]: تجهیزاتی که در ساخت سیستم‌های اتوماسیون خاص به کار گرفته می‌شوند. وسایل فوق هیچ پیش‌فرض اولیه‌ای نداشته و باید توسّط متخصّصین، نصب و برنامه‌ریزی شوند.

۴-۲-۳-۲- بسترهای ارتباطی در KNX

انتقال اطّلاعات در پروتکل KNX در بسترهای گوناگونی شکل می‌گیرد که در ذیل به آن‌ها اشاره می‌شود (مرز، هانسمن و هوبنر، ۱۳۹۲).

۱- Twisted pair 0 (TP0): این روش از استاندارد قدیمی Bati BUS گرفته شده و بیشتر در کشورهای اروپایی از جمله فرانسه کاربرد دارد.

[12] Automatic Mode
[13] Easy Mode
[14] System Mode

۲- Twisted pair1 (TP1): این روش از استاندارد EIB گرفته شده و بیشتر از ۹۰٪ محصولات فعلی KNX بر این مبنا می‌باشند. در TP1؛ انتقال با کیفیّت بالا، قیمت پایین و توپولوژی انعطاف‌پذیر انجام می‌شود. برای انتقال فیزیکی اطلاعات، یک سیگنال رمزگذاری-شده با نرخ انتقال ۹۶۰۰ bps درنظر گرفته می‌شود.

۳- Power Line (PL110): این روش از استاندارد EIB گرفته شده و نرخ انتقال اطّلاعات ۱۲۰۰ bps می‌باشد. در شرایط کنونی، تعداد کمی از کارخانه‌ها روش PL110 را پشتیبانی می-کنند اما همچنان یک مجموعهٔ کامل از محصولات را با کاربرد کنترل روشنایی، کنترل پرده و کرکره‌ها و کنترل سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی ارائه می‌کنند. این روش، جایگزینی مناسب برای محل‌هایی است که استفاده از زوج سیم‌های به‌هم تابیده در آن‌ها امکان‌پذیر نیست.

۴- Power Line (PL132): این روش از استاندارد EHS گرفته شده و نرخ انتقال اطّلاعات ۲۴۰۰bps می‌باشد. در شرایط کنونی، محصولاتی برای این استاندارد وجود ندارد.

۵- Radio Frequency (RF): این روش در خانواده KNX یک تازه وارد محسوب می‌شود. KNX RF از امواج رادیویی با فرکانس مرکزی ۸۶۸,۳۰ MHz با یک نوسان ۵۰ KHz برای سازماندهی اطّلاعات استفاده می‌نماید. گرچه امروزه تولیدکنندگان کمتر از این استاندارد استفاده می‌کنند اما تخمین زده می‌شود در آیندهٔ نزدیک بسیاری از تولیدکنندگان به این استاندارد روی بیاورند.

۶- Internet Protocol (KNX net /IP): این روش یکی از مهم‌ترین بسترهای انتقال اطّلاعات در پروتکل KNX است. این موضوع، سیستم‌های ارتباطی سطح بالا را در این پروتکل مطرح کرده و همزمان یک دروازه استاندارد برای نصب KNX ایجاد نمود.

بنابراین KNX یک طیف وسیعی از بسترهای ارتباطی را معرّفی می‌کند. با این همه، TP1 مهم‌ترین بستر ارتباطی خانواده پروتکل KNX می‌باشد. همچنین روش KNX RF یک انتخاب مناسب برای پاسخگویی به تقاضاهای ارتباطی بی‌سیم در سیستم‌های اتوماسیون ساختمان است. از طرفی روش PL110 یک راه‌حل مناسب برای ساختمان‌های بازسازی شده معرّفی شده است. KNX net/IP نیز برای انتقال اطّلاعاتی مانند صدا و تصویر که نیازمند پهنای باند بالا هستند استفاده می-شود (سایت پاورجام، کد پروژه ۸۴).

۴-۲-۴- معرّفی C-BUS

پروتکل C-BUS یک قرارداد ارتباطی است که برپایهٔ مدل هفت لایه‌ای OSI در شبکه‌های رایانه‌ای برای استفاده در شبکهٔ اتوماسیون خانگی و ساختمانی ایجاد شده است. این پروتکل با ولتاژهای پایین عمل نموده و با استفاده از زوج سیم‌های به‌هم تابیده قادر است تا انتقال اطّلاعات در ۱۰۰۰ متر ساختمان را مدیریّت نماید. این پروتکل توسّط کلیپسال در کشور استرالیا ساخته شد و نام C-BUS را به عنوان یک برند تجاری برای خود برگزید (Schneider Electric، ۲۰۱۳ میلادی). از این پروتکل به منظور کنترل سیستم‌ها در شبکهٔ اتوماسیون خانگی و ساختمان هوشمند استفاده می‌شود. برخلاف سیستم‌های مرسوم مبتنی بر پروتکل X-10 که از یک ارتباط یک‌طرفه برای فرمان دادن به دستگاه‌ها استفاده می‌کند، پروتکل C-BUS از یک ارتباط دوطرفه برای حمل دو سیگنال فرمان و کنترل استفاده می‌کند.

۴-۲-۴-۱- سیستم C-BUS

سیستم شبکه های مبتنی بر پروتکل C-BUS از چند بخش اساسی تشکیل شده اند:

۱) سخت‌افزار سیستم: دستگاه هایی که بخش اصلی سیستم در پروتکل C-BUS بوده و باعث می شوند سیستم فعّالیّت خود را انجام دهد.

۲) ورودی‌های سیستم: در این بخش دستگاه‌هایی مانند سنسورها و آشکارسازها استفاده می‌شود که با شبکه‌های مبتنی بر پروتکل C-BUS ارتباط برقرار نموده و اطّلاعات را به آن شبکه ارسال می‌کنند.

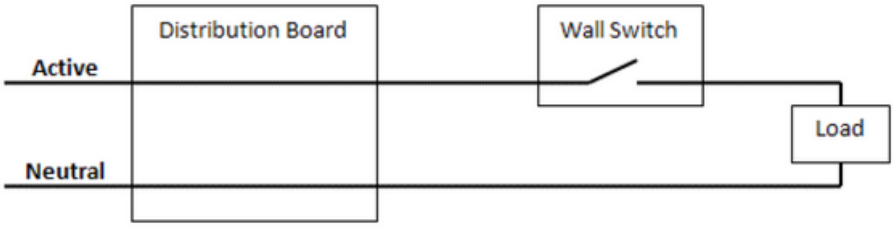
۳) خروجی‌های سیستم: دستگاه‌هایی مانند رله‌ها در این بخش قرار می‌گیرند که به اطّلاعات دستگاه‌های ورودی سیستم پاسخ می‌دهند.

۴) نرم‌افزار سیستم: این بخش عملیّات کنترل و مانیتورینگ در هوشمندسازی ساختمان را فراهم می آورد.

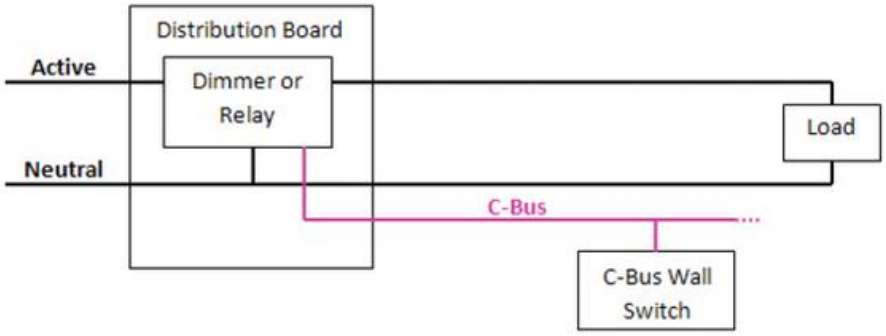
سیستم C-BUS کاربرد بسیار مهمّی در سیستم مدیریّت ساختمان هوشمند دارد. از جملهٔ این کاربردها می توان به کنترل روشنایی، کنترل از راه دور دستگاه های الکترونیکی و کنترل سیستم ایمنی و حفاظت ساختمان اشاره نمود. این سیستم در دو حالت شبکه باسیم و بی‌سیم موجود می‌باشد که از یک درگاه[15] جهت ارتباطات بین‌شبکه‌ای استفاده می‌کند. سیستم با سیم از یک کابل زوج سیم به هم تابیده از نوع Cat5 تا حدّاکثر ۱۰۰۰ متر، به عنوان زمینه‌ساز ارتباط جهت

[15] Gateway

انتقال اطّلاعات استفاده می‌کند. در سیم‌کشی معمولی، برق شهری ۲۲۰ ولت از طریق منبع توزیع به سمت مصرف‌کننده انتقال داده می‌شود. در حالی‌که در سیستم C-BUS، اتّصالی بین مصرف-کننده (چراغ) و سوئیچ (پریز) وجود ندارد. شکل ۴-۳ نحوهٔ سیم‌کشی را نشان می‌دهد (سایت پاورجام، کد پروژه ۸۳).



الف) سیم کشی سنّتی



ب) سیم کشی C-BUS

شکل ۴-۳: تفاوت سیم کشی سنّتی با سیم کشی C-BUS (سایت پاورجام، کد پروژه ۸۳)

سیستم C-BUS با استفاده از خط انتقال کم ولتاژ یا از طریق شبکهٔ بی‌سیم، سیگنال‌ها را حمل می‌کند که باعث افزایش قابلیّت اطمینان سیستم در ارسال فرامین شده و ارزش و مزیّت استفاده از این پروتکل را در برنامه‌های تجاری و ساختمان‌های بزرگ روشن می‌گرداند. در این پروتکل، کنترل با استفاده از یک عملگر مانند رله که در تابلو برق وجود دارد صورت می گیرد و از سوئیچ دیواری یا پریز، دستورات ارتباطی صادر می شود.

۴-۲-۵- معرّفی BACnet

پروتکل BACnet[۱۶] از پروتکل‌های باز رایج در بخش مکانیکی سیستم‌های مدیریّت ساختمان یا خانهٔ هوشمند می‌باشد که به‌عنوان یک پروتکل استاندارد جهت انتقال داده و اطّلاعات به‌منظور

[16] Building Automation and Control Networking Protocol

به‌کارگیری در خودکارسازی و مدیریّت ساختمان عمل نموده و امکان انتقال اطّلاعات بین سیستم‌ها و دستگاه‌ها را در خانه به‌صورت هوشمند فراهم می‌آورد.

این پروتکل توسّط انجمن آمریکایی مهندسین حرارت برودت و تهویهٔ مطبوع[17] طرّاحی شده است. پروتکل ارتباطی BACnet به‌طور هدفمند برای پاسخ و رفع نیازهای خانه هوشمند توسعه یافته است. این پروتکل در سطوح مختلف مدیریّتی و خودکارسازی کاربرد دارد و با هدف کنترل و اتوماسیون خانهٔ هوشمند در طرح های گرمایش- سرمایش و تهویهٔ مطبوع، کنترل آتش، تشخیص نفوذ و سیستم‌های کنترل دسترسی؛ در سیستم مدیریّت ساختمان هوشمند به‌کار رفته است. پروتکل BACnet برای سیستم‌های خانه هوشمند از جمله پلّه برقی و آسانسور به‌طور لحظه-ای در حال توسعه و گسترش است.

استفاده از فناوری ارتباطات و اطّلاعات مانند IPv4 و IPv6 و سرویس‌های تحت وب منجر به یکپارچه‌سازی به‌روز استاندارد BACnet شده است. به‌همین دلیل این پروتکل به صورت ساختاری جذاب، جدید و چند جانبه برای پیاده‌سازی در بستر IT، گسترش یافته است. این مسئله باعث شده است تا در حال حاضر، مشخّصات تجهیزات فنّی در ارتباط با این استاندارد، در سطح بالایی از کیفیّت و قابلیّت اطمینان قرار داشته و برنامه‌ریزی همراه با تست دقیق این مشخّصات، با اجرای فرآیندهای تضمینی، مورد ارزیابی دقیق قرار گیرد.

پروتکل BACnet درسیستم‌های اتوماسیون ساختمان و خانهٔ هوشمند زیادی در دنیا مورد استفاده و بهره‌برداری قرار گرفته و توانسته است در سال ۲۰۰۳ استاندارد بین المللی ISO به شماره ۵-۱۶۴۸۴ را به خود اختصاص دهد. BACnet یک پروتکل باز است که مستقل از به‌وجود آورنده آن و تحت گواهینامهٔ آزاد، همهٔ سیستم‌ها و دستگاه‌های مکانیکی ساختمان را در یک شبکهٔ کارآمد و باهدف افزایش آسایش، صرفه‌جویی انرژی، افزایش امنیّت و کاهش هزینه‌ها مدیریّت می‌کند (سیف، ۱۳۹۶ و صنعتی طرّاح، ۱۳۸۷).

کمیتهٔ استانداردسازی انجمن تولیدکنندگان وسایل گرمایشی و سرمایشی آمریکا برای وضع استاندارد جامع و کاملی که پاسخگوی نیاز مالکین در جامعه باشد تلاش خود را آغاز نمود و در این زمینه با تمام کمیته‌های داخلی و خارجی مذاکرات گسترده‌ای را به انجام رسانید. این تلاش ها پس از ۹ سال منجر به ارائهٔ پروتکل BACnet در سال ۱۹۹۵ به صنعت ساختمان گردید که مبتنی بر آخرین دستاوردهای علم انتقال داده‌ها و اطّلاعات بود. BACnet در دسامبر سال ۱۹۹۵، به عنوان

[17] ASHRAE

استاندارد ملّی اتوماسیون و خودکارسازی در آمریکا به وسیلهٔ موسسه استاندارد این کشور انتخاب شد.

کمیتهٔ استانداردسازی که در بالا بدان اشاره شد برای گسترش و تقویت قابلیّت‌ها و امکانات پروتکل BACnet کوشش می‌کند و برای به‌روز رسانی این پروتکل برای استفاده صنایع و سایر شرکت‌ها که خدمات اتوماسیون را برای صنایع و ساختمان‌ها ارائه می‌دهند، فعالیت گسترده‌ای دارد. به همین علت استاندارد BACnet به عنوان یک استاندارد باز همیشه و در همه زمان‌ها مورد استقبال و پذیرش مهندسان و طراحان سیستم قرار گرفته است (فولادیان، ۱۳۹۲).

۴-۲-۵-۱- ویژگی‌های BACnet

برخی از مهمترین خواص و ویژگی‌های این پروتکل را می‌توان به شرح ذیل نام برد:

- حائز بالاترین توجیه سرمایه‌گذاری در جهان به دلیل دریافت استاندارد ISO.
- تقویت و گسترش توسعهٔ این پروتکل مبتنی بر تأمین نیازهای داخلی و محیطی ساختمان‌ها و خانه ها.
- عدم وابستگی به ملزومات جانبی جهت پیاده‌سازی پروتکل.
- قابلیّت اطمینان در تأمین تجهیزات باکیفیّت مورد نیاز پروتکل.
- دارا بودن قابلیّت انتقال اطّلاعات از رسانه‌های مختلف مبتنی بر شبکه مانند IP BACnet، MS / TP BACnet یا BACnet LonTalk که منجر به پیاده‌سازی پروتکل در بستری انعطاف‌پذیر می‌شود.
- قابلیّت ادغام با بسیاری از پروژه‌ها بدون احتیاج به به‌کارگیری سخت‌افزاری خاص.
- قابلیّت تعویض کنترل‌کننده‌های گوناگون در ساختمان بدون نیاز به تعویض سیستم کنترلی.
- قابلیّت کنترل همه جانبه وسایل کنترلی از یک ایستگاه کنترل و برقراری ارتباط بین وسایل کنترلی نصب شده در هر گوشه‌ای از ساختمان.

دلیل پیاده‌سازی پروتکل BACnet علاقهٔ زیاد مالکین خانه‌ها و ساختمان‌ها برای پیاده‌سازی مدیریّت هوشمند در سیستم‌های الکترونیکی و مکانیکی یک ساختمان است. پیاده‌سازی مدیریّت هوشمند در سیستم‌های الکترونیکی و مکانیکی یک ساختمان یعنی قابلیّت یکپارچه‌سازی همهٔ تجهیزات در سیستم‌های متعدّد یک ساختمان و یا سیستم‌های کنترلی و خودکارسازی ساختمان صرف‌نظر از تولیدکنندگان آنها مورد توجّه قرار گیرد.

۴-۲-۵-۲- اصول پایهٔ BACnet

پروتکل BACnet نحوهٔ انتقال و جابه‌جایی پیام‌ها[18] از یک سیستم به سیستم دیگر را مدیریّت می‌کند. پیام‌ها دربرگیرندهٔ اطّلاعات مشخّصی می‌توانند باشند. این پیام‌ها و اطّلاعات از قابلیّت‌های عملکردی این پروتکل در مدیریّت سیستم در ساختمان هوشمند به‌دست می‌آیند. به‌عنوان مثال اطّلاعات ورودی و خروجی باینری مربوط به روشن یا خاموش بودن پمپ در موتورخانه و یا باز یا بسته کردن پنجره از جملهٔ این پیام‌ها و اطّلاعات است. همچنین اطّلاعات ورودی و خروجی آنالوگ ناشی از جریان جاری در یک سنسور دما و یا ولتاژ کنترلی برای یک شیر، خواندن میزان دما از یک سنسور دما، اطّلاعات لحظه‌ای وقوع رخدادها و هشدارها از سنسور تشخیص حرکت و اطّلاعات لازم برای بالا بردن سطح امنیّت تنظیمات پیکربندی سیستم؛ از جمله پیام‌هایی هستند که توسّط پروتکل BACnet جابه‌جا می‌شوند.

پیام‌های BACnet می‌توانند از طریق شبکه‌های Ethernet، TP/MS، LonTalk، ZigBee، یا ARCNET انتقال داده شوند. اگر در ساختمان شبکهٔ LAN وجود دارد بهترین انتخاب جهت انتقال پیام‌ها توسّط این پروتکل استفاده از شبکهٔ داخلی ساختمان معروف به اینترانت است. برای مسافت‌های طولانی‌تر مثلاً کنترل وسایل از راه دور، ارتباط تلفنی نقطه به نقطه[19] و همچنین اینترنت مناسب‌تر است. برای برقراری ارتباط بین دستگاه‌ها و استفادهٔ کاربردی از آن‌ها در شبکهٔ BACnet از اشیاء موجود در ساختمان استفاده می‌شود. این اشیاء، می‌توانند منجر به بازیابی اطّلاعات یک دستگاه خاص بدون داشتن اطّلاعات از ساختار یا پیکره‌بندی آن شوند (مرز، هانسمن و هوبنر، ۱۳۹۲).

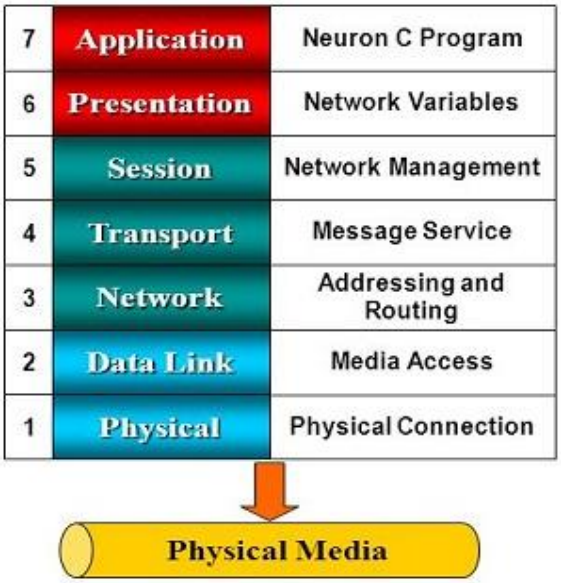
۴-۲-۶- معرّفی LonWorks

یکی از پروتکل‌ها و استانداردهای ساختمان و خانهٔ هوشمند که توسّط شرکت آمریکائی Echelon در سال ۱۹۸۶ میلادی توسعه پیدا کرد پروتکل LonWorks است. این پروتکل همانند دیگر پروتکل های سیستم مدیریّت ساختمان هوشمند یک پروتکل از نوع باز است که در ساختمان هوشمند امکان تطبیق با همهٔ تجهیزات سخت افزاری مرتبط را دارا است. هستهٔ اصلی این پروتکل، تراشهٔ Neuron است که از سه پردازنده تشکیل شده و قابلیّت پردازش داده و الگوریتم-

[18] Data Frames
[19] Point to Point

های برنامه‌ریزی شده مورد احتیاج را دارد. همچنین این پروتکل از خطوط برق و فرکانس‌های رادیوئی RF و مادون قرمز پشتیبانی می‌کند.

سیستم LonWorks که به اختصار پروتکل LON نامیده می‌شود، یکی از پروتکل‌های باز استاندارد بین‌المللی LonTalk بوده و امکان برقراری ارتباط بین انواع کنترل‌کننده‌ها و دستگاه مرکزی در شبکه را در سیستم مدیریّت ساختمان هوشمند دارد. این استاندارد یک پروتکل باز است که مدیریّت سیستم‌های ارتباطی در اتوماسیون خانگی، صنعتی و غیره را فراهم می‌آورد. شکل ۴-۴ لایه‌های تحت شبکهٔ این پروتکل را نشان می‌دهد (مرز، هانسمن و هوبنر، ۱۳۹۲).



شکل ۴-۴: لایه های مختلف تحت شبکهٔ پروتکل LonWorks (مرز، هانسمن و هوبنر، ۱۳۹۲)

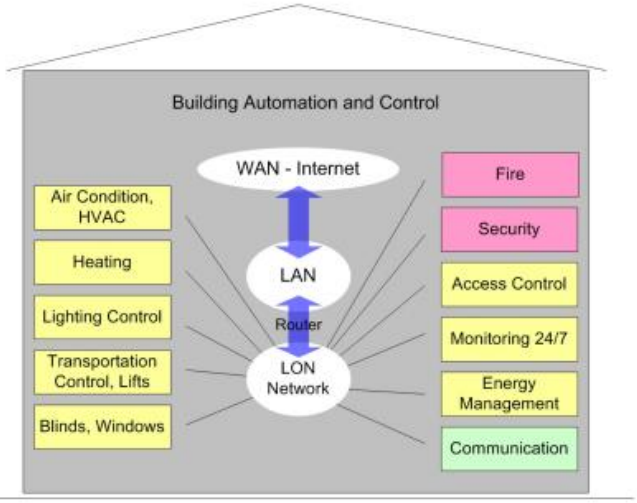
این پروتکل امکاناتی مانند اشتراک‌گذاری خدمات، اطّلاعات، سخت‌افزار و کابل‌کشی دارد و بهره‌وری عملیّاتی و انرژی را افزایش و هزینه‌های سرمایه‌گذاری را کاهش می‌دهد. امواج رادیویی، امواج مادون قرمز، کابل فیبر نوری، کابل کواکسیال، کابل زوج سیم‌های به هم تابیده و خطوط قدرت این امکان را دارند که در لایهٔ فیزیکی پروتکل LonWorks استفاده شوند.

۴-۲-۶-۱- مزایا و معایب LonWorks

یکی از مزایای بسیار خوب پروتکل LonWorks در سیستم مدیریّت ساختمان هوشمند سازگاری تجهیزات و شبکهٔ آن در شرایط گوناگون می‌باشد. این مزیّت بدین معنی است که

تجهیزات در شبکهٔ مبتنی بر استاندارد LonWorks، با انواع جدید و به‌روز آن سازگاری و مطابقت دارد. مزیّت دیگر این پروتکل در ارتباط با استاندارد تعریف شده برای آن می‌باشد که امکان استفاده از این شبکه را علاوه بر سطح پایینی و زمینه[۲۰]، در سطح‌های بالاتر خودکارسازی نیز فراهم می‌آورد.

کنترل یکپارچهٔ ساختمان از طریق معماری نظیر به نظیر[۲۱] یکی دیگر از مزایای این پروتکل می باشد. در سیستم نظیر به نظیر نیازی به وجود سرور برای ارتباط دستگاه ها با یکدیگر و همچنین تعیین نوع دستور وجود ندارد و دستگاه‌ها برای برقراری ارتباط مستقیم با یکدیگر آزاد هستند. این موضوع از توقّف شبکه در مواقعی که برای سرور مشکل ایجاد می‌شود جلوگیری می کند. بنابراین شبکه‌های مبتنی بر این پروتکل دارای قابلیّت اطمینان و کارایی بالایی هستند. همه کاربردهای مربوط به شبکه این پروتکل از طریق اینترنت قابل دسترسی هستند و این مسئله نشان می‌دهد که استاندارد LonWorks برای پروژه‌های بزرگ مناسب است. یکی از معایب این پروتکل عدم مقاومت سیستم در برابر بروز وقفه در برنامه این پروتکل است. وقفه‌های شبکه در نهایت باعث خرابی سیستم می‌شود. از طرف دیگر، نیاز به سخت افزار خاص یعنی تراشهٔ Neuron برای پیاده سازی استاندارد LonWorks ضروری است و این مسئله یکی دیگر از معایب این پروتکل محسوب می‌شود (سایت پاورجام، کد پروژه ۱۰). شکل ۴-۵ ساختار بلوک دیاگرامی کنترل و خودکارسازی ساختمان را مبتنی بر پروتکل LonWorks نمایش می‌دهد (صنعتی طرّاح، ۱۳۸۷).



شکل ۴-۵: ساختار خودکارسازی ساختمان مبتنی بر پروتکل LonWorks (صنعتی طرّاح، ۱۳۸۷)

[20] Field
[21] Peer-to-Peer

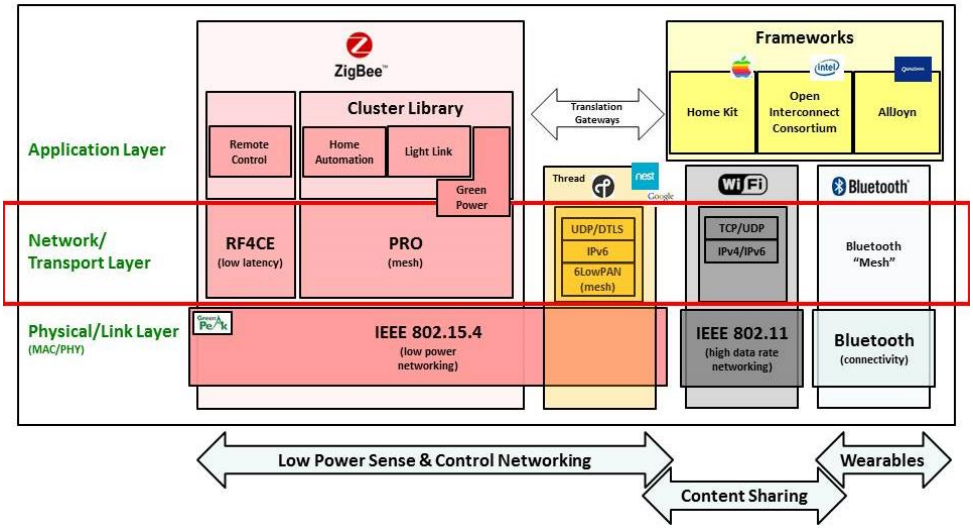
۴-۲-۷- معرّفی ZigBee

ایده ZigBee در سال ۱۹۹۸ ابداع شد. این پروتکل در سال ۲۰۰۳ استانداردسازی و در سال ۲۰۰۶ دوباره مورد بازبینی قرار گرفت. در سال ۲۱۱۲ میلادی توسّط گروه ZigBee تحت عنوان استاندارد و پروتکلی بر مبنای شبکه‌های خصوصی بدون‌سیم به‌منظور استفاده در اتوماسیون خانگی، صنعتی و تجاری ایجاد گردید. هزینهٔ پایین پیاده‌سازی این پروتکل باعث می‌شود تا این استاندارد در برنامه‌های کنترلی و نظارت بدون‌سیم به‌طور وسیع توسعه یابد. این پروتکل قابلیّت متّصل شدن به یک یا چند شبکه را دارد و کنترل‌کنندهٔ مرکزی آن قادر به ذخیرهٔ اطّلاعات در شبکه است (سیف، ۱۳۹۶).

این پروتکل، اشیاء موجود در خانه یا ساختمان را بدون احتیاج به سیم به‌یکدیگر متّصل می-کند. پروتکل ZigBee در مقابل ایجاد یک اتّصال مستقیم بین هاب یا مسیریاب[۲۲] با تجهیزات و قطعات استفاده شده در خانهٔ هوشمند، از شبکهٔ مش[۲۳] استفاده می‌کند. در این شبکه، سیگنال‌ها و اطّلاعات از هاب به یک وسیله و از آن وسیله به وسیلهٔ دیگری انتقال داده می‌شوند و همین فرآیند تا آخر انجام می‌شود. با این روش، سیگنال می‌تواند به دستگاه‌هایی برسد که خارج از محدودهٔ عملکرد بُرد هاب نیز قرار دارند. ZigBee از شبکهٔ مش قدرتمندی که اشاره شد برای هوشمندسازی خانه و ساختمان استفاده می‌کند. توانایی‌های ZigBee از جمله دارا بودن بُرد عملیّاتی زیاد و گسترش نامحدود، آن را برای اماکن شلوغ و بزرگ مناسب کرده است (فولادیان، ۱۳۹۲).

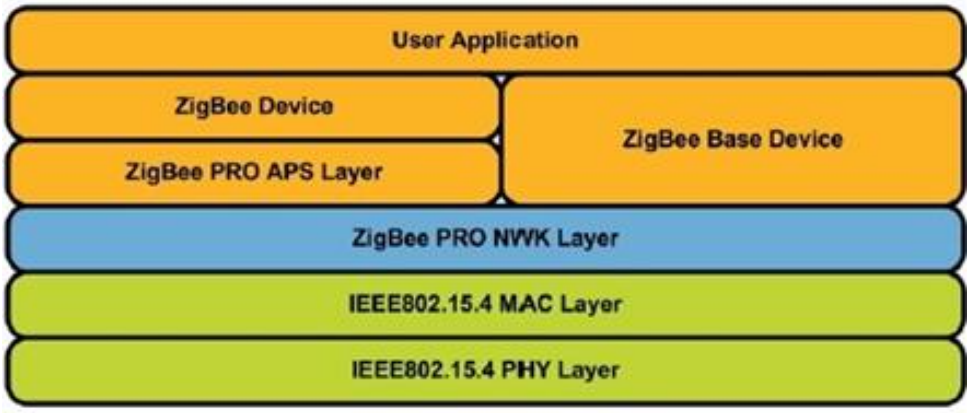
این پروتکل برای شبکه‌های بدون سیم با نرخ سرعت ارسال داده پایین به‌کار می‌رود و با کمک آن می‌تواند ۶۵۰۰۰ سیستم را به‌یکدیگر متّصل نماید. این پروتکل مانند بلوتوث و WiFi عمل می‌نماید. ZigBee در لایهٔ کاربردی و دسترسی کنترل رسانه در شبکه قرار دارد. در پروتکل ZigBee سه مشخّصهٔ خاص وجود دارد. (۱) هماهنگ‌کنندهٔ مسیر، (۲) مسیر یاب، و (۳) پایانه ها. هماهنگ‌کنندهٔ مسیر وظیفهٔ نظارت بر شبکه را برعهده دارد. مسیریاب وظیفهٔ مسیریابی در شبکه و افزایش بُرد شبکه را برعهده دارد و پایانه‌ها وظیفهٔ مدیریّت عملکردهای کنترلی را برعهده دارند. سرعت انتقال داده‌ها و اطّلاعات در این پروتکل ۲۵۰ کیلو بیت بر ثانیه است. شکل ۴-۶ چارچوب آن‌را نشان می‌دهد (سایت پاورجام، کد پروژه ۸۴).

[22] Router
[23] Mesh Network



شکل ۴-۶: چارچوب اصلی پروتکل ZigBee در ساختمان هوشمند (سایت پاورجام، کد پروژه ۸۴)

خدماتی مانند کنترل سیستم روشنایی به‌صورت هوشمند، کنترل درجه حرارت محیط، کنترل سیستم‌های ترافیکی، پخش موسیقی و فیلم و غیره از مواردی است که همهٔ آن‌ها توسّط این استاندارد عرضه و پشتیبانی می‌گردند. ZigBee از طریق استاندارد شبکهٔ IEEE 802.15.4 و با استفاده از شبکهٔ مش، لایه‌های امنیّتی همراه با یک چارچوب کاربردی، قدرتمند و قابل اطمینان، در شبکه ارائه می‌دهد. این لایه‌ها در شکل ۴-۷ نمایش داده شده‌اند (نیکنامی، ۱۳۹۵).



شکل ۴-۷: لایه‌های پروتکل ZigBee مبتنی بر استاندارد IEEE 802.15.4 (نیکنامی، ۱۳۹۵)

۴-۲-۸- معرّفی S-Bus

یکی از متداول‌ترین پروتکل‌های هوشمندسازی باسیم در خانه هوشمند پروتکل S-BUS[۲۴] می‌باشد که یکی از بهترین استانداردهای ارتباطی به‌منظور انتقال داده بین ماژول‌های شبکهٔ هوشمند است. این پروتکل و استاندارد، قابلیّت کنترل یکپارچه و منظّم تمام سیستم‌های مورد استفاده در هوشمندسازی ساختمان را دارا می‌باشد. سیستم کنترل‌کنندهٔ مرکزی در این پروتکل به‌وسیلهٔ رایانه، تلفن همراه، تبلت و البتّه با بهره‌گیری از نرم‌افزارهای گرافیکی نقش کنترلی خود را ایفا می‌کند (خدابنده‌لو، شیخی، و دهقان، ۱۳۹۴).

کابل انتقال داده در این پروتکل از نوع زوج سیم‌های به هم تابیده Cat5E بوده که توانایی انتقال داده تا بُرد ۱۵۰۰ متری بین دو ماژول درون شبکه را دارا می‌باشد. یکی از مزایای این پروتکل این است که در آن نیازی به توپولوژی ستاره یا سیستم تک سرور نیست و می‌توان تجهیزات را به هر روشی به‌یکدیگر متّصل نمود. از نظر پیاده‌سازی، بهترین مرحلهٔ عملیّات اجرای پروتکل قبل از مرحلهٔ لوله‌گذاری تأسیسات برقی ساختمان و به‌صورت توکار است. البتّه این استاندارد به‌صورت روکار نیز قابل اجرا و پیاده سازی است (طحانی، ۱۳۹۷).

یکی از نقاط قوّت پروتکل S-BUS ارائهٔ گسترده محصولات و امکاناتی مانند کنترل روشنایی همراه با مدیریّت روشن و خاموش شدن، کنترل سرمایش و گرمایش و تهویهٔ مطبوع، کنترل LED، کنترل پردهٔ برقی، کنترل سیستم حفاظتی، کنترل سیستم صوتی و تصویری، اندازه‌گیری و کنترل مصرف انرژی می باشد. امروزه برندهای زیادی تحت این پروتکل ارائه می‌شود از جمله G4، HDL، EATON-logicapp و غیره که در میان همه این برندها محصولات TIS از به‌روزترین نسخه S-BUS استفاده می‌کند که قابلیّت‌ها و توانایی‌های متنوّعی را در میان محصولات ساختمان هوشمند ارائه نموده است.

۴-۲-۸-۱- مزایای S-Bus

از جمله مزایای این پروتکل می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- ماژولار بودن پروتکل: ماژولار بودن بدین معناست که در صورت خرابی یکی از قطعات سیستم می‌توان آن قطعه را از شبکه خارج نمود بدون آن‌که خللی در اجرای عملکرد سایر قطعات پیش آید.
- تنوّع و فراوانی محصولات و قیمت پائین آن‌ها.

[24] SMART-BUS

– انعطاف‌پذیری بالای پروتکل: یکی از قابلیّت‌های این پروتکل این است که با همهٔ سنسورها و عملگرهای رایج و موجود در بازار قادر به فعالیّت و کار می باشد.

– کارآمدی پروتکل.

– قابلیّت کنترل سیستم: این پروتکل کنترل سیستم را از طریق ارسال پیامک، ریموت کنترل، پانل لمسی، اینترنت، تبلت و موبایل انجام می‌دهد.

– عدم محدودیّت در ارسال و دریافت فرمان‌های مختلف: در این پروتکل همهٔ تجهیزات با یک استاندارد مشخّص در ارتباط با یکدیگر هستند.

– تمام تجهیزات توسّط یک کنترل‌کنندهٔ مرکزی با یکدیگر ارتباط داشته و دریافت و ارسال سیگنال به یکدیگر دارند.

– در این استاندارد امکان ویروسی شدن تجهیزات وجود ندارد و هر تجهیز دارای یک آدرس خاص بوده که در صورت قطع برق آن آدرس را در خود ذخیره می‌کند.

– با از کار افتادن هر تجهیز در این استاندارد، فقط عملکرد آن تجهیز از بین می‌رود و کلّ سیستم از کار نمی‌افتد.

– با پیش‌بینی توسعهٔ زیرساخت سیم‌کشی در نصب و به‌روزرسانی تجهیزات این پروتکل، ارتقاء آپشن‌های کنترلی در هر زمان دلخواه میسّر می‌شود.

– توانایی‌هایی مانند کنترل اینترنتی، WiFi و SMS و نیز نرم‌افزارهای جذّاب کنترلی به‌سادگی در این پروتکل فراهم می‌گردد.

– همهٔ تجهیزات در یک فرآیند کاملاً مشخّص در کارخانه‌های مشابه ولی گوناگون به یک رشد نسبی رسیده‌اند و دارای کیفیّت و طول عمر بالاتری نسبت به سایر تکنولوژی های مشابه می‌باشند.

– سیم‌کشی داده بین تجهیزات در فضاهای مختلف ساختمان یا خانه، با یک کابل شبکه و به‌صورت سری انجام می‌شود که این امر سبب صرفه‌جویی در سیم‌کشی بین تجهیزات می‌شود.

۴–۲–۹– معرّفی PLC-Bus

این پروتکل برای اوّلین بار در سال ۲۰۰۲ توسّط شرکت ATS در کشور هلند پیشنهاد و ارائه گردید. استاندارد فوق مشابه پروتکل X-10 از خطوط برق، تلفن و سیم‌کشی ساختمان جهت ارسال و دریافت داده‌ها و اطّلاعات به‌منظور هوشمندسازی ساختمان‌ها و خانه‌ها استفاده می‌کند.

یک تفاوت مهم این دو پروتکل این است که در پروتکل X-10 ارتباط یک‌طرفه می‌باشد در حالی‌که در PLC-BUS ارتباط دوطرفه می‌باشد و معمولاً در اتوماسیون خانگی کاربرد زیاد دارد. از طرفی تولیدکنندگان این استاندارد با استفاده از سخت‌افزار ماژول تولید شده برای پیاده‌سازی این پروتکل در این سیستم موفّق شدند در حدود ۹۹,۹۸٪ از نقاط ضعف پروتکل X-10 را کاهش دهند (خدابنده‌لو، شیخی، و دهقان، ۱۳۹۴).

این دو پروتکل می‌توانند هم زمان در کنار هم بر روی یک ساختمان هوشمند پیاده‌سازی و اجرا شوند. پروتکل PLC-BUS هیچ نویز و تداخل الکترونیکی در شبکه ایجاد نمی‌کند و می‌تواند به ۶۴۰۰۰ نود[۲۵] یا گره در شبکه آدرس‌دهی کند.

۴-۲-۹-۱- سیستم PLC-Bus

این پروتکل از سه بخش اصلی تشکیل شده است. این سه بخش عبارتند از:

۱- ماژول‌ها: وظیفهٔ این بخش دریافت سیگنال‌های فرامین است. ماژول‌ها پس از دریافت فرامین اقدام به کنترل نور چراغ‌ها، روشنایی از طریق کنترل پرده‌ها و موارد دیگر خواهند نمود.

۲- کنترل‌کننده: این بخش وظیفهٔ انتقال فرامین و سیگنال‌ها برای کنترل و مدیریّت ماژول‌ها به صورت دوطرفه را برعهده دارد.

۳- صادرکننده فرامین: ابزارهای بی‌سیم و کنترل از راه دور از جمله موارد صادرکننده فرمان می‌باشند. سیگنال‌های ارسالی توسّط این ابزار توسّط کنترل کننده‌ها دریافت می‌شود و به فرمان‌های داخل PLC تبدیل شده و به ماژول‌ها ارسال می‌شود.

از جمله ویژگی ها و شاخص های برتری این پروتکل می توان به موارد زیر اشاره نمود:

- بدون نیاز به سیم کشی جدید: محصولات این پروتکل به‌گونه‌ای هستند که برای کاربری‌های خانگی، ساختمان ها و غیره نیازی به سیم‌کشی ندارند.

- سرعت بالا: زمان پاسخ‌دهی این استاندارد نسبت به استانداردهای دیگر حداقل ۲۰ تا ۴۰ برابر است. زمان پاسخ در این پروتکل، ۳ ثانیه است.

- ارتباط دوطرفه: این پروتکل قابلیّت برقراری ارتباط دوطرفه برای انجام تنظیمات و همچنین کنترل ماژول‌ها برای روشن یا خاموش بودن آن‌ها را دارد.

[25] Node

– ۶۴۰۰۰ آدرس مجزّا: این پروتکل قابلیّت تعریف ۶۴۰۰۰ وسیلهٔ مختلف را دارد که این عدد در برابر ۲۵۶ وسیلهٔ پروتکل X-10 بسیار قابل تأمّل است.

– سازگاری سیستم: این پروتکل قابلیّت دریافت و ارسال سیگنال‌های فرامین به سیستم هایی مانند C-Bus، LonWorks و X-10 را دارا می باشد.

– قابلیّت اعتماد بالا: با توجّه به اینکه شیوهٔ ارتباط این استاندارد دوطرفه بوده و از طرفی بازخورد مطمئنّی از وضعیّت اجرای فرامین ایجاد می‌نماید لذا ارتباط جامع و قابل اعتمادی با درصد بیش از ۹۹ درصد از این پروتکل به‌دست می‌آید.

۴-۳- مقایسهٔ پروتکل‌های ساختمان هوشمند

در این فصل برخی از مهم‌ترین پروتکل‌ها و استانداردهایی که در سیستم مدیریّت ساختمان و خانه‌های هوشمند استفاده می‌شوند معرفی گردیدند. خصلت‌ها و ویژگی‌های متفاوتی در مقایسهٔ این پروتکل‌ها وجود دارند که دو مورد از مهم‌ترین آن‌ها عبارتند از:

– امنیّت اطّلاعات: از جمله مهم‌ترین مباحث در زمینهٔ ارسال اطّلاعات و داده‌ها، امنیّت اطّلاعات است. یکی از راه‌های ایجاد امنیّت اطّلاعات رمزگذاری است. غیرقابل نفوذ بودن سیستم پیاده‌سازی شده مبتنی بر هر یک از این پروتکل‌ها یکی از معیارهای مقایسه می‌باشد.

– بستر ارتباطی: چگونگی ایجاد رابطه بین گره‌های گوناگون شبکه را بستر ارتباطی گویند. از منظر این معیار، پروتکل‌های ساختمان و خانهٔ هوشمند به دو گروه باسیم و بدون‌سیم تقسیم می‌شوند. عمده‌ترین ویژگی در پروتکل‌های این دو گروه، نوع سیم مورد استفاده در پروتکل باسیم و یا تفاوت در فرکانس کاری آن‌ها در پروتکل بی‌سیم است.

به‌طورکلّی پروتکل‌های ارتباطی ساختمان و خانهٔ هوشمند که در این فصل به تشریح و معرّفی آنها پرداخته شد را می‌توان در دو گروه پروتکل‌های باسیم و پروتکل‌های بدون‌سیم دسته‌بندی کرد. پروتکل‌های Z-Wave، BACnet و ZigBee از مهم‌ترین پروتکل‌های بدون‌سیم هستند. پروتکل‌های KNX، C-Bus، X-10، PLC-Bus، S-Bus و LonWorks از مهم‌ترین پروتکل‌های باسیم هستند. در این بخش به‌طور مختصر به مقایسهٔ چند پروتکل مهم نسبت به چند پروتکل مهم دیگر پرداخته می‌شود (فولادیان، ۱۳۹۲ و خدابنده‌لو، شیخی، و دهقان، ۱۳۹۴).

۴-۳-۱- Z-Wave در مقابل ZigBee

با توجّه به نحوهٔ عملکرد و تعریف مفاهیم این دو پروتکل، شباهت‌های زیادی بین این دو پروتکل وجود دارد، اما تفاوت‌ها و ویژگی‌های متمایزی وجود دارند که در ذیل به برخی از آن‌ها اشاره شده است:

- تفاوت در فرکانس: زیرساخت سخت‌افزاری در این دو پروتکل به‌گونه‌ای است که هر یک فرکانس متفاوتی دارند. مانند صحبت تلفنی یک نفر فارسی با یک نفر انگلیسی.
- کد و محصولات: پروتکل Z-Wave یک کد مخصوص دارد که تنها شرکت سازنده آن را در اختیار دارد. تمام تجهیزات هوشمند Z-Wave می‌توانند با همهٔ محصولات این پروتکل بدون هیچ خللی کار کنند. اما پروتکل ZigBee با کد متن باز طرّاحی شده است. یعنی هر شرکت سازنده که می‌خواهد تجهیزات هوشمند متّصل به ZigBee را تولید کند، لازم است به کد آن دسترسی داشته و این کار را به انجام رساند.
- سرعت و تداخل: ZigBee از فرکانس قوی ۲٫۴ GHz استفاده می‌کند. این فرکانس منجر به مصرف بیشتر برق شده اما امکان تداخل با شبکهٔ بی‌سیم خانه وجود دارد. Z-Wave از فرکانس ۹۰۸٫۴۲ مگاهرتزی استفاده می‌کند که تداخلی با شبکهٔ بی‌سیم ایجاد نمی‌کند. اما اگر مانیتور اتاق کودک و یا تلفن ثابت بی سیم دارید، شاید با آن‌ها تداخل پیدا کند. سرعت ایجاد شده توسّط پروتکل ZigBee در برابر Z-Wave بسیار بیشتر است.
- تعداد وسیله‌های قابل پشتیبانی: پروتکل Z-Wave می‌تواند تا ۲۳۲ وسیلهٔ هوشمند را در شبکهٔ خود پشتیبانی نماید اما پروتکل ZigBee قادر است تا ۶۵۰۰۰ وسیله را پشتیبانی کند و برای کارهای تجاری بزرگ مناسب است.

۴-۳-۲- Z-Wave در مقابل X-10

پروتکل Z-Wave در برخی از کاربردها نسبت به پروتکل X-10 دارای مزیّت و برتری می‌باشد. استاندارد Z-Wave کاملاً برپایهٔ امواج رادیویی RF استوار است در حالی که استاندارد X-10 سیگنال‌ها را بر روی خطوط انتقال قدرت ارسال می‌نماید و یک مبدّل RF را به‌صورت انتخابی به‌کارگیری می‌کند. سیستم‌های استاندارد Z-Wave بسیار سریع‌تر از سیستم‌های X-10 پاسخگو هستند و یک تأییدیّه دریافت را جهت اطمینان از عدم مفقود شدن سیگنال بدون ایجاد خطا درخواست می‌کند. سیستم‌های X-10 تقریباً یک ثانیه زمان برای ارسال دستور نیاز دارند درحالی که Z-Wave ارسال دستور و اعلام دریافت را در زمانی حدود ۵۰ میلی‌ثانیه انجام می‌دهد. تقریباً

اکثر گره‌های Z-Wave به‌عنوان یک تکرارکننده[۲۶] در شبکه عمل می‌نمایند. بنابراین تجهیزات مورد استفاده در شبکه ضرورت ندارند در اختیار کنترل کاربر قرار گیرند. دلیل این مسئله این است که تعدادی از تجهیزات در بین راه به‌عنوان انتقال‌دهنده پیام نقش ایفا می‌کنند.

ازسویی استاندارد Z-Wave امنیّت بیشتری در شبکه و تجهیزات ارتباطی در آن نسبت به استاندارد X-10 ارائه می‌نماید. هر کنترل‌کننده در پروتکل Z-Wave یک کد ۳۲ بیتی به‌نام کد خانه[۲۷] دارد. وقتی این کنترل‌کننده برای یک شبکه استفاده می‌شود این کد خانه را به تمام تجهیزات و ادواتی که به این شبکه متّصل می‌شوند اختصاص می‌دهد. این موضوع دلیل برتری پروتکل Z-Wave نسبت به پروتکل X-10 که دارای کد خانه‌های ۴ و ۱۶ بیتی است می‌باشد.

۴-۳-۳- LonWorks در مقابل BACnet

شرکت‌ها و تولیدکنندگانی که به طرّاحی پروژه‌های هوشمندسازی مبتنی بر پروتکل‌هایی مانند LonWorks و BACnet پرداخته‌اند، مشتریان را ملزم به استفاده از سخت‌افزار و نرم افزارهای عرضه شده خود می‌کنند. برای از بین بردن انحصار شرکت‌ها، رویکرد متفاوتی توسّط عدّه‌ای دیگر از سازندگان که بخش بزرگ‌تری از بازار را به خود اختصاص داده بودند صورت پذیرفت که به سیستم‌های با پروتکل باز[۲۸] مشهورند. این شرکت‌ها محصولات تولیدی خود را بر اساس استانداردهای باز مرسوم در زمینهٔ سیستم‌های مدیریّت ساختمان هوشمند ارائه کردند. این مسئله باعث شد تا کاربران دیگر ملزم به خرید دائمی از تولیدکنندهٔ اولیّه برای تعمیرات، خرابی‌ها و توسعهٔ سیستم در آینده نباشند. از توانایی‌ها و قابلیّت‌های دیگر استاندارد باز، برقراری ارتباط هر جزء از سیستم با دیگر اجزاء بدون احتیاج به سخت‌افزار یا نرم‌افزار خاصی می‌باشد.

برای اجرای یک طرح وسیع هوشمندسازی در سیستم مدیریّت ساختمان هوشمند براساس مفهوم پروتکل‌های باز می توان از استاندارد LonWorks و BACnet استفاده نمود. دراین بین LonWorks از نظر تنوّع محصولات ساخته شده توسّط سازندگان گوناگون، تعداد تجهیزات نصب شده در نقاط مختلف جهان و همچنین تعداد تولیدکنندگانی که گواهینامهٔ تطبیق محصولات با این استاندارد را گرفته‌اند دارای مزایای بیشتری از BACnet برای استفاده در سیستم مدیریّت ساختمان هوشمند هستند.

---

[26] Repeater
[27] Home Code
[28] Open Protocol Systems

۴-۳-۴- Z-Wave در مقابل KNX

دو پروتکل KNX و Z-Wave از پرکاربردترین پروتکل‌ها برای راه‌اندازی سیستم‌های مدیریّت ساختمان هوشمند می‌باشند. سخت‌افزارهایی که برای نصب سیستم هوشمند BMS خریداری و مورد استفاده قرار می‌گیرند بر اساس نوع پروتکل دارای امکانات گوناگون و چگونگی راه‌اندازی مخصوص به خود هستند. بنابراین ضرورت دارد در هنگام خرید به تفاوت‌های این دو پروتکل توجّه خاصی صورت پذیرد. تفاوت‌های اصلی پروتکل KNX در مقابل پروتکل Z-Wave به شرح ذیل می‌باشند:

۱- تجهیزات و دستگاه‌های دارای پروتکل Z-Wave در هر ساختمانی بدون نیاز به ایجاد تغییر در سیم‌کشی ساختمان قابل اجرا و نصب هستند اما برای نصب تجهیزات و دستگاه‌های دارای پروتکل KNX سیم کشی ساختمان تغییر می‌کند.

۲- در صورتی‌که عیبی در تجهیزات و دستگاه‌های مبتنی بر پروتکل Z-Wave رخ دهد می‌توان بدون تعویض آن دستگاه، ماژول متناسب با آن تجهیز را استفاده نمود ولی در دستگاه-های مبتنی بر پروتکل KNX اگر هر قسمتی از تجهیزات دچار عیب شوند تنها راه رفع نقص، تعویض کامل ماژول آن قسمت خواهد بود.

در تشریح تفاوت اول باید گفت پروتکل KNX در عین دارا بودن قدرت و امنیّت بالا دارای یک مشکل بزرگ است و آن این است که پروتکل KNX در سیستم مدیریّت ساختمان هوشمند دارای سیم‌کشی مخصوص به خود در ساختمان است و این موضوع سبب می‌شود هوشمندسازی ساختمان در ساختمان‌های چند سال ساخت بسیار پرخرج باشد. به همین دلیل ضرورت تعویض سیم‌کشی ساختمان وجود دارد و کنده‌کاری در بسیاری از نقاط ساختمان صورت خواهد پذیرفت و این مسئله باعث مقرون به‌صرفه نبودن نصب این استاندارد خواهد شد.

اما در هوشمندسازی ساختمان مبتنی بر پروتکل Z-Wave نیاز به هیچ‌گونه سیم‌کشی جدید وجود ندارد و هوشمندسازی در ساختمان بدون هیچ‌گونه تغییر در سیم‌کشی انجام می‌شود. تمامی کلیدهای کنترلی در این پروتکل وایرلس و بدون‌سیم هستند و نیازی به سیم‌کشی ندارند. این مسئله یکی از مزایای مهم و اساسی در پروتکل Z-Wave به‌شمار می‌رود.

در تشریح تفاوت دوم باید گفت که یکی دیگر از ایرادات پروتکل KNX این است که اگر در این نوع پروتکل یکی از ماژول ها از کار بیافتد باید آن ماژول و کلیدهای هوشمند آن به‌طور کامل تعمیر و یا تعویض گردد تا بتوان نظارت و کنترل لازم را روی آن اعمال نمود.

اما در پروتکل Z-Wave اگر یک ماژول یا کلیدهای آن دچار نقص شود می‌توان کنترل آن ماژول را به‌شکل دستی انجام داد و نیازی به تعمیر یا تعویض سریع و حتمی آن نیست.

پروتکل‌ها و استانداردهای ارائه شده در این فصل در جدول ۴-۱ به‌طور خلاصه مقایسه شده‌اند.

جدول ۴-۱: مقایسه پروتکل‌های خانه هوشمند (فولادیان، ۱۳۹۲)

نام پروتکل	راحتی نصب	ساختار ارتباطی	قیمت
X10	ساده	سیمی	پایین
Z-Wave	ساده	بی‌سیم	پایین
KNX	متوسّط	سیمی- بی‌سیم (غیر متداول)	متوسّط به بالا
C-Bus	متوسّط	سیمی- بی‌سیم	متوسّط به بالا
ZigBee	ساده	بی‌سیم	پایین
LonWorks	متوسّط	سیمی- بی‌سیم (غیر متداول)	متوسّط به بالا
BACnet	متوسّط	سیمی- بی‌سیم ZigBee	متوسّط به بالا
S-Bus	ساده	سیمی	پایین
PLC-Bus	ساده	سیمی	پایین

در فصل بعد، استاندارد دلتا کنترلز و نقش آن در پیاده‌سازی خانهٔ هوشمند مورد بررسی قرار می‌گیرد.

فصل پنجم

خانهٔ هوشمند مبتنی بر استاندارد دلتا کنترلز

۵-۱- مقدّمه

شرکت دلتا کنترلز[1] از سال ۱۹۸۰ تا امروز، به عنوان یکی از بزرگ‌ترین تولیدکنندگان محصولات خانه و ساختمان هوشمند با بیش از ۳۰۰ تأمین کننده در بیش از ۸۰ کشور جهان مشغول به فعالیّت می‌باشد. این شرکت که در کشور کانادا مستقر است، برای بیش از سه دهه محصولات متنوّع و مورد علاقه کاربران در زمینهٔ مدیریت هوشمند ساختمان ارائه نموده است. زمینهٔ فعالیّت این شرکت ارائهٔ محصولات با کاربری‌های گوناگون مانند استفاده در سیستم‌های تجاری، درمانی، آموزشی و غیره است. شرکت دلتا کنترلز حدود ۲۵ سال است که به ارائهٔ راهکارهایی مناسب با قابلیّت اطمینان بالا به‌منظور مدیریّت بهتر سیستم ساختمان و خانهٔ هوشمند اشتغال دارد و این خدمات را به انواع ساختمان‌های اداری، دولتی، مسکونی، دانشگاه‌ها، مدارس، بیمارستان‌ها، فرودگاه‌ها و غیره ارائه می‌دهد. ارائهٔ پیشنهاداتی در زمینهٔ مدیریّت هوشمند ساختمان مبتنی بر پروتکل BACnet در حوزه‌هایی مانند کنترل تهویهٔ هوا، کنترل روشنایی و قابلیّت کنترل دستی از جمله مزایای استفاده از محصولات این شرکت می‌باشد. این فصل، خانهٔ هوشمند مبتنی بر نرم افزار و محصولات این شرکت را معرّفی می‌نماید (سیف، ۱۳۹۶ و فولادیان، ۱۳۹۲).

۵-۲- معرّفی خانهٔ هوشمند دلتا کنترلز

شرکت دلتا کنترلز با بیش از ۲۵ سال سابقه در حوزهٔ خودکارسازی و هوشمندسازی سیستم مدیریّت ساختمان، یکی از فعّال‌ترین و باسابقه‌ترین شرکت‌های موجود در جهان در این حوزه محسوب می‌شود. محصولات کنترلی این شرکت به صورت کاملاً یکپارچه و هماهنگ، امکان مدیریّت سیستم‌های مکانیکی در ساختمان و سیستم‌های الکتریکی مانند سیستم‌های روشنایی و کنترل تردّد را با استفاده از یک سیستم کنترلی واحد، به کاربر ارائه می‌دهد. کلیّهٔ کنترل‌کننده‌های سیستم کنترلی این شرکت که مبتنی بر استاندارد و پروتکل شبکهٔ BACnet فعّالیّت می‌نمایند امکان برنامه‌ریزی و مدیریّت هماهنگ محصولات را در خانهٔ هوشمند داشته و همچنین قابلیّت فعّالیّت به‌شکل خودمختار با رعایت شرایط خاصّی را دارا می‌باشند. سیستم کنترلی این شرکت، به‌منظور افزایش و تقویت محصولات کنترلی، قابلیّت گسترش خود را دارا می‌باشد و می‌تواند تعداد ورودی‌ها و خروجی‌های متّصل به سیستم کنترلی را تا میزان زیادی توسعه دهد. قابلیّت ارائه به‌صورت گرافیک و نرم‌افزار مورد استفاده، امکان شبیه‌سازی و پویانمایی سیستم تحت کنترل را در ساختمان و خانهٔ هوشمند فراهم می‌آورد (سیف، ۱۳۹۶ و فولادیان، ۱۳۹۲).

[1] Delta Controls

۵-۳- دلایل استفاده از محصولات دلتا کنترلز

سیستم‌های کنترلی که در قالب محصولات شرکت دلتا کنترلز ارائه شده‌اند در عین بهره‌گیری از فناوری‌های پیشرفته از نظر عملکرد برای کاربران بسیار ساده هستند. همچنین استفاده از نرم‌افزار گرافیکی سه‌بعدی محصولات کنترلی این شرکت به‌سادگی قابل انجام است. نرم‌افزار گرافیکی دلتا کنترلز، قابلیّت کنترل و مدیریّت همهٔ تجهیزات و دستگاه‌های مکانیکی و الکتریکی ساختمان و خانه را به سادگی فراهم نموده و امکان ارائه و بررسی گزارش‌های کنترلی مورد نیاز سیستم کنترلی و کاربران را به طور منظم در دسترس قرار می‌دهد (سایت ایرساتا).

سیستم‌های مدیریّت خانه و ساختمان هوشمند نباید به‌شیوهٔ مطلوب سازنده تعریف شوند بلکه می‌بایست به‌گونه‌ای عمل نمایند که مطلوب بهره‌بردار باشند. در محصولات تولیدی توسّط شرکت دلتا کنترلز، سیستم کنترلی به‌گونه‌ای فعّالیّت می‌نماید که کاربران و اُپراتور سیستم می‌توانند با آن به‌راحتی کار کنند. یکی از دلایل دیگر استفاده از محصولات دلتا کنترلز این است که یادگیری نرم‌افزار کنترلی این شرکت بسیار ساده بوده و کاربران می‌توانند برنامهٔ کنترلی مورد نظر خود را به همان شکل که لازم دارند پیاده‌سازی کنند (سایت ایرساتا).

شرکت دلتا کنترلز بر این باور است که مالکین ساختمان‌ها و خانه‌های هوشمند لیاقت استفاده از بهترین تکنولوژی را برای ساختمان خود دارند. لذا این شرکت توسعهٔ استاندارد باز BACnet را در دستور کار خود قرار داد و به ارتقاء آن پرداخت. تجهیزات دلتا کنترلز بر اساس پروتکل BACnet ساخته شده‌اند و لذا سیستم‌های یکپارچه مبتنی بر این تجهیزات به‌سادگی در ساختمان پیاده‌سازی می‌شوند (سایت ایرساتا).

نصب سیستم‌های دلتا کنترلز سریع و ساده است و این به‌معنی صرفه‌جویی در زمان و هزینه است. کلیّهٔ فضاهای گوناگون ساختمان مانند دیوارها، درها، پنجره‌ها و مانند این‌ها به‌سادگی در نرم‌افزار دیتا کنترلز شبیه‌سازی شده و به‌کار می‌روند (سایت ایرساتا).

۵-۴- معرّفی نرم‌افزار شرکت دلتا کنترلز

محصولات شرکت دلتا کنترلز شامل سیستم‌های ترکیبی BACnet، کنترل تهویهٔ هوای مطبوع در ساختمان و کنترل سیستم‌های روشنایی و قابلیّت دسترسی می‌باشد. شکل ۵-۱ کنترل‌کنندهٔ قابل برنامه‌ریزی برای تنظیم سیستم کنترل تهویهٔ هوای مطبوع را در خانهٔ هوشمند نمایش می‌دهد (Delta Group Company, 2017).

شکل ۵-۱: کنترل‌کنندهٔ دلتا کنترلز برای تنظیم سیستم کنترل تهویهٔ هوا (Delta Group, 2017)

نرم‌افزار گرافیکی تولید شده در شرکت دلتا کنترلز، نرم‌افزار Orcaview می‌باشد. این نرم‌افزار دارای قدرت گرافیکی بسیاری بالایی بوده و برای شبیه‌سازی و کنترل سیستم مکانیک و الکترونیک در ساختمان هوشمند مناسب می‌باشد. نسخهٔ تحت وب نرم‌افزار این شرکت Orcaweb نام دارد که از قابلیّت‌های نرم افزار اولیّه نیز برخوردار است. شکل ۵-۲ محیط نرم‌افزار Orcaview را نمایش می‌دهد (Delta Group Company, 2011).

شکل ۵-۲: محیط نرم‌افزار Orcaview (Delta Group, 2011)

۵-۵- ویژگی‌های نرم افزار دلتا کنترلز

۵-۵-۱- سازگاری با BACnet

پروتکل BACnet به‌عنوان مؤثّرترین و فعّال‌ترین پروتکل شبکه، یکی از پرکاربردترین استانداردهایی است که بین تمامی سازندگان، کارخانجات و شرکت‌های فعّال در حوزهٔ مدیریّت ساختمان و خانهٔ هوشمند جاری است که به کمک این پروتکل می‌توانند با یکدیگر در ارتباط بوده و تبادل اطّلاعات داشته باشند. محصولات تولیدی شرکت دلتا کنترلز نیز از این پروتکل شبکه تبعیّت می‌کند. نرم‌افزار گرافیکی سیستم تولیدی این شرکت، قابلیّت نمایش و ارتباط با سیستم‌های دیگر مبتنی بر این پروتکل را دارد.

۵-۵-۲- گرافیک یکپارچه

یکی از قابلیّت‌های نرم‌افزار Orcaview، امکان دریافت و ارسال داده‌ها و اطّلاعات با سیستم‌های دیگر در محیط گرافیکی خود است. این ویژگی بدین معناست که نرم‌افزار به‌طور همزمان می‌تواند در عین فعالیّت خود، با سیستم‌های دیگر مبتنی بر این پروتکل ارتباط برقرار کند و با آنها تبادل اطّلاعات داشته باشد. در این محیط گرافیکی امکان ثبت اطّلاعات قرار داده شده است که باعث می‌شود نرم افزار با اپراتور اصلی در ارتباط بوده و گزارشی از وضعیّت سیستم را به اپراتور ارائه کند. این نرم‌افزار دارای آرشیو جامعی از موارد گرافیکی و صوتی برای تمامی دستگاه‌های مکانیکی و الکترونیکی جهت کنترل روشنایی و کنترل تردّد است که با استفاده از آن‌ها می‌تواند شبیه‌سازی مناسبی داشته باشد. با استفاده از این نرم‌افزار اپراتور می‌تواند با سرعت بالایی از محیط گرافیک به محیط برنامه‌ها و داده‌ها دست یابد و تمامی هشدارها و موارد امنیّتی را فعّال یا غیرفعّال نماید.

۵-۵-۳- صفحهٔ اصلی گرافیکی

نرم‌افزار Orcaview یک صفحهٔ گرافیکی اصلی دارد که محیط هوشمند آن تقسیم‌بندی شده و برای اپراتور کاربری راحتی را ایجاد می‌نماید. این صفحهٔ اصلی قادر است داده‌ها را فیلتر کرده و مقدار مشخّصی از آن‌ها را نشان دهد. صدور فرمان گروهی برای روشن و خاموش کردن و یا اتوماتیک کردن عملکرد تجهیزات نیز به کمک این صفحهٔ اصلی گرافیکی انجام می‌شود. از قابلیّت‌های دیگر این صفحهٔ اصلی، امکان تغییر نام و آدرس داده‌های آن است تا بتوان به‌شکل دلخواه اسامی و آدرس‌ها را تغییر داد. شکل ۵-۳ این موضوع را نمایش می‌دهد (Delta Group Company, 2011).

شکل ۵-۳: صفحهٔ مدیریّت نرم‌افزار در ساختمان هوشمند (Delta Group, 2011)

۵-۵-۴- اعلام وضعیّت جاری

از جملهٔ امکانات دیگر این نرم‌افزار، قراردادن اطّلاعات و داده‌های شخصی در پوشه‌های مخصوص و ارزیابی عملکرد سیستم می‌باشد. بررسی وضعیّت کنترل‌کننده‌ها از طریق نرم‌افزار از دیگر مزایای آن می‌باشد به‌گونه‌ای که کاربران می‌توانند وضعیّت‌های جاری خود را به‌شکل دلخواه بر روی صفحهٔ اصلی گرافیکی نمایش داده و اعلام نمایند.

۵-۵-۵- تنظیم و ارائهٔ گزارشات

نرم‌افزار Orcaview به کاربر این قابلیّت را می‌دهد که گزارش‌های ارسالی از سیستم را در چارچوب مشخّص شده تنظیم نماید و آن‌ها را از روش‌های مختلفی مانند پست الکترونیک و با فرمت‌های گوناگون دریافت و نسخهٔ پرینت شده آن‌ها را نیز تهیّه نماید. گزارش‌های ارسالی از سیستم دربرگیرندهٔ تمامی هشدارها، نمودارها، جداول و مقادیر داده‌ها است. این نرم‌افزار قابلیّت تهیهٔ گزارش از آخرین فرمان‌های صادره توسّط کاربران را به سیستم ارائه می‌دهد. این نرم‌افزار

همچنین اپراتور را قادر می‌سازد که از وضعیّت کاری سیستم کنترلی، خطاها و هشدارهای احتمالی و آخرین مقادیر هرکدام از ورودی‌ها و خروجی‌های سیستم اطّلاع پیدا کند.

۵-۵-۶- قابلیّت ثبت و ذخیرهٔ وقایع

نرم‌افزار Orcaview از طریق برقراری ارتباط با پایگاه‌های اطّلاعاتی مبتنی بر استاندارد BACnet، قابلیّت ثبت و ذخیرهٔ تمامی اطّلاعات سیستم را از حین راه‌اندازی تا کارکرد زمان حال آن دارد. ذخیرهٔ اطّلاعات به‌گونه‌ای است که هیچ محدودیّت زمانی وجود ندارد و در صورت نیاز به شبکه در سیستم، می‌توان از اطّلاعات ذخیره شده استفاده نمود و از آن گزارش آماری تهیّه نمود. ویژگی مذکور امکان ثبت و ذخیرهٔ خودکار تمامی وقایع، تردّدها و هشدارهای امنیّتی را فراهم می‌آورد.

۵-۵-۷- گزارش داده‌ها و اطّلاعات

نرم‌افزار Orcaview قابلیّت تهیهٔ گزارش از تمام داده‌ها و اطّلاعات را داشته و می‌تواند این گزارش را در قالب‌های گوناگون مانند pdf و xls ارائه نماید. گزارش داده‌ها بر روی نمودارهای دلخواه نمایش داده می‌شود به‌گونه‌ای که امکان ارائهٔ تحلیل‌های استاتیکی این نمودارها مهیّا شود.

۵-۵-۸- قابلیّت برنامه‌ریزی پیشرفته

شرکت دلتا کنترلز برای کنترل مناسب‌تر و بهینه‌تر محصولات خود و افزایش اثربخشی آن‌ها در سیستم مدیریّت ساختمان، امکان برنامه‌ریزی پیشرفته برای کنترل‌کننده‌ها و تابلوهای سیستم را فراهم آورده است. منطق‌های کنترلی بسیار پیشرفته در این محصولات در خانه‌های هوشمند برای سیستم موتورخانه مانند تجهیزات چیلرها، بویلرها و پمپ‌ها، سیستم روشنایی و سیستم کنترل امنیّت مانند کنترل تردّد در ساختمان و خانهٔ هوشمند قابل برنامه‌ریزی و پیاده‌سازی است. برنامه‌نویسی در نرم‌افزار این شرکت، توسّط زبان برنامه‌نویسی +GCL نوشته می‌شود (GCL Programmer's Manual, 1999). زبان برنامه‌نویسی فوق از لحاظ ساختار، شبیه زبان‌های C و Pascal است که از دستورات حلقه و شرطی لازم مانند حلقه‌های do، for، if و غیره استفاده می‌کند. GCL مجموعه‌ای از فرمان‌هاست که اجازهٔ انجام فعالیّت‌های خاص را از طریق سیستم عامل GCOS 7 به کاربر می‌دهد. با استفاده از این نرم‌افزار می‌توان از میزان پیشرفت و شرایط کنترل‌پنل‌ها، تابلوها و کنترل-

کننده‌ها اطّلاع پیدا نمود و مقادیر لحظه‌ای داده‌ها را مشاهده کرد. شکل ۵-۴ نمونه‌ای از نرم‌افزار مدیریّت انرژی را نمایش می‌دهد (GCOS 7 System Overview, 1996).

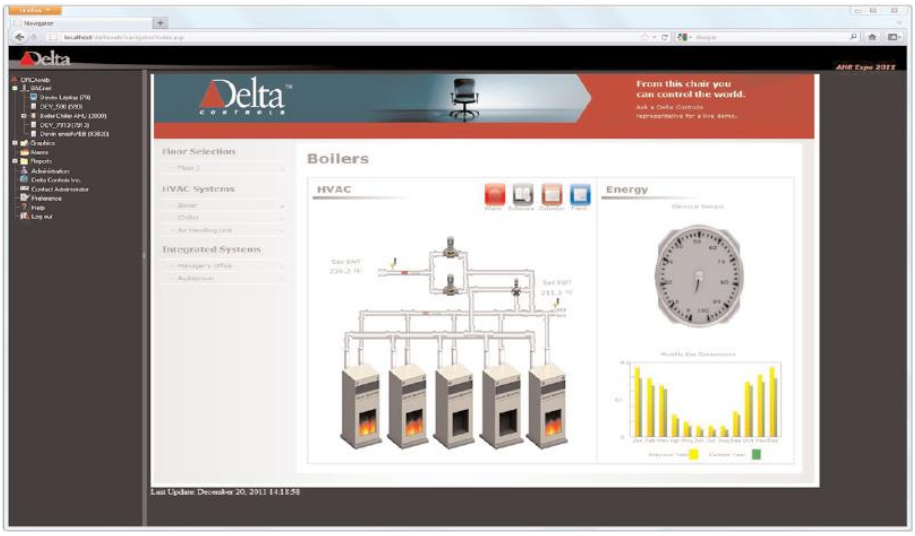
شکل ۵-۴: نرم‌افزار پیشرفتهٔ مدیریّت انرژی در ساختمان (GCOS 7 System Overview, 1996)

۵-۵-۹- ابزارهای نرم‌افزاری اعلام وضعیّت

نرم‌افزار شرکت دیتا کنترلز برای کلیّهٔ زیرسیستم‌ها و داده‌های تحت کنترل، ابزارهای اعلام وضعیّت دارد که می‌توان توسّط این ابزارها، وضعیّت سیستم را اعلام نمود. تعلیق همزمان همهٔ هشدارها و آلارم‌های سیستم و فیلتر مواردی که هنوز تأیید نشده‌اند از دیگر ابزارهای اعلام وضعیّت در این نرم‌افزار می‌باشند.

۵-۵-۱۰- نسخهٔ مبتنی بر WEB

همانطور که پیشتر بیان شد نرم‌افزار Orcaview یک نسخهٔ مبتنی بر وب به‌نام Orcaweb دارد. به کمک نرم‌افزار Orcaweb و در صورت دسترسی به اینترنت، در هر نقطه از داخل یا خارج ساختمان می‌توان از طریق web به سیستم کنترل محصول شرکت دسترسی پیدا کرد. شکل ۵-۵ توصیفی از صفحهٔ اصلی این نرم‌افزار را نشان می‌دهد.



شکل ۵-۵: توصیف صفحهٔ اصلی نرم‌افزار Orcaweb (Delta Group, 2017)

این نرم‌افزار مزیّت‌های مختلفی دارد که در ذیل به‌آن‌ها اشاره می‌شود:

– قابلیّت ارائهٔ گزارش: نرم‌افزار Orcaweb می‌تواند وضعیّت عملکرد سخت‌افزارهای سیستم را گزارش دهد. وضعیّت این عملکردها مانند وضعیّت دمای فضای تحت کنترل، وضعیّت تردّد و وضعیّت دمای فضای خارج از ساختمان در شکل ۵-۶ نمایش داده شده است.

شکل ۵-۶: پنل نمایش وضعیّت نسخهٔ تحت وب نرم‌افزار Orcaweb (Delta Group, 2017)

– امکان تهیّهٔ صفحه‌های شخصی و خصوصی برای کاربرهای مختلف: یکی از مزایای پشتیبانی از نسخه‌های تحت وب شرکت دلتا کنترلز قابلیّت ایجاد صفحه‌های شخصی و خصوصی برای کاربرهای مختلف می‌باشد که به‌واسطهٔ آن کاربران با وارد نمودن کلمهٔ عبور، وارد صفحات شخصی خود شده و به مشاهده و ارزیابی نمایش‌ها و گزارش‌های خود می-پردازند. همچنین امکان تعریف سطح دسترسی برای کاربران وجود دارد که اجازهٔ دسترسی به اطّلاعات به‌ایشان داده می‌شود. شکل ۵-۷ نوع گزارش‌ها در نرم‌افزار تحت وب را نمایش می-دهد.

شکل ۵-۷: صفحهٔ مشاهده گزارش‌ها در نرم‌افزار تحت وب (Delta Group, 2017)

– امکان دسترسی به کلّ صفحهٔ راهنمای هوشمند: این قابلیّت از طریق نرم‌افزار تحت وب برای کنترل تردّد، کنترل روشنایی و کنترل تجهیزات مکانیکی ساختمان هوشمند وجود دارد و نیازی به استفاده از نرم‌افزارهای گوناگون جهت کنترل مستقل روشنایی و تردّد وجود ندارد.

– اعمال تنظیمات اصلی سیستم توسّط اپراتور: اپراتور با استفاده از رایانه‌های کوچک و بی‌سیم می‌تواند به صفحات شخصی، برنامه‌ها، پنل‌ها، ورودی‌ها و خروجی‌ها دسترسی داشته باشد.

۵-۶- معرّفی سخت افزار شرکت Delta Controls

کنترل‌کننده‌ها و سخت‌افزارهای محصولات شرکت دلتا کنترلز در چهار لایهٔ اصلی قرار دارند. این چهار سطح عبارتند از: (۱) سطح منطقه[۲]، (۲) سطح سیستم[۳]، (۳) سطح زیرشبکه[۴]، (۴) سطح پیوند[۵]. منطق عملکرد کنترل‌کننده‌ها و سخت‌افزارهای این سیستم به‌صورت هرمی از لایه‌های چهارگانه عمل می‌نمایند. لایهٔ اول، که لایهٔ منطقه نام دارد دارای وظیفهٔ مدیریتّی و ارتباطی با دیگر سیستم‌ها می‌باشد. اگر در یک ساختمان هوشمند بخواهیم دو فضای گوناگون را کنترل کنیم به کمک ماژول‌هایی که در سخت‌افزار این لایه قرار دارند می‌توان این ارتباط را برقرار نمود. سیستم کنترل ماژولار سخت‌افزار دلتا کنترلز در شکل ۵-۸ نشان داده شده است (Delta Group Company, 2017).

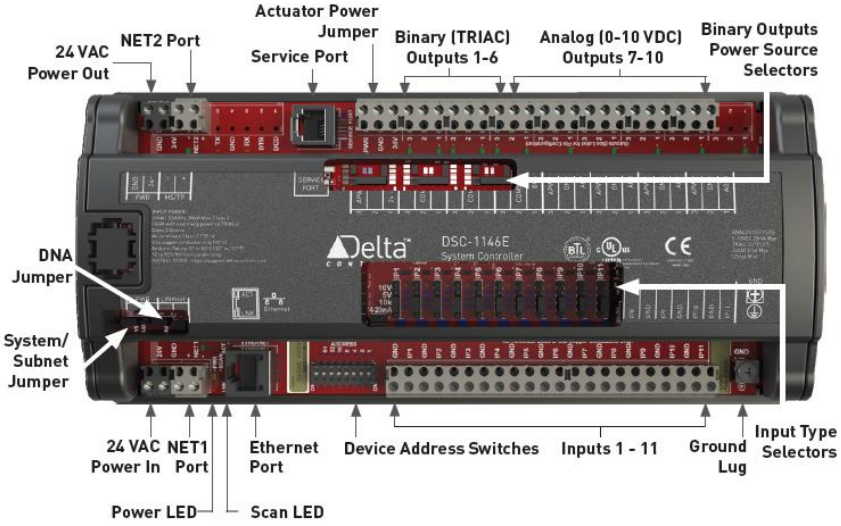
شکل ۵-۸: سیستم کنترل ماژولار سخت‌افزار دلتا کنترلز (Delta Group, 2017)

لایهٔ دوم، لایهٔ سیستم نام دارد که کنترل‌کننده‌های اصلی سیستم در این لایه قرار دارند. این لایه وظیفهٔ کنترل کامل سیستم را در شبکهٔ هوشمند[۶] ساختمان مبتنی بر نرم‌افزار دلتا کنترلز[۷] بر

[2] Area Level
[3] System Level
[4] Subnet Level
[5] LINKnet Level
[6] Smart Grid
[7] Delta Controls Software

عهده دارد. یکی از این کنترل‌کننده‌ها، DSC[8] نام دارد که از طریق پورت‌هایی مانند پورت اترنت[9] می‌توانند با دیگر کنترل‌کننده‌ها ارتباط داشته و همچنین با لایهٔ اول نیز تبادل اطّلاعات[10] داشته باشند. یک نوع از این کنترل‌کننده به‌نام DSC-1146E، و جزئیّات طرح‌بندی آن در شکل‌های ۵-۹ و ۵-۱۰ نمایش داده شده‌اند (Delta Group Company, 2019).

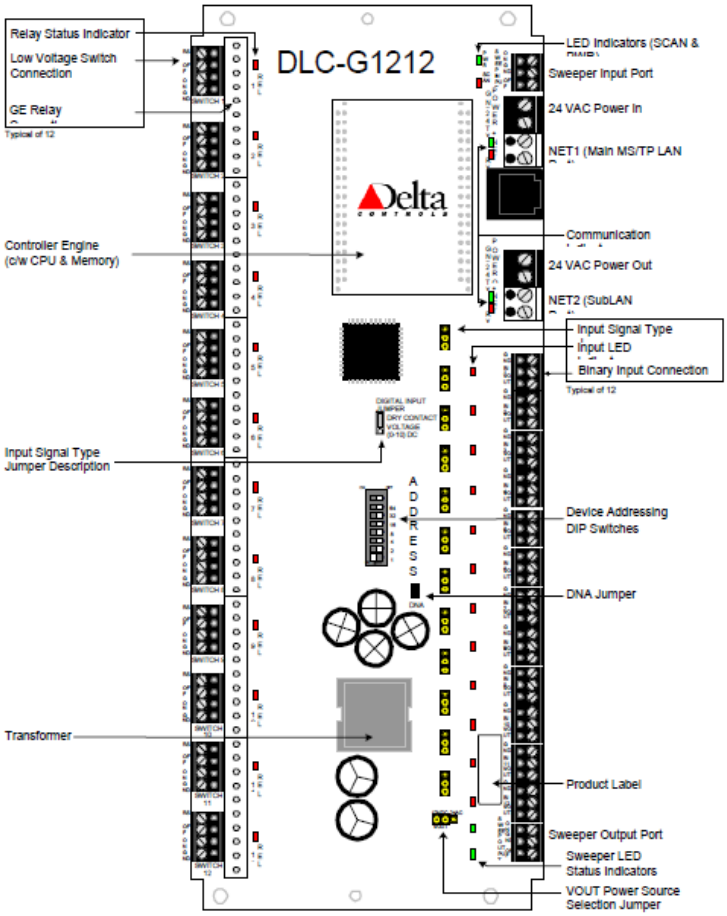
شکل ۵-۹: سیستم کنترل سخت‌افزار DSC-1146E (Delta Group, 2019)



شکل ۵-۱۰: جزئیّات طرح‌بندی سیستم کنترل سخت‌افزار DSC-1146E (Delta Group, 2019)

[8] Delta System Controllers
[9] Ethernet
[10] Information Exchange

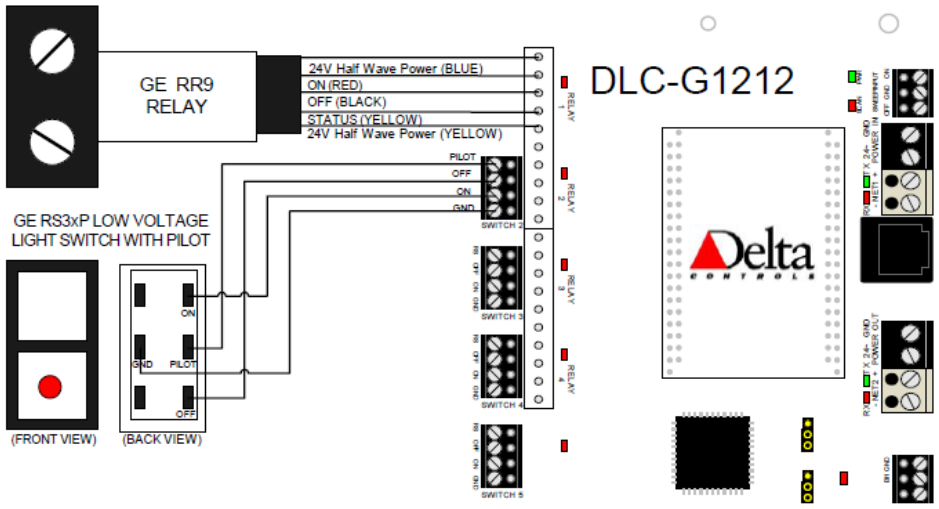
لایهٔ سوم، لایهٔ زیرشبکه است که ماژول‌های کاربردی سیستم مانند DAC[11]، DVC[12] و DLC[13] در این لایه قرار دارند (Delta Group Company, 2010). ماژول‌های کاربردی بیان شده از طریق پروتکل MS/PT با لایهٔ دوم در ارتباط هستند. پروتکل MS/PT یکی واسط‌های نرم‌افزار دلتا کنترلز مربوط به ماژول کاربردی DAC است. در لایهٔ سوم می‌توان تا ۹۹ ماژول کنترل‌کننده کاربردی قرار داد که از طریق اتّصال تکرارکننده‌ها[14] در شبکه، می‌توان این تعداد را افزایش داد. شکل ۵-۱۱ کنترل‌کننده کاربردی دلتا کنترلز DLC سری G1212 را نمایش می‌دهد.



شکل ۵-۱۱: کنترل‌کننده‌های کاربردی دلتا کنترلز DLC سری G1212 (Delta Group, 2010)

[11] Delta Application Controllers
[12] Delta VAV Controllers
[13] Delta Lighting Controller
[14] Repeater

شماتیک سیم‌کشی ورودی/ خروجی‌های ماژول کنترلی سری DLC-G1212 در شکل ۵-۱۲ نشان داده شده است.



شکل ۵-۱۲: شماتیک سیم‌کشی ورودی‌ها و خروجی‌های ماژول DLC-G1212 (Delta, 2010)

شکل‌های ۵-۱۳ و ۵-۱۴ نیز نمونه‌ای از کنترل‌کننده‌های کاربردی دلتا کنترلز DAC و DVC را نمایش می‌دهند.

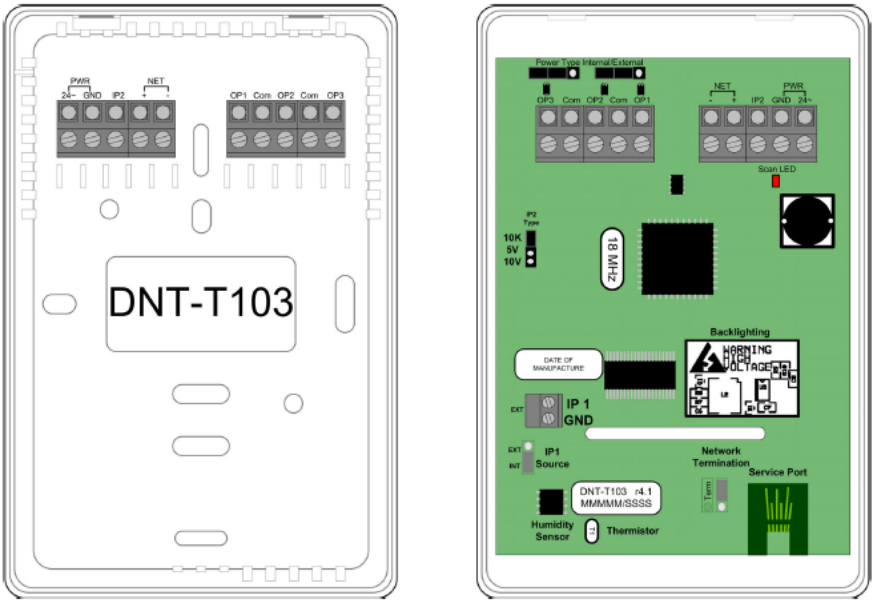
شکل ۵-۱۳: کنترل‌کننده‌های کاربردی دلتا کنترلز DAC (Delta Group, 2010)

شکل ۵-۱۴: کنترل‌کننده‌های کاربردی دلتا کنترلز DVC (Delta Group, 2010)

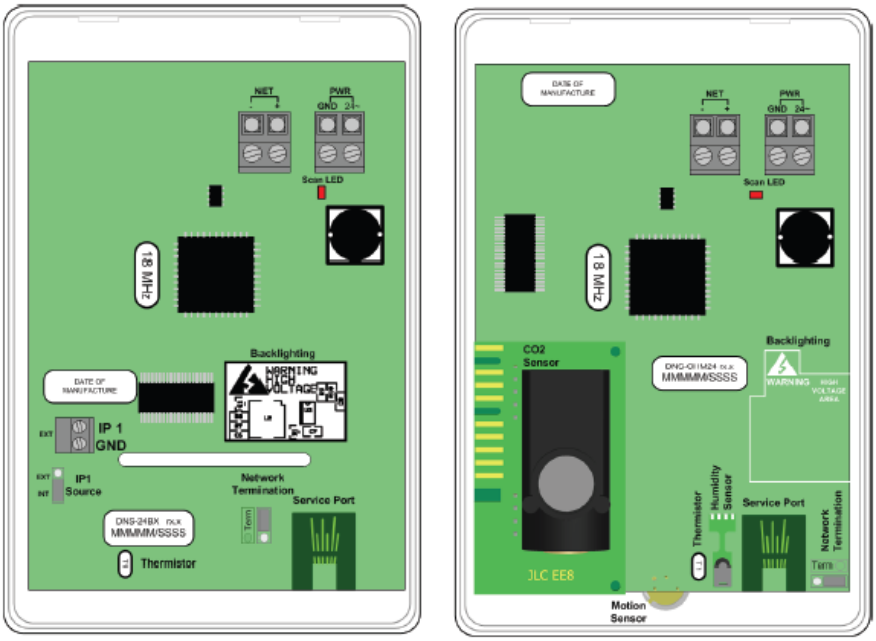
لایهٔ چهارم، لایهٔ پیوند است که دربرگیرندهٔ ماژول‌های سخت‌افزار دلتا کنترلز است. ماژول‌های DNS[۱۵]، DNT[۱۶] و DFM[۱۷] دراین لایه قرار می‌گیرند (Delta Group Company, 2013 and 2015). لایهٔ پیوند برای ارتقاء سیستم و افزایش ورودی‌ها و خروجی‌های آن به‌کار می‌رود تا بتوان ورودی‌ها و خروجی‌ها را افزایش داد. سرعت انتقال اطّلاعات از طریق پورت شبکه لایهٔ پیوند، 76800bps[۱۸] می‌باشد. ماژول‌های فوق به‌همراه جزئیّات سخت‌افزاری، طرح بُرد PCB سخت‌افزار و پورت‌های ورودی/ خروجی (I/O) در شکل‌های ۵-۱۵ تا ۵-۱۹ نشان داده شده‌اند.

شکل ۵-۱۵: پنل کنترل دما و رطوبت ماژول‌های سخت‌افزاری DNS و DNT (Delta Group, 2013)

[15] Delta Network Sensors
[16] Delta Network Thermostat
[17] Delta Field Modules
[18] Bit per Second

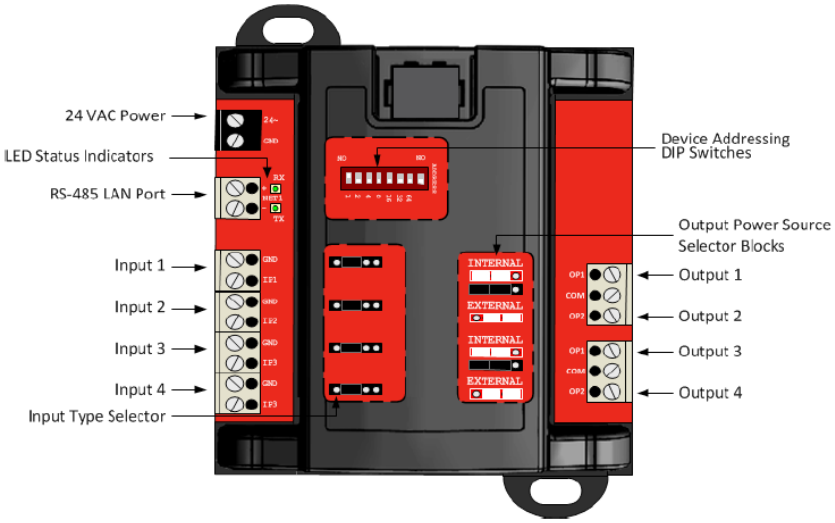


شکل ۵–۱۶: طرح بُرد PCB سخت‌افزار DNT (Delta Group, 2013)



شکل ۵–۱۷: طرح بُرد PCB سخت‌افزار DNS-x24 (Delta Group, 2013)

شکل ۵-۱۸: ماژول سخت‌افزاری DFM-404 (Delta Group, 2013)



شکل ۵-۱۹: دیاگرام طرح بُورد ماژول سخت‌افزاری DFM-404 (Delta Group, 2015)

۵-۶-۱- ورودی‌ها و خروجی‌ها

کنترل‌کننده‌ها و سخت‌افزارهای استفاده شده در محصولات شرکت دلتا کنترلز ویژگی‌ها و قابلیّت‌های مخصوصی دارند. این کنترل‌کننده‌ها مبتنی بر استاندارد و پروتکل BACnet بوده و با استفاده از پروتکل اینترنت با یکدیگر ارتباط دارند. به‌عنوان نمونه تصوّر کنید کنترل‌کننده‌های

مدیریتّی و سیستمی مانند DSC و DAC که پیشتر تشریح گردیدند و کنترل‌کنندهٔ جدید DSM[19] با یکدیگر ارتباط داشته باشند. تبادل داده این کنترل‌کننده‌ها با یکدیگر به صورت نظیر به نظیر[20] است. هر یک از این کنترل‌کننده‌ها دریافت اطّلاعات و همچنین ارسال اطّلاعات را با کنترل-کننده‌های دیگری بر روی شبکهٔ مبتنی بر پروتکل MS/TP انجام می‌دهند. از طرفی ورودی‌ها و خروجی‌های گوناگونی شامل داده‌های آنالوگ یا دیجیتال برای هر یک از این کنترل‌کننده‌ها وجود دارند. یکی از قابلیّت‌های محصولات شرکت دلتا کنترلز و به‌ویژه کنترل‌کننده‌های آن این است که می‌توانند ورودی‌ها و خروجی‌های جامع[21] دریافت نمایند. ورودی‌ها و خروجی‌های جامع بدین معنا هستند که کنترل‌کننده‌ها؛ هم ورودی‌ها را به صورت عمومی و جامع می‌گیرند و سخت‌افزارها و نرم‌افزارها نوع آن‌ها را تغییر می‌دهند و هم خروجی‌های جامعی به کمک نرم‌افزار آنالوگ و یا دیجیتال تعریف می‌کنند. شکل ۵-۲۰ و ۵-۲۱ ماژول سخت‌افزاری کنترل‌کننده DSM و طرح‌بندی بُرد الکترونیکی آن‌را نشان می‌دهند (Delta Group Company, 2013).

شکل ۵-۲۰: ماژول کنترل‌کنندهٔ سخت‌افزاری DSM (Delta Group, 2013)

[19] Distributed Shared Memory
[20] Peer to Peer
[21] Universal

شکل ۵-۲۱: طرح‌بندی الکترونیکی بُرد ماژول کنترل‌کنندهٔ سخت‌افزاری DSM (Delta, 2013)

۵-۶-۲- کنترل‌کننده‌های عمومی

تمام کنترل‌کننده‌هایی که در بخش‌های قبلی تبیین گردیدند، از نوع کنترل‌کننده‌های عمومی هستند. این کنترل‌کننده‌ها به‌منظور کنترل بخش مکانیکی و بخش الکترونیکی سیستم‌های مدیریّت ساختمان هوشمند استفاده می‌شوند. یکی از موارد کاربرد این کنترل‌کننده‌ها استفاده از آن‌ها برای کنترل روشنایی، کنترل تهویهٔ هوای مطبوع و کنترل ایمنی و حفاظت در ساختمان‌ها می‌باشد. به‌منظور انجام صحیح وظایف تعریف شده توسّط دلتا کنترلز، ورودی‌ها و خروجی‌های مختلفی در این کنترل‌کننده‌ها دریافت و تولید می‌شوند (Delta Group Company, 2016).

همهٔ این کنترل‌کننده‌ها به جز DFM، قابلیّت فعالیّت به‌صورت مستقل[۲۲] را داشته و دارای باطری و ساعت داخلی هستند. همچنین برنامه‌نویسی آن‌ها با استفاده از GCL+ صورت می‌پذیرد. پس از تهیه و اجرای این برنامه، کاربر لازم نیست هر بار که نیاز به اجرای برنامه خود دارد، آن‌را کلید بزند. دلیل این موضوع ذخیره کردن برنامه در یک پرونده و از طرفی بیان پارامترها به‌عنوان متغیّرهای جایگزین در اجرای کار با مقادیر تعریف شده توسّط کاربر است که به‌صورت پویا و بدون تغییر در GCL ذخیره می‌شوند.

[22] Stand-Alone

۵-۶-۳- کنترل‌کننده‌های ویژهٔ روشنایی

کنترل‌کننده‌های ویژهٔ روشنایی یا همان کنترل‌کننده‌های DLC و سیستم‌های کنترلی متناظر آن‌ها با نام DCS معرّفی شده در بخش ۵-۶ این فصل، قابلیّت‌های ویژه‌ای دارند. این کنترل‌کننده‌ها به صورت کامل قابلیّت برنامه‌ریزی داشته و به‌صورت مستقل نیز می‌توانند عمل نمایند. همچنین همگی دارای باطری داخلی و ساعت اصلی می‌باشند. این کنترل‌کننده‌ها امکان دریافت ورودی‌های آنالوگ و دیجیتال را داشته و می‌توانند سناریوهای متنوّعی را برای مسیرهای گوناگون روشنایی تعریف نموده و به کنترل روشنایی بپردازند. مزیّت مهمّ دیگری که این کنترل-کننده‌ها دارند وجود رله‌های هوشمند در خروجی این کنترل‌کننده‌ها می‌باشد که این امکان باعث می‌شود برای فرمان دادن به مسیرهای روشنایی، نیازی به استفاده از رله‌های اضافی در این مسیرها نباشد. شکل ۵-۲۲ نمونه‌ای از سیم‌کشی و نحوهٔ استفاده از این رله‌های هوشمند در تابلو برق کنترل‌کنندهٔ DLC را نمایش می‌دهد (Delta Group Company, 2007).

شکل ۵-۲۲: تابلو برق کنترل روشنایی شرکت دلتا کنترلز (Delta Group, 2007)

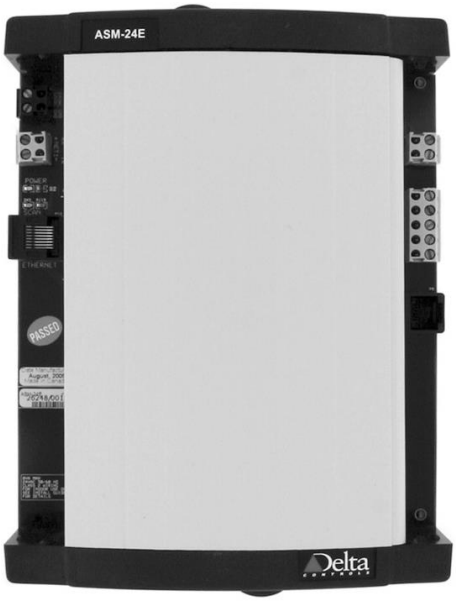
۵-۶-۴- کنترل‌کننده‌های امنیّتی

کنترل‌کننده‌های امنیّتی متعلّق به شرکت دلتا کنترلز نیز از لحاظ فعالیّت مشابه دیگر کنترل-کننده‌های این شرکت می‌باشند. این کنترل‌کننده‌ها که به کنترل‌کننده‌های امنیّت و تردّد یعنی ADM[۲۳] معروفند، می‌توانند دو درب کامل را کنترل نموده و توانایی ارسال فرمان‌ها به درب‌ها به-صورت دیجیتال را دارند.

کنترل‌کننده‌های امنیّتی ورودی‌های دیجیتال نیز می‌پذیرند و در لایهٔ چهارم یعنی سطح پیوند محصولات شرکت دلتا کنترلز قرار می‌گیرند. این کنترل‌کننده‌ها برای فعالیّت خود به یک حافظهٔ اشتراکی توزیع شده (DSM) یا کنترل‌کننده‌های سیستم دلتا (DSC) نیاز دارند تا از طریق اتّصال به آن‌ها بتوانند عملکرد خود را نشان دهند. برای مدیریّت امنیّت و تردّد در ساختمان هوشمند، از کنترل‌کننده‌های مدیریّتی ASM-24E استفاده می‌شود. بستر ارتباطی این کنترل‌کننده مبتنی بر استاندارد و پروتکل BACnet بر روی شبکهٔ اترنت یا شبکهٔ محلی RS-485 می‌باشد. این کنترل-کننده، یک کنترل‌کنندهٔ هوشمند است که برای کاربردهای کنترل دسترسی[۲۴] طرّاحی و ساخته شده است. این کنترل‌کننده، امکان کنترل دسترسی به درب‌ها را از طریق یک شبکه از ماژول‌های درب فعّال نموده که به‌عنوان سیستم ورودی/ خروجی (I/O) خارجی برای انجام وظیفهٔ مدیریّت دسترسی به سیستم عمل می‌نماید.

ASM-24E برای کنترل دسترسی به چندین درب طرّاحی شده است. این ماژول کنترلی، قابلیّت کنترل ۱۲ ماژول ADM دو درب را داشته و می‌تواند تا ۱۰۰۰۰ کاربر مختلف را با کارت‌های ویژه شناسایی کند. با استفاده از یک کنترل‌کنندهٔ ASM می‌توان در یک لایه از سطح پیوند که ۹۹ ماژول قرار می‌گیرد ۲۳۷۶ درب را کنترل نمود. یکی از ویژگی‌های این کنترل‌کننده فراهم نمودن پیکره‌بندی آسان برای نظارت بر عملکرد ماژول‌ها و اعلام سیستم هشدار ساده می‌باشد. برنامه نویسی برای سیستم کنترل دسترسی این کنترل‌کننده به‌صورت شیء‌گرا بوده و بستر نرم‌افزاری این کنترل‌کننده می‌تواند از زبان برنامه‌نویسی +GCL نیز استفاده نماید. شکل ۵-۲۳ سیستم کنترل دسترسی به درب‌ها در سخت‌افزار دلتا کنترلز را نمایش می‌دهد (Delta Group Company, 2015).

[23] Access Door Module
[24] Access Control Applications



شکل ۵-۲۳: سیستم کنترل مدیریّت دسترسی به درب‌ها ASM-24E (Delta Group, 2015)

۵-۶-۵- یکپارچه‌سازی سیستم‌های کنترلی

نرم‌افزار و سخت‌افزار محصولات شرکت دلتا کنترلز می‌توانند به‌صورت کاملاً یکپارچه کنترل سیستم‌های مکانیکی و الکترونیکی ساختمان هوشمند مانند سیستم کنترل روشنایی، سیستم کنترل تهویهٔ هوای مطبوع و سیستم کنترل امنیّت را انجام داده و مدیریّت نمایند. به‌عبارت دیگر، این سه سیستم می‌توانند به صورت کاملاً وابسته به یکدیگر هم فعالیّت نمایند. به‌عنوان مثال، سیستم کنترل روشنایی می‌تواند هنگامی‌که از لحاظ امنیّتی خطا یا هشداری در سیستم اتّفاق می‌افتد، فرمان لازم را از سیستم کنترل امنیّت گرفته و واکنش مناسب را نشان دهد. این قابلیّت برای دیگر زیرشاخه‌ها در مدیریّت ساختمان هوشمند از جمله سیستم اعلام و اطفاء حریق، سیستم کنترل آسانسور و غیره نیز وجود دارد.

در فصل بعد، چگونگی اجرا و پیاده‌سازی سیستم مدیریّت ساختمان هوشمند در منازل مورد تحلیل و بررسی قرار خواهد گرفت.

فصل ششم

پیاده‌سازی و اجرای خانهٔ هوشمند

۶-۱- مقدّمه

با گسترش و تقویت اینترنت پرسرعت، شبکه‌های بی‌سیم و تجهیزات مربوطه در زمینهٔ سیستم-های مدیریّت ساختمان هوشمند، آرزوی علاقه‌مندان به ورود فن‌آوری به خانه‌ها و ساختمان‌ها برای هوشمندسازی فعالیّت‌ها در خانهٔ هوشمند به‌واقعیّت پیوسته است. در یک خانه یا ساختمان هوشمند می‌توان با فشردن یک کلید یا دکمه، کنترل سیستم روشنایی، سیستم گرمایشی و سرمایشی، سیستم حفاظتی و امنیّتی و سیستم صوتی و تصویری منزل را در اختیار گرفت و تنظیمات مربوطه را به‌طور دلخواه و متناسب با استانداردها و دستورالعمل‌های پیاده‌سازی و اجرا، به‌انجام رساند. هدف اصلی از طرّاحی خانهٔ هوشمند، استفاده از فن‌آوری و تجهیزات مدرن در کنترل راحت‌تر سیستم‌های گرمایشی، روشنایی و امنیّتی خانه یا ساختمان و یکپارچه‌سازی کلیّهٔ تجهیزات مورد استفاده در خانهٔ هوشمند می‌باشد. این فصل به نحوهٔ و چگونگی اجرا و پیاده‌سازی سیستم مدیریّت ساختمان هوشمند در منازل می‌پردازد و تجهیزات مورد نیاز را تشریح می‌کند. نحوهٔ توزیع برق در خانهٔ هوشمند، چگونگی توزیع روشنایی در اتاق‌ها، پیاده‌سازی قسمت مرکزی سیستم مدیریّت ساختمان، نحوهٔ جانمایی و سیم‌کشی دوربین‌ها (چشمی‌ها)، پیاده‌سازی سیستم اعلام حریق و جانمایی سنسورهای دود در فضای ساختمان و خانه به‌صورت هوشمند از جمله موارد مهمّی است که در حوزهٔ اجرا و پیاده‌سازی سیستم مدیریّت ساختمان هوشمند در این فصل مورد توجّه قرار گرفته است.

۶-۲- تجهیزات هوشمندسازی ساختمان

سامانهٔ هوشمند در هر سیستم مدیریّت ساختمان، دارای یک شبکهٔ متمرکز و اصلی، یک واحد مرکزی و تعداد مشخّصی ماژول برای کنترل و اعمال فرمان بین اجزاء می باشد. هر یک از این ماژول‌ها مدیریّت بخشی از عملیّات در خانه یا محیط فعالیّت را برعهده دارند که در اصطلاح تخصّصی به یک منطقه یا زون معروف هستند. بنابراین می‌توان گفت در یک سیستم ساختمان هوشمند اجزاء زیر وجود دارند (فولادیان، ۱۳۹۲):

- واحد مرکزی[1]
- ماژول‌های کنترل[2]
- ماژول‌های تصویری[3]

[1] Central Unit
[2] Control Modules
[3] Vision Modules

- کارت‌های کنترل[۴]
- سنسورها و تجهیزات تکمیلی[۵]
- سیم‌های ارتباطی و کابل‌های شبکه[۶]
- ماژول‌ها و تجهیزات بی‌سیم[۷]
- لوازم جانبی[۸]

برای هوشمند کردن ساختمان نیاز به یک پردازشگر[۹] می‌باشد که مبتنی بر الگوریتم‌ها و تکنیک‌های هوش مصنوعی عمل می‌نماید. پردازشگر، کلیّهٔ اطّلاعات مورد نیاز را از طریق سنسورهایی که در محیط خانه توزیع شده است را دریافت و پردازش‌هایی را براساس نرم‌افزاری که منطق ارتباط بین اطّلاعات را تعیین می‌کند به‌انجام می‌رساند. این پردازشگر به همراه منبع تغذیه، فیوزهای مینیاتوری، ترمینال اتّصال برق، رله، سیستم کنترل تلفن و سایر قطعات الکترونیکی مورد نیاز، در یک تابلو به صورت مجتمع طرّاحی و نصب می‌شوند. ابعاد این تابلو متناسب با تعداد تجهیزات و قطعات استفاده شده در آن بوده و به صورت توکار استفاده می‌شود. سنسورهای اعلام حریق، اعلام نشت گاز، روشنایی خودکار، اعلام سرقت و تجهیزات تحت کنترل مانند قفل برقی، شیر برقی گاز و آب، کولرها، روشنایی‌ها و سایر مصرف‌کننده‌ها، همگی به صورت کابلی به این تابلو متّصل می شوند و در صورت نیاز مشتری، می‌توانند به صورت بی‌سیم هم عمل نمایند.

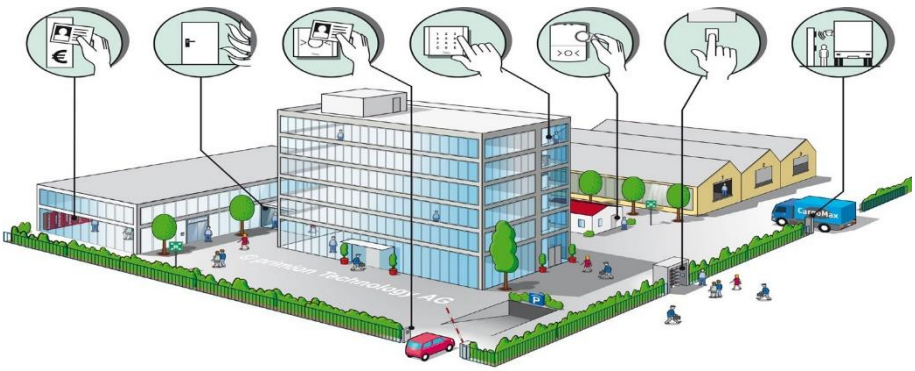
۶-۳- پیاده‌سازی هوشمندسازی در خانه‌ها

سیستم مدیریّت ساختمان هوشمند که گاهی از آن به‌غلط باعنوان سیستم اتوماسیون ساختمان یاد می‌شود، سامانه‌ای مبتنی بر رایانه است که برای پایش و هدایت تجهیزات مکانیکی و الکتریکی داخل ساختمان مانند سیستم تهویهٔ مطبوع، سیستم روشنایی، سیستم قدرت و موتورخانه، سیستم اعلام و اطفاء حریق، سیستم حفاظت و ایمنی و سیستم کنترل تردّد و دوربین‌ها در داخل ساختمان یا خانه پیاده‌سازی می‌شود. به‌طور کلّی، هدف از پیاده‌سازی سیستم‌های مدیریّت ساختمان هوشمند در یک خانه یا ساختمان، تطبیق شرایط کارکرد اجزای گوناگون باتوجّه به شرایط محیطی، یکپارچه‌سازی تجهیزات و نیاز مشتری در ساختمان می‌باشد. این نوع از سیستم‌ها می‌توانند باتوجّه

[4] Control Cards
[5] Sensors & Auxiliary Equipments
[6] Wires and Network Cables
[7] Wireless Equipments & Modules
[8] Accessories
[9] Processor

به کاربری‌ای که خانه یا ساختمان اعم از مسکونی، اداری، تجاری و غیره دارد، در آن‌ها پیاده-سازی و اجرا شوند. سیستم مدیریّت ساختمان هوشمند بر کلیّهٔ فعّالیّت‌ها اعم از باز و بسته‌شدن درب‌ها، ورود و خروج افراد، سیستم‌های روشنایی، سیستم‌های تهویهٔ مطبوع، پنجره و پردهٔ اتاق‌ها، تجهیزات دیداری- شنیداری و سایر عملکردها، کنترل، نظارت و مدیریّت دارد (دانشگاه بریتیش کلمبیا، ۲۰۱۷ میلادی).

سیستم مدیریّت ساختمان هوشمند شامل دو بخش نرم‌افزاری و سخت‌افزاری است. سخت‌افزارها معمولاً به‌صورت اختصاصی و به‌وسیلهٔ پردازشگرهایی از نوع میکروکنترلرها پیاده‌سازی می‌شوند و نرم‌افزارها نیز ممکن است به صورت اختصاصی برای هر یک از سیستم‌های مدیریّت ساختمان هوشمند و بنا به نوع کاربری سیستم، طرّاحی شوند. در برخی از این سیستم‌ها، از نرم‌افزارهای کنترل و مانیتورینگ برای کنترل و نظارت بر عملکرد بخش‌های گوناگون در محیط عملیّات استفاده می‌شود. ارتباط میان سخت‌افزار و نرم‌افزار غالباً توسّط یکی از پروتکل‌های Device Net، SOAP، XML، BACnet، LonWorks، MODBUS، USP، LAN و RS232 اجرا و پیاده‌سازی می‌شود. اجزای اصلی این سیستم شامل کنترل‌کنندهٔ مرکزی، کنترل‌کنندهٔ محلّی، کنترل‌کنندهٔ اینترنتی، حسگرها و عملگرها می‌باشند. با به‌کارگیری انواع سنسورها و حسگرها در درون و بیرون ساختمان و با پیاده‌سازی یک سیستم یکپارچه، می‌توان به صورت لحظه‌ای هدایت تمام شرایط رفاهی و امنیّتی در خانهٔ هوشمند را در اختیار گرفت و از آن‌ها در دستیابی به شرایط ایده‌آل بهره بُرد. برای این منظور، نیاز به تجهیزات سخت‌افزاری و نرم‌افزاری خاصی است که با گردآوری اطّلاعات محیطی و انتقال داده‌ها به سیستم مرکزی، می‌توان روند مدیریّت ساختمان به-صورت هوشمند را بهینه کرد. شکل ۶-۱ اجزاء مدیریّت ساختمان به‌صورت هوشمند را نشان می-دهد (سایت پاورجام، کد پروژه ۸۴).



شکل ۶-۱: اجزاء قابل مدیریّت در ساختمان هوشمند (فولادیان، ۱۳۹۲)

۶-۴- نحوهٔ توزیع برق در یک خانهٔ هوشمند

تمام مسائل مربوط به تأمین برق ساختمان شامل تأمین برق پریزها، روشنایی‌ها و سایر مصرف‌کننده‌ها همگی به صورت باسیم یا بی‌سیم به تابلوی مرکزی مدیریّت‌کننده سیستم مدیریّت ساختمان هوشمند متّصل می‌شوند. در حالت کلّی نحوهٔ توزیع برق در پریزهای هر واحد منطبق بر استانداردهای برق معمولی ساختمان می‌باشد و فقط به این نکته باید توجّه کرد که برق تمام پریزها باید مستقل از روشنائی‌ها باشد. در چنین وضعیّتی، اگر لازم باشد یک مصرف‌کنندهٔ بخصوص که برق آن توسّط پریز برق تأمین می‌شود توسّط دستگاه کنترل سیستم مدیریّت ساختمان هوشمند خاموش یا روشن شود، باید برق این پریز به‌صورت مستقل و بدون ارتباط با سایر پریزها به دستگاه کنترل متّصل شود. اگر توان مصرف این وسیله برحسب وات، زیادتر از حد متعارف لوازم معمولی و یا حد تغییر آن به دلیل ثابت نبودن وسیله‌ای که به آن متّصل می‌شود خیلی متفاوت باشد، باید جهت جلوگیری از آسیب دیدن تابلو، یک کنتاکتور بر سر راه آن قرار گیرد.

از طرفی برای بحث درباره توزیع برق بین روشنایی‌ها باید گفت همه چراغ‌های یک خانهٔهوشمند به صورت خودکار و بدون نیاز به زدن کلید به محض ورود فرد روشن و پس از خروج آن فرد مجدّداً به صورت خودکار خاموش می‌شوند. در چنین شرایطی لازم است برق فضاها به‌صورت مستقل و تفکیک‌شده توزیع شود. به‌طور مثال وقتی نیاز هست چراغ‌های یک اتاق به صورت مستقل از سایر اتاق‌ها با ورود شخص روشن شود، باید برق روشنایی این اتاق از تابلوی BMS جداگانه‌ای کشیده شود. این مسئله باید برای هر یک از فضاها مانند سایر اتاق‌ها، سرویس بهداشتی، آشپزخانه، راهرو، سالن و غیره رعایت گردد (گروه فنی مهندسی ام. اند. اچ).

۶-۴-۱- توزیع برق روشنایی‌ها در هر فضا

پس از ارائه توضیحات بالا، این سوال مطرح می‌شود که با این نحوهٔ توزیع کلّی برق، چطور روشنایی‌های یک اتاق توسّط دستگاه BMS کنترل می‌شوند در حالی‌که ممکن است در اتاق مورد نظر، بیش از یک سیستم روشنایی داشته باشیم، البته وقتی در اتاق کلید تعبیه میشود و کلید قطع است هیچ چراغی توسّط دستگاه نمی‌تواند روشن شود؟!

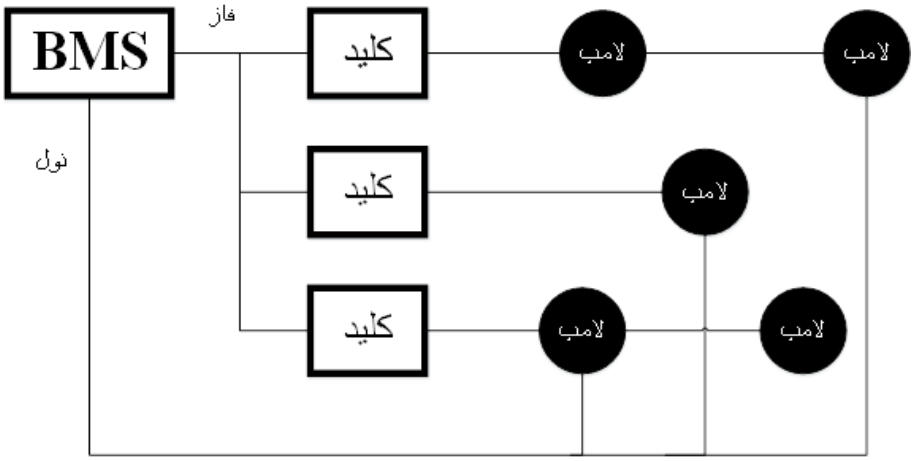
باید به این نکته توجّه نمود که برق به جای فیوز مینیاتوری از دستگاه BMS به کلید اتاق و از آنجا به چراغ‌ها می‌رود و فاز ورودی همه کلیدهایی که ممکن است در یک اتاق وجود داشته باشند با هم یکی بوده و با قطع این فاز همه چراغ‌ها خاموش می‌شوند. این‌که چرا این نوع

توزیع برق در خانهٔ هوشمند اجرا می‌شود به این دلیل است که نگرانی خریدار و مشتری را در صورت بروز آسیب به سیستم مرکزی کنترل BMS از بین ببریم. برای توضیح بیشتر این موضوع، فرض کنید در یک اتاق تمام چراغ‌ها به صورت خودکار روشن شوند و کلیدهای برق نیز حذف شده باشند. در این صورت آیا اتفاق بدی در مدیریّت سیستم روشنایی اتاق خواهد افتاد؟ طبیعتاً خیر! زیرا چراغ‌ها توسّط دستگاه BMS روشن و خاموش می‌شوند و نیازی به کلید وجود ندارد. حال فرض کنید دستگاه کنترلی BMS دچار مشکل شود، در این صورت چه باید کرد؟ نگرانی خریدار در این شرایط و با توجّه به نوپا بودن این صنعت کاملاً منطقی است. لذا این نوع توزیع برق، امکان پیاده‌سازی و اجرای تکنولوژی BMS در ساختمان و خانه به طور هوشمند را فراهم می‌نماید. با رعایت ضوابط و شرایط پیاده‌سازی سیستم هوشمند مدیریت ساختمان، اگر دستگاه BMS دچار مشکل شود به‌راحتی می‌توان با زدن چند کلید مسیر برق را یکسره نمود و از کلیدهای سنّتی جهت استفاده از روشنائی‌ها بهره گرفت تا تعمیرات مورد نیاز انجام شود. در فرآیند توزیع برق برای ایجاد روشنایی در سیستم مدیریّت ساختمان هوشمند، پریزها و کلیدها از چند فیوز مینیاتوری تغذیه کرده و برق روشنایی مناطق مختلف نیز از یکدیگر تفکیک خواهند شد که سطح کیفی کار را افزایش می‌دهد.

وجود کلیدهای روشنایی در سیستم BMS قابلیت انتخاب میزان روشنایی متناسب با شرایط شبانه‌روز را در اختیار کاربر قرار می‌دهد. به‌عنوان مثال فرض کنید اگر در یکی از اتاق‌های خانه به اندازهٔ چهار کلید روشنایی تعبیه شده باشد، آیا در همه زمان‌ها به همه آنها نیاز است؟ ممکن است در ساعاتی از شبانه‌روز فقط یکی از این چراغ‌ها برای روشنایی آن اتاق کافی باشد، بنابراین می‌توان بقیّهٔ کلیدها را خاموش نمود. در این شرایط با هر بار ورود و خروج به این اتاق فقط به اندازه‌ای که نیاز هست برق مصرف می‌شود. از سویی در هنگام استراحت شبانه که نیاز به نور وجود ندارد، می‌توان بدون تغییر در تنظیمات سیستم با خاموش نمودن کلیدها از روشن-شدن چراغ‌ها جلوگیری نمود.

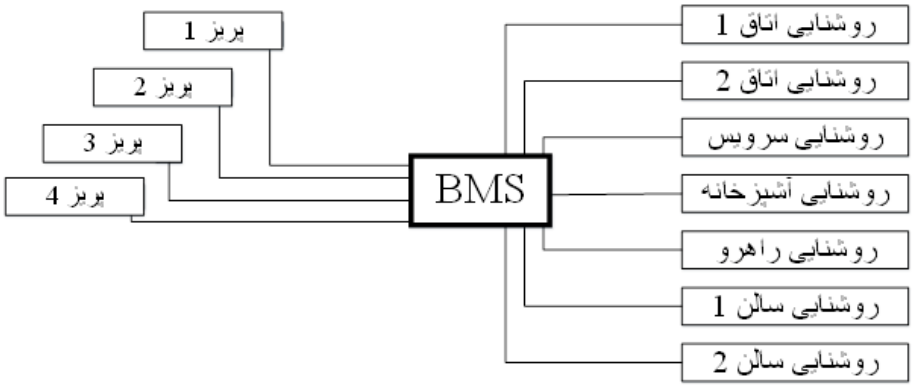
این نوع سیستم توزیع برق در خانه می‌تواند برای افراد مسن یا کودکان ساده و قابل درک بوده و از پیچیده جلوه‌کردن آن جلوگیری نماید. نباید فراموش کرد که مهم‌ترین قابلیّت روشنایی خودکار این است که شعار لامپ اضافی خاموش توسّط تکنولوژی هوشمند در مدیریّت روشنایی در ساختمان عملی شود و هرگز در فضایی که شخصی حضور ندارد چراغی روشن نماند. نحوهٔ توزیع برق در سیستم مدیریّت ساختمان در شکل ۶-۲ نشان داده شده است.

فرض کنید لامپ نمایش داده شده مربوط به اتاق خواب بوده و تعداد لامپ‌ها ۵ عدد و کلیدها ۳ پُل باشند. با توجه به شکل مشخّص است که از تابلوی BMS به این اتاق فقط یک فاز و نول خواهد آمد (گروه فنّی مهندسی ام. اند. اچ).



شکل ۶-۲: نحوهٔ توزیع برق در سیستم مدیریّت ساختمان تابلوی BMS (گروه ام. اند. اچ)

بلوک دیاگرام توزیع برق روشنایی برای یک خانه در سیستم مدیریّت ساختمان یا خانهٔ هوشمند در حالت کلّی به‌شکل ۶-۴ خواهد بود:



شکل ۶-۳: بلوک دیاگرام توزیع برق روشنایی برای یک خانهٔ هوشمند (گروه ام. اند. اچ)

با توجّه به شکل ۶-۲ و ۶-۳ و نحوهٔ توزیع برق مشخص است که هیچ محدودیتّی در تعداد فضاها، مصرف‌کننده‌ها و تعداد طبقات یک ساختمان یا خانه در سیستم مدیریّت ساختمان هوشمند وجود ندارد. به‌طوری‌که می‌توان بر اساس نیاز مشتری و یا نوع کاربری ساختمان اعم از

تجاری، مسکونی، اداری و یا هر نوع کاربری دیگر، متناسب با درخواست کارفرما، تابلوی سیستم BMS مورد نظر را به‌طور هوشمند طرّاحی نمود. در سیستم مدیریّت ساختمان هوشمند امکان شبکه‌کردن تابلوها و مانیتورها در ساختمان‌های بزرگ اداری و تجاری و کنترل همهٔ طبقات از اتاق کنترل وجود دارد.

۶-۵- پیاده‌سازی قسمت مرکزی سیستم BMS

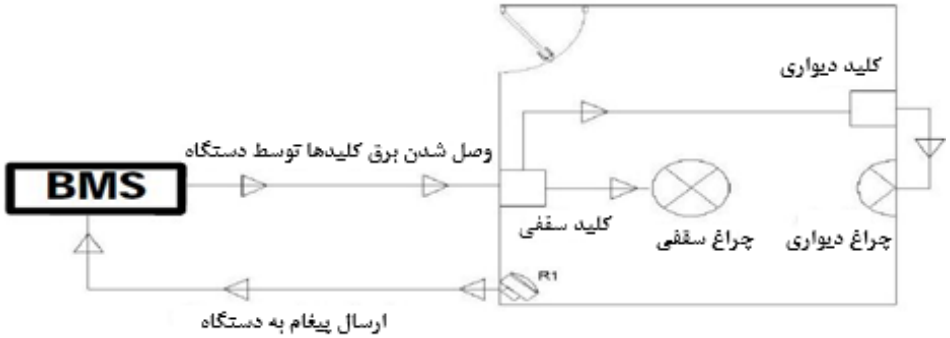
۶-۵-۱- محل نصب تابلو

تابلوی BMS از نظر ماهیّت توزیع شبکهٔبرق، نقش تابلوی برق واحد مسکونی را دارد و می‌تواند به جای جعبه فیوز مینیاتوری هر واحد نصب گردد. بنابراین فیوزهای لازم در همین تابلو تعبیه شده‌اند به‌طوری‌که این فیوزها با تعبیهٔتابلو حذف نمی‌شوند. از نصب تابلو در محلّی که در معرض آب و رطوبت هست حتماً خودداری شود. محلّ نصب تابلو به جهت مسائل ایمنی باید به‌راحتی در دسترس ساکنین باشد. چنانچه محلّ نصب تابلو به‌ناچار پشت یکی از درب‌ها قرار گیرد مطمئن باشید در صورت باز شدن درب، آسیبی به تابلو نخواهد رسید. بنابراین از نصب تابلو در داخل کمد و یا محل‌های دارای دسترسی دشوار خودداری شود (گروه فنی مهندسی ام. اند. اچ).

۶-۵-۱-۱- فعّال‌سازی سیستم روشنایی

چراغ‌ها در همهٔفضاهای یک خانهٔ هوشمند به‌صورت خودکار و بدون نیاز به زدن کلید با حضور فرد روشن و پس از خروج او مجدّداً خاموش می‌شوند. نحوهٔ انجام این عمل به‌این صورت است که سنسورهای حرکتی یا چشمی‌ها در هر فضا، حضور فرد را بررسی کرده و اگر شخص وارد آن فضا شود چشمی مورد نظر او را دیده و دستگاه BMS را از ورود فرد مطّلع می‌کند. دستگاه BMS بر اساس تنظیماتی که از قبل بر روی آن انجام شده است می‌داند که باید برق روشنایی کدام فضا را وصل کند و بنابراین بلافاصله برق محلّ مورد نظر وصل و هر چراغی که کلید آن در وضعیّت روشن قرار داشته باشد، روشن می‌شود. توجه کنید اگر کلید مربوط به چراغی در وضعیّت خاموش قرار داشته باشد آن چراغ روشن نخواهد شد، مانند زمانی‌که در اتاق خواب در حال استراحت هستید و کلید را خاموش نموده‌اید، در این حالت اگر شخصی وارد اتاق شود چراغ روشن نخواهد شد تا مزاحمتی برای فرد ایجاد نشود. به‌عنوان مثال، در شکل ۶-۴ چنانچه کلید سقفی در وضعیّت خاموش و کلید چراغ دیواری در وضعیّت

روشن باشد آن‌گاه با ورود فرد به داخل اتاق، فقط چراغ دیواری روشن خواهد شد (گروه فنّی مهندسی ام. اند. اچ).



شکل ۶-۴: نحوه عملکرد تابلوی BMS

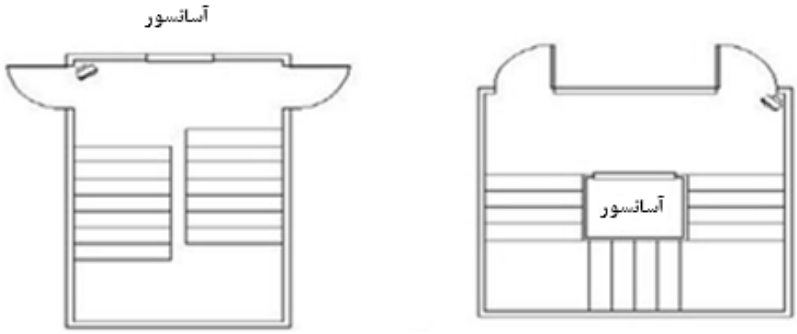
۶-۵-۱-۲- نحوهٔ جانمایی چشمی‌ها

برای فعّال‌سازی سیستم روشنایی در مدیریّت ساختمان هوشمند، هر فضای مستقل باید یک چشمی جهت پوشش این فضا داشته باشد. بنابراین در یک نگاه کلّی اگر یک خانه یا ساختمان دارای مثلاً ۲ اتاق خواب، ۱ توالت، ۲ راهرو، ۱ آشپزخانه و ۱ سالن باشد، در این خانه به ۷ عدد چشمی جهت پوشش این فضاها نیاز خواهد بود. نکاتی که در جانمایی چشمی‌ها و محلّ نصب آن‌ها باید مدنظر قرار گیرد به‌شرح ذیل می‌باشند (گروه فنّی مهندسی ام. اند. اچ و سایت پاورجام، کد پروژه ۸۳):

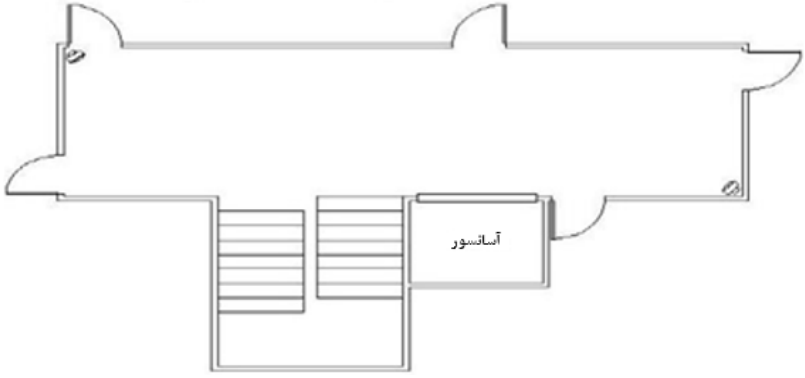
۱) زاویهٔ دید چشمی‌ها ۹۰ درجهٔ است، یعنی هر چشمی علاوه بر مسیر مستقیم، ۴۵ درجه به سمت راست و ۴۵ درجه به سمت چپ را تحت پوشش قرار می‌دهد. نحوهٔ صحیح و غلط جانمایی چشمی در یک اتاق در شکل ۶-۵ نمایش داده شده است.

شکل ۶-۵: نحوهٔ جانمایی صحیح چشمی‌ها در یک اتاق (گروه ام. اند. اچ)

۲) چشمی‌ها معمولاً فضای زیرین خود را می‌بینند. بنابراین نصب چشمی در کنجی از فضا که بالای درب ورودی باشد اشکالی ندارد و گاهی جهت انجام راحت‌تر لوله‌گذاری از طریق سقف‌های کاذب بین فضاها، می‌تواند بهترین محلّ نصب چشمی نیز قلمداد شود. در شکل‌های ۶-۶ و ۶-۷، چند نمونه جانمایی چشمی در راه‌پلّه‌ها و محلّ درب آسانسور نشان داده شده‌اند.



شکل ۶-۶: جانمایی چند نمونه چشمی در نزدیکی راه‌پلّه و آسانسور (گروه ام. اند. اچ)

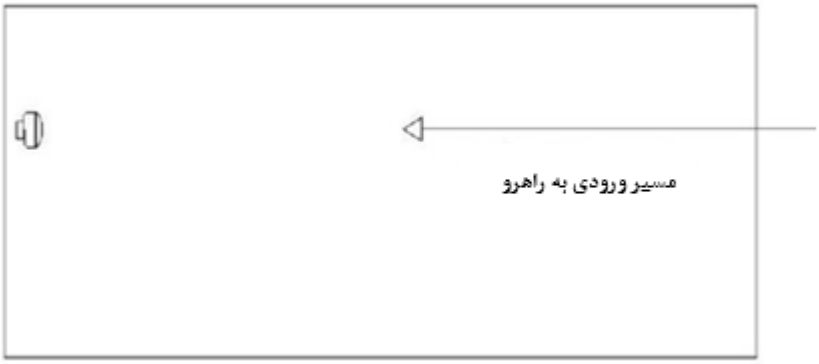


شکل ۶-۷: مثالی دیگر از جانمایی چشمی در ساختمان (گروه ام. اند. اچ)

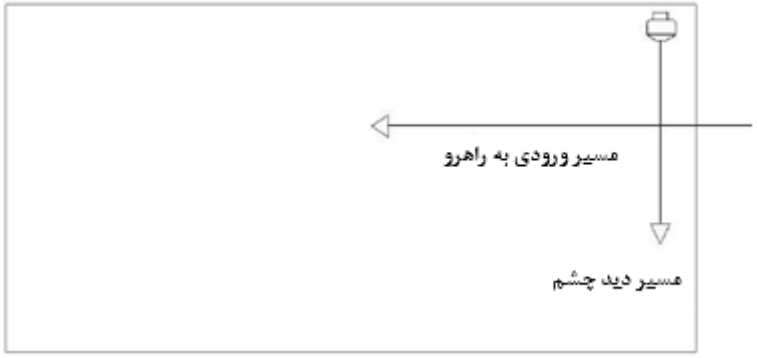
۳) به‌طور معمول حساسیت چشمی‌ها در بازار با یک رنج مشخص و محدود وجود دارد. نکتهٔ مهم در استفاده از این سنسورها به‌عنوان روشنایی خودکار، اطمینان از تحت پوشش قرارگرفتن محدودهٔ مورد نظر توسّط چشمی است. معمولاً عمق دید یک چشمی که به آن رادار نیز در اصطلاح تخصصی مدیریّت ساختمان هوشمند اطلاق می‌گردد، جهت پوشش یک فضا مانند یک اتاق، ۱۲ متر است.

۴) نکتهٔ مهمّ دیگر در جانمایی چشمی‌ها توجّه به جهت رفت و آمد در مقابل یک چشمی است. کم‌ترین حساسیّت یک چشمی زمانی است که فرد به سمت آن در حال حرکت است. به‌عنوان نمونه اگر در یک اتاق بزرگ، چشمی در مقابل درب اتاق و در مسیر ورود نصب شود با مقداری حرکت، فرد را می‌بیند.

حالت معکوس این مثال زمانی است که فرد در جهت عمود بر زاویهٔ دید چشمی حرکت می‌کند. در این وضعیّت، حساسیّت چشمی به حداکثر می‌رسد و این مسئله باعث می‌شود به‌محض ورود فرد به اتاق، چشمی او را تشخیص دهد. شکل‌های ۶-۸ و ۶-۹ این موضوعات را نشان می‌دهند. به نحوه جانمایی چشمی در شکل‌های فوق در حالت حساسیّت پایین و حساسیّت بالا دقت نمایید.

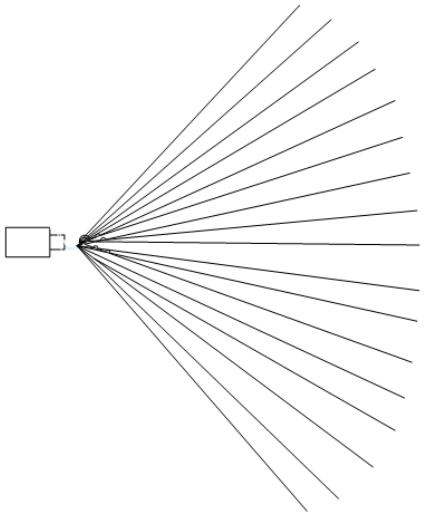


شکل ۶-۸: جانمایی چشمی در حالت کم‌ترین حساسیّت به عبور یک فرد (گروه ام. اند. اچ)



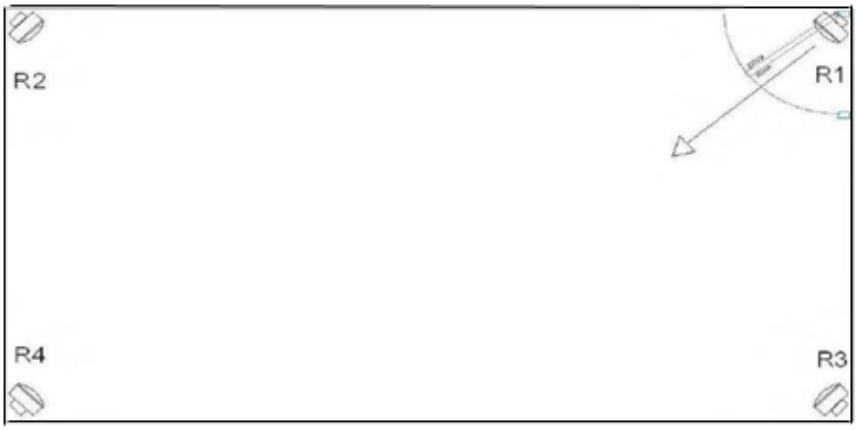
شکل ۶-۹: جانمایی چشمی در حالت بیش‌ترین حساسیّت به عبور یک فرد (گروه ام. اند. اچ)

معمولاً پرتوهای چشمی به صورت شعاعی از آن دور می‌شوند. هرگاه حرکت فرد در مسیری عمود بر این پرتوها صورت پذیرد، چشمی با حساسیّت حداکثری عمل می‌نماید. بنابراین، می‌توان بهترین جانمایی چشمی و سنسور را در هر فضایی در ساختمان یا خانهٔ هوشمند در نظر گرفت. شکل ۶-۱۰ این پرتوها را نشان می‌دهد.



شکل ۶-۱۰: جانمایی چشمی در حالت بیش‌ترین حساسیّت به عبور یک فرد (گروه ام. اند. اچ)

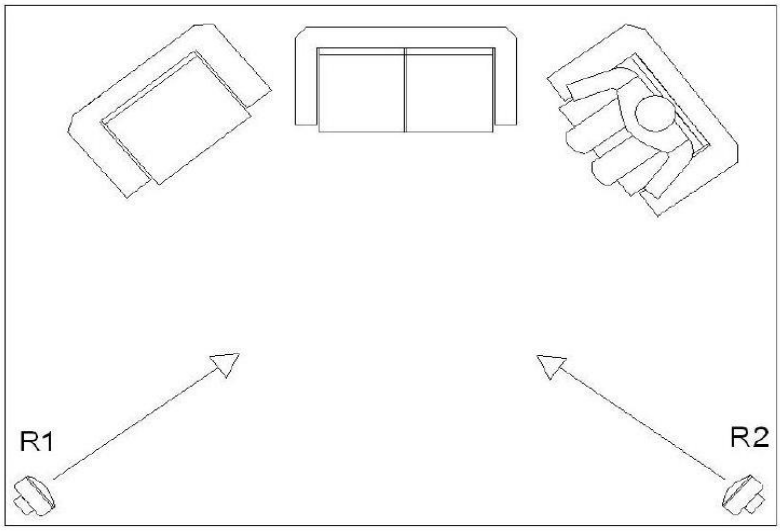
شکل ۶-۱۱ اولویّت جانمایی چشمی در یک اتاق بزرگ به‌شکل مستطیل را به‌ترتیب با شماره‌های ۱ تا ۴ نشان داده است. با نگاه سطحی به شکل فوق می‌توان فهمید که محل نصب چشمی در مکان شماره ۴، باعث ایجاد کم‌ترین حساسیّت در هنگام ورود فرد به اتاق خواهد شد.



شکل ۶-۱۱: شماتیکی از اولویّت‌های جانمایی چشمی در یک اتاق بزرگ (گروه ام. اند. اچ)

۶-۵-۱-۳- پوشش بهتر فضا با دو چشمی

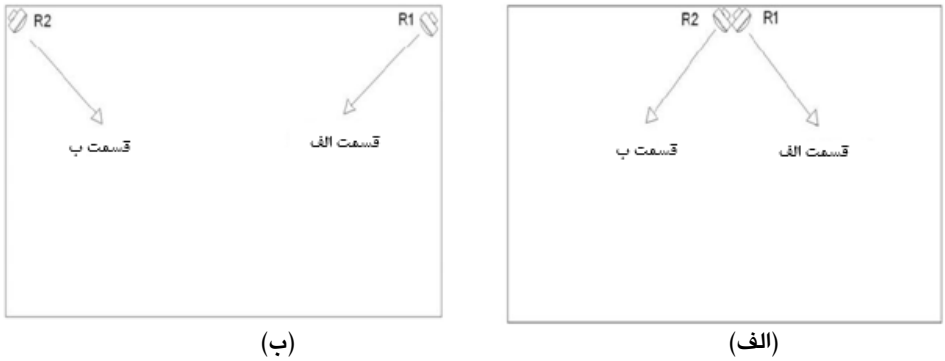
هنگامی‌که زاویهٔ شعاعی یک چشمی قادر به همپوشانی کامل محیط تحت پوشش نباشد و از طرفی مساحت فضای مورد نظر زیاد بوده و مقدار حرکت افراد در آن فضا نیز کم باشد، در این صورت برای پوشش آن محیط از بیش از یک چشمی استفاده می‌شود. ذکر این نکته ضروری است که یک چشمی زمانی فعّال عمل می‌نماید که حرکت یک موجود یا شیء را ببیند و اگر فردی در یک گوشه از فضا بدون حرکت باشد توسّط چشمی دیده نمی‌شود. این موضوع معمولاً بیش‌تر در قسمت پذیرایی خانه که متراژ بالاتری دارد و محل پذیرایی مورد توجّه قرار می‌گیرد. برای توضیح دقیق‌تر این موضوع فرض کنید در قسمت پذیرایی یک خانه همانند شکل ۶-۱۲، فردی بر روی مبل تکیه داده است (گروه فنّی مهندسی ام. اند. اچ و سایت پاورجام، کد پروژه ۸۳).



شکل ۶-۱۲: استفاده از دوچشمی در یک اتاق بزرگ برای کنترل فرد (گروه ام. اند. اچ)

اینکه این فرد در چه قسمتی از آن مکان نشسته است باعث می‌شود جانمایی چشمی برای تحت پوشش قراردادن حرکات او به‌طور کامل یا ناقص عمل نماید. به‌طور مثال همان‌طور که در شکل ۶-۱۲ نشان داده شده است، بیشترین حرکت‌های شخصی که روی مبل نشسته است در جهت دید چشمی شماره ۱ قرار دارد. براساس آن‌چه در بخش قبلی بیان گردید می‌توان گفت چشمی شماره ۱، کمترین میزان حساسیّت را در این راستا دارد و بنابراین ممکن است در برابر خم شدن یا حرکت‌های مختصر فرد به‌ویژه در این اتاق پذیرایی بزرگ، چیزی را متوجه نشود و

اصطلاحاً تحریک نشود. اگر این اتفاق رخ دهد، با اتمام زمان روشنایی خودکار، چراغ‌ها در قسمت پذیرایی خاموش می‌شوند. پس لازم است حرکات این فرد توسّط چشمی دیگری هم تحت کنترل قرار گیرد. اکنون حرکت این فرد را نسبت به چشمی شماره ۲ در شکل ۶-۱۲ در نظر بگیرید. همان‌طور که در شکل نشان داده شده است جهت حرکت‌های فرد، درست عمود بر پرتوهای شعاعی دید چشمی شماره ۲ قرار دارد و این باعث می‌شود چشمی مورد نظر با حساسیّت بیشتری نسبت به چشمی شماره ۱، حرکات فرد را مورد بررسی قرار دهد و اصطلاحاً او را ببیند. بنابراین می‌توان گفت برای پوشش کامل چنین فضایی استفاده از حداقل ۲ چشمی می‌تواند راه-گشا باشد. جهت دید چشمی‌ها باید حتماً عمود بر یکدیگر باشد تا بتوانند با توجّه به حساسیّت دید متفاوت آن‌ها نسبت به یکدیگر، عیوب و نقاط ضعف هم‌دیگر را بپوشانند. در جانمایی چشمی‌ها باید بهترین محل را تعیین نمود. فرض کنید فضای یک سالن مستطیل شکل به دو منطقه تقسیم شده و کنترل روشنایی خودکار در آن سالن با استفاده از عملکرد چشمی‌ها صورت پذیرد. شکل ۶-۱۳ این موضوع را نمایش می‌دهد.

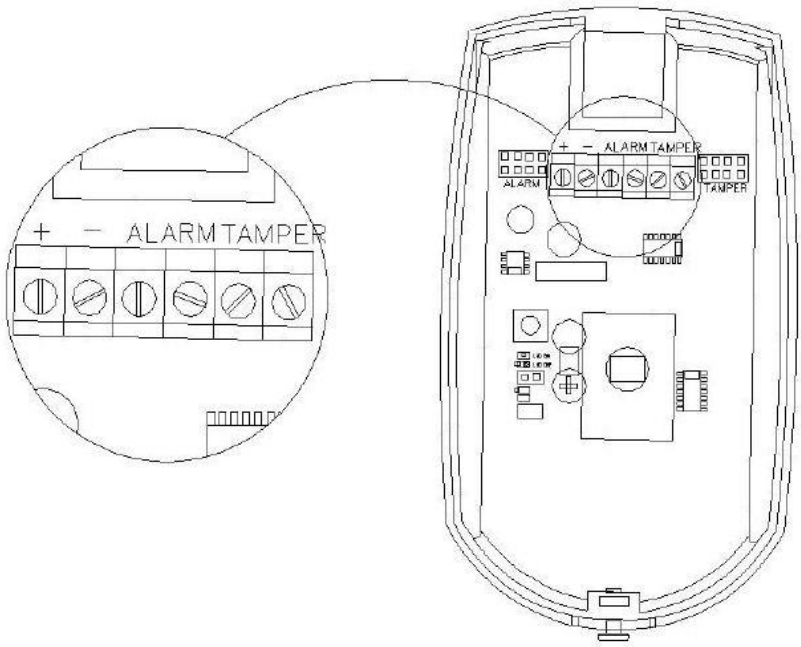


شکل ۶-۱۳: جانمایی بهینه دوچشمی برای کنترل روشنایی خودکار (گروه ام. اند. اچ)

اگر جانمایی چشمی‌ها مانند شکل ۶-۱۳ قسمت (الف) باشد، چشمی شماره ۱ فقط محدودهٔ قسمت الف و چشمی شماره ۲ فقط محدودهٔ قسمت ب را تحت پوشش و کنترل خود خواهد داشت. از طرفی، اگر جانمایی چشمی‌ها مانند شکل ۶-۱۳ قسمت (ب) باشد تمام فضای داخل اتاق بزرگ تحت پوشش قرار دارد اما هر چشمی علاوه بر منطقهٔ خود منطقهٔ دیگری را نیز می‌بیند. از آن‌جایی‌که هر چشمی باید فقط فضای تعیین شده را ببیند لذا نحوهٔ جانمایی دوچشمی در شکل ۶-۱۳ قسمت الف، بیش‌تر مورد نظر خواهد بود.

۶-۵-۱-۴- نحوهٔ سیم‌کشی چشمی

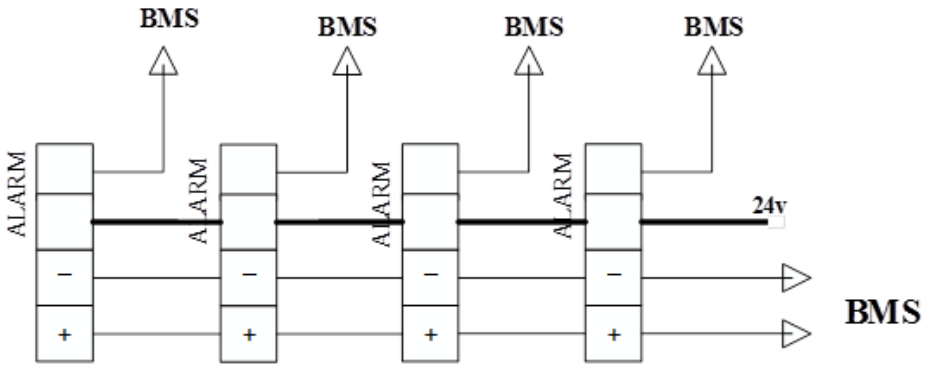
در پیاده‌سازی و اجرای خانهٔ هوشمند، لازم است پس از جانمایی و نصب چشمی‌ها، لوله‌گذاری و سیم‌کشی آن‌ها را انجام داد. شکل ۶-۱۴ نمایی از بُرد الکترونیک یک نمونه چشمی به‌همراه نوع ترمینال‌ها و نحوهٔ سیم‌بندی را نشان می‌دهد (گروه فنّی مهندسی ام. اند. اچ).



شکل ۶-۱۴: نمایی از بُرد الکترونیک یک نمونه چشمی (گروه ام. اند. اچ)

همان‌طور که در شکل ۶-۱۴ مشخّص است ترمینال‌های روی بُرد، ۶ عدد هستند که مورد استفاده قرار گرفته‌اند. دو ترمینال که با علامت‌های + و - نمایش داده شده‌اند جهت تغذیهٔ چشمی و دو ترمینال بعدی که کلمه ALARM روی آنها درج شده است به‌صورت یک کنتاکت مورد استفاده قرار می‌گیرند. دو ترمینال سمت راست که کلمهٔ TAMPER روی آن درج شده است برای کنترل دمای چشمی مورد استفاده قرار می‌گیرند. کابلی که به‌منظور سیم‌کشی این چشمی‌ها استفاده می‌شود، نوعی کابل مخابراتی حفاظدار است که اصطلاحاً به آن کابل زوجی یا زوج سیم‌های به هم تابیده[10] گویند. تعداد رشته این نوع کابل به تعداد چشمی که توسّط آن به دستگاه BMS متّصل می‌شود بستگی دارد. شکل ۶-۱۵ نحوه سیم‌کشی و اتّصال بُردهای چشمی به دستگاه BMS را نمایش می‌دهد (گروه فنّی مهندسی ام. اند. اچ).

[10] Twisted Pair Cable

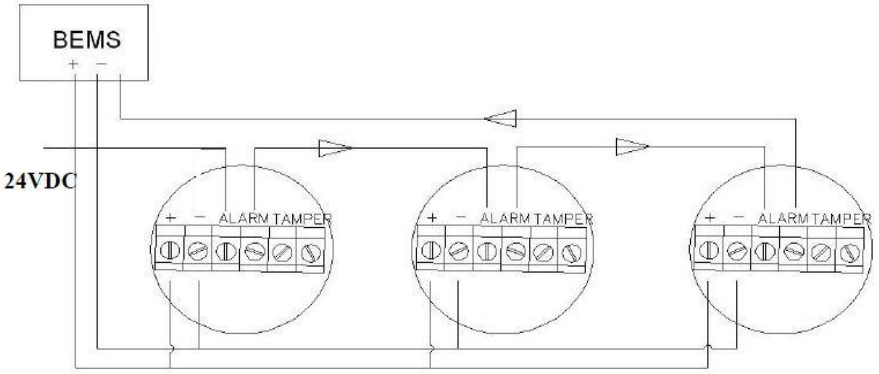


شکل ۶-۱۵: نحوهٔ سیم‌کشی و اتّصال چشمی‌ها به دستگاه BMS (گروه ام. اند. اچ)

شکل ۶-۱۵ نشان می‌دهد که اگر تعداد ۴ عدد چشمی طوری لوله‌گذاری شده باشند که با یک کابل بتوان آن‌ها را به دستگاه BMS رسانید، می‌توان دو رشته با رنگ‌های مختلف را جهت تغذیه در این حالت در نظر گرفت و مثلاً ترمینال + همه چشمی‌ها را به سیم قرمز و ترمینال - آن‌ها را به سیم آبی و ترمینال دیگر را به ۲۴ ولت مستقیم در تابلو دستگاه BMS متصل نمود.

آن‌چه در شکل بالا مشاهده می‌شود این است که سه رشتهٔ فوق برای تغذیه هر چهار چشمی کافی است. در ادامه می‌توان ترمینال ALARM چشمی‌ها را با یک رشتهٔ مستقل به دستگاه BMS رسانید. لذا برطبق شکل ۶-۱۱، برای این چهار چشمی به‌تعداد ۷ رشته سیم نیاز است که ۳ رشته آن برای تغذیه +، - و ۲۴ ولت مستقیم و چهار رشتهٔ دیگر برای ارتباط هرکدام از چشمی‌ها با دستگاه BMS می‌باشند. ذکر این نکته ضروری است که در تابلوی BMS فوق، با این روش به ازای هر چشمی باید یک رشته وجود داشته باشد. بنابراین برای شکل ۶-۱۵ یک کابل دارای ۴ زوج مناسب است. البته از نظر عملی، حدّاقل یک سیم اضافی برای تابلو و دستگاه BMS در نظر می‌گیرند تا در شرایط خاص بدون نیاز به تغییر پیکرهٔ سیم‌بندی از آن استفاده نمایند.

توضیحات مربوط به سیم‌کشی در شکل ۶-۱۵ مربوط به زمانی است که هر چشمی فقط مأمور کنترل و پوشش یک منطقه باشد و اگر برای یکی از مناطق بیش از یک چشمی نیاز باشد نوع سیم‌کشی چشمی‌ها در دستگاه کنترل و تابلو برق متفاوت خواهد بود. در این شرایط تغذیهٔ چشمی‌ها همانند قبل انجام می‌شود اما نوع سیم‌کشی ترمینال‌های ALARM متفاوت خواهد بود. شکل ۶-۱۶ سیم‌کشی متفاوت ترمینال‌های آلارم چشمی‌ها را برای اتّصال به دستگاه BMS نشان می‌دهد.



شکل ۶-۱۶: نحوهٔ سیم‌کشی چشمی‌ها و اتّصال آن‌ها برای کنترل چند منطقه (گروه ام. اند. اچ)

همان‌طور که در شکل ۶-۱۶ نشان داده شده است نحوهٔ اتّصال و سیم‌کشی ترمینال +، − و تغذیهٔ ۲۴ ولت مستقیم همانند شکل ۶-۱۵ است اما خروجی ترمینال ALARM به جای اینکه مستقیماً به دستگاه BMS برود، ابتدا به اوّلین خانهٔ ترمینال ALARM چشمی دوم می‌رود و خانهٔ دوم این ترمینال به خانهٔ اول ترمینال ALARM چشمی سوم می‌رود و به همین ترتیب سیم‌کشی دو ترمینال دیگر نیز انجام می‌شود. در نتیجه می‌توان هر تعداد مورد نیاز چشمی را به‌هم وصل نمود و آخرین چشمی را به دستگاه BMS متّصل کرد. در این وضعیّت، هر یک از چشمی‌ها که فردی را ببیند، با اعلام به دستگاه، چراغ منطقهٔ مورد تشخیص روشن می‌شود و فرقی بین مناطق در اینجا نیست. به‌عنوان مثال، ممکن است هر سه چشمی مربوط به یک سالن یا اتاق بزرگ در خانه یا ساختمان هوشمند باشند (گروه فنّی مهندسی ام. اند. اچ).

۶-۵-۲- فعّال‌سازی سیستم اعلام حریق

نحوهٔ سیم‌کشی سنسورهای اعلام حریق مشابه چشمی‌های قسمت اعلام سرقت و روشنایی خودکار در بخش قبل می‌باشد (گروه فنّی مهندسی ام. اند. اچ). به‌این ترتیب که هر سنسور به ۳ رشته سیم برای تغذیه +، − و ۲۴ ولت و یک رشته دیگر برای اتّصال به دستگاه BMS نیاز دارد. سنسورها به صورت موازی به یکدیگر متّصل شده و آخرین سنسور به دستگاه متّصل می‌شود. البته سیستم اعلام حریق ارائه شده توسّط دستگاه BMS با سیستم‌های عمومی اعلام حریق تفاوت دارند و لذا لازم است تا با تجهیزات و نحوهٔ سیم‌کشی مخصوص این سیستم آشنا شد. این قسمت

از فصل، به بررسی نحوهٔ فعّال‌سازی سیستم اعلام حریق در ساختمان و خانهٔ هوشمند و جانمایی مهم‌ترین تجهیزات مربوطه یعنی سنسورهای دود می‌پردازد.

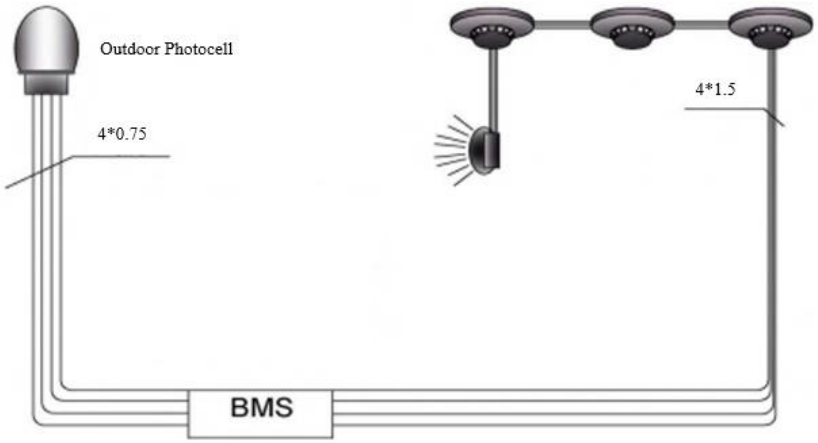
۶-۵-۲-۱- سنسورهای دود

به‌منظور پوشش کامل فضاهای یک خانه در سیستم مدیریّت ساختمان هوشمند ضرورت دارد هر یک از اتاق‌ها، سالن پذیرایی، آشپزخانه و سایر قسمت‌های خانه دارای یک یا چند سنسور دود باشند. جهت تبیین دقیق‌تر مسئله فرض کنید در یک خانه فقط یک سنسور در داخل اتاق نصب شده باشد. در صورت بروز آتش‌سوزی در آشپزخانه و به‌ویژه اگر درب اتاق دارای سنسور بسته باشد، زمان طولانی خواهد گذشت تا دود ناشی از این حریق به سنسوری که در داخل اتاق نصب است برسد و سیستم اعلام حریق با تأخیر آژیر را به صدا در می‌آورد. این در حالی است که ممکن است آتش‌سوزی شدیدی رخ دهد و کار از کار گذشته باشد. بنابراین به منظور تأمین ایمنی و حفاظت بیشتر خانه در مقابل حریق لازم است سنسور دود در هر یک از فضاها نصب گردد. چنانچه در خانه‌ای ۳ اتاق خواب، یک سالن و یک آشپزخانه داشته باشیم حداقل ۵ سنسور دود برای مدیریّت سیستم اعلام حریق در دستگاه BMS نیاز است. ذکر این نکته لازم است که اگر مساحت یکی از فضاها در خانه بزرگتر از ۲۰ مترمربع باشد باید متناسب با افزایش مساحت، تعداد بیشتری سنسور دود در آن محیط نصب نمود.

۶-۵-۲-۲- جانمایی سنسورهای دود

از آن‌جایی‌که در هنگام آتش‌سوزی، دود ناشی از آتش به سمت بالا یعنی سقف ساختمان حرکت می‌کند، لذا بهترین مکان برای نصب سنسورها در سقف پیشنهاد می‌شود. ذکر این نکته لازم است که اگر قسمت سقف به دلیل نوع معماری دارای شکستگی و به‌صورت پلّه‌ای شکل باشد، باید سنسورها را در بلندترین ارتفاع موجود نصب نمود. نکتهٔ مهم دیگر که ضرورت دارد به‌آن توجّه شود این است که از نصب سنسور در مقابل باد کولر خودداری گردد زیرا به‌واسطهٔ کولر، هوای تازه و بدون دود به‌طور پیوسته به سنسور می‌رسد و مانع رسیدن دود موجود در اتاق به سنسور در اوّلین دقایق ایجاد حریق می‌شود. بنابراین در جمع‌بندی این قسمت باید گفت، بهترین محل نصب سنسورهای دود که مربوط به سیستم اعلام حریق در ساختمان یا خانهٔ هوشمند هستند باید در بالاترین ارتفاع از سقف آن مکان و به دور از جریان مستقیم باد کولر یا سیستم تهویهٔ هوا باشد. باید به این نکته توجّه نمود که محل نصب سنسور دود هر میزان به وسط اتاق یا

وسط فضای مورد نظر در ساختمان نزدیک‌تر باشد پوشش مناسب‌تری از حالت قبلی به‌وجود می‌آید. شکل ۶-۱۷ محل نصب سنسورهای دود را نشان می‌دهد.

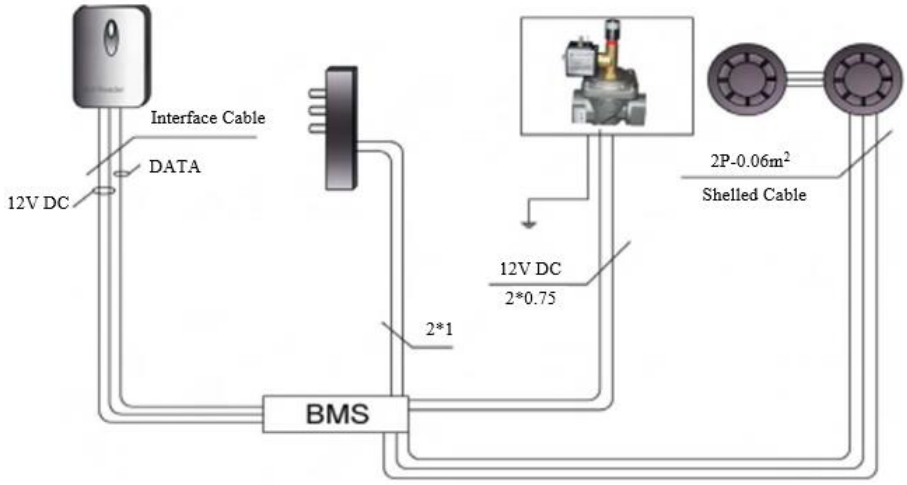


شکل ۶-۱۷: جانمایی سنسورهای دود در بالاترین ارتفاع از سقف خانه (گروه ام. اند. اچ)

۶-۵-۲-۳- سنسور نشت گاز

یکی از عوامل ایجاد حریق در ساختمان‌ها و خانه‌های هوشمند، نشت گاز طبیعی در منازل است. در چنین مواقعی و برای ایجاد حفاظت و ایمنی ساختمان از سنسورهای نشت گاز استفاده می‌شود. این سنسورها باید در کلیّهٔ محل‌هایی که از انشعاب گاز برخوردار است نصب گردند. به‌عنوان مثال استفاده از این سنسورها در محیط آشپزخانه به‌علّت وجود اجاق گاز و در سالن پذیرایی به‌علّت وجود شومینه یا روشنایی گازسوز ضروری است. برای جانمایی سنسورهای گاز، از همان شیوهٔ جانمایی سنسورهای دود استفاده می‌شود. سیم‌کشی سنسورهای گاز و اتّصال آن‌ها به دستگاه BMS همانند نحوهٔ سیم‌کشی سنسورهای دود است. بدین معنی که کابل مورد استفاده، دارای چهار رشته سیم می‌باشد که سه رشته از آن برای تغذیهٔ سنسور مربوط به ترمینال +، ترمینال – و تغذیهٔ ۲۴ ولت بوده و یک رشته به‌منظور ارتباط سنسور با دستگاه BMS استفاده می‌شود. همچنین می‌توان خروجی هر سنسور را به سنسور بعدی و تا آخرین سنسور هدایت نمود و سنسور آخر را به دستگاه BMS متّصل نمود. با این نوع سیم‌کشی، همهٔ سنسورهای گاز با یکدیگر موازی خواهند شد. بنابراین اگر هر تعداد سنسور گاز به‌وسیلهٔ یک کابل به دستگاه BMS متّصل شوند آن‌گاه تنها به چهار رشته سیم نیاز خواهد بود. البته وجود سیم اضافی در کابل نباید فراموش شود که باعث عیب‌یابی و انعطاف‌پذیری در پیاده‌سازی و اجرای سیستم اعلام حریق

و نشت‌یابی گاز در خانهٔ هوشمند می‌شود. شکل ۶-۱۸ محل نصب سنسورهای گاز را نشان می‌دهد (گروه فنّی مهندسی ام. اند. اچ).



شکل ۶-۱۸: جانمایی سنسورهای گاز و کابل‌کشی آن‌ها (گروه ام. اند. اچ)

در فصل بعد، هستهٔ اصلی و مغز متفکّر سیستم مدیریّت ساختمان هوشمند یعنی میکروکنترلرها مورد بررسی قرار خواهند گرفت.

فصل هفتم

میکروکنترلرها و نقش آن‌ها در خانهٔ هوشمند

۷-۱- معرّفی میکروکنترلرها

به مدارات مجتمع یا همان آی‌سی‌هایی که قابلیّت برنامه‌ریزی دارند و عملکرد آن‌ها از طریق برنامه‌نویسی کنترل‌کننده‌ها از پیش مشخّص شده است پردازنده میکروکنترلر اطلاق می‌شود. این پردازنده‌ها دارای ورودی، خروجی و سیستم محاسبه‌گر هستند. یکی از مسائل اساسی در طرّاحی و پیاده‌سازی مدیریّت هوشمند ساختمان، انتخاب یک میکروکنترلر مرکزی مناسب می‌باشد (بهرام-پور، سایت پاورجام).

۷-۱-۱- بخش‌های متنوّع میکروکنترلر

پردازندهٔ میکروکنترلر از بخش‌های اصلی زیر تشکیل شده است:

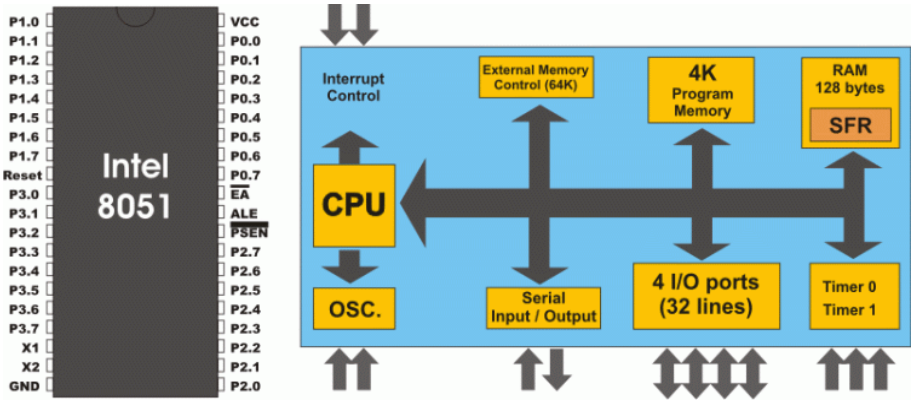
- واحد پردازش (CPU)
- واحد محاسبات (ALU)
- ورودی‌ها و خروجی‌ها (I/O)
- حافظهٔ اصلی پردازنده (RAM)
- حافظهٔ جانبی پردازنده (ROM)
- کنترلر زمان (TIMER)
- سایر تجهیزات جانبی مورد نیاز

۷-۱-۲- انواع میکروکنترلر

در یک دسته‌بندی فنی، انواع میکروکنترلرهای رایج که در سیستم مدیریّت هوشمند ساختمان و بسیاری دیگر از سیستم‌های دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرند عبارتند از:

۷-۱-۲-۱- میکروکنترلرهای ۸۰۵۱

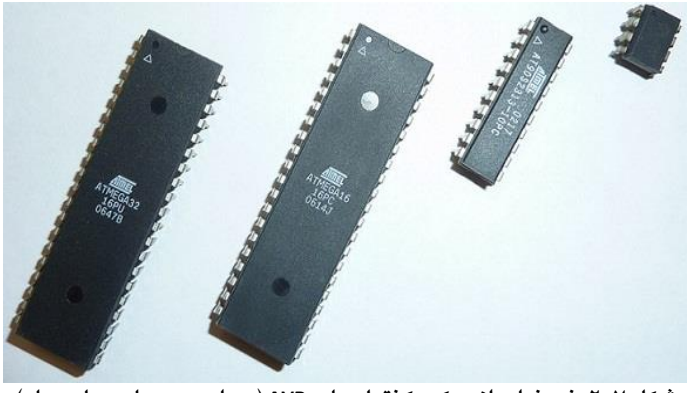
این خانواده از میکروکنترلرها جزء اولین نوع پردازنده‌هایی هستند که به‌عنوان پردازنده‌های قدیمی و باصطلاح پیشکسوت، مورد استفاده زیاد قرار می‌گرفتند. از کامپایلرهای معروف این نوع پردازنده‌ها می‌توان به پردازندهٔ keil یا franklin اشاره نمود. یکی از ویژگی‌های این نوع از پردازنده‌ها، نیاز آن‌ها به نوسان‌ساز است. معروف‌ترین آی‌سی‌های مربوط به این خانواده، آی‌سی-های 89S51 و 89C51 می‌باشند. شکل ۷-۱ نمونه‌ای از پردازنده ۸۰۵۱ را نمایش می‌دهد (بهرام-پور، سایت پاورجام).



شکل ۷-۱: نمونه‌ای از میکروکنترلرهای ۸۰۵۱ (بهرام‌پور، سایت پاورجام)

۷-۱-۲-۲- میکروکنترلرهای AVR

این پردازنده به‌وفور در بازار قابل تهیّه می‌باشد و با قیمت بسیار مناسب و ارزان در دسترس است. این خانواده از میکروکنترلرها، کلیّهٔ بخش‌های پردازنده ۸۰۵۱ را شامل شده و دارای بخش-های اضافی مانند مبّدل آنالوگ به دیجیتال (ADC)، مدار نوسان‌ساز داخلی و حافظهٔ EEPROM بالا جهت افزایش قدرت و سرعت پردازش است. یکی از مزایای استفاده از این نوع پردازنده‌ها در سیستم مدیریّت ساختمان هوشمند، سادگی برنامه‌نویسی است که امکان تعمیر و نگهداری آسان را امکان‌پذیر می‌سازد. از طرفی این میکروکنترلر، استانداردهای ارتباطی بسیاری مانند استاندارد SPI، UART، 12C و JTAG را پشتیبانی نموده و منجر به راحتی ارتباط این میکروکنترلر (AVR) با دیگر میکروکنترلرها یا وسایل ارتباطی دیگر می‌شود. از مهم‌ترین آی‌سی‌های مربوط به این خانواده که در شکل ۷-۲ نمایش داده شده‌اند می‌توان به خانوادهٔ Tiny و Mega اشاره نمود (اصل قنبرنژاد، فرازی، احمدی و غفّاری، ۱۳۹۵).



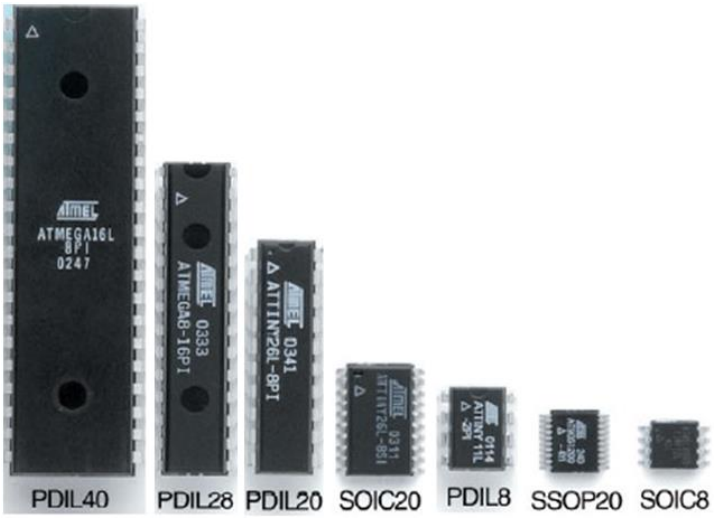
شکل ۷-۲: نمونه‌ای از میکروکنترلرهای AVR (بهرام‌پور، سایت پاورجام)

۷-۱-۲-۲-۱- خانواده‌های پردازنده AVR

میکروکنترلرهای مدل Tiny، قابلیت‌های زیادی دارند. به‌علت کوچک بودن و داشتن MCU پر قدرت، به‌آنها نیاز بوده و به همراه یک مبدّل آنالوگ به دیجیتال و حافظه قابل برنامه‌ریزی EEPROM، استفاده می‌شوند. این میکروکنترلر دارای بیش از ۴ کیلوبایت حافظهٔ فلش و ۱۲۸ بایت حافظه استاتیک SRAM و حافظهٔ قابل برنامه‌ریزی EEPROM می‌باشد. خانوادهٔ میکروکنترلر Tiny، به‌منظور اجرای یک عملیّات سادهٔ بهینه‌سازی شده و در ساخت وسایلی که به میکروکنترلرهای کوچک نیاز دارند کاربرد زیادی دارد.

خانوادهٔ Mega AVR از میکروکنترلرها، قابلیّت خودبرنامه‌ریزی داشته و بدون استفاده از مدارات اضافی قابلیّت برنامه‌ریزی را دارند. این میکروکنترلر دارای ۲۵۶ کیلوبایت حافظهٔ فلش و ۴ کیلوبایت حافظهٔ استاتیک و قابل برنامه‌ریزی است. از ویژگی‌های این خانواده می‌توان به سرعت و کارایی بالا در پردازش و توانایی اجرای حجم بالایی از کد برنامه اشاره نمود. ضمن این‌که این میکروکنترلر می‌تواند حجم زیادی از داده‌ها را سر و سامان دهد. میکروهای خانواده Mega، در ازاء هر یک مگاهرتز سرعت، قابلیّت اجرای یک میلیون دستورالعمل در هر یک ثانیه را دارند. حافظهٔ سریع از نوع فلش با عملکرد خودبرنامه‌ریز و دقّت بسیار بالا در تبدیل آنالوگ به دیجیتال ۱۰ بیتی از دیگر ویژگی‌های این خانواده هستند.

خانوادهٔ LCD AVR از میکروکنترلرها، دارای درایور برای نمایشگر LCD با قابلیّت کنترل اتوماتیک و مقایسهٔ تصویر هستند. این قابلیّت منجر به افزایش عمر باتری شده و دارای توان مصرفی پایین در حالت فعّال می‌باشد. توان مصرفی پایین این میکروها، برای استفادهٔ بهینه از باتری و کاربرد آن در وسایل سیار طرّاحی شده است. این میکروها تا مقدار ۱/۸ ولت قابل تغذیه هستند که این مسئله باعث طولانی‌تر شدن عمر باتری آن‌ها می‌شود. میکروکنترلرهای این خانواده با بالاترین یکپارچگی و انعطاف‌پذیری طرّاحی شده‌اند و با داشتن درایور LCD و کنترلر اتوماتیک وضوح تصویر، بهترین واسطه را با انسان داشته و دارای توان مصرفی پایین و کارآیی بالایی هستند. کارایی فوق‌العاده با سرعت یک میلیون دستورالعمل در ثانیه به ازای یک مگاهرتز، دارا بودن واسطه‌ها برای ارتباط با انسان و دارا بودن قابلیّت بهینه‌سازی توان مصرفی برای تنظیم سرعت پردازش، از ویژگی‌های این خانواده از میکروکنترلرها می‌باشند. شکل ۷-۳ انواع مختلف میکروکنترلرهای AVR را نمایش می‌دهد (سیّدرضی، ۱۳۹۵).



شکل ۷-۳: نمونه‌هایی دیگر از خانوادهٔ میکروکنترلرهای AVR (بهرام‌پور، سایت پاورجام)

۷-۱-۲-۳- میکروکنترلرهای ARM

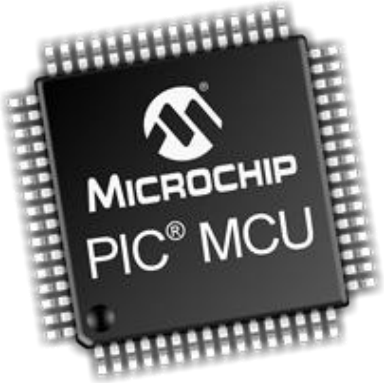
این نوع از میکروکنترلرها نسبت به خانواده‌های قبلی بیان شده از پردازنده‌ها، دارای سرعت پردازش بسیار بالا در حد گیگاهرتز می‌باشند. سرعت پردازش بالا استفاده از این نوع پردازنده‌ها را در کاربردهای صنعتی امکان‌پذیر ساخته است. شکل ۷-۴ نمونه‌ای از این پردازنده را نشان می‌دهد (فارغی، ۱۳۸۸).

شکل ۷-۴: نمونه‌ای از میکروکنترلرهای ARM (بهرام‌پور، سایت پاورجام)

۷-۱-۲-۴- میکروکنترلرهای PIC

این نوع از میکروکنترلرها جزء پردازنده‌های با کاربرد صنعتی محسوب می‌شوند و دلیل آن سرعت پردازش بسیار بالا و کاربرد بسیار مناسب در پیاده‌سازی و اجرای سیستم‌های اتوماسیون از جمله در سیستم مدیریّت هوشمند ساختمان است (نوحی، ۱۳۹۶). این پردازنده به دلیل نویزپذیری

بسیار پایین دارای محبوبیّت بوده و از پروتکل‌های ارتباطی متنوّعی پشتیبانی می‌کند. شکل ۷-۵ تصویری از این پردازنده را نشان می‌دهد.



شکل ۷-۵: نمونه‌ای از میکروکنترلرهای PIC (بهرام‌پور، سایت پاورجام)

۷-۲- مقایسهٔ انواع میکروکنترلرها

۷-۲-۱- شاخص نویزپذیری

نویز یکی از عوامل محیطی مزاحم و یکی از شاخص‌های مهم در تحلیل و طرّاحی مدارات الکترونیکی و میکروکنترلری می‌باشد. نویز یا همان اغتشاش، سبب ایجاد اختلال در روند محاسبات میکروکنترلر شده و منجر به پاک‌شدن حافظهٔ پردازنده، ایجاد اختلال در ارسال و دریافت داده‌ها توسّط پردازنده و ایجاد اعوجاج بر روی نوسان‌ساز خارجی پردازنده می‌گردد. نویزی که تغذیه میکرو را تحت تأثیر قرار می‌دهد به نویز ولتاژ معروف است. بحث نویز و اغتشاش در محیط‌های صنعتی و مواردی مانند سیستم مدیریّت هوشمند ساختمان اهمیّت بالایی دارد. به‌عنوان مثال یک موتور الکتریکی در هنگام کار میدان مغناطیسی شدیدی در اطراف خود ایجاد می‌کند. این میدان می‌تواند اثرات مخرّبی بر روی پردازنده داشته باشد که منجر به آسیب دیدن عملکرد مدارات الکترونیکی و کنترلی می‌شود. در جداول ۷-۱ و ۷-۲ میزان نویزپذیر بودن میکروکنترلرها و میزان استفاده از آن‌ها در دنیا بیان شده است (بهرام‌پور، د. سایت پاورجام و سیدرضی، ۱۳۹۵).

جدول ۷-۱: میزان نویزپذیری انواع میکروکنترلرها (سیّدرضی، ۱۳۹۵)

ردیف	نوع میکرو	میزان نویزپذیری (به‌درصد)
۱	AVR	%70
۲	ARM	%50
۳	PIC	%30
۴	8051	%60

جدول ۷-۲: میزان استفاده از میکروکنترلرها در دنیا (سیّدرضی، ۱۳۹۵)

ردیف	نوع میکرو	میزان مصرف در دنیا (به‌درصد)
۱	AVR	%85
۲	ARM	%100
۳	PIC	%85
۴	8051	%30

۷-۲-۱-۱- اهمیّت نویز

امروزه تکنولوژی در تمام ابعاد زندگی بشری نقش مهمّی ایفا می‌کند. اطمینان بالا به تجهیزات مبتنی بر آن تکنولوژی باعث شده که بشر از این سیستم‌های هوشمند در عرصه‌های بسیار مهم از زندگی خود استفاده نماید. یکی از این عرصه‌ها استفاده از تکنولوژی و تجهیزات هوشمندسازی در سیستم مدیریّت ساختمان است. ثابت بودن و باصطلاح پایداری کلیّهٔ کمیّت‌های یک سیستم در شرایط مکانی و زمانی گوناگون، از عوامل ایجاد اطمینان به سیستم است. به‌عنوان مثال، کنترل دمای یک محیط بزرگ در خانهٔ هوشمند را در نظر بگیرید. اگر عواملی باعث تغییر در عملکرد میکرو و یا تغییر در کمیّت‌های ثابت آن شود که سیستم قادر به ادامهٔ کنترل دمای محیط نباشد لذا در این شرایط ساختمان، نیازمند تعمیر و اصلاح سیستم کنترل دما خواهد بود. اگر این سیستم هوشمند در قالب کنترل کلیّهٔ فرآیندهای یک ساختمان مرکزی در نظر گرفته شود، آن‌گاه با کوچک‌ترین خللی در سیستم، خسارات جانی و مالی بسیاری می‌تواند به افراد و ساختمان وارد شود. نویز یکی از عوامل مهمّی است که اطمینان یک سیستم را در شرایط خاص به‌هم می‌زند و بنابراین، ساختن یک سیستم بدون نویز بسیار حائز اهمیّت است. هرچه سیستمی میزان نویزپذیری کمتری داشته باشد، قابل اطمینان‌تر خواهد بود.

۷-۲-۱-۲- محیط‌های شامل نویز

در تمامی محیط‌ها نویز وجود دارد. اما آن‌چه مهم است مقدار نویز در آن محیط‌ها می‌باشد. برای حفظ پارامترها و کمیّت‌های ثابت مدار می‌توان با جابه‌جایی از محیط‌های با نویز زیاد و انتقال سیستم هوشمند به محیط‌های با نویز کمتر، این امکان و مزیّت را فراهم نمود. محیط‌هایی که سیستم هوشمند با فاصله گرفتن از آن‌ها می‌تواند دچار نویز کمتری شود عبارتند از:

- میدان‌های الکترومغناطیسی
- سیم و کابل‌های دارای جریان زیاد
- محیط‌های صنعتی

- موتورهای جریان مستقیم و متناوب
- سیستم‌های چندفاز
- مصرف‌کننده‌های با توان بالا
- محیط‌های دارای نوسات برق
- محیط‌های با نوسانات دمای بسیار بالا یا بسیار پایین
- محیط‌های دارای تابش مستقیم نور خورشید

۷-۲-۱-۳- نویز نرم‌افزاری

نویز علاوه بر عامل محیطی، می‌تواند عامل نرم‌افزاری و یا برنامه‌نویسی داشته باشد. استفاده از نرم‌افزارهای کپی‌شده و غیراصلی در بحث برنامه‌نویسی، باعث به‌وجود آمدن برخی باگ‌ها و اشکالات نرم‌افزاری شده و نویز و اختلال را بر سیستم هوشمند حاکم می‌کند. رئیس شرکت تولیدکنندهٔ نرم‌افزار مخصوص میکروکنترلر AVR، در مورد زبان بسکام برای این میکروها می‌گوید: "لطفا از نسخهٔ دمو و یا خریداری شده استفاده کنید و حتماً از سایت رسمی شرکت دانلود کنید. نسخه‌های قفل شکسته، دارای باگ‌های نرم‌افزاری هستند که به‌صورت تصادفی کدهای خطادار تولید کرده و به‌سختی قابل تشخیص می‌باشند."

۷-۲-۱-۴- نویز برنامه‌نویسی

در نظر نگرفتن برخی نکات استاندارد در برنامه‌نویسی می‌تواند باعث به‌وجود آمدن نویز و اصطلاحاً هنگ سیستم شود. مواردی که در برنامه‌نویسی رعایت نمی‌شود و منجر به ایجاد اختلال در سیستم می‌شوند عبارتند از:

- روشن نکردن تایمر نگهبان
- تنظیم نکردن سایز پشته سخت‌افزاری و فریم
- تنظیم نکردن فیوزبیت‌ها و یا به اشتباه تنظیم کردن آن‌ها
- یکسان انتخاب نکردن سایز متغیّرهایی که قرار است داده آن‌ها در عبارات محاسباتی قرار گیرند و یا نامناسب انتخاب کردن سایز برای متغیّرهای مختلف
- استفادهٔ بسیار زیاد از دستورهای غیرضروری مانند goto
- رعایت نکردن ترتیب در برنامه‌نویسی
- استفاده از فرکانس‌های پایین برای کلاک میکرو در برنامه‌نویسی

۷-۳- AVR در پروژه‌های صنعتی

همان‌طور که در بخش‌های قبلی در مورد میکروکنترلرهای این خانواده و خانواده‌های دیگر صحبت شد، کاربردهای صنعتی دو خانواده ARM و PIC با توجّه به مزایای آن‌ها، بیشتر مورد توجّه قرار گرفتند. اما یک سؤال مهم وجود دارد و آن این است که از میان میکروکنترلرهای گوناگون مطرح شده و با توجه به ارزانی و سادگی کار با میکروکنترلر AVR، آیا این دسته از پردازنده‌ها قابل اطمینان برای استفاده در محیط‌های صنعتی هستند؟ در پاسخ می‌توان گفت که هرچند پردازنده‌های AVR نویزپذیری بالایی دارند اما با ملاحظهٔ نکات نرم‌افزاری، سخت‌افزاری و برنامه‌نویسی، می‌توان این میکروکنترلر را در صنعت مورد استفاده قرار داد و همچنین به‌آن اطمینان کرد. طبیعتاً یکی از عواملی که منجر به اختلال در عملکرد پردازنده می‌شود نویز است. لذا باید عوامل ایجاد نویز را شناخت و تمهیدات لازم برای مقابلهٔ با آن‌را اتخاذ نمود. برخی از مهم‌ترین این عوامل که اثر مختل‌کننده بر عملکرد میکروکنترلر دارند عبارتند از (اصل قنبرنژاد، فرازی، احمدی و غفاری، ۱۳۹۵):

۱) نویز ایجاد شده توسّط منبع تغذیه
۲) نویز ایجاد شده توسّط قطعات مدار مانند رله‌ها
۳) نویز ایجاد شده توسّط القاء میدان‌های الکترومغناطیسی

برای استفاده از این میکروکنترلر در پروژه‌های صنعتی و از طرفی رفع اثرات نویز، لازم است تا نکات کاربردی در استفاده از این پردازنده‌ها را دانست و برای جلوگیری از تأثیر آن بر عملکرد میکروکنترلر، راهکارهایی به شرح ذیل را در پیش گرفت.

۷-۳-۱- فعّال‌کردن تایمر نگهبان یا WATCHDOG

این زمان‌سنج در میکروکنترلر به‌هنگام بروز اختلال در واحد CPU فعال می‌شود و میکروکنترلر را ریست می‌نماید. در زمان‌سنج watchdog یا به‌اختصار WDT، یک نوسان‌ساز داخلی (مدار مقاومت-خازن) وجود دارد که کلاک مورد نیاز این زمان‌سنج را تأمین می‌کند. پس از مقداردهی اولیّه و فعّال کردن این زمان‌سنج، زمانی که زمان‌سنج به‌مقدار نهایی برسد سرریز شده و با ایجاد یک سیگنال به‌نام "Reset"، میکروکنترلر را ریست می‌کند. سرریز شدن این زمان‌سنج نشان می‌دهد که برنامه در جایی متوقّف شده و یا در عملکرد واحد CPU اختلالی ایجاد شده است. این قابلیّت زمانی مورد استفاده قرار می‌گیرد که پردازنده در محیط‌های نویزدار، صنعتی و اماکن حسّاس استفاده شود. به‌عنوان نمونه فعّال‌سازی زمان‌سنج برای مصرف‌کننده‌هایی مانند موتورهای پلّه‌ای، موتورهای DC، سرو موتورها و تجهیزاتی که می‌توانند بر روی منبع تغذیه ایجاد نویز کنند و

در محیط‌های مختلف مانند خانه و ساختمان هوشمند ضروری است. فرکانس این زمان‌سنج معمولاً یک مگاهرتز است اما در ولتاژهای پایین ۵ ولت می‌تواند کمتر نیز باشد. می‌توان این زمان-سنج را هم به‌روش نرم‌افزاری و هم با تنظیم فیوزبیت‌های میکروکنترلر راه‌اندازی کرد. پیکره‌بندی زمان‌سنج نگهبان در بسکام به‌شکل زیر است (سیّدرضی، ۱۳۹۵):

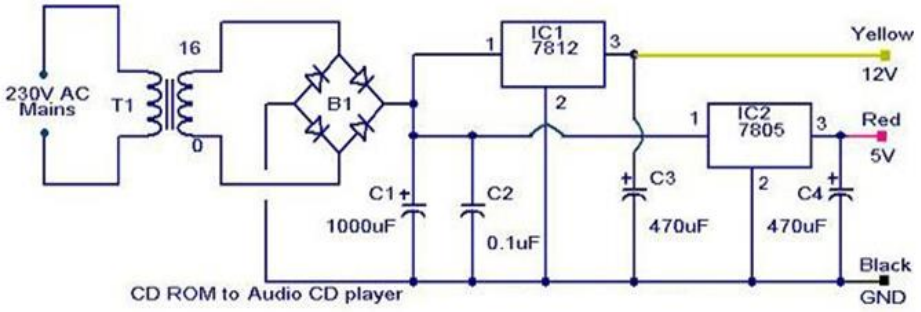
CONFIG WATCHDOG = Time

Time برای بارگزاری مقدار اولیه زمان‌سنج بر حسب میلی‌ثانیه بیان شده و می‌تواند یکی از مقادیر ۱۶، ۳۲، ۶۴، ۱۲۸، ۲۵۶، ۵۱۲، ۱۰۲۴ یا ۲۰۴۸ باشد. از دستورات مهم مربوط به زمان‌سنج WATCHDOG می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- دستور start watchdog: این دستور WTD را راه‌اندازی می‌کند.
- دستور stop watchdog: این دستور WTD را متوقّف می‌کند.
- دستور reset watchdog: این دستور مقدار WTD را صفر می‌کند.

۷-۳-۲- ایزولاسیون منبع تغذیه:

یکی از مهم‌ترین بخش‌های یک سیستم هوشمند تغذیه پردازندهٔ آن است. منبع تغذیه برای میکروکنترلر در حکم قلب برای یک انسان است. اگر کم‌ترین یا کوچک‌ترین نویز روی منبع تغذیه قرار بگیرد سبب تأثیرگذاری در مدارات داخلی پردازنده خواهد شد. بهترین منبع تغذیه برای میکروکنترلر AVR، استفاده از ترانسفورماتور، یکسوکننده و تنظیم‌کنندهٔ ولتاژ به‌همراه یک عنصر سلف حدود ۱ میکروهانری در خروجی آن منبع است. ترانس تغذیه پردازنده باید به‌دور از بارهای القایی موتورها و سایر تجهیزات نویزدار بوده و خروجی آن حدود ۱۵ ولت با جریان ۵۰۰ میلی‌آمپر باشد. این خروجی معمولاً ۲۰ درصد بیشتر از مقدار عادی است و دلیل آن، نوسانات برق شهر است که باعث افت ولتاژ و قطعی در خروجی ترانس و در نتیجه اختلال در عملکرد میکروکنترلر می‌شود. به‌منظور جلوگیری از ورود نویز به داخل منبع تغذیه و ایجاد اختلال در آن، می‌توان ترانس را داخل یک محفظهٔ فلزی مانند قرار داد. ولتاژ تغذیهٔ پردازنده پس از یکسوسازی توسّط مدار رگلاتور تنظیم می‌شود و به‌کمک خازن‌هایی به‌ظرفیّت ۱۰۰۰ میکروفاراد یا بالاتر و خازن‌هایی به‌ظرفیّت ۱۰۰ نانوفاراد، از صافی خازنی عبور می‌کند. شکل ۷-۶ مدار داخلی یک منبع تغذیه را برای پردازنده میکروکنترلرها نشان می‌دهد.

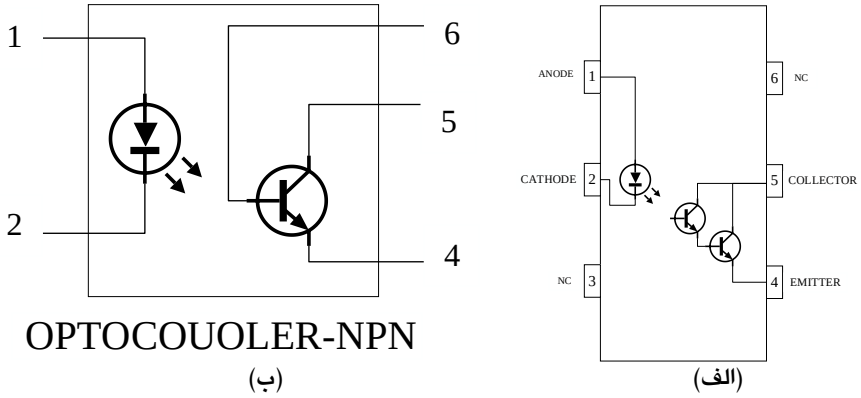


شکل ۷-۶: مدار داخلی منبع تغذیهٔ میکروکنترلرها (سیدرضی، ۱۳۹۵)

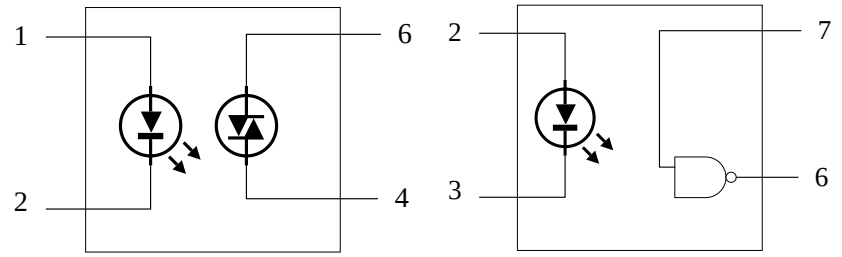
در این مدار، عملیّات تنظیم ولتاژ تغذیه میکروکنترلر در دو مرحله و با استفاده از آی‌سی‌های ۷۸۱۲ و ۷۸۰۵ و با به‌کارگیری خازن‌های مناسب در هر مرحله جهت کاهش نوسانات انجام می‌شود. در نحوهٔاتّصال زمین منبع تغذیه و ترانسفورماتور داخلی آن باید این نکته را مدنظر داشت که زمین ترانسفورماتور نباید با مصرف‌کننده یا ترانسفورماتور دیگری مشترک باشد. ضمن این‌که باید برای رله‌ها و سایر قطعات، تغذیهٔ جداگانه‌ای درنظر گرفت (سیّدرضی، ۱۳۹۵).

۷-۳-۳- کنترل بارهای ورودی و خروجی

برای کنترل بارهای خروجی و ورودی به پردازندهٔ میکروکنترلر، نباید آن‌ها را به‌طور مستقیم به پایه‌های ورودی و خروجی پردازنده متّصل نمود. بلکه از رله‌ها و گره‌های نوری استفاده می‌شود. گره‌های نوری معروف به اپتوکوپلرها هستند که در شکل ۷-۷ نمونه‌هایی از مدارات آن نشان داده شده است.



(ب) (الف)



شکل ۷-۷: انواع اپتوکوپلرها: (الف) دارلینگتون، (ب) ترانزیستوری، (پ) دیاک و (ت) مدار منطقی (سیّدرضی، ۱۳۹۵)

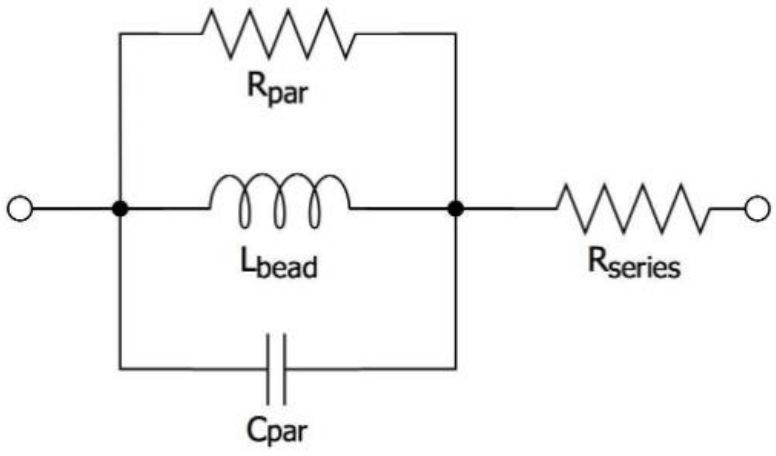
اتّصال سیم‌های بلند به میکروکنترلر همانند اتّصال آنتن برای دریافت نویزهای محیط و انتقال آن به پردازنده است. برای ایجاد بهبود در عملکرد نویزگیری سیم‌ها می‌توان از فریت‌بیدها استفاده نمود. مفاهیم و اهمیّت فریت‌بیدها در زیر بیان شده است.

۷-۳-۳-۱- مفهوم فریت‌بید و اهمیت آن

فریت مادّه‌ای است که نفوذپذیری مغناطیسی آن یک عدد مختلط و وابسته به فرکانس است. این مادّه در فرکانس‌های کم مانند چند صد کیلوهرتز، شبیه یک سلف عمل می‌کند و در فرکانس‌های بالا مانند چند ده مگاهرتز، بیشتر خاصیت مقاومتی از خود نشان می‌دهد. این مادّه فرکانس‌های بالا را حذف کرده و به‌عنوان فیلتر مورد استفاده قرار می‌گیرد. بید به‌معنای دانه تسبیح است. این مادّه را به‌گونه‌ای می‌سازند که همانند دانهٔ تسبیح، سیم از داخل آن عبور می‌کند. فریت-بیدها به‌همراه خازن‌های بایپس وضعیّت تغذیهٔ مدارها را ارتقا داده و باعث بهبود در عملکرد نویزگیری سیم‌ها می‌شوند. شکل ۷-۸ نمونه‌ای از فریت‌بید را نشان می‌دهد.

شکل ۷-۸: نمونه‌ای از فریت‌بید (سیدرضی، ۱۳۹۵)

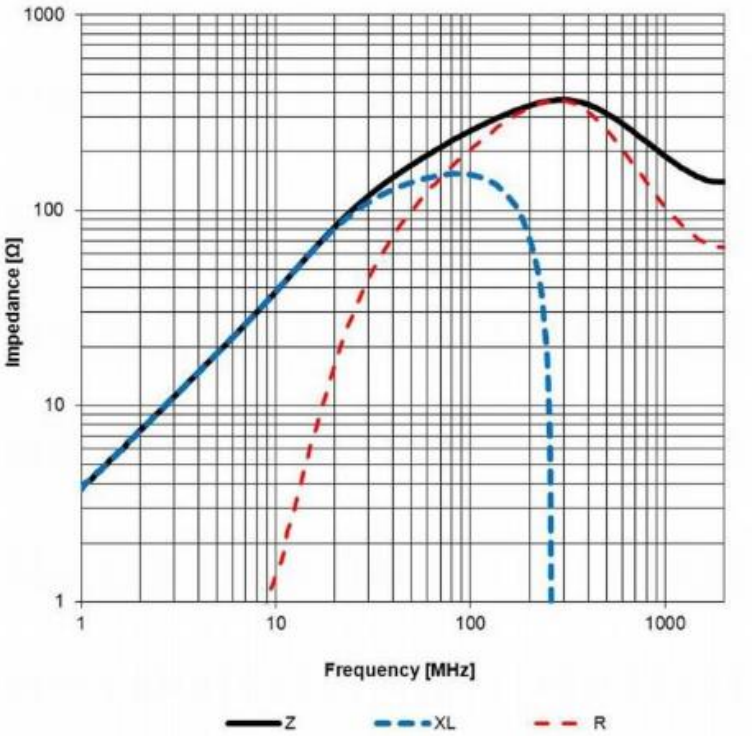
استفاده از خازن‌های موازی بین زمین و خط تغذیه، وضعیّت نویز را تا حد زیادی بهبود می‌دهد. اما برای ارتقاء کیفیّت تغذیه گاهی لازم می‌شود از ترکیب فریت‌بید و خازن‌های بایپس به‌مقدار بیشتری استفاده شود. کاربرد این مسئله در جاهایی است که در مدار آی‌سی‌های حسّاس به نویز مانند مبدّل‌های آنالوگ به دیجیتال و بالعکس وجود داشته باشد و یا قطعاتی در مدار وجود دارند که باعث ایجاد نویز بر روی خطّ تغذیه می‌شوند، همانند آی‌سی‌های دیجیتال سرعت بالا. از نظر کیفیّت، فریت‌بیدها به دو دسته دارای ضریب کیفیّت زیاد و دارای ضریب کیفیّت پایین تقسیم‌بندی می‌شوند. فریت‌بیدی که دارای ضریب کیفیّت بالا است معمولاً برای مواردی که به رزونانس خوب در یک فرکانس خاص نیاز دارد به‌کار می‌رود. به‌عنوان مثال این نوع فریت‌بید در نوسان‌سازها و فیلترهای آنالوگ استفاده می شود. اما فریت‌بید دارای ضریب کیفیّت پایین در مواردی که به رزونانس زیاد نیاز ندارند استفاده می شود. یکی از کاربردهای این نوع از فریت‌بیدها، استفاده در بهبود تغذیه مدارها است. فریت‌بیدها از نظر الکترونیکی، ترکیبی از سه عنصر مداری شامل مقاومت، خازن و سلف هستند و قابلیّت مدل‌شدن به‌صورت یک مدار RLC موازی را دارند. پاسخ فرکانسی یک فریت‌بید بیشتر تحت تأثیر خازن خواهد بود ولی در فرکانس‌های پایین بیشتر شبیه یک سلف عمل می‌کند. با افزایش فرکانس در مدار، ابتدا امپدانس فریت‌بید افزایش و سپس کاهش می‌یابد. شکل ۷-۹ یک نمونه از مدل مداری فریت‌بید را نشان می‌دهد.



شکل ۷-۹: نمونه‌ای از مدل مداری فریت‌بید (سیّدرضی، ۱۳۹۵)

در شکل ۷-۱۰، اثر تغییرات امپدانس یک فریت‌بید استاندارد SMD نسبت به فرکانس نسبت به هریک از عناصر مداری مانند مقاومت، سلف و خازن به‌رنگ‌های مختلف نشان داده شده است.

نمودارهای مشکی، آبی و قرمز به‌ترتیب نشان‌دهنده تغییرات امپدانس آن فریت‌بید نسبت به فرکانس در عناصر خازن، سلف و مقاومت می‌باشند.



شکل ۷-۱۰: نمودار تغییرات امپدانس عناصر مدل فریت‌بید نسبت به فرکانس (سیّدرضی، ۱۳۹۵)

کاهش نویز توسّط فریت‌بید به‌این‌صورت است که با افزایش فرکانس، امپدانس فریت‌بید افزایش یافته و نویز ایجاد شده روی خطّ تغذیه DC در فریت‌بید تلف گردیده و به گرما تبدیل می شود. توجّه شود که اگر در این حالت، از یک سلف سری در خط تغذیه استفاده شود ممکن است باعث ترکیب سلف با خازن‌های مدار شده و این امر منجر به ایجاد نوسان در خطّ تغذیه گردد.

۷-۳-۴- تنظیم ولتاژ خاموشی میکروکنترلر

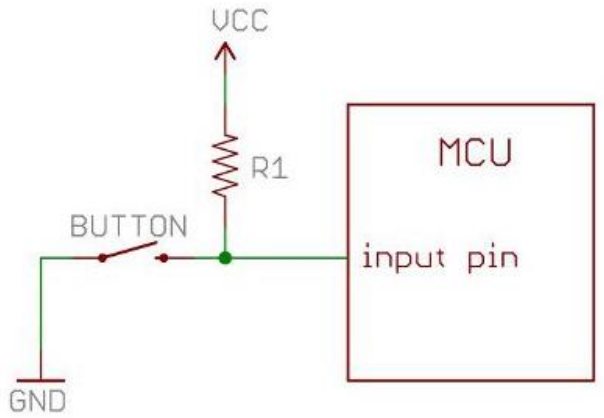
فیوز بیت‌های BODLEVEL، BODEN و Brown-out مأمور خاموش‌کردن میکرو پس از کم-شدن تغذیه از یک حد خاص هستند. این حد خاص بین ۴ تا ۷/۲ ولت است و در برخی از پردازنده‌ها به ۸/۱ ولت می‌رسد. معمولاً پیشنهاد می‌شود اگر از میکروکنترلر با تغذیهٔ ۵ ولت استفاده می‌گردد، این عدد روی ۴ یا ۷/۲ تنظیم شود. علّت آن این است که EEPROM داخلی میکرو در ولتاژهای پایین آسیب دیده و حافظهٔ آن ممکن است دچار تغییر و یا پاک گردد.

۷-۳-۵- صفحه‌کلید برای میکرو

در صورتی که از صفحه‌کلید استفاده می‌شود باید حتماً پول‌آپ گردد. پول‌دان و پول‌آپ بدین معنی هستند که وقتی پایه‌ای از میکروکنترلر بخواهد برای عملکردی به کلید وصل شود باید پول-آپ یا پول‌دان شود. در غیر این‌صورت، نویزهای موجود در اطراف بر روی پایه میکروکنترلر اثر گذاشته و آن‌را خاموش و روشن می‌کند. بنابراین این مسئله بر روند کار پردازنده ایجاد اختلال می‌کند. برای جلوگیری از ورود آسیب به میکرو، معمولاً یک مقاومت با مقدار ۴٫۷ تا ۱۰ کیلواهم از ولتاژ مخالف عملکرد پایه میکرو، به آن متّصل می‌شود. این مقاومت به سر مثبت منبع تغذیه متّصل می‌شود. این کار باعث می‌شود اعداد تصادفی و غیرمنتظره به پردازنده برگردانده نشوند. اگر مقدار مقاومت کمتر از ۴٫۷ کیلواهم باشد، ممکن است منجر به اتّصال کوتاه شود. اگر این مقاومت بیشتر از ۱۰ کیلواهم باشد، می‌تواند اثر کم‌کردن یا از بین بردن نویزها را کاهش دهد. لذا در طرّاحی سنسورها و مدارهای گوناگون، باید مقدار مقاومت پول‌آپ یا پول‌دان را مشخّص نمود. البته این نکته مورد توجّه قرار گیرد که میزان احتمال نویز در محیط و جریان ایجاد شده بر روی مدار، در انتخاب مقاومت مناسب تأثیر دارد. شکل ۷-۱۱ نمونه‌ای از صفحه‌کلید جهت اتّصال به پردازنده را نشان می‌دهد.

شکل ۷-۱۱: نمونه‌ای از صفحه کلید جهت اتصال به میکروکنترلر (سیّدرضی، ۱۳۹۵)

در مدار شکل ۷-۱۲، وقتی که یک ولتاژ منفی برای میکروکنترلر فرستاده می شود (GND به BUTTON)، یک عمل خاص اتفاق می‌افتد. به‌عنوان مثال تعریف شده است که یک LED روشن شود. اکنون محل اتّصال کلید به میکروکنترلر، به مقاومت پول‌آپ وصل می‌شود. جریانی مثبت در سمت دیگر مقاومت پول‌آپ قرار دارد که از افتادن نویز بر روی پایه میکرو جلوگیری می‌کند.

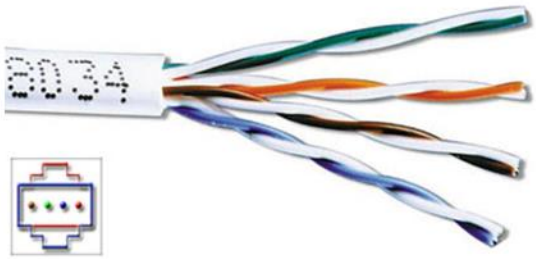


شکل ۷-۱۲: مداری جهت تبیین عملکرد ولتاژ مخالف عملکرد پایه میکروکنترلر (سیّدرضی، ۱۳۹۵)

۷-۳-۶- استفاده از کابل مناسب برای ارتباطات دور

در مواردی که از ارتباطات سریال براساس پروتکل RS485 یا موارد دیگر در میکروکنترلر استفاده می‌شود باید از زوج سیم‌های به هم‌تابیده[1] استفاده نمود. این کابل، به دو نوع زوج سیم‌های به هم‌تابیده حفاظ‌دار[2] و بدون‌حفاظ[3] تقسیم می‌شود. شکل ۷-۱۳ این کابل‌ها را نشان می‌دهد.

(الف)



(ب)

شکل ۷-۱۳: انواع کابل زوج سیم بهم‌تابیده: (الف) نوع حفاظ‌دار و (ب) نوع بدون‌حفاظ (سیّدرضی، ۱۳۹۵)

[1] Twisted Pair
[2] Shielded Twisted Pair
[3] Unshielded Twisted Pair

تمام مطالب بیان شده در بالا منجر به کاهش نویزپذیری میکروکنترلرهای AVR می‌شود. رعایت این مطالب می‌تواند اطمینان سیستم هوشمند را در محیط‌های صنعتی افزایش دهد. میکروکنترلرهای AVR دارای انعطاف‌پذیری زیادی هستند. آنها قادر به ترکیب هر برنامه‌ای با یک معماری قوی از طریق زبان‌های برنامه‌نویسی C و Assembly هستند و می‌توانند با این برنامه، همه پارامترهای موجود در یک چرخهٔ ماشین را با دقّت بالا کنترل و تنظیم کنند.

میکروکنترلر AVR دارای معماری‌ای است که کارایی ۱۶ بیتی را ارائه می‌دهد. این میکروکنترلر برای اجرای دستورالعمل‌های قدرتمند در یک سیکل کلاک (ساعت)، سریع است و منجر به بهینه‌سازی توان مصرفی می‌شود. میکروکنترلر AVR بر مبنای معماری RISC یعنی کاهش مجموعه‌ی دستورالعمل‌های کامپیوتر، پایه‌گذاری شده است و مجموعه ای از دستورالعمل‌ها را که با ۳۲ ثبات کار می‌کنند در اختیار می‌گذارد. به‌کارگرفتن حافظه از نوع Flash که میکروکنترلرها از آن بهره می‌برند و برنامه‌ریزی ساده با استفاده از یک منبع تغذیه ۲/۷ تا ۵/۵ ولتی از دیگر مزایای یک میکروکنترلر AVR می‌باشد. سایر مزایای میکروکنترلر AVR را می‌توان به‌شرح ذیل برشمرد:

- دارای بهترین واحد کنترل اصلی[۴]
- دارای سیستمی با بهترین هماهنگی
- دارای کارآیی و اجرای بالا در واحد پردازش مرکزی[۵]
- دارای کدهایی با کوچک‌ترین اندازه
- دارای حافظهٔ خودبرنامه‌ریز
- دارای سخت‌افزار ضرب‌کننده روی خود
- دارای بهترین ابزارها برای استفاده در پروژه‌های صنعتی
- قابلیّت ترفیع یا ارتقاء[۶] بسیار مناسب

۷-۴- پشتیبانی میکروکنترلرها از پروتکل‌های IBMS

در فصل چهارم این کتاب عنوان گردید که پروتکل‌ها و استانداردهای سیستم مدیریّت ساختمان هوشمند به‌منظور هماهنگی و یکپارچگی در اجرای دستورات جهت ارسال داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز تجهیزات این سیستم‌ها تعریف و ارائه شده است. پروتکل‌های خانه هوشمند انواع مختلفی دارند که بر حسب نیاز و میزان تمایل مشتری انتخاب شده و مورد استفاده قرار می-

[4] Master Control Unit (MCU)
[5] Control Processing Unit (CPU)
[6] Upgrade

گیرند. رایج‌ترین پروتکل‌های هوشمندسازی که وظیفه اجراء و هماهنگی بین دستگاه‌ها و سخت-افزارهای موجود در سیستم مدیریت ساختمان هوشمند را برعهده داشته و در فصل چهارم تشریح گردیدند عبارتند از: پروتکل‌های X-10، TCP/IP، KNX، LonWorks، ZigBee، BACnet، Z-Wave، C-BUS، S-BUS و PLC-BUS. انواع مختلف میکروکنترلرها اعم از میکروکنترلرهای AVR، ARM و PIC به‌عنوان پردازنده‌های بُردهای الکترونیکی تجهیزات سخت‌افزاری سیستم مدیریّت ساختمان مطرح هستند که همهٔ پروتکل‌ها و استانداردهای بالا را به‌منظور انتقال داده‌ها و اطّلاعات پشتیبانی می‌کنند.

در فصل بعد، نمونه‌هایی از پروژه‌های مقدّماتی سیستم مدیریّت ساختمان هوشمند با زبان برنامه‌نویسی بیسیک ارائه خواهد شد.

فصل هشتم

پروژه‌های مقدّماتی هوشمندسازی ساختمان

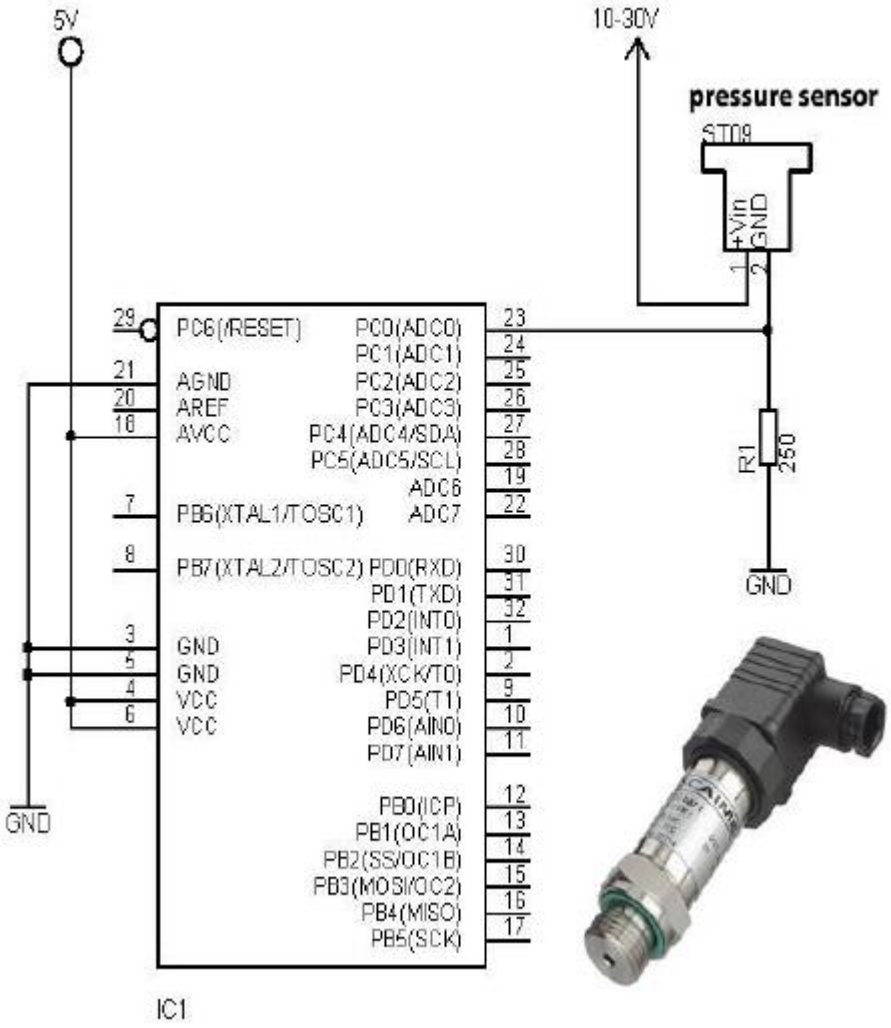
۸-۱- مقدّمه

در این فصل به منظور آشنایی بیشتر مخاطبین، برنامه و شماتیک مداری تعدادی از سیستم‌های کنترلی در قالب بیان الگوریتم و شماتیک مداری آنها ارائه شده است.

۸-۲- اندازه‌گیری فشار هوا توسّط سنسور ST09

برنامهٔ مربوطه به زبان بیسیک در کامپایلر بسکام میکرو AVR پیاده‌سازی شده است. این برنامه و شماتیک مداری آن در نرم‌افزار پروتئوس، به شرح ذیل می‌باشند (سایت الکترونیک ۹۸):

```
$regfile = "M8DEF. DAT"
$crystal = 8000000
'-----------------------------------------------------
Config Serialin = Buffered ، Size = 20
Config Com1 = Dummy ، Synchrone = 0 ، Parity = None ، Stopbits = 1 ، Databits = 8 ،
Clockpol = 0
$baud = 9600
'-----------------------------------------------------
Config Adc = Single ، Prescaler = Auto ، Reference = Avcc
'-----------------------------------------------------
Dim C As Long
Dim D As Long
'-----------------------------------------------------
'Pressure * 10 at 100m
Const X = 98
'-----------------------------------------------------
'D =((C*5000000)/256-4000000)/(16*X)
Const Z1 = 5000000 / 256
Const Z2 = 16 * X
'-----------------------------------------------------
Start Adc
Do
  C = Getadc(0)
  D = C * Z1
  D = D - 4000000
  D = D / Z2
  Print "Depth: " ; D ; "cm"
Wait 1
Loop
End
```



شکل ۸-۱: مدار اندازه‌گیری فشار هوا توسّط سنسور **ST09** (سایت الکترونیک۹۸)

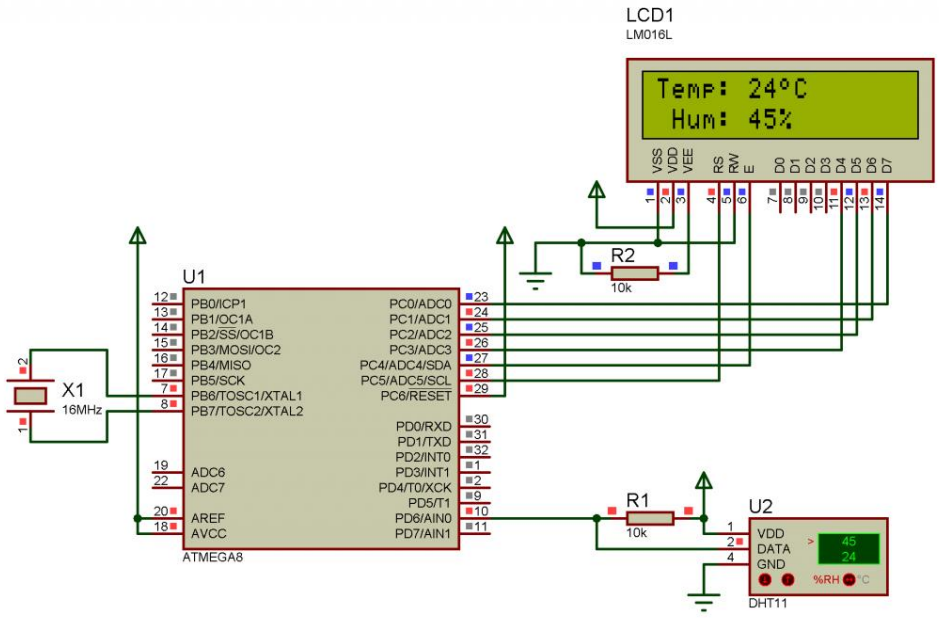
۸-۳- اندازه‌گیری دما و رطوبت توسّط سنسور DHT11

برنامهٔ مربوطه به زبان بیسیک در کامپایلر بسکام میکرو AVR پیاده‌سازی شده است. این برنامه و شماتیک مداری آن به شرح ذیل می‌باشند (سایت آموزش، ۱۳۹۵):

```
$regfile = "m8def. dat"
$crystal = 16000000
'-----------------------------------------
```

```
Config Lcd = 16 * 2
Config Lcdpin = Pin ، Rs = Portc. 5 ، E = Portc. 4 ، Db4 = Portc. 3 ، Db5 = Portc. 2 ، Db6 =
Portc. 1 ، Db7 = Portc. 0
Cursor Off : Cls
'-----------------------------------------
Declare Sub Get_th(t As Byte ، H As Byte)
'-----------------------------------------
Config Serialin = Buffered ، Size = 128
Config Serialout = Buffered ، Size = 128
'-----------------------------------------
Dht_put Alias Portd. 6
Dht_get Alias Pind. 6
Dht_io_set Alias Ddrd. 6
'-----------------------------------------
Dim T As Byte
Dim H As Byte
Dim Crc As Byte
Dim Mybyte As Byte
Dim Sensor_data As String * 40
Dim Tmp_str8 As String * 8
Dim Count As Byte
'-----------------------------------------
Enable Interrupts
'-----------------------------------------
Set Dht_io_set
Set Dht_put
'-----------------------------------------
Do
Waitms 1500
Call Get_th(t ، H)
Cls
Lcd "TMP: " ; T ; "C"
Lowerline
Lcd "HUM: " ; H ; "%"
Loop
'-----------------------------------------
Sub Get_th(t As Byte ، H As Byte)
Count = 0
Sensor_data = ""
Set Dht_io_set
Reset Dht_put
Waitms 25
'-----------------------------------------
Set Dht_put
Waitus 40
```

```
Reset Dht_io_set
Waitus 40
If Dht_get = 1 Then
H = 1
End if
Exit Sub
'-------------------------------------------
Waitus 80
If Dht_get = 0 Then
H = 2
Exit Sub
End If
'-------------------------------------------
While Dht_get = 1 : Wend
Do
While Dht_get = 0 : Wend
Waitus 30
If Dht_get = 1 Then
Sensor_data = Sensor_data + "1"
While Dht_get = 1 : Wend
Else
Sensor_data = Sensor_data + "0"
End If
Incr Count
Loop Until Count = 40
'-------------------------------------------
Set Dht_io_set
Set Dht_put
Tmp_str8 = Left(sensor_data ، 8)
H = Binval(tmp_str8)
Tmp_str8 = Mid(sensor_data ، 17 ، 8)
T = Binval(tmp_str8)
Tmp_str8 = Right(sensor_data ، 8)
Crc = Binval(tmp_str8)
Mybyte = T + H
If Mybyte <> Crc Then
H = 3
End If
End Sub
```



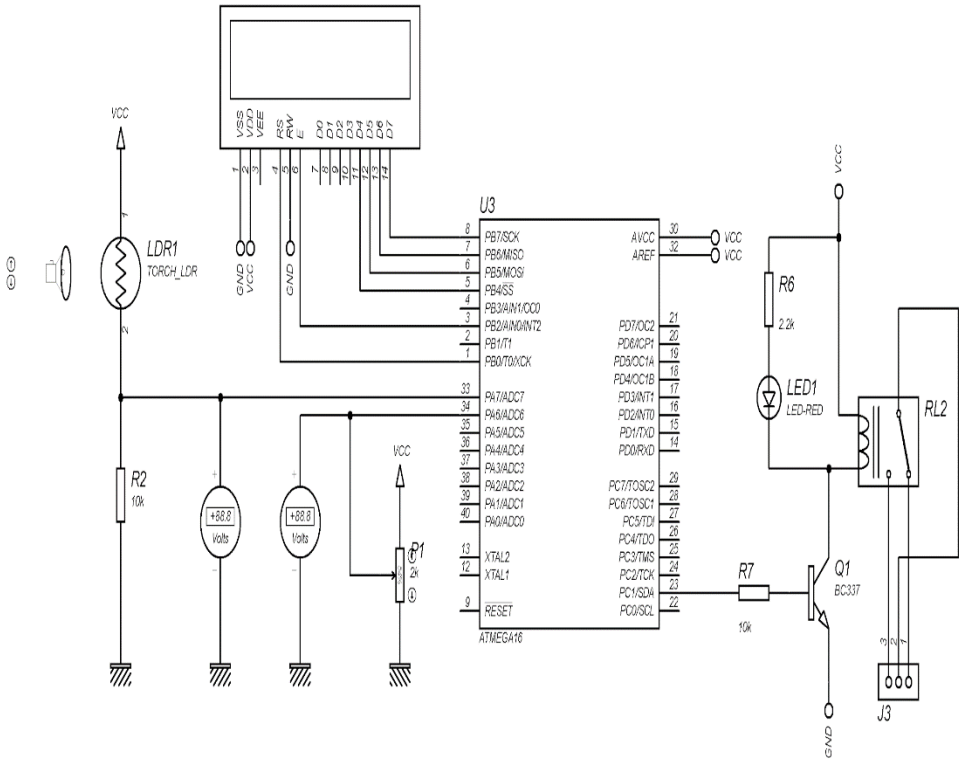
شکل ۸-۲: مدار اندازه‌گیری دما و رطوبت توسّط سنسور **DHT11** (سایت آموزش، ۱۳۹۵)

۸-۴- کنترل نور توسّط سنسور فتوسل

برنامه مربوطه به زبان بیسیک در کامپایلر بسکام میکرو AVR پیاده‌سازی شده است. این برنامه و شماتیک مداری آن در نرم‌افزار پروتئوس، به شرح ذیل می‌باشند (سایت الکترونیک ۹۸):

```
$regfile = "m16def. dat"
$crystal = 1000000
'-----------------------------------------------------
Config Lcdpin = Pin ، Db4 = Portb. 4 ، Db5 = Portb. 5 ، Db6 = Portb. 6 ، Db7 = Portb.
7 ، E = Portb. 2 ، Rs = Portb. 0
Config Lcd = 16 * 2
Cursor Off
Cls
'-----------------------------------------------------
Enable Interrupts
Config Adc = Single ، Prescaler = Auto ، Reference = Avcc
Start Adc
```

```
'-----------------------------------------------------
Config Portc. 1 = Output : Reset Portc. 1 : Relay Alias Portc. 1
'-----------------------------------------------------
Dim Ldr As Word
Dim Setpoint As Word
Dim Setpoint_eram As Eram Word At &H00
Dim Setpoint_max As Word
Dim Setpoint_min As Word
'-----------------------------------------------------
Do
  Gosub Red_temp
  Gosub Show_temp
  Gosub Termostat
  Waitms 300
Loop
End
'-----------------------------------------------------
Red_temp:
  Ldr = Getadc(7) : Ldr = Ldr * 4. 8828125
  Setpoint = Getadc(6) : Setpoint = Setpoint * 4. 8828125
Return
'-----------------------------------------------------
Show_temp:
  Locate 1 ، 1 : Lcd "LDR:" ; Ldr ; " mV"
  Locate 2 ، 1 : Lcd "Setpoint:" ; Setpoint ; " mV"
Return
'-----------------------------------------------------
Termostat:
  Setpoint_max = Setpoint
  Setpoint_min = Setpoint - 10
  If Ldr > Setpoint_max Then
    Reset Relay
  Elseif Ldr <= Setpoint_min Then
    Set Relay
  End If
Return
```



شکل ۸-۳: مدار کنترل نور توسّط سنسور فتوسل (سایت الکترونیک۹۸)

۸-۵- کنترل از راه دور توسّط ماژول GSM SIM900D

برنامهٔ مربوطه به زبان بیسیک در کامپایلر بسکام میکرو AVR پیاده‌سازی شده است. این برنامه و شماتیک مداری آن در نرم‌افزار پروتئوس، به شرح ذیل می‌باشند (سایت الکترونیک ۹۸):

```
$regfile = "m32def. dat"
$crystal = 16000000
$baud = 19200
$hwstack = 64
$swstack = 64
$framesize = 100
'-------------------------------------------
Declare Sub Getline(s As String)
Declare Sub Flushbuf()
```

```
'-----------------------------------------
Config Serialin = Buffered ، Size = 60
Config 1wire = Portd. 3
'-----------------------------------------
Enable Interrupts
'-----------------------------------------
Config Porta. 2 = Output
Led Alias Porta. 2
Led = 0
'-----------------------------------------
Config Portd. 4 = Input
Vkl Alias Pind. 4
'-----------------------------------------
Config Portd. 5 = Output
Powerkey Alias Portd. 5
Powerkey = 0
V
Config Portd. 6 = Output
Outpin Alias Portd. 6
Outpin = 0
'-----------------------------------------
Config Portd. 7 = Input
Pir Alias Pind. 7
'-----------------------------------------
Dim Number As String * 11
Dim Temp As String * 10
Dim Temp1 As String * 10
Dim Temp2 As String * 10
Dim Rs As Byte
Dim A As Byte
Dim S As String * 50
Dim B As Byte
Dim R As Byte
Dim Z As String * 15
Dim Sms_num As String * 2
Dim Stmp As String * 1
Dim Sms As String * 120
Dim Otvet As String * 160
Dim Sk As String * 66
Dim Tmr As Byte
Dim Sms_val As Byte
Dim F As Byte
Dim Error As Byte
```

```
Dim U As Byte
Dim Loadpin As Bit
Dim Pirsend As Bit
Dim Loadpinstr As String * 3
Dim Pirstr As String * 1
Dim Pirsendstr As String * 3
Pirsend = 1
Dim T As Byte
Dim Sign As String * 5
Dim Byte0 As Byte
Dim Byte1 As Byte
Dim T1 As Byte
Dim T2 As Byte
Dim Tstr As String * 4
Dim Numb As Byte
Dim Connect As String * 6
Dim Connectvar As Byte
Dim Operator As String * 20
Dim Date_str As String * 20
Dim Time_str As String * 20
'-------------------------------------------------------------------------------
Const Phonenumber = "+9815132. . . "
Config Porta. 5 = Output
D3310dc Alias Porta. 5
Config Porta. 6 = Output
D3310ce Alias Porta. 6
Config Porta. 7 = Output
D3310re Alias Porta. 7
Config Spi = Soft ، Din = Porta. 1 ، Dout = Porta. 4 ، Ss = None ، Clock = Porta. 3
Dim Vers As String * 14
Vers = "Rev. 121021. 5d"
Spiinit
$include "3310init. bas"
'-----------------------------------------
Call D3310reset
Call D3310init
Call D3310clear
'-----------------------------------------
$include "sim900. bas"
Led = 1
Print "AT+CMGF=1"
Waitms 50
Print "AT+CLIP=1"
```

```
Wait 3
Led = 0
Flushbuf
Call D3310clear
'-------------------------------------------
Do
Led = 1
Gosub Checkmodule
Gosub Readsms
Gosub Readfirstsms
Gosub Checksms
Gosub Operator
Gosub Connect
Gosub Time_date
Gosub 18b20
Gosub Sensor
Led = 0
Wait 10
Loop
End
'-------------------------------------------
$include "3310end. bas"
$include "3310bmp1. bas"
'-------------------------------------------
Sub Getline(s As String)
S = ""
Do
B = Inkey()
Select Case B
Case 0
Case 13
Case 10 : If S <> "" Then Exit Do
Case Else : If B > 31 Then S = S + Chr(b)
End Select
Loop
End Sub
'-------------------------------------------
Sub Flushbuf()
Waitms 100
Do
B = Inkey()
Loop Until B = 0
End Sub
'-------------------------------------------
```

```
Readsms:
R = Iscarwaiting()
If R = 1 Then
Getline Sk
Z = Left(sk ، 4)
'--------------------------------------------
If Z = "+CMT" Then
Sms_num = Right(sk ، 2)
Stmp = Left(sms_num ، 1)
If Stmp = "،" Then
  Sms_num = Right(sk ، 1)
End If
Wait 1
Number = ""
Print "AT+CMGR=" ;
Print Sms_num
Waitms 10
Getline Sk
Waitms 10
Getline Sk
Number = Mid(sk ، 22 ، 12)
Sms = Sk
Waitms 10
Getline Sk
Sms = Sk
Sms = Left(sms ، 14)
'--------------------------------------------
Do
Led = 0
Waitms 100
Led = 1
Waitms 50
Incr F
Loop Until F = 10
F = 0
Call D3310position(0 ، 2)
Call D3310print( "            ")
Call D3310position(0 ، 2)
Call D3310print(number)
Call D3310position(0 ، 3)
```

```
Call D3310print( "            ")
Call D3310position(0 ، 3)
Call D3310print(sms)
'-------------------------------------------
Print "AT+CMGDA=" ; Chr(34) ; "DEL ALL" ; Chr(34)
End If
Waitms 100
Flushbuf
End If
Return
'-------------------------------------------
Checksms:
If Sms = "0" Then
Outpin = 0
Loadpin = 0
Loadpinstr = "Off"
Sms = ""
Call D3310position(0 ، 3)
Call D3310print( "Load OFF     ")
End If
'-------------------------------------------
If Sms = "1" Then
Outpin = 1
Loadpin = 1
Loadpinstr = "ON"
Sms = ""
Call D3310position(0 ، 3)
Call D3310print( "Load ON      ")
End If
'-------------------------------------------
If Sms = "2" Then
Gosub Atd
Sms = ""
Number = ""
Call D3310position(0 ، 2)
Call D3310print( "            ")
Call D3310position(0 ، 3)
Call D3310print( "            ")
End If
'-------------------------------------------
If Sms = "3" Then
Gosub Balanse
```

```
Sms = ""
Number = ""
Call D3310position(0 ، 2)
Call D3310print( "            ")
Call D3310position(0 ، 3)
Call D3310print( "            ")
End If
'--------------------------------------------
If Sms = "4" Then
Gosub 18b20
Otvet = Sign + Tstr
Gosub Sendsms
Flushbuf
End If
'--------------------------------------------
If Sms = "5" Then
Pirsend = 0
Sms = ""
End If
'--------------------------------------------
If Sms = "6" Then
Pirsend = 1
Sms = ""
End If
'--------------------------------------------
If Sms = "?" Then
Otvet = "SIM900D" + Chr(10) + "Temp:" + Sign + Tstr + Chr(10) + "Load:" +
Loadpinstr + Chr(10) + "PIR sensor:" + Pirstr + Chr(10) + "Send SMS from sensors:"
+ Pirsendstr
Gosub Sendsms
Sms = ""
End If
Return
'--------------------------------------------
Sendsms:
Print "AT+CMGS=" ; Chr(34) ; Phonenumber ; Chr(34)
Waitms 200
Print Otvet ; Chr(26)
Print Chr(26);
Wait 1
Print Chr(13)
'--------------------------------------------
Do
```

```
Led = 0
Waitms 100
Led = 1
Waitms 50
Incr F
Loop Until F = 10
F = 0
Return
'-----------------------------------------
18b20:
1wreset
If Err = 1 Then
T = 255
Sign = "error"
Call D3310position(0 ، 1)
Call D3310print(sign)
Return
Else
1wwrite &HCC
1wwrite &H44
Waitms 750
1wreset
1wwrite &HCC
1wwrite &HBE
Byte0 = 1wread()
Byte1 = 1wread()
If Byte1 > 248 Then
Byte0 = &HFF - Byte0
Byte1 = &HFF - Byte1
Sign = "-"
Else
Sign = "+"
End If
T1 = Byte0 / 16
T2 = Byte1 * 16
T = T1 + T2
'-----------------------------------------
If Sign = "-" Then
T = T1 + 1
End If
If Sign = "+" And T = 0 Then
Sign = " "
End If
```

```
End If
'-------------------------------------------
Tstr = Str(t)
Tstr = Format(tstr ، 00)
Call D3310position(0 ، 1)
Call D3310print( "            ")
Call D3310position(0 ، 1)
Call D3310print(sign)
Call D3310position(1 ، 1)
Call D3310print(tstr)
Call D3310position(3 ، 1)
Call D3310print( "°C")
Return
'-------------------------------------------
Operator:
Print "AT+COPS?"
Waitms 500
Getline Sk
Waitms 100
Getline Sk
Operator = Sk
Operator = Mid(operator ، 12 ، 9)
Call D3310position(0 ، 0)
Call D3310print( "          ")
Call D3310position(0 ، 0)
Call D3310print(operator)
Flushbuf
Return
'-------------------------------------------
Connect:
Call D3310position(11 ، 0)
Call D3310print( "^")
Print "AT+CSQ"
Waitms 300
Getline Sk
Waitms 100
Getline Sk
Connect = Sk
Connect = Mid(connect ، 7 ، 2)
Connectvar = Val(connect)
```

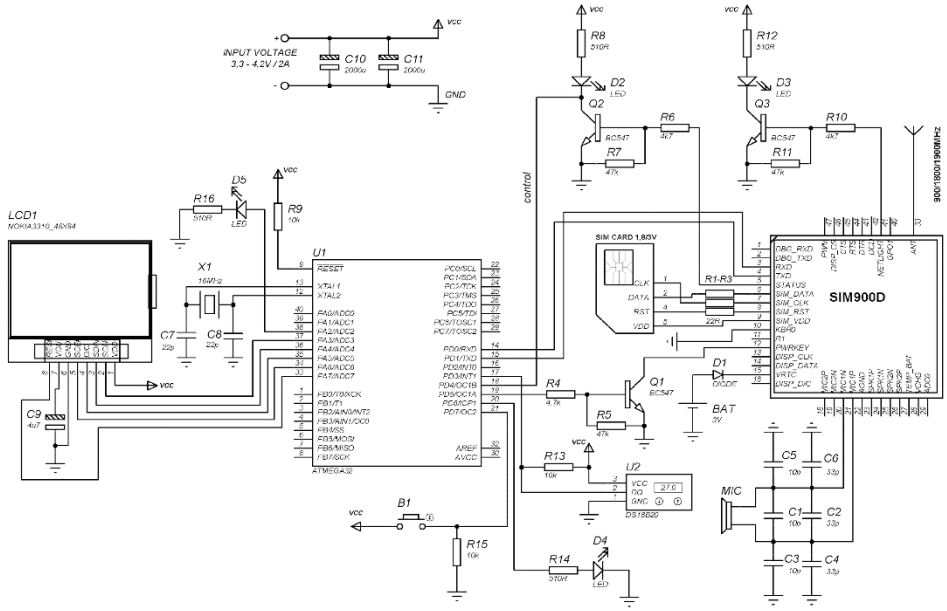
```
Call D3310position(12 ، 0)
Call D3310print( "  ")
If Connectvar > 0 And Connectvar < 4 Then
Call D3310position(12 ، 0)
Call D3310print( "> ")
Elseif Connectvar > 4 And Connectvar < 9 Then
Call D3310position(12 ، 0)
Call D3310print( "< ")
Elseif Connectvar > 9 And Connectvar < 15 Then
Call D3310position(12 ، 0)
Call D3310print( "<@")
Elseif Connectvar > 15 And Connectvar < 32 Then
Call D3310position(12 ، 0)
Call D3310print( "<&")
Elseif Connectvar = 0 Or Connectvar = 99 Then
Call D3310position(12 ، 0)
Call D3310print( "$")
End If
Flushbuf
Return
'-----------------------------------------
Time_date:
Print "AT+CCLK?"
Waitms 400
Getline Sk
Waitms 400
Getline Sk
Date_str = Mid(sk ، 9 ، 8)
Call D3310position(0 ، 5)
Call D3310print( "            ")
Call D3310position(0 ، 5)
Call D3310print(date_str)
Time_str = Mid(sk ، 18 ، 5)
Call D3310position(0 ، 4)
Call D3310print( "            ")
Call D3310position(0 ، 4)
Call D3310print(time_str)
Flushbuf
Return
```

```
'-------------------------------------------
Atd:
Print "ATD" ; Phonenumber ; ";"
Waitms 100
Call D3310position(0 ، 2)
Call D3310print( "            ")
Call D3310position(0 ، 2)
Call D3310print( "")
Call D3310position(0 ، 3)
Call D3310print( "            ")
Call D3310position(0 ، 3)
Call D3310print(phonenumber)
Wait 20
Flushbuf
Return
'-------------------------------------------
Balanse:
Call D3310position(0 ، 2)
Call D3310print( "            ")
Call D3310position(0 ، 2)
Call D3310print( "   ")
Call D3310position(0 ، 3)
Call D3310print( "            ")
Print "ATD*100#"
Wait 1
Getline Sk
Getline Sk
Getline Sk
Otvet = Sk
Gosub Sendsms
Flushbuf
Return
'-------------------------------------------
Checkmodule:
Call D3310position(0 ، 3)
Call D3310print( "            ")
If Loadpin = 0 Then
Call D3310position(0 ، 3)
Call D3310print( "Load OFF     ")
Loadpinstr = "Off"
Else
```

```
Call D3310position(0 ، 3)
Call D3310print( "Load ON      ")
Loadpinstr = "ON"
End If
'-----------------------------------------
If Vkl = 0 Then
Call D3310position(0 ، 2)
Call D3310print( "            ")
Call D3310position(0 ، 2)
Call D3310print( "SIM900D ON    ")
'-----------------------------------------
Else
Call D3310position(0 ، 2)
Call D3310print( "            ")
Call D3310position(0 ، 2)
Call D3310print( "SIM900D OFF")
'-----------------------------------------
Wait 2
If Vkl = 1 Then
Goto Pwrmodule
Else
End If
End If
Flushbuf
Waitms 10
Return
'-----------------------------------------
Sensor:
If Pir = 1 Then
Call D3310position(6 ، 1)
Call D3310print( "Äàò.  1  ")
Pirstr = "1"
Wait 1
'-----------------------------------------
If Pirsend = 0 Then
Otvet = "Alarm!"
Call D3310position(0 ، 1)
Call D3310print( "            ")
Call D3310position(0 ، 1)
Call D3310print( "Îòïðàâêà SMS  ")
Gosub Sendsms
```

```
Pirsend = 1
End If
Else
Call D3310position(6 ، 1)
Call D3310print( "Äàò.  0  ")
Pirstr = "0"
End If
If Pirsend = 0 Then
Call D3310position(13 ، 1)
Call D3310print( " ")
Pirsendstr = "Yes"
Else
Call D3310position(13 ، 1)
Call D3310print( "!")
Pirsendstr = "No"
End If
Flushbuf
Waitms 10
Return
'-----------------------------------------
Readfirstsms:
Print "AT+CMGR=1"
Waitms 10
Getline Sk
Waitms 10
Getline Sk
Number = Mid(sk ، 22 ، 12)
Sms = Sk
Sms = Left(sms ، 4)
If Sms = "+CMG" Then
Waitms 10
Getline Sk
Sms = Sk
Sms = Left(sms ، 14)
'-----------------------------------------
Do
Led = 0
Waitms 100
Led = 1
Waitms 50
Incr F
Loop Until F = 10
```

```
F = 0
Call D3310position(0 ، 2)
Call D3310print( "          ")
Call D3310position(0 ، 2)
Call D3310print(number)
Call D3310position(0 ، 3)
Call D3310print( "          ")
Call D3310position(0 ، 3)
Call D3310print(sms)
Print "AT+CMGDA=" ; Chr(34) ; "DEL ALL" ; Chr(34)
End If
Waitms 100
Flushbuf
Return
```



شکل ۸-۴: مدار کنترل از راه دور توسّط ماژول **GSM SIM900D** (سایت الکترونیک۹۸)

۸-۶- توصیف کلّی الگوریتم‌ها

همانطور که در این فصل ملاحظه شد، کدهای برنامه‌نویسی مربوط به چند مثال کاربردی در زمینهٔ سیستم‌های مدیریّت ساختمان هوشمند به زبان بیسیک در کامپایلر بسکام AVR ارائه گردید. برای

آشنایی بیشتر مخاطبین و علاقه‌مندان به این حوزهٔ تخصّصی و کاربردی، برخی از مهمترین دستورات به‌کار رفته در برنامه‌ها مورد تحلیل قرار می‌گیرند (عبدمنافی، ۱۳۹۱).

۱) در زبان بیسیک همیشه اوّلین خطّ برنامه مر بوط به معرفی میکرو می باشد:

```
$regfile="micro name"
```

به‌عنوان مثال در برنامهٔ بخش ۸-۲، نام میکرو بهصورت M8DEF. DAT بیان شده که معرّف میکروکنترلر ATMEGA8 است.

۲) خطّ بعدی معرّفی کریستال می باشد:

```
$crystal=x
```

که x کریستال مورد استفاده بر حسب هرتز است مانند: $crystal=8000000 که در اینجا بدین معناست که کریستال ۸ مگا هرتز است.

۳) بعد از معرّفی کریستال، نوبت به معرّفی امکانات میرسد. امکانات شامل تایمرها، Adc (مبدّل آنالوگ به دیجتال)، ورودی یا خروجی قرار دادن پورتها و موارد دیگر میباشد. معرّفی امکانات با دستور زیرشروع میشود:

```
Config
```

به‌عنوان مثال Config Lcd یا Config Adc به‌کار رفته در برنامه‌های بالا نشان‌دهندهٔ تعریف امکانات مانند نمایشگر خروجی و مبدّل آنالوگ به دیجیتال است.

۴) در این مرحله نام متغیّر تعریف می‌شود:

```
DIM Q AS BIT
```

با کمک دستور فوق، متغیّر Q تعریف می‌شود.

۵) متغیّرهای ثابت در برنامه با دستور زیر تعریف می‌گردد:

```
Const Variable=Value
```

۶) برای ایجاد تأخیر از دستور زیر استفاده می‌شود:

```
Wait x
```

x مقدار تأخیر است که برحسب ثانیه می‌باشد. به‌عنوان مثال دستور Wait 1 به معنای تأخیر به‌مدت ۱ ثانیه می‌باشد.

۷) گاهی اوقات نیاز است برنامه مدام اجرا شود یا در هنگام اجرای برنامه از یک خط به خطّ دیگری پرش شود. برای این کار از حلقه‌ها و دستورات پرش استفاده می‌شود. شروع این حلقه با DO و پایان آن با Loop است. هنگامی که پردازندهٔ میکرو دستور Loop را می‌خواند به خطّ Do پرش می‌کند. برنامه با دستور End پایان می‌یابد.

منابع و مراجع

منابع و مراجع

اصل قنبرنژاد، ه.، فرازی، ف.، احمدی، م. و غفاری، ح. ۱۳۹۵. طراحی خانه هوشمند تحت میکرو کنترلر AVR و کنترل به وسیله ویندوز و اندروید، ششمین کنفرانس بین المللی رویکردهای نوین در نگهداشت انرژی، تهران.

بانشی، ا. و مهربان، م. ح. ۱۳۹۴. بررسی عملکرد ساختمان‌های هوشمند و سیستم مدیریت هوشمند ساختمان (BMS)، کنفرانس بین‌المللی پژوهش در علوم و تکنولوژی، کوالالامپور، مالزی.

بهرام‌پور، د. سایت پاورجام. خانه هوشمند با میکروکنترلر AVR، پروژه کارشناسی (کد ۳۳۲)، ۸۳ ص. www.powerjam.ir.

بیات، ع. ۱۳۹۳. سیستم مدیریت ساختمان BMS، www.ketabesabz.com.

حدادی‌نیستانک، ر. ۱۳۹۳. اصول و مبانی سیستم‌های هوشمند کنترل و BMS، نشر کتاب آوا، ۴۵۶ ص.

خدابنده‌لو، ر. شیخی عنبران، ف. و دهقان نیری، ص. ۱۳۹۴. بررسی پروتکل‌های مدیریت هوشمندسازی ساختمان (BMS)، دومین همایش ملی مهندسی رایانه و مدیریت فناوری اطلاعات، دانشگاه شهید بهشتی، تهران.

سایت الکترونیک ۹۸. www.electronics98.com.

سایت ایرساتا. www.irsata.com.

سایت آموزش. ۱۳۹۵. www.justeducation.ir.

سایت پاورجام. سیستم های هوشمند کنترل و BMS، پروژه کارشناسی (کد ۱۰)، ۱۴۴ ص. www.powerjam.ir.

سایت پاورجام. خانه هوشمند (Smart Home)، پروژه کارشناسی (کد ۸۳)، ۱۰۱ ص. www.powerjam.ir.

سایت پاورجام. سیستم مدیریت هوشمند ساختمان، پروژه کارشناسی (کد ۸۴)، ۱۷۸ ص. www.powerjam.ir.

سعیدزاده، ف. فرازمند، آ. و پنجستونی، ع. ۱۳۹۶. ساختمان هوشمند و کاربرد آن در زندگی انسان، سومین کنفرانس بین‌المللی پژوهش در علوم و تکنولوژی، برلین، آلمان.

سیدرضی، ح. ۱۳۹۵. میکروکنترلرهای AVR، انتشارات دانشگاهی کیان، ۶۸۵ ص.
سیف، ب. و سیف، د. ۱۳۹۶. طراحی سیستم‌های هوشمند ساختمان، ۱۶۰ ص.
سینو پولی، ج. ۱۳۹۶. سیستم‌های ساختمان هوشمند، (مترجم کارگر، س. م. و جمشیدی، م.)، ناشر دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد، ۳۰۴ ص.
صنعتی‌طراح، م. ۱۳۸۷. سیستم مدیریت هوشمند ساختمان، نشریه پیام مدیران فنی و اجرایی، پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی، ش. ۲۴، ص. ۶۱- ۵۷.
طحانی، م. ۱۳۹۷. مدیریت انرژی و سیستم‌های هوشمند ساختمان، انتشارات یزدا، ۲۱۶ ص.
عبدمنافی، س. ۱۳۹۱. یازده پروژه میکروکنترلر AVR با Bascom، www.melec.ir، ۱۶۹ ص.
غازی، س. و نادری، ا. ۱۳۹۰. بررسی نقش سیستم مدیریت هوشمند (EBMS) در بهینه سازی مصرف انرژی درساختمان، مجله انسان و محیط زیست، ش. ۳، ص. ۵۲-۴۹.
فارغی، ک. ۱۳۸۸. آشنایی با میکروکنترلرهای ARM و برنامه نویسی آنها، انتشارات ۱۲۳(یکصد و بیست و سه)، کامپیوتر پایتخت، ۱۷۸ ص.
فولادیان، ر. ۱۳۹۲. کنترل و طراحی سیستم هوشمند ساختمان BMS، پروژه کارشناسی، www.wikipower.ir.
گروه فنی مهندسی ام. اند. اچ، آموزش سیم‌کشی خانه هوشمند، http://www.mhbms.com/cpanel/sub_agents/attachfile/attachfile105186.pdf.
ماهنامه بازار بین الملل (بازار انرژی)، ۱۳۸۹. سیستم مدیریت ساختمان و مصرف انرژی، سال دوم، ش. نهم، ص. ۵۸- ۵۶.
مرز، ه.، هانسمن، ت. و هوبنر، ک. ۱۳۹۲. سیستم‌های BMS مدیریت ساختمان، (مترجم نیکنامی، س. و ابراهیمی، ف.)، انتشارات یزدا، ۴۵۲ ص.
مفیدی، م. ر. ۱۳۹۵. ساختمان هوشمند، انتشارات سیمای دانش، ۱۶۹ ص.
نشاسته‌گران، م.، رجالی، ف. و حقیقت‌پناه، ن. ۱۳۹۳. ساختمان هوشمند آموزش سیستم KNX و نرم افزار ETS، ۲۷۸ ص.
نوحی، م. ۱۳۹۶. مبانی میکروکنترلرهای PIC، انتشارات موسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران، ۴۷۴ ص.
نیکنامی، س. ا. و نیکنامی، ح. ا. ۱۳۹۵. سیستم‌های هوشمند ساختمان (دوره مقدماتی knx)، نشر و گروه نشریات یزدا، ۲۵۶ ص.

وانگ، ش. و. ۱۳۹۳. ساختمان‌های هوشمند و اتوماسیون ساختمان، (مترجم آقاجان‌نوری، م.)، انتشارات یزدا، ۳۹۲ ص.

وزارت آموزش و پرورش (سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی). ۱۳۹۶. طراحی و نصب تأسیسات برقی و ساختمان‌های هوشمند، ۲۵۰ ص.

یوسف‌نژاد، ع. ا. ۱۳۹۲. طراحی نوین و هوشمند برق ساختمان، انتشارات دانش اترک، ۲۲۲ ص.

Delta Group Company. 2017. Delta Controls Product Catalog, www.deltacontrols.com.

Delta Group Company. 2010. Delta Programmable Logic Controller, www.deltaww.com.

Delta Group Company. 2015. Field Modules DFM, www.deltacontrols.com.

Delta Group Company. 2016. Delta Building Management and control system, www.deltaww.com.

Delta Group Company. 2007. GE Lighting Controller DLC-G1212, pp. 1-2, www.deltaww.com.

Delta Group Company. 2013. Network Sensors DNS-x24, www.deltacontrols.com.

Delta Group Company. 2013. Installation Guide Delta Network Thermostat DNT-T103, www.deltaww.com.

Delta Group Company. 2013. Application Guide Delta Network Thermostat DNT-T221-FCU, www.deltaww.com.

Delta Group Company. 2019. System Controllers DSC-1146E, www.deltacontrols.com.

Delta Group Company. 2013. Installation Guide DSM-RTR, www.deltacontrols.com.

Delta Group Company. 2015. INSTALLATION & APPLICATION GUIDE, Access System Manager ASM-24E, www.deltacontrols.com.

Delta Group Company. 2011. Software DWS-340: ORCAweb, www.deltacontrols.com.

Delta Group Company. 2009. Delta ORCAview 3.40, BACNET PROTOCOL IMPLEMENTATION CONFORMANCE STATEMENT, Delta Controls, www.deltacontrols.com.

GCL Programmer's Manual. 1999. Job Control and IOF. DPS7000/XTA NOVASCALE 7000, REFERENCE 47 A2 36UJ 05.

GCOS 7 System Overview. 1996. Operating System Bull DPS 7000 User Guide. 1999. REFERENCE 47 A2 22UG Rev00.

Schneider Electric (Australia). 2013. C-Bus, the Ultimate Control Solution, pp. 1-20, www.clipsal.com.

University of British Columbia. 2017. Building Management System (BMS), Design Guidelines, pp. 1-86.

Familiarity with the concepts, standards and how to implement the intelligent building management system

Dr. Ehsan Azimirad

(Assistant Professor of Electrical Engineering Department, University of torbat heydarieh)

Dr. Seyed Reza Movahhed Ghodsinya

(Assistant Professor of Electrical Engineering Department, University of torbat heydarieh)