مقدمه:

نقش سیستم های اتوماسیون و کنترل در صنایع و نقش آن در بهبود بهره وری از جهت نیاز کمتر به نیروی انسانی و نظارت بهتر و دقیق تر بر فرآیند در حال اجرا بر همه آشکار و مشخص است.

به کار گیری شیوه های نوین در کنترل نیز از اساسی ترین نیازهای بسیاری از صنایع به خصوص صنایع بزرگ (نفت وگاز و تولید برق) می باشد که بسیاری از صنایع بدون استفاده از یک سیستم اتوماسیون وکنترلی مدرن و مناسب قادر به ادامه کار خود نیستند.

اصطلاح اتو ماسیون صنعتی به طور عام مربوط به علوم و تکنولوژی کنترل پروسه است و شامل کنترل فرایند های متفاوتی در صنعت است. این بحث امروزه در مجامع صنعتی بصورت خیلی عادی رایج است و در بسیاری از اماکن صنعتی به مرحله اجرا در آمده است. توسعه در کنترل و صنعتی سازی امکان پیشرفت بیشتر و گسترده تر پروسه های پیچیده و دخالت دادن تکنولوژیهای جدید و استفاده از مزایای اقتصادی آنها را فراهم ساخته است . اقتصادی کردن سیستمها ی زیر ساخت پیشرفتهای آن منجر به این شد که اقبال عمومی نظر به سیستمهای تمام اتوماتیک داشته باشد.

یکی از قابلیتهای مهم خودکار سازی وجود تجهیزات قابل انعطاف یا به عبارتی انعطاف پذیری است که به اختصار می توان به شکل زیر تعریف کرد:

سازگاری آرام و پیوسته در تغییر یک کارخانه با رعایت استفاده بهینه از امکانات موجود و گام برداشتن به سوی پیشرفت با رعایت انطباق با سیستمهای قدیمی و بالا بردن قابلیتها و کیفیت تولید و بهینه سازی در مواد اولیه مصرفی و انرژی.

در حال حاضر ارتقاء سطح کیفی محصولات تولیدی در صنایع مختلف و در کنار آن افزایش کمی تولید، هدف اصلی هر واحد صنعتی می باشد و مدیران صنایع نیز به این مهم واقف بوده و تمام سعی خود را در جهت نیل به این هدف متمرکز نموده اند.

POWEREN.IR

بخش کنترل در هر سیستم صنعتی بایستی متناسب با شرایط لحظه ای به عملگرها فرمان دهد بنابراین در یک فرایند صنعتی بخش اول یک چرخه کنترلی، برداشت اطلاعات از فرایند می باشد .

مرحله اول جمع آوری اطلاعات در فرایندهای صنعتی با استفاده از سنسورها صورت می گیرد. امروزه در بسیاری از ماشین آلات صنعتی استفاده از سنسورها امری متداول می باشد. وجود سنسورهای مختلف در فرایند اتوماسیون به اندازه ای مهم می باشد که می توان گفت بدون سنسور هیچ فرایند خودکاری شکل نمی گیرد بنابراین سنسورها یکی از اجزای لاینفک سیستم های اتوماسیون صنعتی می باشند.

یکی دیگر از مباحث مهم و مرتبط با اتوماسیون صنعتی، مانیتورینگ می باشد. مونیتورینگ عبارت است از جمع آوری اطلاعات مورد نظر از بخشهای مختلف یک واحد صنعتی و نمایش آنها برای رسیدن به اهداف مورد نظر.

امروزه مانیتورینگ یکی از نیازهای اساسی بسیاری از صنایع به خصوص صنایع بزرگ می باشد. بسیاری از صنایع بزرگ مانند صنایع پتروشیمی، صنایع تولید انرژی، صنایع شیمیایی و... بدون استفاده از سیستم مونیتورینگ مناسب قادر به ادامه کار خود نیستند.

نیاز به جمع آوری داده و مانیتورینگ با عث به وجود آمدن ابزارهای کوناگونی همانند اسکادا شده است که ما را در رسیدن به اهداف بالا یاری می کند. استفاده از اسکادا برای صنایع مختلف در ایران عمر کمی دارد برای مثال در صنعت برق در حدود ۵ سال و در بخش کوچکی از سیستم است. با توجه به گستردگی موضوع در این تحقیق سعی بر آن بوده بیشتر مطالب کلی و مهم در رابطه با اسکادا بیان شود.

اتوماسیون شبکه های توزیع که از سالهای ۱۹۶۰میلادی توسط شرکتهای توزیع در کشورهای صنعتی شروع شده است، دیگر یک فن آوری تجملی محسوب نمی شود، بلکه با واقعیتهای دنیای آینده در مورد انرژی و لزوم صرفه جویی از نظر منابع و محیط زیست یک الزام و اجبار اقتصادی و زیست محیطی است. دستگاههای میکروپروسسوری اندازهگیری، حفاظتهایمجتمع دیجیتال و سیستمهای کنترل کامپیوتری بهمراه نرم افزارهای مدیریتی و محاسباتی سریع و تکامل یافته، می توانند اتوماسیونی را ایجاد کنند که در برگیرنده قابلیت اطمینان بالا، کنترل بهتر، تلفات کمتر، نگهداری و تعمیرات بهنگام و اقتصادی همراه با کاهش نیروی انسانی باشد.

فصل اول

مانیتورینگ و اتوماسیون صنعتی

فصل اول مانیتورینگ و اتوماسیون صنعتی

یکی از مهمترین اهداف اسکاداو دیگر سیتم های کنترل مانیتورینگ و ایجاد اتوماسیون است که در این فصل به توضیح آن پرداخته می شود.

۱-۱ اتوماسیون صنعتی

اتوماسیون به معنای کنترل و هدایت یک دستگاه به صورت خود کار است و مشخصه سیستم هایی است که تصمیم برای انجام فعالیت یا فعالیت هایی به جای انسان توسط دستگاه های خودکار صورت می پذیرد. بدین معنی که ابزارهای کنترلی مثل کامپیوتر و ابزار مکانیکی مثل رباط یا ماشین های الکتریکی جایگزین قدرت تفکر و نیروی انسانی می شوند. مساله اتوماسیون زمانی مطرح می شود که به انجام کاری به صورت مکرر، نظارتی مستمر و دقیق، فعالیتی خطر آفرین و یا کارهایی با دقت یا سرعت فوق العاده زیاد نیاز داریم. به عبارت دیگر هنگامی که انسان در فعالیتی احساس ضعف و ناتوانی می کند، با استفاده از ابزار کنترلی و مکانیکی و بایاری جستن از اتوماسیون، بر مشکل خویش فایق می آید. به همین دلیل پدیده اتوماسیون در بخش صنعت اهمیتی فوق العاده دارد و توجه ویژه به آن باعث شده به سرعت گام در راه تکامل نهاده و بیش از پیش بخش های زندگی انفرادی و اجتماعی انسان را تحت تاثیر قرار دهد. . اتوماسیون یک گام فراتر از مکانیزه کردن است. مکانیزه کردن به معنی فراهم کردن متصدیان انسانی با ابزار و دستگاه هایی است که ایشان را برای انجام بهتر کارشان یاری میرساند. نمایان ترین و شناخته شده ترین بخش اتوماسیون صنعتی ربات های صنعتی هستند.

امروزه کاربرد اتوماسیون صنعتی و ابزار دقیق در صنایع و پروسه های مختلف صنعتی به وفور به چشم می خورد . کنترل پروسه و سیستمهای اندازه گیری پیچیده ای که در صنایعی همچون نفت، گاز، پتروشیمی، صنایع شیمیایی، صنایع غذایی، صنایع خودرو سازی و غیره بکار می آید نیازمند ابزارالات بسیار دقیق و حساس می باشند. پیشرفتهای تکنیکی اخیر در کنترل فرایند و اندازه گیری پارامترهای مختلف صنعتی از قبیل فشار، دما، جریان و غیره باعث افزایش کیفیت محصولات و کاهش هزینه های تولید گردیده است. به طور کلی برخی از مزایای اتوماسیون صنعتی از این قبیل اند:

تکرارپذیری فعالیتها و فرایندها

افزایش کیفیت محصولات تولیدی

افزایش سرعت تولید (کمیت تولید)

کنترل کیفیت دقیقتر و سریعتر

کاهش پسماندهای تولید (ضایعات)

برهم کنش بهتر با سیستمهای بازرگانی

افزایش بهره وری واحدهای صنعتی

بالا بردن ضریب ایمنی برای نیروی انسانی و کاستن از فشارهای روحی و جسمی

در حال حاضرارتقاء سطح کیفی محصولات تولیدی در صنایع مختلف و در کنار آن افزایش کمی تولید، هدف اصلی هر واحد صنعتی می باشد و مدیران صنایع نیز به این مهم واقف بوده و تمام سعی خود را در جهت نیل به این هدف متمرکز نموده اند .

لازمه افزایش کیفیت و کمیت یک محصول، استفاده از ماشین آلات پیشرفته و اتوماتیک می باشد. ماشین آلاتی که بیشتر مراحل کاری آنها به طور خودکار صورت گرفته و اتکای آن به عوامل انسانی کمتر باشد. چنین ماشین آلاتی جهت کارکرد صحیح خود نیاز به یک بخش فرمان خودکاردارند که معمولا از یک سیستم کنترل قابل برنامه ریزی (به عنوان مثال PLC یامدار منطقی قابل برنامه ریزی) در این بخش استفاده میگردد. بخش کنترل قابل برنامه ریزی مطابق با الگوریتم کاری ماشین، برنامه ریزی شده و میتواند متناسب با شرایط لحظه ای به عملگر های دستگاه فرمان داده و در نهایت ماشین را کنترل کند .

همانطور که گفته شد بخش کنترل در هر سیستم صنعتی بایستی متناسب با شرایط لحظه ای به عملگرها فرمان دهد بنابراین در یک ماشین یا بطورکلی در یک فرایند صنعتی بخش اول یک چرخه کنترلی ، برداشت اطلاعات از فرایند می باشد.جمع آوری اطلاعات در فرایندهای صنعتی با استفاده از سنسورها یا حسگرها صورت می گیرد . این

حسگرها به منزله چشم و گوش یک سیستم کنترلی عمل می کنند. امروزه در بسیاری از ماشین آلات صنعتی استفاده از سنسورها امری متداول می باشد تا جاییکه عملکرد خودکار یک ماشین را می توان با تعداد سنسورهای موجود در آن درجه بندی کرد.

وجود سنسورهای مختلف در فرایند اتوماسیون به اندازه ای مهم می باشد که بدون سنسور هیچ فرایند خودکاری شکل نمی گیرد بنابراین سنسورها یکی از اجزای لاینفک سیستم های اتوماسیون صنعتی می باشند .

در گذشته نه چندان دور بسیاری از تابلوهای فرمان ماشین آلات صنعتی ، برای کنترل پروسه های تولید از رله های الکترومکانیکی یا سیستم های پنوماتیکی استفاده می کردند و اغلب با ترکیب رله های متعدد و اتصال آنها به یکدیگر منطق کنترل ایجاد می گردید. در بیشتر ماشین آلات صنعتی، سیستم های تاخیری و شمارنده ها نیز استفاده می گردید و با اضافه شدن تعدادیTimer و شمارنده به تابلوهای کنترل حجم و زمان مونتاژ آن افزایش می یافت .

اشکال فوق با در نظر گرفتن استهلاک و هزینه بالای خود و همچنین عدم امکان تغییر در عملکرد سیستم، باعث گردید تا از دهه ۸۰ میلادی به بعد اکثر تابلوهای فرمان با سیستم های کنترلی قابل برنامه ریزی جدید یعنی PLC جایگزین گردند.در حال حاضر PLC یکی از اجزای اصلی و مهم در پروژه های اتوماسیون می باشد که توسط کمپانی های متعدد و در تنوع زیاد تولید و عرضه میگردد. به طور خلاصه سیستمهای نوین اتوماسیون و ابزار دقیق مبتنی بر PLC در مقایسه با کنترل کننده های رله ای و کنتاکتوری قدیمی دارای امتیازات زیر است :

- هزینه نصب و راه اندازی آنها پایین می باشد.
- برای نصب و راه اندازی آنها زمان کمتری لازم است .
- اندازه فیزیکی کمی دارند.
- تعمیر و نگه داری آنها بسیار ساده می باشد.
- به سادگی قابلیت گسترش دارند .
- قابلیت انجام عملیات پیچیده را دارند.
- ضریب اطمینان بالایی در اجرای فرایندهای کنترلی دارند .

- ساختار مدولار دارند که تعویض بخشهای مختلف آن را ساده می کند.
- اتصالات ورودی – خروجی و سطوح سیگنال استاندارد دارند.
- زبان برنامه نویسی آنها ساده و سطح بالاست.
- در مقابل نویز و اختلالات محیطی حفاظت شده اند.
- تغییر برنامه در هنگام کار آسان است.
- امکان ایجاد شبکه بین چندین PLC به سادگی میسر است .
- امکان کنترل از راه دور (از طریق خط تلفن یا سایر شبکه های ارتباطی) قابل حصول است .
- امکان اتصال بسیاری از تجهیزات جانبی استاندارد به PLC ها وجود دارد .

2-1مانیتورینگ

یکی دیگر از مباحث مهم و مرتبط با اتوماسیون صنعتی، مانیتورینگ می باشد. امروزه مانیتورینگ یکی از نیازهای اساسی بسیاری از صنایع به خصوص صنایع بزرگ می باشد. بسیاری از صنایع بزرگ مانند صنایع پتروشیمی، صنایع تولید انرژی، صنایع شیمیایی و ... بدون استفاده از سیستم م انیتورینگ مناسب قادر به ادامه کار خود نیستند. مانیتورینگ عبارت است از جمع آوری اطلاعات مورد نظر از بخش های مختلف یک واحد صنعتی و نمایش آنها با فرمت مورد نظر برای رسیدن به اهداف ذیل :

- نمایش وضعیت لحظه ای هر یک از ماشین آلات و دستگاهها
- نمایش و ثبت پارمترهای مهم و حیاتی یک سیستم
- نمایش و ثبت آلارمهای مختلف در زمانهای بروز خطا در سیستم
- نمایش محل خرابی و زمان وقوع ایراد در هر یک از اجزای سیستم
- نمایش پروسه های تولید با استفاده از ابزارهای گرافیکی مناسب
- تغییر و اصلاح Set Point ها حین اجرای پروسه تولید
- امکان تغییر برخی از فرایندهای کنترلی از طریق برنامه مانیتورینگ

- ثبت اطلاعات و پارمترهای مورد نظر مدیران از قبیل زمانهای کارکرد، میزان تولید، میزان مواد اولیه مصرفی، میزان انرژی مصرفی و ...

۳-۱انواع سیستمهای اتوماسیون:

در اینجا به علت گستردگی این سیستم ها فقط به ذکر نام آنها اکتفا می کنیم :

- Manual
- Pneumatic
- Electronic
- Direct Digital Control
- Digital Communication + Networking
- Distribute Control System(DCS)
- Fieldbus Control System
- Hybrid Control System

فصل دوم

شبکه های صنعتی

فصل دوم شبکه های صنعتی

۲-۱ مقدمه

یکی از نیازهای ایجاد اتوماسیون و مانیتورینگ ایجاد شبکه های صنعتی است که در این فصل بررسی می کنیم.

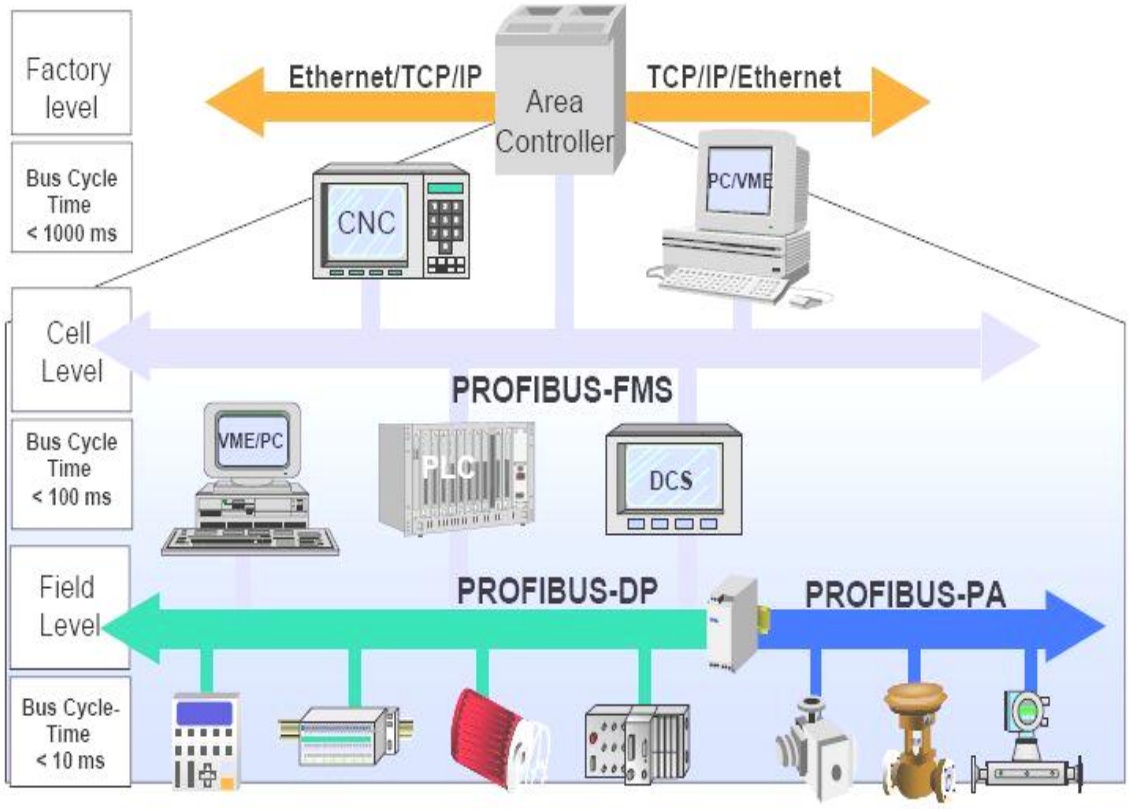
سالهای گذشته انتقال اطلاعات در صنعت و پروسه های کنترل صنعتی به فرستادن سیگنال از جانب یک مرکز کنترل به مرکز فرماندهی خلاصه می شد. اما امروزه تمام کنترل کننده های کوچک و بزرگ در هر نقطه ای از پروسه که باشند باید با یکدیگر و در نهایت با مرکز کنترل مربوط به خود ارتباط بر قرار کنند و همین امر باعث پیچیده شدن هرچه بیشتر سیستمهای ارتباطی خواهد شد.

امروزه تمامی اجزای یک پروسه صنعتی از پایین ترین سطح[1] (سنسورها و محرکها) تا بالاترین سطح (PLCها و کامپیوترها) طوری طراحی و ساخته می شوند که بـه جز وظیفه اصلی و مهم خود که همان اجرای فرامین کنترلی تعریف شده و کنترل اتوماتیک یک پروسه صنعتی است، بتوانند موارد مهم دیگری از قبیل برقراری ارتباط با مرکز کنترل و دیگر کنترل کننده های داخل فیلد را نیز بر عهده بگیرند. بنابراین در ساختار داخلی آنها پیش بینی های لازم جهت استفاده از ابزارها و لوازم خاص ارتباطی صورت گرفته است.

به عنوان مثال می توانیم یک سیستم PLC که در محل خط تولید قرار دارد و توسط یک شبکه محلی آنرا به ماشین های مرکز کنترل که در محل اتاق کنترل کار خانه قرار دارند،متصل کنیم و از همان جا، PLC را کنترل کنیم. مثلا می توانیم به PLC فرمان دهیم تا برنامه کنترلی مربوط به تولید قطعه-ای خاص را اجرا کرده، فرامین آنرا صادر کند و همچنین بر روند کل پروسه نظارت کامل داشته باشد. ضمن اینکه می توان یک گزارش کامل از چگونگی کنترل پروسه توسط PLC مورد نظر را تهیه و در بانک های اطلاعاتی ذخیره کرد و از روی آن تعداد قطعات سالم و خراب و حتی زمانهای از دست رفته و تلف شده در حین تولید را محاسبه کرد.

[1] Field level

شکل ۱-۲ نمونه ای از یک شبکه صنعتی – کامپیوتری با استفاده از محصولات کمپانی siemens را نشان می دهد که در سطوح مختلف در بخشی از یک واحد صنعتی می تواند اجرا شود. همانطور که در شکل مشخص شده در سطح بالا که سطح کارخانه است شبکه اترنترا داریم . و در فیلد های پایین تر نیز شبکه های دیگری که به شبکه های صنعتی موسوم اند قرار دارند، که بسته به نیاز و نوع کاربرد دارای ساختار و معماری متفاوتی به نسبت شبکه های کامپیوتری می باشد که با شبکه اترنت در ارتباط هستند و بر روی آن گسترده شده است.



شکل ۱-۲ نمونه ای از یک شبکه صنعتی – کامپیوتری

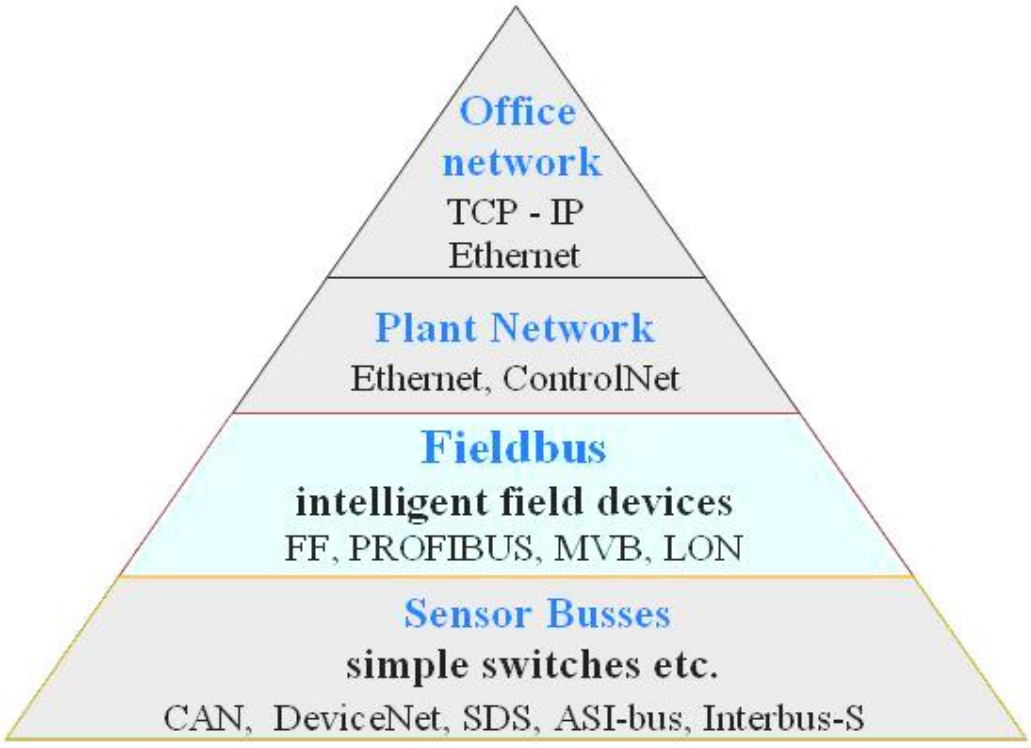
در شکل فوق ممکن است در نگاه اول این طور به نظر برسد که PLC ها و کنترل کننده های محلی تمامی اطلاعات دریافت و جمع آوری کرده را مستقیما به کامپیوتر های اصلی [۲] در مرکز کنترل کارخانه ارسال می کنند، اما در عمل چنین چیزی غیرممکن است، زیرا با ارسال چنین حجم بزرگی از اطلاعات، که درصد بسیار زیادی از آنها نیز برای مرکز کنترل بی ارزش محسوب می شوند، کامپیوترهای مرکز کنترل دچار مشکل شده و خیلی زود از

[2]Servers

کار خواهند افتاد. امروزه PLC ها و کنترل کننده های محلی، خود به تنهایی قادر به آنالیز اطلاعات جمع آوری شده می باشند، بنابراین پس از بررسی و آنالیز اطلاعات می توانند موارد سودمند و قابل استفاده برای سیستم کنترل را به مرکز کنترل ارسال کرده تا از آنها استفاده شود و در ضمن نسخه پشتیبان نیز از این اطلاعات تهیه خواهد شد.

شبکه های محلی در محیط های صنعتی امروزه امکان استفاده های مختلفی را برای بخش ها و قسمت های مختلف کارخانه فراهم آورده اند، به عنوان مثال سیستم شبکه محلی کامپیوتر ها بین بخش های مختلف کارخانه که شامل امکانات پست الکترونیکی و انتقال اطلاعات بین کارمندان است، می تواند در کنار شبکه های صنعتی، روی لینک شبکه محلی LAN قرار گیرد و یک سیستم ارتباطی جامع را پدید آورد.

قبل از این که بخواهیم صحبتی از شبکه های کامپیوتری و صنعتی داشته باشیم، بهتر است جایگاه هر یک از این شبکه ها را در فرآیندهای کنترل صنعتی بدانیم. شکل زیر که به هرم اتوماسیون معروف است، موقعیت هر یک از این شبکه ها را در مراحل مختلف فرآیند مشخص می کند.



شکل ۲-۲ هرم اتوماسیون

۲-۲معماری شبکه های کامپیوتری :

در سالهای اخیر تولید کنندگان تجهیزات الکترونیکی و خصوصا سازندگان کنترلرها و PLCها توجه بیشتری به ساخت سیستم های ارتباطی کرده اند و اغلب آنها راههایی را برای ارتباط بین سیستم –های کنترل ساخت خودشان پیشنهاد می کنند.

اما با گذشت زمان و پیشرفت روز افزون صنایع و رشد چشم گیر آنها استفاده از یک نوع کنترلر و PLC در تمام سطوح کارخانه ای بزرگ امری غیر ممکن می نماید و بنابراین باید چاره ای اندیشید تا کنترلرها و PLC ها از مارک ها و مدل های مختلف که هر کدام به کنترل سیستمی خاص می پردازند (مثل کنترلر دستگاههای CNC[۳] یا روباتهای مونتاژگر) بتوانند با یگدیگر ارتباط بر قرار کنند.

بنابراین مدلی جامع متشکل از هفت لایه مجزا، به نام مدل OSI[۴] برای تعریف شبکه در نظر گرفته شد، جدول ۱-۱، مدل هفت لایه ای OSI را نشان می دهد[13].

لایه هفتم	APPLICATION
لایه ششم	PRESENTATION
لایه پنجم	SESSION
لایه چهارم	TRANSPORT
لایه سوم	NETWORK
لایه دوم	DATA LINK
لایه اول	PHYSICAL

جدول ۱-۲ :مدلهفت لایه ا ی OSI

[3] Compute Numerical Control
[4] Open Systems Interconnection

تمام تجهیزات الکترونیکی در زمینه شبکه های ارتباطی امروزه از یک یا چند لایه از این مدل استفاده می کنند و فعالیتهای ارتباطی خود را تحت پوشش این استاندارد قرار دادهاند. در این بخش سعی خواهیم کرد که توضیح مختصری در مورد هر یک از لایه ها را ارائه دهیم.

۱-۲-۲لایه فیزیکی :

ساده ترین لایه موجود لایه فیزیکی است که در مورد شرایط جابجایی سیگنال های الکتریکی در طول خطوط و ما بین ابزارهای مختلف شبکه به بحث می پردازد. نوع و شرایط کابل ها و سیم های ارتباطی و انواع سیگنال های مختلف در این بخش مورد بحث قرار می گیرند. وظیفه این لایه تعیین روش و نوع تولید سیکنالی که برای انتقال اطلاعات روی رسانه شبکه استفاده می شود.

۲-۲-۲لایه Data link :

این لایه (پیوند داده) در ترکیب با لایه فیزیکی می تواند ضریب اطمینان کار با شبکه را تا حد بسیار زیادی بالا ببرد، زیرا این لایه به بحث در مورد تشخیص خطا یا Error Detection می پردازد و همچنین پس از پرداختن به مقوله تشخیص خطا در امر رفع ان خطا نیز راه حل های مناسبی را ارائه خواهد کرد.

بنابراین بحث در مورد Error Detection و Error Recovery از مباحث مربوط به این بخش می باشد. همچنین موارد دیگری نظیر کنترل جریان اطلاعات یا Data Flow که شامل نکاتی از قبیل زمان شروع و پایان ارسال و دریافت اطلاعات، تعاریف مربوط به بسته بندی یا Package اطلاعات (طول کلمه دیتا و چگونگی شروع و خاتمه آن) تعاریف مربوط به زمان بندی برقراری ارتباط جهت ارسال و دریافت اطلاعات، چگونگی اعلام دریافت اطلاعات (با و بدون خطا) توسط گیرنده، تعاریف مربوط به زمان لازم برای ماندن در حالت انتظار جهت دریافت و ارسال اطلاعات و مواردی دیگر شبیه به اینها هستند نیز در حوزه کار لایه Data link قرار دارد.این لایه رابط سخت افزار ونرم افزار شبکه است.

۳-۲-۲لایه شبکه:

داده لایه شبکه ممکن است در مسیر خود به طرف مقصد از شبکه های متفاوتی بگذرند و پروتکل های لایه پیوند- داده ای که این داده ها با آنها برخورد می کنند , دارای مشخصه و محدودیت های متفاوتی است که یکی از آنها حد اکثر اندازه هر بسته است. قطعه بندی داده ها و آدرس دهی IP داده ها از وظایف این لایه است.

٤-۲-۲لایه انتقال:

این لایه در مورد اتصال وارتباط یک شبکه با شبکه ای دیگر صحبت می کند، در واقع از این لایه به بعد، شبکه خیلی تخصصی تر و دقیق تر شده و هرکدام می توانند پیچیدگی های خاص خودشان را داشته با شند، اما اغلب شبکه دارای نکات بسیارمشابهی در سه لایه اولیه هستند. در این لایه همچنین در مورد استفاده از لایه های بالاتر جهت نظارت برکار لایه های پائین تر بحث می شود. کنترل سرعت اطلاعات بین فرستنده و گیرنده و تعیین آدرس پورت نرم افزاری از وظایف این لایه است.

۵-۲-۲Session Layer:

لایه جلسه در مورد برقراری یک جلسه ارتباطی از طریق شبکه، بین دو کاربر مختلف صحبت می کند، بحث اصلی در مورد برقراری ارتباط، نگه داشتن آن در طول زمان تعیین شده و در نهایت قطع ارتباط در موقع لازم، می باشد. به عنوان مثال دفتر تعمیرات کارخانه می تواند از طریق ارتباط با شبکه داخلی کارخانه با قسمت تدارکات ارتباط برقرار کرده و مو قع خرید لوازم مورد نیاز را گزارش دهد، استانداردهای تعریف شده برای این لایه عبارتند از: CCITT، X212 و ISO8326.وظایف لایه عبارت است از : ورود به یک کامپیوتر از راه دور ،انتقال فایل ،قطع ارتباط و از سرگیری انتقال از محل قطع است.

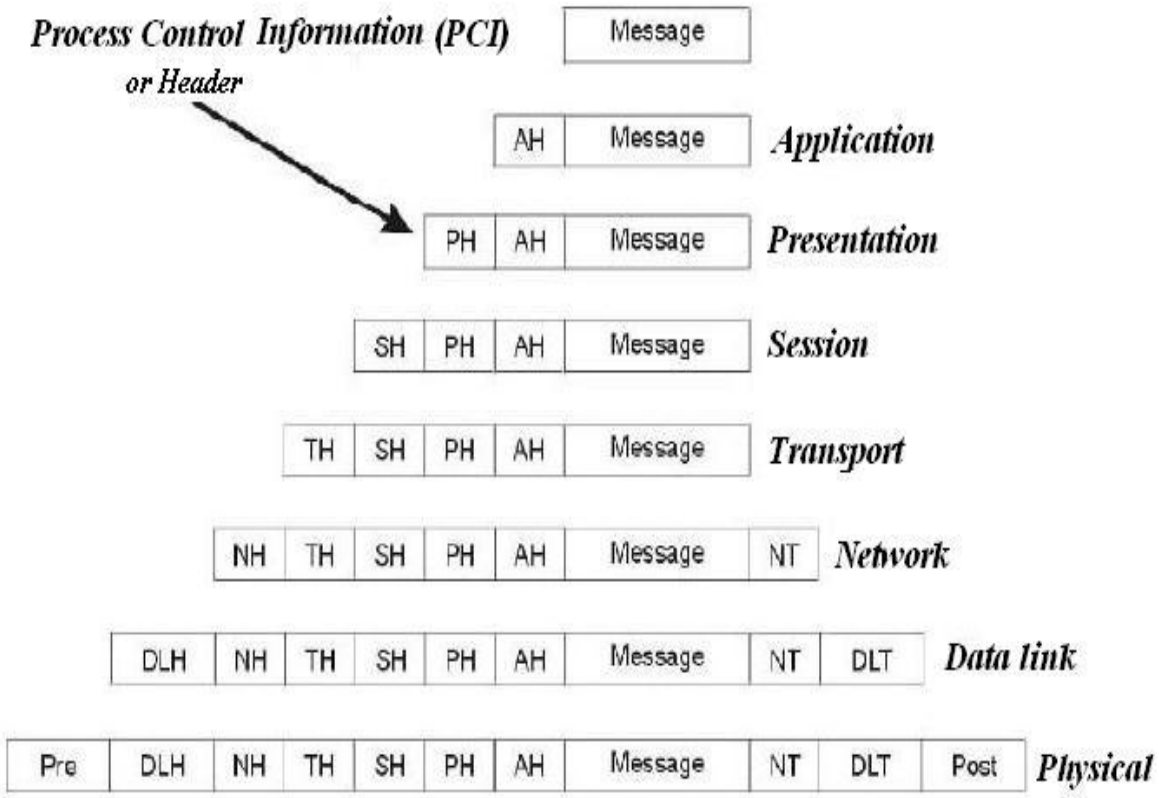
٦-۲-۲Application Layer:

این لایه امکاناتی را جهت هماهنگ کردن تمام لایه ها با یکدیگر جهت برقراری ارتباط و ارسال و دریافت اطلاعات با لایه ها و شبکه های دیگر ارائه می دهد و اگر اختلافی بین لایه های مختلف و سیستم های مختلف وجود داشته باشد، این لایه می تواند راه حلی مناسب جهت هماهنگی ارائه دهد. به عنوان مثال فرض کنید که نرم

افزاری خاص روی یکی از ترمینال های کارخانه در سال ۱۹۹۵ نصب شده و هم اکنون نیز بکار خود ادامه می دهد و نرم افزار دیگری مثل یک سیستم پست الکترونیکی در سال ۲۰۰۸ در شبکه دفتر کار خانه قرار گرفته، لایه Application می تواند مشکلات بر قراری ارتباط بین آنها را برقرار کند.

از وظایف این لایه می توان به تبدیل کدها به یکدیگر در کا مپیوتر های مختلف و رمز نگاری و فشرده سازی و امنیت (بوسیله تعیین سطوح دسترسی) نام برد.

در شکل زیر روش انتقال پیام در مدل OSI و نقش لایه های این مدل نشان داده شده است.



شکل ۳-۲: روش انتقال پیام در مدل OSI

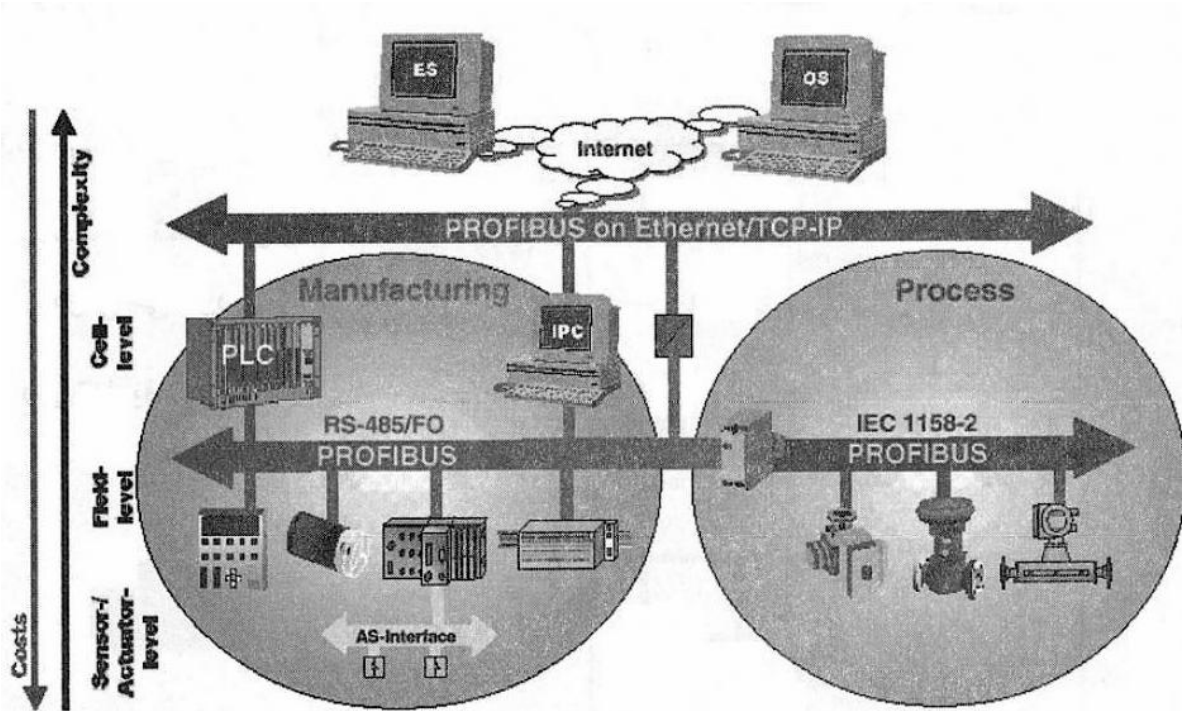
۳-۲ معماری شبکه های صنعتی

وقتی صحبت از شبکه می شود، مفاهیمی مثل TCP/IP[5]، UDP[6] ، آدرس IP، ۷ لایه OSI، مسیر یابی و . . . به ذهن می آید. ولی گاهی اوقات شبکه ای داریم که نیازی به جزییات و یا مفاهیم گسترده TCP/IP و . . . نداریم. برای مثال شبکه ای داریم که دمای کوره را باید به یک ربا ت اعلام کند و رباط بر اساس دمای کوره عکس العمل مشخصی داشته باشد و مثالهایی از این قبیل.

در طراحی شبکه های صنعتی ۷ لایه به ۳ لایه تبدیل می شود. این سه لایه عبارتند از لایه فیزیکی ، لایه انتقال داده و لایه کاربرد در لایه فیزیکی این شبکه ها استاندارد هایی از قبیل RS-232، H1، H2،HART و RS-485 مطرح می شود. در شبکه های صنعتی چون سیستم ها در سطوح مختلف با هم ارتباط دارند. بنابراین سطح های مختلفی تعریف می شوند:

- **سطح خبر:** در این سطح اطلاعات کلی مدیریتی وجود دارد. ارتباط کلی در این لایه اغلب با پروتکل TCP/IP پیاده سازی می شود. با توجه به نوع اطلاعاتی که در این لایه انتقال پیدا می کند فرآیند های حساس به زمان در این سطح اجرا نمی شود .
- **سطح ناحیه**: انتقال اطلاعات در این سطح در فضای داخلی کارخانه می باشد. روشهای کنترلی، خاموش روشن کردن ماشین ها و... در این سطح مطرح می شود.
- **سطح سلول:** این سطح مانند اترنت است که فرآیند های حساس به زمان در این سطح مطرح می شود.
- **سطح میدان:** در این سطح ارتباط میان اطلاعات کنترلی و م انیتورینگ (بررسی این اطلاعات) مطرح می شود. در این سطح داده ها ساده ترند و سرعت انتقال اطلاعات بالاتر است.
- **سطح محرک:** پایین ترین سطح شبکه های صنعتی می باشد در این سطح استانداردهایی مانند ASI[7] مطرح میشود.

[5] Transmission Control Protocol / Internet Protocol
[6] User Datagram Protocol
[7] Actuator Sensor-Interface



شکل۴-۲: سطوح ارتباطی شبکه های صنعتی

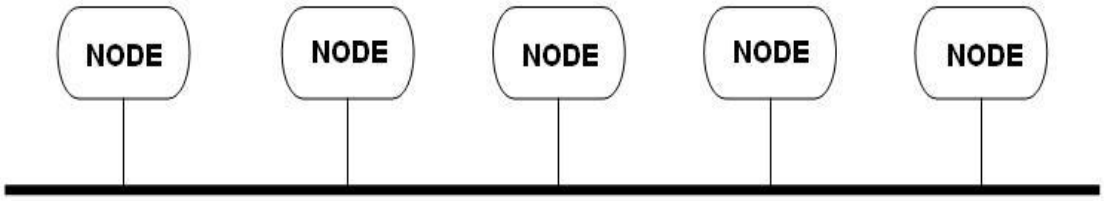
٤-۲ توپولوژی شبکه:

چندین توپولوژی ممکن برای شبکه ها وجود دارد

۱. Bus Topology
۲. Ring Topology
۳. Tree Topology
۴. Mesh Topology

۱-٤-۲توپولوژی Bus :

متداول ترین و ساده ترین شکل شبکه به شمار می رود. نصب آن راحت و هزینه اش کمتر از سایر انواع دیگر است. ضمن اینکه به راحتی قابل توسعه است. ولی در عوض عیب یابی آن مشکل است و قابلیت اطمینان آن بالا نیست زیرا بسته به نوع آن با قطع شدن کابل یا ایستگاه ممکن است کل شبکه از کار بیفتد.

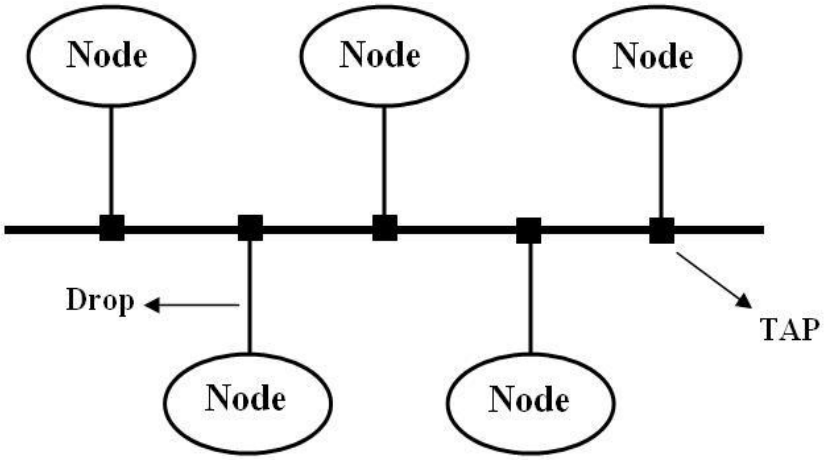


شکل۵-۲ : توپولوژی BUS

توپولوژی BUS به صورت های مختلفی بسته شود. سه نوع توپولوژی BUS به شرح زیر می باشد.

۲-٤-۱-۱ توپولوژی باس به صورت Tap and Drop

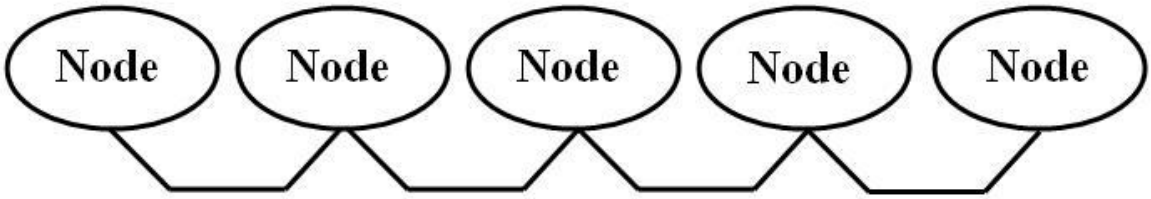
در این توپولوژی هر ایستگاه توسط کانکتورهای T شکل به باس متصل می شود. کابلی که ارتباط ایستگاه با باس را برقرار می کند کابل Drop نامیده می شود. از مزایای این توپولوژی این است که اگر کابل Drop دچار مشکل شود، فقط همان ایستگاه از شبکه خارج می شود.



شکل ۶-۲ : توپولوژی باس به صورت Top and Drop

۲-٤-۱-۲ توپولوژی باس به صورت Daisy Chain :

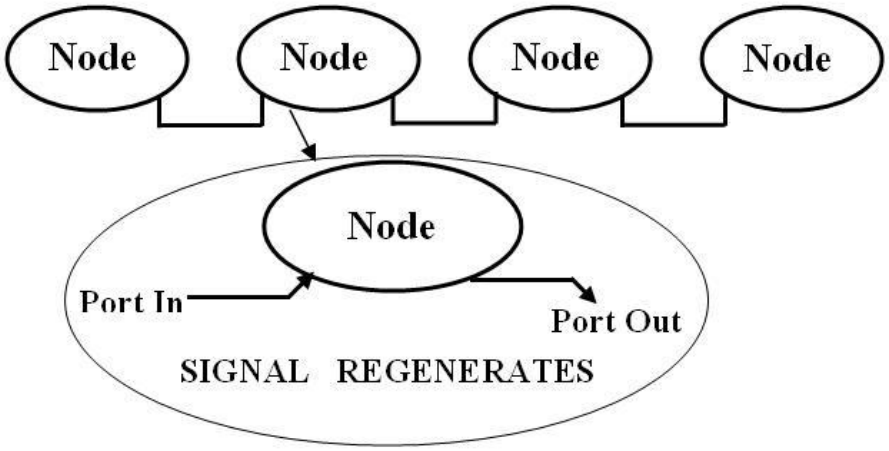
در این روش کابل Drop وجود ندارد و اتصال به شبکه در کانکتور متصل به ایستگاه برقرار می شود. در این حالت اگر یک ایستگاه مشکل پیدا کند، شبکه قطع نمی شود.



شکل ۷-۲ : توپولوژی باس به صورت Daisy Chain

۳-۱-٤-۲ توپولوژی باس به صورت Regenerative[8] :

در این روش در هر ایستگاه کابل ورودی به یک پورت و کابل خروجی به پورت دیگر دستگاه متصل می شود. بنابراین بر خلاف دو نوع قبلی در اینجا باس یکپارچه نیست. در این روش اگر یک ایستگاه از خراب شود کل شبکه از کار می افتد. ولی اگر کابل قطع شود مابقی شبکه کار می کند.

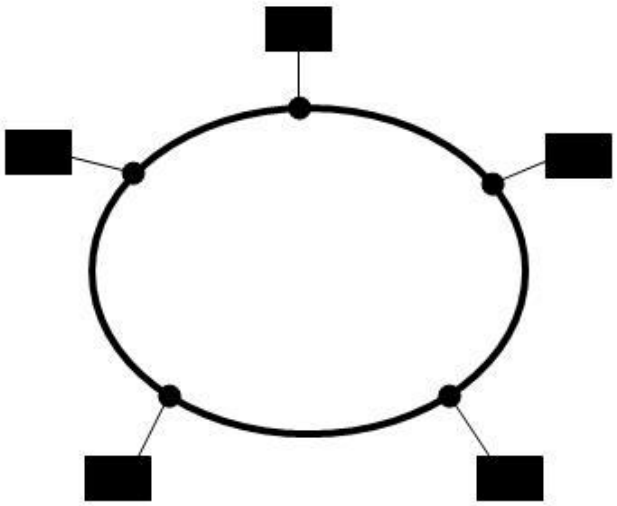


شکل ۸-۲ : توپولوژی باس به صورت Regenerative

٤-۱-٤-۲توپولوژی Ring:

اگر ابتدا و انتهای شبکه با توپولوژی باس را به صورت مناسب به هم متصل کنیم توپولوژی Ring حاصل می شود. با این کار قابلیت اطمینان را بالاتر می برد. چون در بسیاری موارد در صورت قطع شدن کابل ارتباطی شبکه به صورت Bus به کار خود ادامه می دهد.

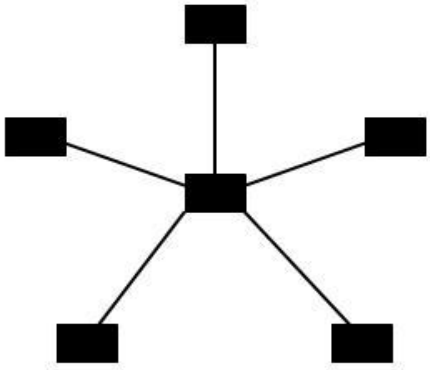
[8] احیا کننده



شکل ۹-۲ : توپولوژی Ring

۵-۱-٤-۲توپولوژی Star:

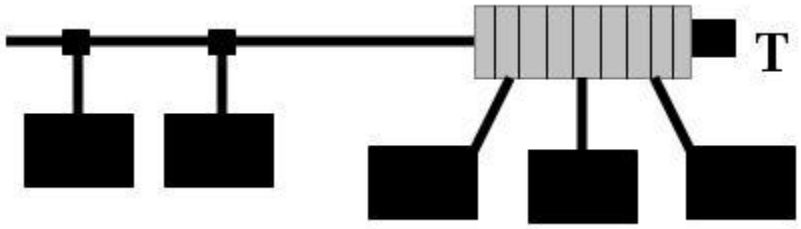
در این روش هر ایستگاه با کابل مجزا به ایستگاه مرکزی که می توانید یک Hub باشد متصل شود. از مزایای این روش قابلیت اطمینان زیاد است. اگر چه کابل کشی زیادی نیاز دارد.



شکل ۱۰-۲ : توپولوژی Star

٦-١-٤-٢توپولوژی Tree:

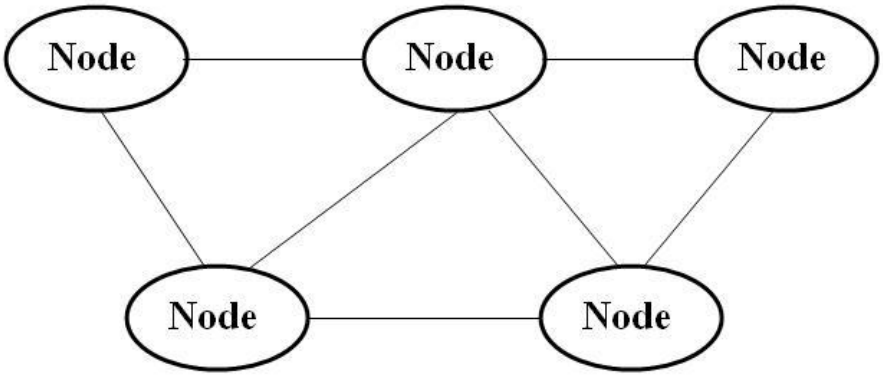
این توپولوژی که شکل در ختی دارد و ترکیبی است از توپولوژی باس و ستاره. این توپولوژی زمانی بکار برده می شود که چند وسیله ابزار دقیقی از نظر فیزیکی کاملا نزدیک هم باشند.



شکل ۱۱-۲ : توپولوژی Tree

٦-١-٤-٢توپولوژی Mesh یا Hybrid:

در عمل ترکیبی از روش های دیگر است. قابلیت اطمینان بسیار زیاد، عیب یابی مشکل وانعطاف پذیری کمی از ویژگی های این توپولوژی است و در عمل به ندرت استفاده می شود.



شکل ۱۲-۲ : توپولوژی Hybrid

۲-۵ روشهای کنترل در شبکه های صنعتی:

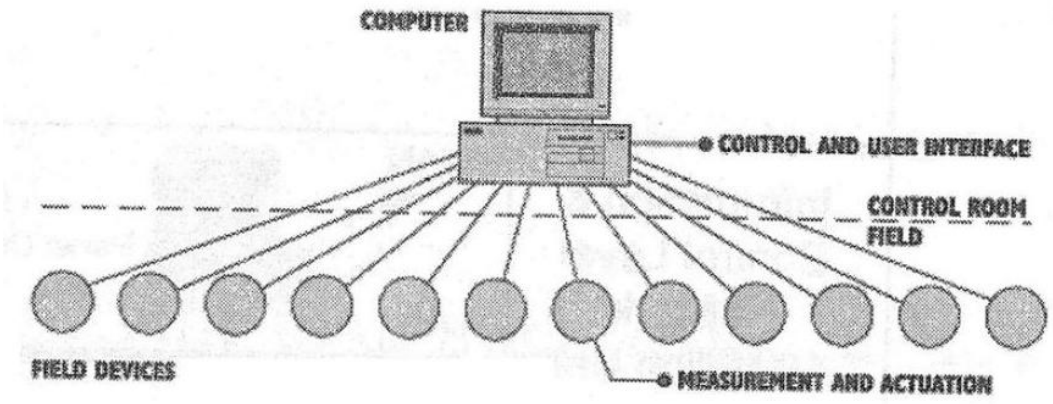
روشهای کنترل در شبکه های صنعتی به شرح زیر می باشد:

مستقیم دیجیتالی ۹ : تمام ورودی خروجی ها به یک کامپیوتر مرکزی انتقال پیدا می کنند و در آنجا کلیه پردازش ها انجام می شود.

سیستم کنترلی توزیع شده۱۰ : در این روش کنترل کننده هایی وجود دارند که باعث بهینه تر شدن شبکه ها می شوند. در مقایسه با روش DDC این روش کارآمد تر است چون بار سیستم مرکزی کم می شود.

سیستم کنترلی Fieldbus۱۱: در اینفصل با تفضیل بیشتری به این بحث می پردازیم.

٦-۲کنترل مستقیم دیجیتال:



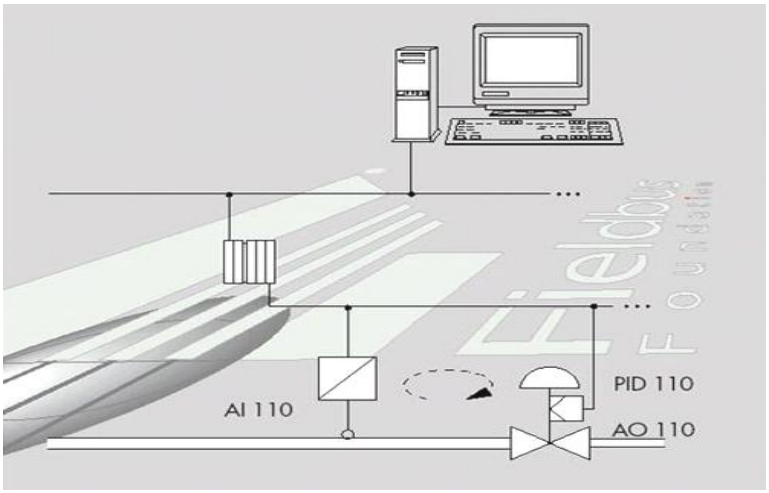
شکل ۱۳-۲ کنترل مستقیم دیجیتال

در اوایل دهه ۱۹۶۰ ادوات وکنترلر های الکترونیکی جایگزین کنترلرهای نیوماتیکی شدند که از مزایای این کنترلر هامی توان سرعت و دقت زیاد و کم حجم بودن آنها را نام برد. طولی نکشید که کامپیوترهای دیجیتال که قابلیت پردازش لوپها ی کنترلی را داشتند، جایگزین کنترلرهای الکترونیکی شدند. کامپیوتر مرکزی پس از دریافت تمام متغیر های پروسسی از طریق ورودیها و دستورات صادره توسط اپراتور از طریق صفحه کلید ، آنها را طبق برنامه کنترلی از قبل نوشته شده پردازش و نتایج این پردازش را از طریق خروجیها به محرکهای نهایی کنترل اعمال می کنند. این نوع کنترل اصطلاحا DDC (Direct Digital Control) نامیده می شود و در آن اپراتور توسط

[9]DDC
[10]DCS
[11] FCS

یک صفحه کلید و یک نمایشگر VDU [12]با سیستم ارتباط بر قرار می کند. کامپیوتر مرکزی قابلیت پردازش حجم زیادی از متغیر های زمانی وپروسسی را دارد ولی با افزایش بیش از حد این اطلاعات، سرعت و کارایی کامپیوتر پایین آمده و به کامپیوتری با ظرفیت و سرعت زیاد نیاز می شد و اگر کامپیوتر مرکزی از کار می افتاد باعث از کار افتادن کل سیستم کنترلی و پروسس می شد. توسعه دشوار از دیگر معایب آن است.

۲-۷ فیلد باس:



شکل۱۴-۲ فیلد باس در یک نگاه

به باسی که تجهیزات داخل سایت را به یکدیگر و به سیستم کنترل مرکزی وصل کند فیلد باس و به تجهیزات داخل سایت Field device می گویند.

در سال ۱۹۸۰، شرکت Honeywell برای نخستین بار، امکان سوار کردن سیگنال های دیجیتال روی حلقه جریان ۴ تا ۲۰ میلی آمپر را برای برخی از Field device های تولیدی خود فراهم کرد. این سرآغاز ایده ساختن فیلد باس شد.

هر Field device برای ارتباطش از قواعد خاص خودش پیروی می کند که به شرکت سازنده بستگی دارد. اداره چنین دستگاه هایی روز به روز مشکل تر و پیچیده تر می شود. به منظور حل این مسأله، از شبکه های

[12]Visual Display Unit

کامپیوتری الهام گرفته شده است. در این روش یک یا چند خط سریال، همه Field device را به هم وصل می کند.

اجزاء فیلد باس:

یک فیلد باس از دو جزء اصلی تشکیل می شود :

Field device ها که گره خوانده می شوند

بستری که شبکه داده ای را تشکیل می دهد.

به کمک فیلد باس می توان دستگاههای صنعتی سطح پایین نظیر حسگرها ، تحریک کننده ها، ابزار I/O و کنترل کننده ها مثل PLC و کامپیوترها را به روشی ساده و یکسان به هم متصل نمود. با استفاده از ابزار اندازه گیری سنتی ۴ تا ۲۰ میلی آمپر، فقط ارسال مقادیر یک متغیر از طریق جفت سیم میسر بود. به کمک تکنولوژی فیلدباس، تبادل اطلاعات در فرم دیجیتالی و دو طرفه صورت می گیرد. بنابراین علاوه بر مقادیر متغیرها، می توان اطلاعات دیگری دیگری راجع به وضعیت Field device بدست آورد وعمل پیکربندی ابزار را نیز از طریق شبکه انجام داد.

بدین ترتیب علاوه بر کنترل دستگاه ها، می توان آنها را اداره کرد. مثلاً مطلع شد که یک ترانسمیتر حرارتی آخرین بار چه موقع کالیبره شده است.به کمک این اطلاعات وبا استفاده از قدرت پردازشی Field device، می توان عملیات کنترلی پیچیده تری را به صورت محلی انجام داد.

فیلد باس علاوه بر امکان انتقال سیگنال ها بین ابزار دقیق و اتاق کنترل، امکان انتقال تغذیه مورد نیاز تجهیزات را توسط یک جفت سیم میسر می سازد. این موضوع سبب کاهش هزینه های کابل کشی، پانل های نگه دارنده کابل ، اتصالات و مخارج نیروی انسانی در رابطه با نصب و نگهداری می شود. همچنین نیاز به تعویض پانل ها و قطعات دیگر به دلیل فرسودگی و خوردگی، کاهش می یابد. سیستم انعطاف پذیر می شود و به راحتی می توان از تکنولوژی های جدید استفاده کرد. هر گره را می توان به منظور سرویس و تعمیر از شبکه خارج کرد، بدون اینکه لطمه ای به عملکرد سایرین وارد شود.

با استفاده از ابزار واسط مبدل سیگنال های فشار (PSI۱۵-۳) و جریان (تا ۲۰ میلی آمپر) به سیگنال های فیلد باس، امکان مدرنیزه کردن با تکنولوژی فیلد باس و حفظ قطعات سنتی میسر است. به کمک این ابزار واسط صرفه جویی های قابل ملاحظه ای در مدرنیزه کردن مجموعه حاصل می شود.

دیدیم که برای ساخت فیلد باس از شبکه های کامپیوتری محلی ایده گرفته شده است. اما تفاوتهایی هم بین این دو وجود دارد، از جمله اینکه نرخ انتقال اطلاعات چندان زیاد نیست لیکن داده ها باید در فواصل زمانی قابل پیش بینی ارسال شوند. و همچنین به منظور دستیابی به کارایی بالاتر تمام لایه های هفت گانه پروتکل OSI پیاده سازی نمی شوند بلکه تنها سه لایه از این پشته، یعنی لایه فیزیکی، لایه data link و لایه کاربرد پیاده سازی می شوند.

علاوه بر تعریف استاندارد بین المللی برای فیلد باس، سازندگان متعددی محصولاتی تهیه کرده اند که معمولا با یکدیگر سازگار نیستند از جمله :

BACNet, FIP/WEIP, BitBUS, P-NET, ProfiBUS, LonWorks, CANbus

Seriplex, MODBUS, Mester Fieldbus, Interbus, ISP, HART, DeviceNet

۱-۷-۲ دسته بندی Field device ها:

دسته بندی Field device های امروزی را می توان به سه گروه تقسیم کرد:

۱- ورودی _خروجی های آنالوگ و دیجیتال

۲- دستگاه های ترکیبی آنالوگ و دیجیتال

۳- ابزار کاملا دیجیتال

دستگاه های نوع اول از طریق حلقه های جریان آنالوگ ۴ تا ۲۰ میلی آمپر به سیستم ورودی_ خروجی متصل می شوند. این اتصالات کاملا نقطه به نقطه هستند و هر دستگاه جدا گانه، به کنترل کننده های میزبان وصل می شود. گروه دوم قابل استفاده در سیستم های ارتباطی آنالوگ و دیجیتال هستند. به عنوان مثال در این سیستم ها داده های دیجیتالی روی سیگنال های ۴ تا ۲۰ میلی آمپر آنالوگ سوار می شوند. سیگنال دیجیتال طوری ساخته می شود که میانگین مقدار آن صفر باشد و خواندن مقادیر جریان آنالوگ را تحت تأثیر قرار ندهد. دستگاه های گروه سوم از طریق پورتهای RS232 وRS485 به هم وصل می شوند ونیاز به درایورهای نرم افزاری دارند.

فیلد باس، پروتکل ارتباطی تمام دیجیتال با بازدهی بالاست که جایگزین هر سه سیستم بالا می شود. سیستم های مبتنی بر فیلد باس تنها از محصولات فیلد باس استفاده نمی کنند بلکه تجهیزات قدیمی ورودی _خروجی آنالوگ قابل اتصال به فیلد باس می باشند.

۲-۷-۲ توپولوژی در فیلدباس:

با توجه به تعاریف فوق بهترین نوع اتصال ادوات توپولوژی Tree می باشد. به دلایل قید شده در ذیل، تعداد ادوات قابل اتصال به هر Segment محدود می باشد.

کیفیت سیگنال با افزایش تعداد ادوات متصل به یک سگمنت در مجموع طول کابل افزایش می یابد، این طول نباید بیشتر از ۱۹۰۰ متر و حداکثر طول یک انشعاب (در عمل) نباید بیش از ۱۲۰ متر باشد و این طول در کیفیت سیگنال تاثیر دارد.

جریان و ولتاژ اعمالی توسط منبع تغذیه، ولتاژ دریافتی هر وسیله باید مابین ۹ تا ۳۲ ولت مستقیم باشد.

تعداد ادوات واقع در هر سگمنت نیز وابسته به منبع ولتاژ منبع تغذیه، مقاومت خط و جریان مصرفی ادوات محدود می شود. انتهای هرکابل با یک Terminator با امپدانس ۱۰۰Ω محدود می شود. این امر سبب می شود تا کابل های ویژه ای به عنوان یک مسیر انتقال متعادل جهت انتقال یک سیگنال با فرکانس نسبتا بالا با کمترین اعوجاج و نویز، انتخاب شود.

ادوات Fieldbusمی تواند مجهز به سیستم میکروپروسسوری بوده و می توانند بخشی از کار کنترلی را به عهده بگیرند. این عمل با بارگذاری بعضی از توابع کنترلی [۱۳] در حافظه این ادوات ممکن می گردد. این بلوک ها در مجموعه ای به نام Function BlockLibrary قرار داده شده اند و به عنوان ابزاری قدرتمند در رسیدن به اهداف کنترل فرایند به کار گرفته می شوند. هرچه تعداد این بلوک های بارگذاری شده در ادوات یک سگمنت بیشتر باشد، به همان نسبت حجم اطلاعات ارسالی و دریافتی بیشتر و در نهایت پردازش آنها زمان بر خواهد بود.

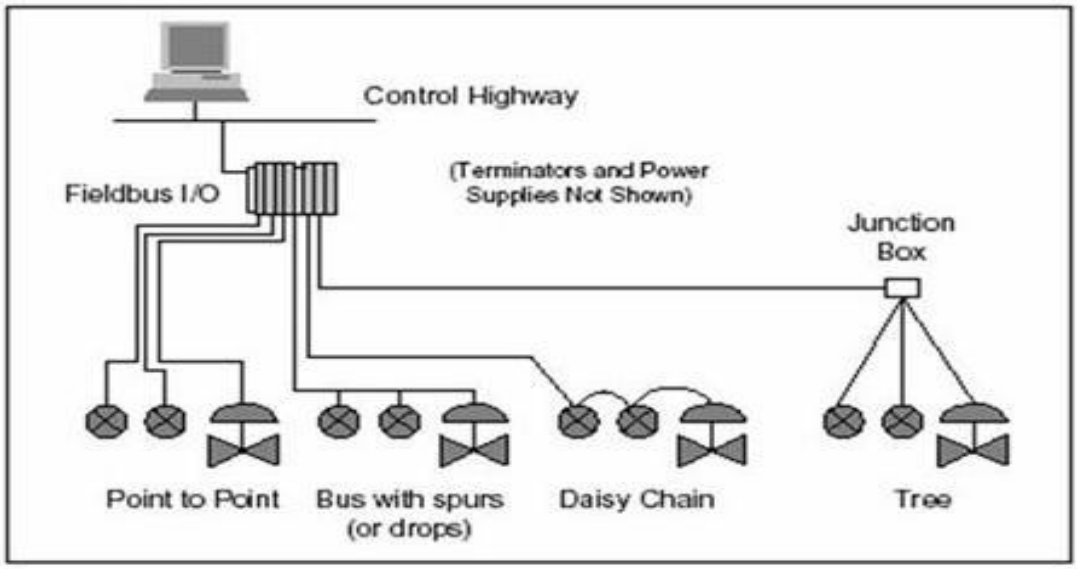
زمان اجرای عملیات کنترلی در هر لحظه ، فاصله زمانی ورود یک سیگنال از یک ورودی آنالوگ تا خروج سیگنال از یک خروجی آنالوگ در یک حلقه کنترلی می باشد. برای هر سگمنت یک بازه زمانی تعریف می شود که این بازه باید برای اجرای عملیات کنترلی و جابجایی کلیه اطلاعات موجود برروی آن سگمنت کافی باشد.

[13] Function Block (FB)

واضح است که هر چه تعداد ادوات در یک سگمنت زیاد باشد به زمان زیادی جهت اجرای عملیات کنترلی و جابجایی اطلاعات نیاز خواهد بود.

برای بالا بردن ضریب اطمینان[14] و بخاطر اینکه در مواقع بروز مشکل برای یک وسیله ، حلقه های کنترل زیادی از سرویس خارج نشوند، برای هر سگمنت فقط یک حلقه کنترل در نظر می گیرند و بقیه ادوات متصل به سگمنت کار غیر کنترلی داشته و یا به عنوان Indicator بکار بردن می شوند.

در نتیجه در تعداد ادوات اتصالی به یک سگمنت محدودیت وجود خواهد داشت. کارت های ورودی/ خروجی سریال (Serial I/O) در FCS که کارتهای H1 نامیده می شوند، جایگزین کارت های ورودی/ خروجی ۴-۲۰ mA (TraditionalI/O[15]) در DCS[16] شده اند. کارتهای H1 کار ارتباط ادوات فیلد را با شبکه فیلد باس بر قرار می کنند،نیاز به سیم بندی خاصی ندارند و در حال حاضر می توان تا ۱۶ دستگاه از ادوات فیلد را به آن وصل نمود، ولی هیچکدام از سازندگان Fieldbus قرار دادن بیش از ۱۰ دستگاه از ادوات فیلد را توصیه نکرده و تضمین نمی کنند.



شکل ۱۵-۲ توپولوژی در فیلدباس

[14]Risk assessment
[15]سنتی
[16]Distributed Control System

۲-۸ معرفی چند نمونه از شبکه های صنعتی

فیلد باس دارای استاندارد های متعددی است که در این بخش به توضیح آن می پردازیم.

۲-۸-۱ ASI[۱۷]

کاربردهای معمول آن در ماشینهای اسمبلی و بسته بندی، سیم کشی تک کابلی بلوک های حسگر با چند ورودی، حسگرهای هوشمند، شیرهای پنوماتیکی، سوئیچ ها وآشکار کننده ها می باشد. مزایای آن، سادگی بسیار زیاد ، هزینه پایین و مقبولیت گسترده است. همچنین دارای سرعت بالا می باشد و می توان توان مورد نیاز deviceField را از طریق باس انتقال داد.

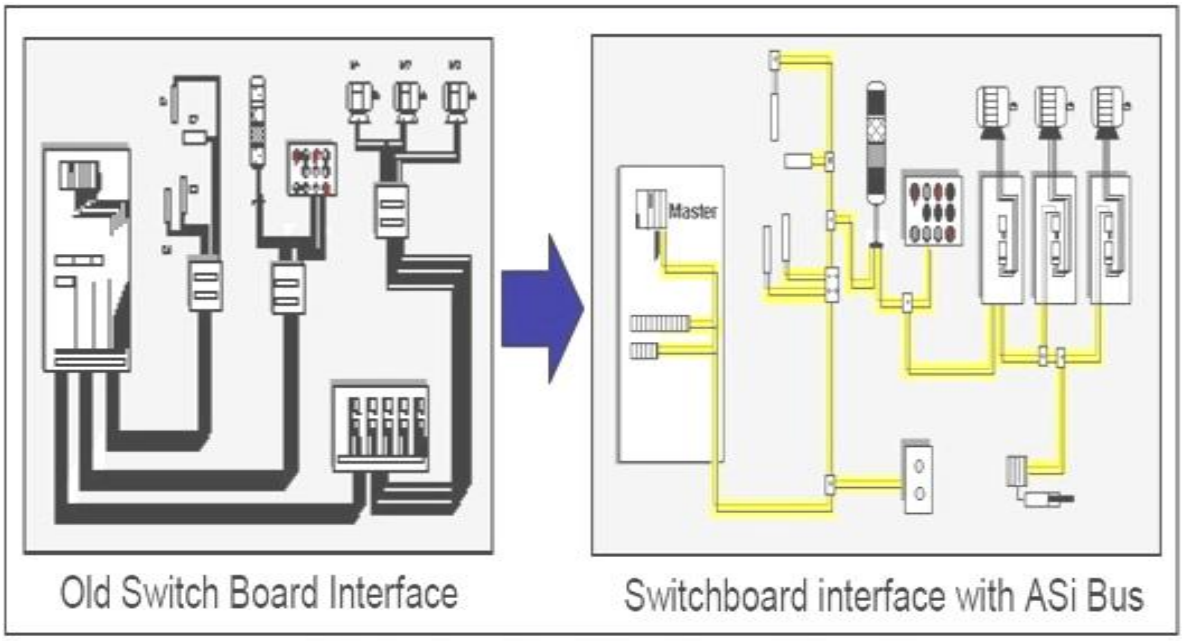


Illustration of an ASi implemented interface.

شکل ۲-۱۶ سیستم های کنترل قدیم در مقایسه با ASI

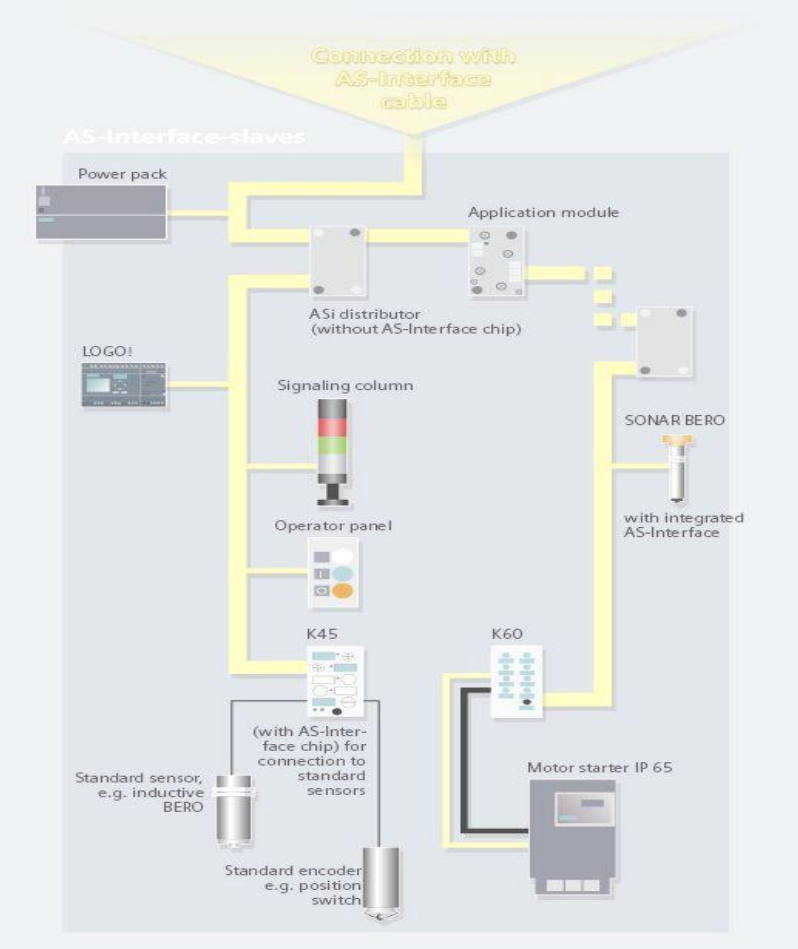
نقاط ضعف آن عبارتند از: مناسب نبودن برای اتصال به I/O های آنالوگ و اندازه محدود شبکه.

ASI برای استفاده در سیستمهای کوچک با I/O گسسته طراحی شده و تقریبا ساده ترین فیلد باس موجود است. برای پیکر بندی آن تنها لازم است آدرس هر گروه مشخص شود ورودی- خروجی های متناسب به آن

[17] Actuator sensor-Interface

نسبت داده شوند. کابل سیگنال قادر است توان ۳۰ ولت DC را با جریان کم، برای تغذیه ورودیها، حمل کند و توان مورد نیاز خروجی ها از طریق کابل جداگانه ای حمل می شود.

با وجود عدم استفاده از پوشش محافظ در مقابل اغتشاشات مصون است، به این دلیل که سیگنال های دیجیتال روی کابل بصورت سیگنال سینوسی کد می شوند که پهنای باند خیلی باریکی دارد. مکانیزم فیلترینگ در طول شبکه توزیع شده وسیگنال های اغتشاش را پس می زند. سیگنال های آنالوگ نیز می توانند روی خط، ارسال شوند، اما هر گره تنها می تواند یک دستگاه آنالوگ را پشتیبانی کند.



شکل ۱۷-۲ یک نمونه از شبکه ASI با استفاده از محصولات زیمنس

زمان SCAN در ASI قطعی است. یعنی با اطمینان مشخص کرد که فاصله زمانی بین تغییر وضعیت تا گزارش آن چقدر است. برای محاسبه زمان SCAN باید تعداد گره ها شامل Slave و Master را در ۱۵۰ میکرو ثانیه ضرب کرد.

Interbus۲-۸-۲

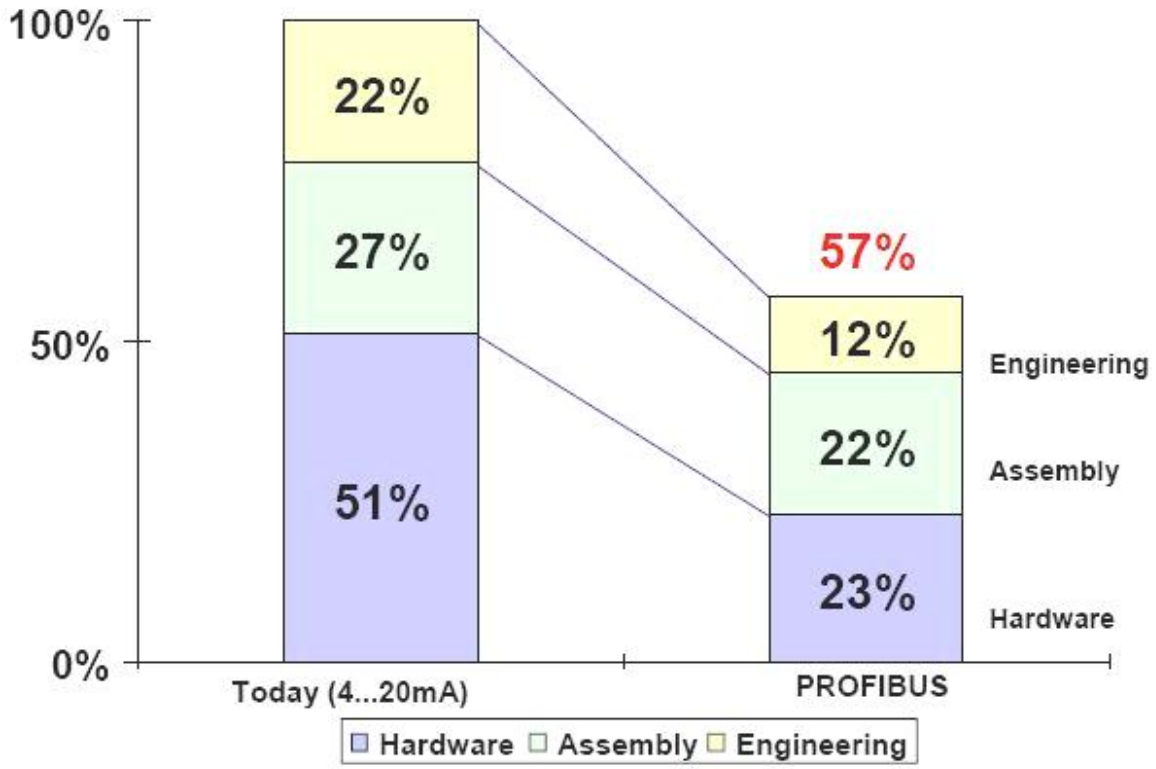
کاربردهای متداول آن در ماشینهای اسمبلی، جوشکاری و کنترل مواد می باشد. همچنین برای سیم بندی تک کابلی حسگر چند ورودی، شیرهای پنوماتیکی، بارکد خوانها، درایوها و واسط های کاربر استفاده می شود. از مزایای آن آدرس دهی اتوماتیک به گره هاست که شروع به کار سیستم را آسان و سریع می کند. توانایی تشخیص خطای آن بسیار پیشرفته است. زمان پاسخ سریع و استفاده مؤثر از پهنای باند و انتقال توان از خصوصیات دیگر آن است. اشکال آن این است که از کار افتادن یک اتصال، کل شبکه را از کار می اندازد و توانایی انتقال مقادیر خیلی زیاد داده را ندارد.

این باس از نظر فیزیکی در واقع یک رینگ سریال است و هر Slave، دو اتصال دارد و از طریق یکی داده را رد می کند و از طریق دیگری داده ها را به بعدی منتقل می کند. اطلاعات آدرس دهی در این پروتکل وجود ندارد و داده ها به روش چرخشی روی شبکه قرار می گیرند و Master با توجه به مکان هر گره در حلقه می تواند تشخیص دهد گره در حال خواندن یا نوشتن است. این مسأله سربار بسته های داده ای را می نیمم می کند. بنابراین تعداد کمی از باسهای موجود سریع تر از InterBUS هستند.

InterBUS می تواند به آسانی I/O های آنالوگ و دیجیتال را اداره کند و داده ها می توانند بصورت بلوکی ارسال شوند. به کمک ماژول هایی به نام COMM که بوردهایی به اندازه کارت اعتباری هستند و نصب آنها در کنترل کننده ها، واسط کاربر، درایو، بار کد خوان، پردازنده سیگنال و هر دستگاه دیگری، می توان آنها را به فیلد باس متصل کرد.

۲-۸-۳ استاندارد Profibus:

یک استاندارد برای شبکه های صنعتی و ارتباط بین شبکه ها است که توسط شرکت زیمنس در اروپا طراحی شد و تحت استاندارد فیلد باس به ثبت رسید. شرکت زیمنس در سالهای اخیر تعدادی از سیستمهای کنترل شرکتهای آمریکایی مثل Texas Instrument را خریداری کرد و سعی در برقراری ارتباط بین سیستم های خود و نمونه های آمریکایی داشت و از آنجایی که نیرو و دانش فنی بسیار خوبی برای انجام طراحی در زمینه سخت افزار و نرم افزار در اختیار داشت اقدام به ارائه استاندارد جدیدی به نام Profibus نمود.



۲-۱۸Profibus در مقایسه با سیستم های 4-20 mA

۲-۸-٤ استاندارد CAN:

این استاندارد برای پیاده سازی لایه های فیزیکی و پیوند داده است. این استاندارد داده ها را به صورت قاب به همراه شناسنامه (ID) ارسال می کند و چیزی مثل آدرس مبدا و مقصد وجود ندارد. در این استاندارد قسمت داده ۸ بایت و قسمت شناسه ۱۱ تا ۲۹ بایت است. در این استاندارد از روش CSMA/CD برای کشف خطا استفاده می شود. در این استاندارد حداکثر نرخ انتقال اطلاعات 1Mbps است و حداکثر تعداد نود ها ۱۱۰ نود می باشد.

۲-۹ استانداردهای معروف لایه فیزیکی:

لایه فیزیکی در شبکه های صنعتی دارای استانداردهای مختلفی است که در این بخش توضیح داده می شود.

۹-۲-۱ RS-232 :

معمول ترین استاندارد لایه فیزیکی، RS-232 می باشد که سیر تکاملی آن از RS-232-C تا RS-232-F است. حداکثر انتقال داده به علت دامنه و ولتاژ زیاد نسبت به پروتکل های دیگر کمتر است (حدود ۱۱۵kbps). حداکثر فاصله دو ایستگاه ۱۶ متر است و دو نوع سیم بندی(۹ و ۲۵ رشته) در آن استاندارد شده است. ماوس، صفحه کلید و مودم کامپیوترهای شخصی از این درگاه استفاده می کنند. محدوده ولتاژ "یک" منطقی در RS 232-C از ۳- تا ۱۵- و "صفر" منطقی از۳+ تا ۱۵+ است.

۹-۲-۲ RS-449:

این استاندارد جایگزین RS 232 در سرعتهای بالاتراز ۲۰ kbps شده است. دو نوع اتصال ۹ و ۳۷ برای آن معرفی و استاندارد شده است. این استاندارد هم اکنون منسوخ شده است و لیکن هنوز برخی از دستگاه ها برای ارتباطات از این استاندارد استفاده می کنند.

۹-۲-۳ RS-530:

توسعه یافته RS-449 و RS- 232 است و برای سرعت های بالاتر از ۲۰ kbps مناسب است. این استاندارد از خطوط بالانس و برای اتصال از DB-25 استفاده می نمایند به هر دو صورت سنکرون و آسنکرون قابل استفاده است و می تواند در دو حالت دو سویه و یک سویه کار کند. فاصله دو ایستگاه طبق استاندارد ۶۰ متر است.

۹-۲-٤ RS-423:

این استاندارد در حقیت توسعه یافته RS 232 است تغییرات اساسی آن افزایش تعداد ایستگاه های گیرنده، مسافت ارسال و سرعت می باشد. این پروتکل یک فرستنده را به چند گیرنده (تا ده ایستگاه) متصل می کند و حداکثر فاصله انتقال داده برای آن ۱۲۰۰ متر است. یکی از عوامل محدود کننده سرعت Slew Rate است. بدین معنا که دامنه ولتاژ در RS 232 بالاست و به همین علت دست یافتن به سرعت بالا با توجه به خازن خط و پیچیدگی مدار مشکل است. برای افزایش سرعت لازم است دامنه سطوح و لتاژ کاهش یا بد. در همین راستا ولتاژ منطقی "یک" در RS 423 برابر ۳.۶ v- تا ۶v- است و ولتاژ "صفر" منطقی برابر ۳.۶ v تا ۶ v است. بدنبال این تغییر، سرعت انتقال داده در RS ۴۲۳ چهار برابر RS 232 است.

۵-۹-۲RS-422:

شباهت زیادی به RS 232 دارد ولی تا ۱۶گیرنده را پشتیبانی می کند. این پروتکل که از خطوط بالانس برای انتقال داده استفاده می کند، اثر نویز پذیری را به شدت کاهش داده است. در ورودی گیرنده ها از تقویت کننده دیفرانسیل استفاده شده است لذا به نسبت حذف مد مشترک، نویز از بین می رود. بیشترین سرعت این پروتکل در ۳ متر فاصله، برابر ۱۰Mbps است حداکثر فاصله می تواند ۱۲۰۰متر باشدکه متناسب با آن سرعت کاهش می یابد. گیرنده و فرستنده بصورت ولتاژی کار می کند که این نوع رفتار باعث نویز پذیری بیشتر نسبت به جریان می شود.

۶-۹-۲RS-485:

بیش از ۳۲ فرستنده و گیرنده را پشتیبانی می کند. در این استاندارد می توان بیش از یک گره را به عنوان Master معرفی نمود زیرا مدارت سه وضعیتی هستند و با کمک یک مدار جانبی حالت های مختلف یک خط را کنترل می کنند و به این روش گره هم قابلیت دریافت و هم ارسال خواهند داشت.

در این پروتکل انتقال داده به صورت جریانی انجام می گیرد و بیشترین اعوجاج را در ورودی می پذیرد. اثر نویز در انتقال جریانی کمتر از ولتاژی است زیرا میزان انرژی که بتواند جریانی را تولید کند و بر سیگنال جریان اثر بگذارد، از معادل ولتاژی بیشتر است .

بیشترین مسافت برای ارسال داده ۱۲۰۰ متر و رعایت حداقل طول (۳۰m) برای سیم رابط اتصال کابل شبکه به گذرگاه الزامی است. استفاده فراگیر از RS 485 باعث ساخت کارت های کامپیوتری و انواع مبدل برای این پروتکل شده است.

۷-۹-۲ گذرگاه H1:

این استاندارد در IEC 1158-2 تعریف شده است و با سرعت Mbps ۳۱و۲۵ برای شبکه سازی سطوح بسیار اتوماسیون صنعتی یعنی سنسور-محرک استفاده می شود .سیم کشی بصورت زوج سیم بهم تابیده بطول ۱۹۰۰ متر و همچنین ۳۲ دستگاه متصل، که از همان دو سیم تغذیه می شود، پیاده سازی می شوند. در صورتی که حفاظت و اطمینان واقعی مورد نیاز باشد، استاندارد، استفاده از ۴ دستگاه متصل به شبکه را مجاز می داند. امروزه این پروتکل در میان استانداردهای گذرگاه های صنعتی جایگاهی ویژه پیدا کرده است.

۸-۹-۲گذرگاه H2:

گذرگاهی با سرعت بالا (حدود ۱۰۰Mbps)است برای ایجاد شبکه در لایه میانی شبکه های صنعتی نظیر لایه سلول مناسب است.

۹-۹-۲ HART۱۸ :

یک پروتکل ارتباطی که به صورت چشمگیری در صنعت مورد استفاده قرار گرفته است. HART از یک فرکانس سطح پایین سینوسی برای انتقال داده دیجیتال به مقصد استفاده می کند.

این فرکانس برای صفر و یک منطقی ۱۲۰۰Hz و ۲۲۰۰Hz است سرعت انتقال داده در آن به ۱۲۰۰bps محدود می شود که ضعف عمده این پروتکل ارتباطی است. مزایای این پروتکل عملکرد چند انشعابی، انتقال روی دو رشته سیم، کارکرد مناسب در محیط های پرنویز و قابلیت برقراری ارتباط بین تجهیزات تولید کنندگان مختلف[۱۹]می باشد.

	RS-232	RS-485	HART	H1	H2
سیگنال	+/_12V	+/_5V	0.5 P-P	0.9 P-P	7V P-P
خطوط بالانس	NRT	NRT	FSK	MANCHESTER	MANCHESTER
سرعت	No	Yes	No	Yes	Yes
فاصله	16m	1200m	2000m	1900m	750/500m
چند اشعابی	No	Yes	Yes	Yes	Yes
انتقال تغذیه‌روی پورت	No	No	Yes	Yes	Yes

جدول ۲-۲ مقایسه چند پروتکل

[18]Highway Addressable Remote Transducer
[19]Interoperability

۲-۱۰ پروتکل ها و استانداردهای شبکه های کامپیوتری:

با نگاه کردن به مدل هفت لایه ای ISO، می بینید که نرم افزارها و استانداردهای بسیار زیادی برای انجام این امور می توان به کار گرفت. در واقع بحث ایجاد استاندارد ها و قوانین، بحث بسیار وسیع و گسترده ای است، زیرا تقریبا هر گروه و سازمانی که به شکلی در ارتباط با این مسائل فعالیت می کند، سعی کرده تا روشی بر مبنای روتین های کاری متداول خود ارائه دهد که نهایتا به تعریف استانداردهای مختلف و متفاوتی انجامیده است.

اما در سال های اخیر بحث در مورد مدل های استاندارد ارائه شده توسط سازمان های معتبری چون ISO یا International Standard Organization و همچنین موسسه دیگری به نام CCITT[20] بسیار جدی شده و مدل های قابل قبول این سازمان ها به صورت وسیعی مورد استفاده قرار می گیرند، در اینجا به شرح مختصری در مورد چند پروتکل مهم خواهیم پرداخت.

۲-۱۰-۱ استاندارد های IEEE 802, Ethernet :

در سال های اخیر گروهی از تولید کنندگان و فروشندگان تجهیزات الکترونیکی شبکه تصمیم گرفتند تا استاندارد های خاصی را برای شبکه محلی LAN تصویب کرده و ثبت کنند، این گروه از شرکت ها نظیر DEC ,Xerox ,Intel, تشکیل شده بود و استاندارد تولید شده برای LAN به نام Ethernet، نام گذاری شد.Ethernet پس از آن به صورت گسترده مورد استفاده عمومی قرار گرفت تا اینکه سازمان IEEE بر آن شد تا انجمنی برای مطالعه و بررسی سیستمهای Ethernet و ارائه قوانین و پروتکل های جدید در این زمینه تشکیل دهد و نام این انجمن را IEEE 802 قرار دادند. قوانین ارایه شده توسط این سازمان ها اغلب بر لایه های دیتالینک و فیزیکی اعمال می شود و Ethernet کاربران زیادی در سطح جهان دارد.

۲-۱۰-۲ پروتکل MAP:

در سال های ۱۹۸۰ شرکت جنرال موتورز (GM) طی یک بررسی طولانی یکی از بزرگترین مشکلات سیستم خود را نداشتن ارتباط مناسب بین ابزار ها، ماشین ها و قطعات مختلف در کارخانه عنوان کرد و جهت رفع این مشکل بر آن شد تا پروتکلی را بین قسمت های مختلف برقرار سازد و مشکل ارتباطی خود را بدین ترتیب حل کند. نام این پرو تکل MAP است که جهت بر قراری ارتباط بین سیستم های کنترل و PLC های مختلف ساخت شرکت های متفاوت بکار می رود و به این سیستم ها اجازه می دهد که با یگدیگر صحبت کنند. MAP پس از آن

[20]ConsultativeCommittee On International telegraphy and telephony

بسیار مورد توجه قرار گرفت و نسخه های جدید آن مثل MAP2.0 و MAP2.1 و MAP 3.0 نیز به بازار آمدند و پروتکل MAP در واقع بنیانگذار شبکه های محلی صنعتی بود که امروزه در کارخانجات مورد استفاده قرار می گیرد.

۲-۱۰-۳ پروتکل TOP[21]:

در سالهای بعد از ابداع پروتکل MAP شرکت های دیگری در مورد آن نظر دادند و به بحث و تولید استاندارد های جدید برای آن پرداختند، از جمله این شرکت ها می توان به شرکت هواپیما سازی بوئینگ اشاره کرده که به دنبال را ه حلی مناسب جهت ارتباط کامپیوتر های دفتر طراحی که مشغول طراحی هواپیما بودند، می گشت و از آنجایی که این ارتباط بین نرم افزا های طراحی مثل CADیا CAM برقرار می شد و نوع کار، کاملا دفتری است این پروتکل به نام TOPو یا Technical Office Protocol شناخته شد.

۲-۱۰-٤ پروتکTCP/IP[22]:

TCP/IP یکی دیگر از استانداردهای شبکه است که در حین مطالعه و بررسی شبکه های صنعتی در کارخانه ها با آن مواجه خواهید شد، این پروتکل برای لایه های ۳و۴ از مدل ISO طراحی شده است. TCP عمدتا برای لایه انتقال یا Transport طراحی شده و پروتکل Internet برای لایه شبکه یا Networklayer طراحی شده است. بنابراین هر دو آنها به تجهیزات مختلف از سازندگان متفاوت اجازه برقراری ارتباط و تبادل اطلاعات را می دهد. این سری از پروتکلها توسط DOD یا Department of Defense طراحی و ارائه شده است.

۲-۱۰-۵ پروتکلMMS[23]:

این پروتکل نیز یک پروتکل استاندارد هفت لایه ایی بر اساس مدل ISO است که برای برقراری ارتباط بین دستگاههای مختلف در شبکه های شبیه به هم بکار گرفته می شود. از آنجایی که سیستمهای مختلف دارای امکانات و ابزار مختلف و گوناگون هستند براحتی نمی توانند با یکدیگر ارتباط برقرار کنند. پروتکل MMS برای رفع این اشکال و پر کردن خلأ موجود در سیستم ارتباطی کارخانه ها ابداع کردند که به راحتی می تواند انتظارات فوق را برآورده سازد.

[21]Technical Office Protocol
[22]Transmission Control Protocol/ Internet Protocol
[23]Manufacturing Message Specification

۲-۱۱ شبکه های بیسیم

برخی شبکه های بیسیم عبارتند از:

Infrared

SpearedSpectrum

2.5 G services

Broadband PCS

Narrow band PCS

packet data&Circuit

Satellite

Narrow band wireless

Bluetooth

۲-۱۱-۱ انواع پروتکل های بیسیم:

شبکه های بیسیم از نظر وسعت جغرافیایی برقراری ارتباط به ۴ ناحیه کلی تقسیم می شوند:

WPAN ناحیه های کاری کوچک را شامل می شود.

WLAN در حد ارتباط LAN و شبکه های با وسعت متوسط را در بر می گیرد.

WMAN در حد ارتباطات کلان شهری می باشند .

Global&Regional ارتباطی گسترده تر از شهرها را شامل می شوند.

در هر ناحیه کاری و با توجه به قابلیت ها و نیازهای آن ناحیه پروتکل های مختلفی ارائه شده است. رنج فرکانسی این ناحیه ها با توجه به موقعیت هایشان متفاوت است. در این قسمت به معرفی این شبکه ها اکتفا می کنیم.

۲-۱۲معرفی واسطهای انتقال و عوامل موثر در انتخاب:

منظور از واسط انتقال، نوعی اتصال فیزیکی میان ایستگاه های شبکه است که به واسطه آن پیغام ها میان دو یا چند استگاه رد و بدل می شوند. معروف ترین واسطهای انتقال در شبکه ها، کابل کواکسیال، زوج سیم بهم تابیده و فیبرنوری می باشند که در ادامه خلاصه ای از ویژگی های آنها بیان خواهد شد. واسط هایی همچون گیرنده های رادیویی و مادون قرمز و همچنین خطوط انتقال تلفن و ماهواره ها نیز در برخی مواقع مورد استفاده قرار می گیرند.

۲-۱۲-۱ کابل کواکسیال:

این خط انتقال از یک هادی استوانه ای پر شده از دی الکتریک و یک هادی مرکزی تشکیل شده است. این واسط انتقال فیزیکی معمولا در اشکال ۵۰، ۷۵ و ۹۱ اهم تولید می شوند. که درشبکه های Mbps ۱۰ و Mbps ۱۰۰ بخوبی قابل استفاده هستند. نویز پذیری کابل کواکسیال در مقایسه با انواع مسی (نظیر زوج سیم بهم تابیده) کمتر است. زیرا روکش مناسب تری برای آن استفاده می شود. بنابراین جهت انتقال در فواصل نسبتا طولانی نیز استفاده می شوند.

این کابل ها علاوه بر استفاده عمومی در انتقال دیجیتال شبکه های محلی [24] که آن را baseband گویند در ارسال داده های آنالوگ آنتن تلویزیون نیز بکار گرفته می شود. این نوع انتقال در اصطلاح broad band نامیده می شود.

۲-۱۲-۲ زوج سیم بهم تابیده:

همچنان که از نام آن پیداست از بهم تابیدن دو هسته مسی عایق دار تشکیل شده است و در نوع روکش دار یا STP و بدون روکش یا UTP تولید می شود. درنوع روکش دار، برروی سیم های تابیده یک عایق مخصوص پیچیده می شود که در نوع بدون روکش تنها به یک روکش از جنس PVC اکتفا شده است. ETA/TIA پنج استاندارد را برای زوج سیم بهم تابیده بدون روکش پیشنهاد می کند که عبارتند از: category1 تا category5 (در بازار به سری Cate مشهورند).

[24] LAN

نوع اول برای خطوط تلفن در دو رشته، پیشنهاد و استاندارد شده است. نوع دوم به منظور انتقال داده در سرعت ۴Mbps توسط چهار زوج سیم و نوع سوم تا سرعت ۱۰ Mbps قدرت انتقال داده را دارد و گاهی در شبکه های ATM۲۵ بکار می رود.

۳-۱۲-۲ فیبر نوری :

انتقال در خطوط فیبر نوری به روش شکست نور در داخل فیبر و خارج نشدن نور از ئاخل فیبر است. واضح است که برای اتصال فیبر به دستگاه های الکتریکی در ابتدا و انتهای آن، مبدل سیگنال الکتریکی به امواج نوری و یا بر عکس آن استفاده می شود آنچه از ماهیت این واسط فیزیکی مشخص می گردد این است که تلفات انرژی در این خطوط بسیار کم است در نتیجه بدون استفاده از تکرار کننده امکان انتقال تا مسافت طولانی (حدود ۱۰ کیلو متر) وجود دارد.

نویز الکترو مغناطیسی بر این خط بی اثر استو مناسب برای استفاده در شبکه های قدرت در کنار خطوط انتقال است

مزایای فیبر نوری:

۱. سنسورهای مبتنی بر فیبر نوری از مواد عایق الکتریکی ساخته شده اند و به کابل برق نیاز ندارند لذا در محیطهایی که تحت ولتاژ بسیار بالایی هستند براحتی میتونند بکار گرفته شوند.

۲. این سنسورها نسبت به تداخلات الکترومغناطیسی (EMI) و حتی رعد و برق مصون هستند و خود نیز هیچ تداخل الکتریکی برای سایر وسایل ایجاد نمیکنند.

۳. از مواد شیمیایی بی اثر (Chemically Passive) ساخته میشوند لذا مشمول خوردگی و یا آلوده کردن محیط پیرامون نمیشوند.

و لیکن بیش ازسایر خطوط انتقال نیاز به محافظت فیزیکی دارد و آسیب پذیری آن بالاتر است.

طراحی و پیاده سازی شبکه با استفاده از این خطوط به نسبت گرانتر و پیچیده تر از سایر واسط های انتقال است و نکته قابل توجه در مورد فیبر نوری این است که به دلیل عدم بروز خطا بر اثر تداخل امواج الکترومغناطیسی،

[25] Asynchronous Transfer Mode

پروتکل های لایه پیوند در این نوع شبکه ها می تواند بسیار ساده باشد. و همچنین امکان شنود در آن دشوار است و به همین دلیل کاربرد نظامی دارد.

	بیسیم- مادون قرمز	فیبر نوری	کابل کواکسیال	کابل TP
آماده سازی و نصب	ساده	پیچیده	ساده	خیلی ساده
نویز پذیری	کم	ندارد	کم	زیاد برای UTP
سرعت انتقال	متوسط	عالی	خوب	خوب
هزینه	متوسط	زیاد	متوسط	کم

جدول ۳-۲ مقایسه وسایل انتقال سیگنال

۱۳-۲عوامل موثردر انتخاب واسط انتقال:

- میزان نویز پذیری خط انتقال
- تلفات خط[۲۶]
- هزینه های ساخت و نگهداری خط انتقال
- سادگی

۱ تلفات AC ناشی از اثر پوستی و تلفات دی الکتریک و همچنین تلفات DC ناشی ازهدایت خط و نیز تلفات ناشی از نشتی جریان و ولتاژ خط به دلیل وجود خازن و سلف توزیع یافته در طول خط را گویند. در کابلها باکیفیت بالا تلفات هدایتی و دی الکتریک در مرتبه هم قرار می گیرند.

- پهنای باند خط انتقال با سرعت انتقال داده
- پشتیبانی ازپیشرفت فناوری

۲-۱۴ تکنیک های دسترسی به شبکه

تکنیک دسترسی۲۷ یعنی روشی که توسط آن یک ایستگاه می تواند باس شبکه را در اختیار بگیرد و دیتا بگیرد یا بفرستد و به سه نوع زیر تقسیم بندی می شوند:

- Master / Slave
- Token Pass۲۸
- CSMA۲۹

نکته حائز اهمیت در اینجا این است که تکنیک دسترسی یک پیکر بندی منطقی ۳۰است و نباید آن را با توپولوژی فیزیکی اشتباه گرفت.

۲-۱٤-۱ تکنیک Master / Slave

تکنیک دسترسی Master / Slave یا رئیس- مرئوس دارای خصوصیات زیر می باشد.

فقط دارای یک Master (واحد فعال) است.

سایر دستگاه ها به صورت Slave (واحد غیر فعال) هستند.

باس همواره در اختیار Master است و Slaveها اجازه ندارند آن را در اختیار بگیرند.

Master است که به Slaveها اجازه می دهد که دیتا بگیرند یا دیتا بفرستند.

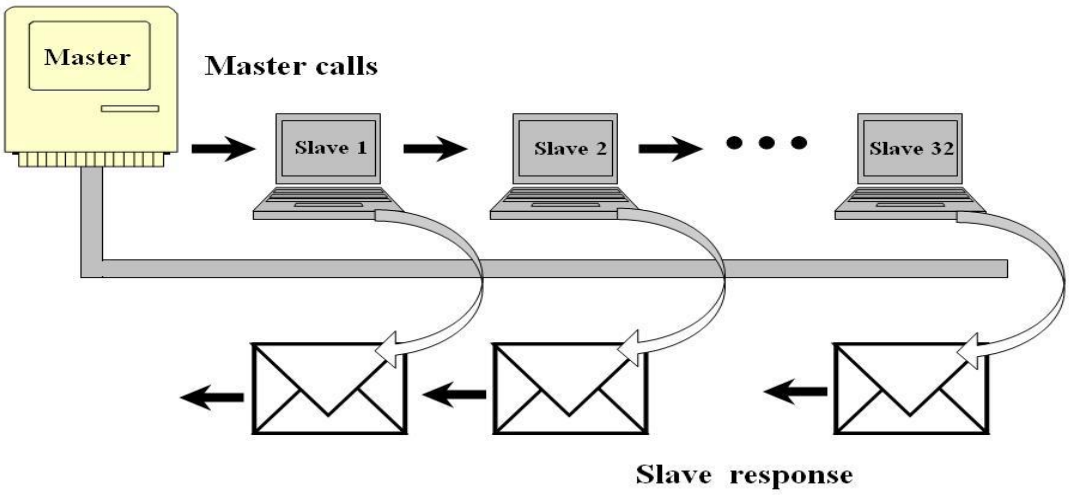
Master به صورت سیکلی با Slaveها یکی پس از دیگری ارتباط برقرار می کند.

---

[27] Access Technique
[28] انتقال علامت
[29] Carrier Sense Multiple Instance
[30] Logic

ارتباط مستقیم بین Slaveها وجود ندارد.

هر Slave آدرس خود را می شناسد و اگر چه تمام پیام های Master را دریافت می کند ولی به پیام های مخصوص به خود پاسخ می دهد.



شکل ۱۹-۲تکنیک Master / Slave

۲-۱٤-۲ تکنیک Token

تکنیک دسترسی Token یا انتقال علامت دارای خصوصیات زیر می باشد.

برخلاف روش Master / Slave می تواند چندین Master (یا عنصر Active) داشته باشد.

در این روش یک نشانه (Token) بین ایستگاه ها داخل یک حلقه می چرخد. که به این حلقه Token Ring می گویند ویک حلقه منطقی است نه یک حلقه فیزیکی.

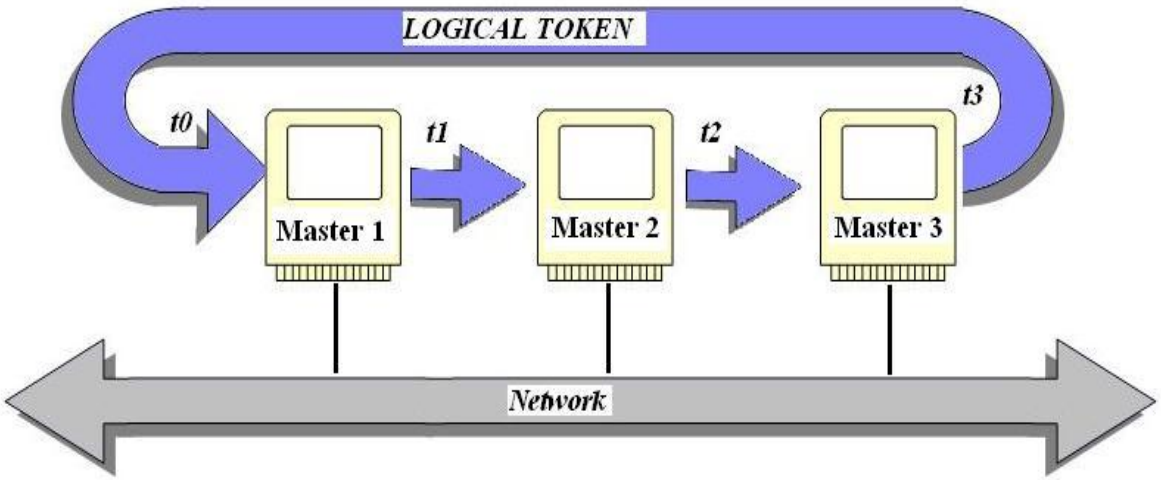
نشانه مانند یک پاکت خالی بین ایستگاه ها می چرخد. این پاکت در اختیار هر ایستگاهی باشد قادر است اطلاعات خود را ارسال کند. وقتی پاکت (نشانه) در اختیار یک ایستگاه قرار گرفت سایرین نمی توانند باس را در اختیار بگیرند. به همین دلیل عملا هیچ تداخلی بین ایستگاه ها رخ نمی دهد.

ایستگاه پس از قرار دادن اطلاعات در پاکت و مشخص کردن گیرنده، آنرا در حلقه رها می کند.

هر ایستگاه وقتی پاکت به او رسید آنرا چک می کند اگر به او مربوط بود آنرا برمی دارد و پاکت خالی را در حلقه رها می کند. و اگر به او مربوط نبود، پاکت را به ایستگاه بعدی می فرستد. و سیکل به همین شکل تکرار می شود.

جهت چرخش معمولا یکطرفه است. و معمولا نشانه از آدرس با شماره کمتر شروع و به آدرس – هایی که دارای شماره بزرگتر هستند تحویل داده می شود. و این کار به صورت یک سیکل تکرار می شود.

در توپولوژی باس می توان از این روش استفاده کرد. در این صورت به آن Token bus گویند.

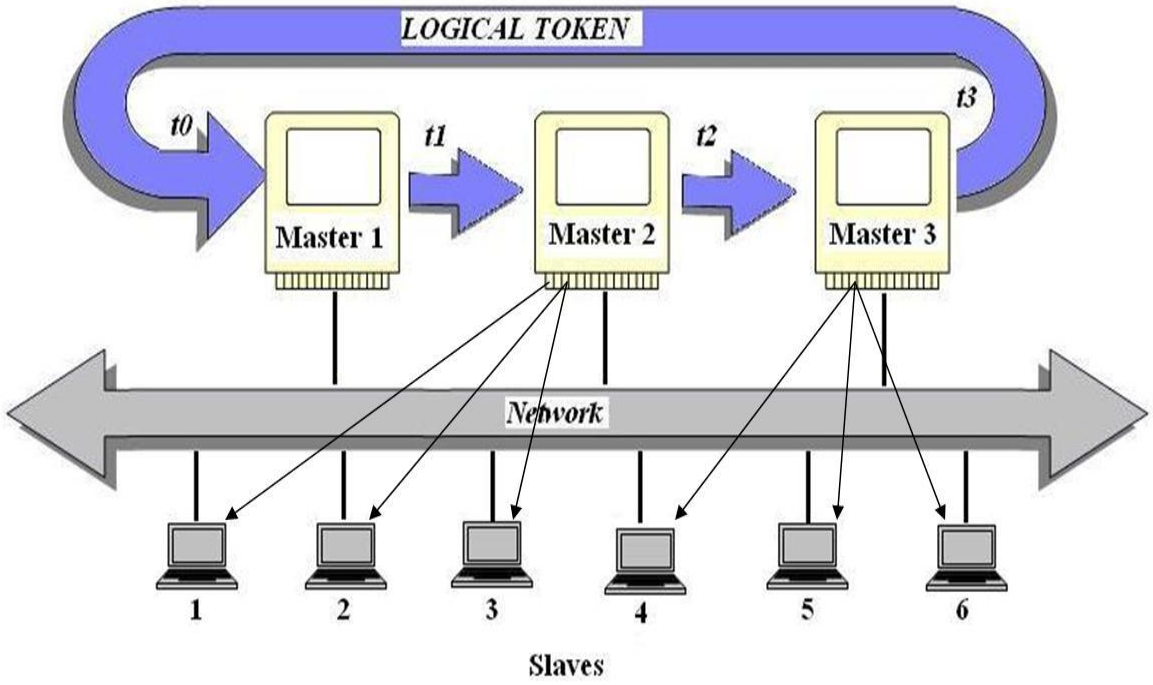


شکل ۲۰-۲: Token bus

تکنیک Token را می توان به دو صورت زیر نیز به کار برد:

می توان این روش را با روش Master / Slave را با هم ترکیب و Token می تواند هم زمان با Master / Slave بکار رودکه به آن تکنیک Hybrid می گویند. در این روش وقتی نشانه به یک Master رسید اجازه دارد با Slaveهایش صحبت کند یا به Masterهای دیگر دیتا بفرستد.

در شکل زیر علاوه بر اینکه هر Master با Slaveهایش صحبت می کند. با سایر Master ها نیز می تواند به روش Token تبادل دیتا داشته باشد.



شکل ۲۱-۲: تکنیک Hybrid

۳-۱٤-۲ تکنیک CSMA

تکنیک دسترسی CSMA یا روش گوش دادن به خط دارای خصوصیات زیر می باشد.

در این روش هر وقت باس خالی باشد هر ایستگاهی می تواند آن را در اختیار بگیرد. بنابراین هر ایستگاه مرتبا به باس گوش می دهد تا از خالی شدن آن اطلاع حاصل کند.

ممکن است دو ایستگاه همزمان شروع به صحبت کنند که منجر به تصادم می شود و این عیب این روش است. برای رفع این مشکل روش CSMA/CD[۳۱] بکار می رود. که در این روش آشکار سازی تصادم صورت می گیرد.

در روش CSMA/CD تصادم با تغییر سطح ولتاژ آشکار می شود و تمام ایستگاه های شبکه از جمله ایستگاه هایی که دیتای آنها با هم برخورد کرده متوجه تصادم می شوند.

[31] Carrier Sense Multiple Instance / Collision Detection

ایستگاه های فرستنده پس از وقوع تصادم هر دو ساکت شده و باز طی زمان نامشخصی که به صورت رندوم برای هر ایستگاه محاسبه محاسبه می شود اقدام به ارسال پیام می کنند. ضمن اینکه در طول مدت انتظار (پس از وقوع تصادم) هیچ ایستگاه دیگری نمی تواند باس را در اختیار بگیرد.

اگر برخوردهای متعدد در یک شبکه صورت گیرد ایستگاه ها زمان انتظار پس از برخورد را دو برابر می کنند. بنابراین در صورت وقوع برخوردهای متعدد در یک شبکه، سرعت موثر آن به شدت کاهش می یابد.

با توجه به توضیحات بالا می توان گفت که روش CSMA/CD در شرایط عادی کارایی خوبی دارد. ولی در ترافیک بالا کارایی سیستم به دلیل وجود تصادم کم می شود. برای حل این مشکل روش دیگری به نام CSMA/CA[۳۲] ابداع گردید. در این روش از تصادم اجتناب می شود.

در روش CSMA/CA هر ایستگاه یک درجه اولویت دارد. اگر تصادم اتفاق افتاد، آن که درجه اولویت بالاتری دارد، باس را در اختیار می گیرد.

[32]Carrier Sense Multiple Instance / Collision Avoided

فصل سوم

سیستم های کنترل گسترده

فصلسوم‌سیستمهای کنترل گسترده(DCS)

۳-۱معرفی DCS

به دلیل شباهت ساختاری دو سیستم SCADA و DCSدر این فصل مروی کوتاه بر DCSومعرفی آن می پردازیم و در فصل بعد به مقایسه آن با SCADA می پردازیم.

حوزه کار و عمر سیستمهای کنترل گسترده [۳۳] یا DCS اکنون به پنجاه سال می رسد و دوره های اوج خود را سپری کرده است. بیشترین درجه اهمیت این موضوع مربوط به زمان ساخت میکرو کامپیوترهای با قیمت کم در حدود سالهای ۱۹۷۰ می باشد. پس از آن حوزه کار سیستم های DCS در محدوده پروسه های صنعتی پیوسته گسترده تر و پیچیده تر شد. کاربردهای مختلف این تکنیک ها در فرایندهای مختلف صنعتی مانند شیمی، پتروشیمی، نفت وگاز و پالایشگاه ها، صنایع آهن و فولاد و مواردی از این قبیل است.

امروزه سیستم های DCS به عنوان یک ابزار اتوماسیون معمول در آمده اندکه از دیدگاه های مختلف می توانند تعابیر مختلفی داشته باشند. از نقطه نظر مهندسی پروسه این سیستم می تواند سبب بهبود میزان تولید و کیفیت تولید و ایمنی و قابل اطمینان و انعطاف پذیری بیشتر قسمتهای صنعتی و افزایش حوزه نظارت بر مراحل اجرای یک پروسه به کار گرفته می شود.

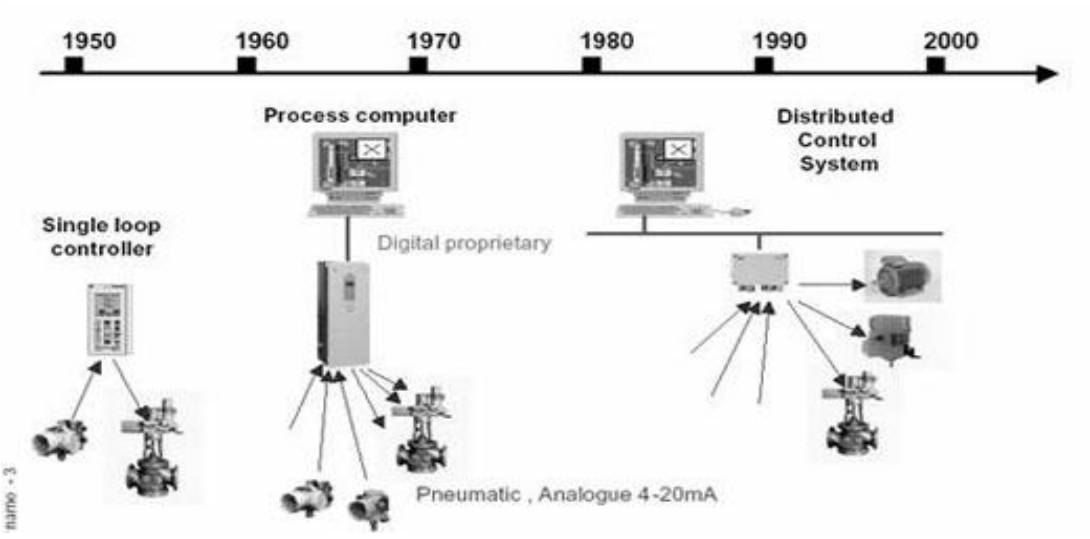
از دیدگاه مهندسی کنترل و کامپیوتر این فناوری حوزه ای است که کاربرد و رشد سریع تکنولوژی مخابرات و شبکه ها ی کامپیوتری در خدمت سیستمهای کنترلی را به نمایش می گذارد و حتی منجر به معرفی و اختصاص شبکه های کامپیوتری برای سرویس ها کنترلی شد. که یک نمونه معروف CAN[۳۴] است.

[33] Distributed Control System
[34] Control Area Network

۲-۳ ایجاد سیستم های کنترل گسترده (DCS)

در دهه ۶۰ کاربرد یک مینی کامپیوتر برای حل بسیاری از کارهای کنترلی که با رله ها صورت می پذیرفت عملا کارگرانی بود. یک گروه مهندسی در شرکت Generals Motors روی کنترل کننده های قابل برنامه ریزی کار کردند که هم قابلیت های لاجیک داشته باشد و هم به کامپیوتر نیاز نداشته باشد که در این صورت با قیمت کمتر می شد کار کنترل را انجام داد. این سلسله فعالیت ها منجر به ظهور PLC شد. رله ها نمی توانند توابع کنترلی پیچیده را پیاده کنند ولی این کار با PLC کاملا عملی شد. اولین PLC در سال ۱۹۶۹ دارای یک CPU بایک کیلوبایت حافظه و ۱۷۸ ورودی و خروجی بود که روز به روز پیشرفت کرد و قابلیت های مانیتورینگ و نرم افزاری و سخن افزاری آن سریعا پیشرفت کرد و زبان هایی نیز برای آن بصورت استاندارد جهت برنامه ریزی در نظر گرفته شد. پیشر فت ها به حدی بود که برای مثال در سال ۱۹۷۰ حافظه به ۱۲ کیلو بایت و خطوط ورودی خروجی به ۱۰۲۴ خط افزایش پیدا کرد، و روز به روز بر سخت افزار و نرم افزار آن افزوده شد. همزمان با رشد این تکنولوژی سیستم های مخابره داده و شبکه های کامپیوتری نیز پیشرفت کرد و به شکل استاندارد های بین المللی در آمد. از تلفیق این دو سیستم، PLC ها و دیگر سیستم های کنترلی می توانستند به سادگی در سیستم های پیچیده گرد هم جمع شوند و یک ساختار DCS تشکیل دهند.

اولین DCS توسط شرکت Honey Well در سال ۱۹۷۰ ساخته شد که یک سیستم پله ای با تعداد زیادی میکروپروسسور بود. امروزه سیستم های گسترده جای سیستم های متمرکز را گرفته اند.



شکل ۱-۳ سیر تکاملی DCS

هدف یک سیستم DCS کنترل گسترده یک فرایند پراکنده است که این گسترده کردن پروسه نیاز به تجهیزات وسیع دارد. در حال حاضر شرکت های زیادی در زمینه تولید DCS ها و PLC ها فعالیت می کنند.

۳-۳ ساختار سیستم های DCS

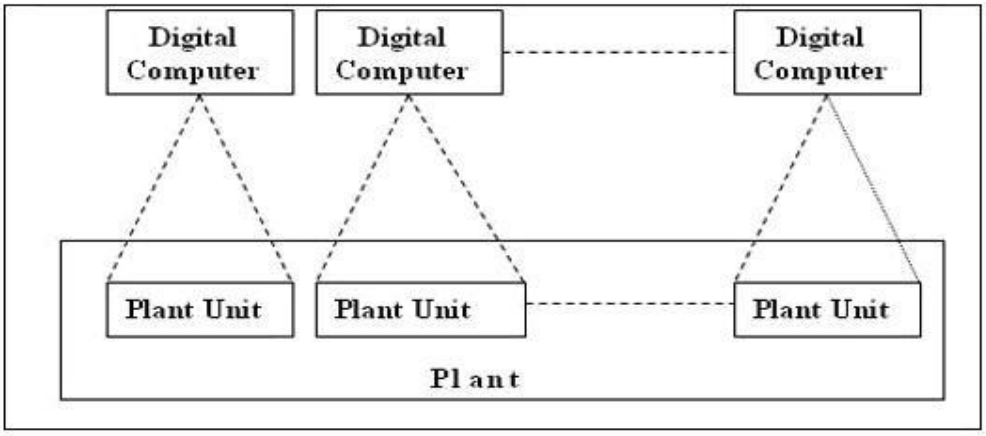
سیستم ها با ساختار کامپیوتری چندین نوع هستند که از نظر ساختار کنترلی به دو نوع حلقه بسته و حلقه باز و از نظر اجرایی همگام (on-line) و غیر همگام (Off-line) دسته بندی می شوند. سیستم نوع اول یعنی حلقه باز غیر همگام برای جمع آوری و پردازش داده است که برای اهداف مانیتورینگ و متعادل کردن انرژی و مواد خام اولیه نیز بکار می رود، اما کامپیوتر روی خود پروسه کنترلی ندارد یعنی فقط سیستم از پروسه داده می گیرد.

یک گام جلوتر سیستم حلقه بسته غیر همگام است که علاوه بر کارایی های سیستم قبلی قابلیت کنترل پروسه را نیز دارد و پس از جمع آوری و پردازش اطلاعات می تواند فرمان ها یا مقادیر مناسب متغیرهای برای اعمال به عملگرها را ارائه بدهد.

سیستم نوع سوم، سیستم همگام حلقه باز است که اطلاعات بلافاصله به کامپیوتر رفته و کار کنترل براساس داده های داده شده، توسط کاربر صورت می گیرد. و بالاخره نوع چهارم (حلقه بسته همگام) که تمام کارهای جمع آوری و پردازش و اعمال نتایج حاصل از پردازش به پروسه تماما توسط کامپیوتر انجام می شود.

کامپیوترهای کنترل فرایند وقتی برای یک هدف خاص کنترلی مانند جمع آوری داده و پردازش و امثال آن تعریف می شوند کامپیوتر با مصارف خاص گویند. این کامپیوتر ها معمولا در جاهای مختلف یک پروسه برای انجام کارهای مختلف گسترده می شوند و در ضمن کار قسمت ها مستقل از یکدیگراست.

در این سیستم مبادله داده بین کامپیوتر ها به خاطر نداشتن اتصال مستقیم با یکدیگر به کندی صورت می گیرد. مدتی بعد بخاطر لزوم ساخت فایل های داده مرکزی کامپیوترها از طریق یک کامپیوتر مرکزی بهم متصل شدند که این سیستم را سیستم متمرکز می گویند. (چون در این حالت وجود یک مرکز در قسمت اصلی و مهم پروسه که با سنسورها و عملگرها و سایر تجهیزات صنعتی پروسه مستقیما در ارتباط باشد لازم است).



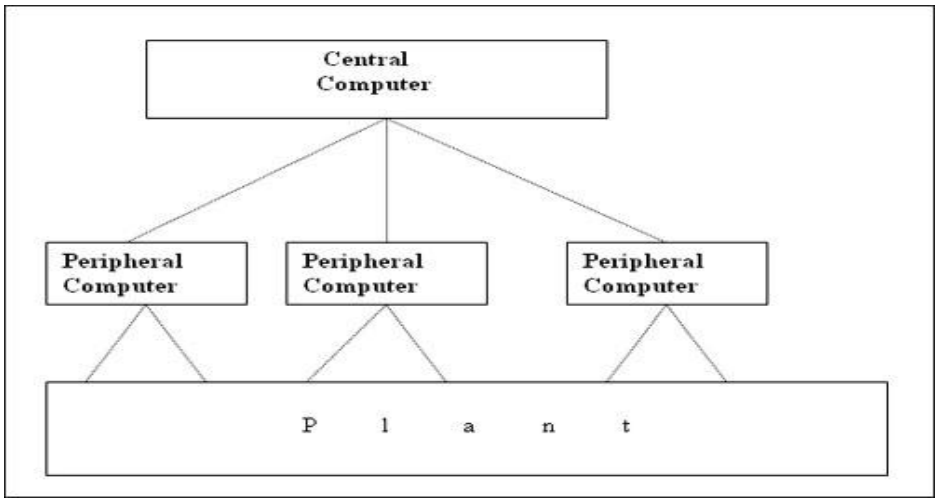
شکل۲-۳: کامپیوتر با مصارف خاص توزیع شده

۱-۳-۳ کامپیوتر مرکزی

در کامپیوتر مرکزی کارهایی به این شرح صورت می گیرد:

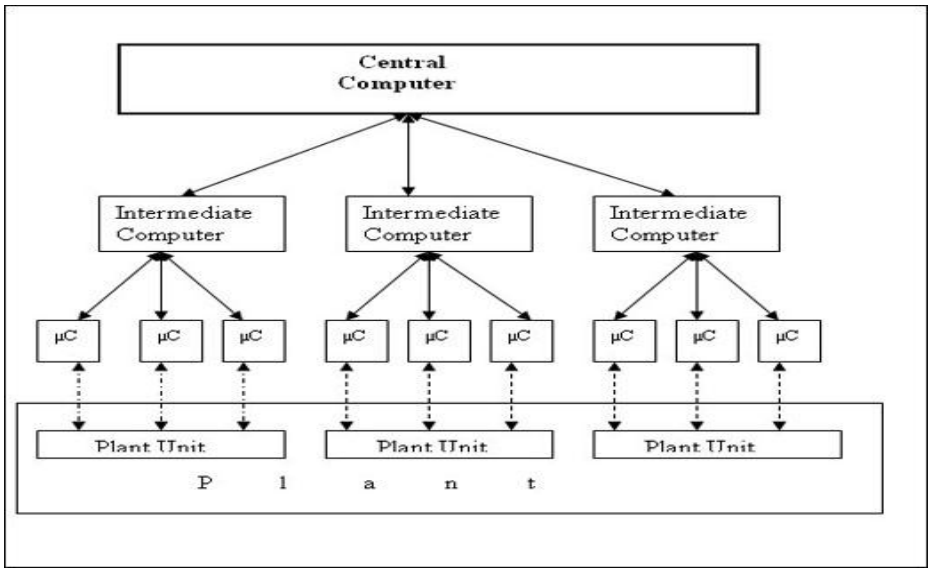
مانیتورینگ پروسه، جمع آوری داده، پرداش داده، ذخیره سازی و نگهداری داده برای زمان های نسبتا طولانی، کنترل پروسه و اعلام خطر در مواقع لازم ، که برخی مواقع کارهای مدیریتی نیز به این مجموعه افزوده می شود.

دو موضوع مهم و جدی برای بکارگیری یک سیستم کامپیوتری متمرکز در صنعت سرعت پردازش و قابلیت اطمینان خود کامپیوتر است به عبارت دیگر چون کل تمرکز توابع اتوماسیون در یک کامپیوتر است همین امر می تواند خطرناک نیز باشد پس سرعت محاسبات و قابلیت اطمینان سیستم بسیار مهم است چون در صورت خرابی تمام توابع از کار می افتند. لذا مهندسین همواره درصدد یافتن راهی برای بالا بردن قابلیت اطمینان سیستم ها هستند که برای نیل به این هدف یا باید کامپیوتر از قابلیت اطمینان بالایی برخوردار باشد. (این مساله برمی گردد به ساختمان داخلی کامپیوتر و مدارات آن که بهتر است از سیستم چند پردازنده ای در کامپیوتر مرکزی استفاده می شود) یا امکانات پشتیبانی اندازه کافی موجود باشد. ساختار چند پردازنده ای نشان داده شده در شکل ۳-۳ وقتی تعداد کمی کامپیوتر مورد نیاز باشد یعنی برای صنایع کوچک مناسب است. اما برای اتوماسیون صنایع بزرگ مانند آهن و فولاد یا پتروشیمی این سیستم نمی تواند کارایی داشته باشد که این مساله بیشتر ناشی از وجود بار کاری زیاد در این گونه صنایع است که سرعت و قدرت کامپیوتر مرکزی به شدت کاهش می دهد.



شکل ۳-۳ :سیستم های کامپیوتری غیر متمرکز

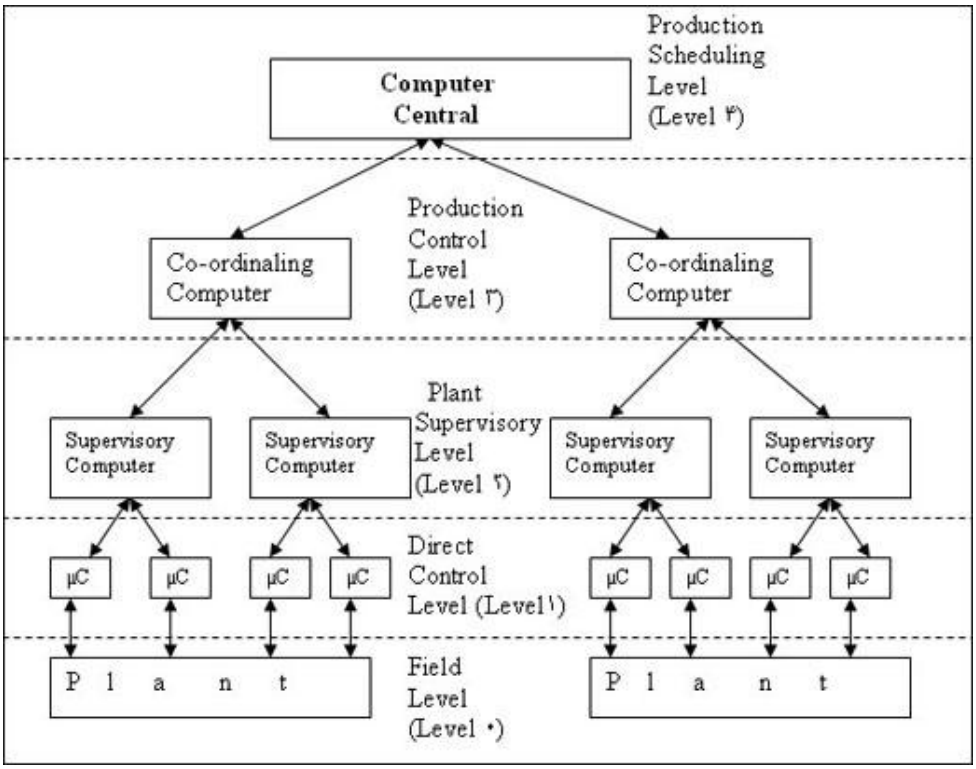
لذا از ساختار پله ای ترتیبی [۳۵] استفاده می شود که در این حالت نیاز نیست تمام مینی کامپیوترهای سیستم مستقیما به یک کامپیوتر مرکزی متصل باشند بلکه کارها طی سلسله مراتبی در پله های متفاوت انجام می شود و در هر پله یا مرتبه نیز کار مجددا تقسیم می شود. در شکل ۴-۳ ساختمان سه طبقه از این ساختار نمایش داده شده است که در DCS های امروزه بسیار متداول است.



شکل۴-۳ : ساختارسلسلهمراتبیبا کامپیوترهایمرکزی

[35]hierarchical

البته لازم بذکر است که کامپیوتر مرکزی می تواند از طریق خطوط استاندارد و شبکه ها به شبکه های محلی یا ملی و یا حتی بین المللی وصل شود که این حالت معمولا برای دسترسی برخی مراکز تحقیقاتی و آزمایشگاهی و کارهای مدیریت کلان تعبیه شده است و بدون هیچ مشکلی از طریق ترمینال های متصل به شبکه می توان به اطلاعات مربوط به چگونگی کار از نظر کمی و کیفی و سایر مسائل جانبی احتمالی نظیر ایراداتی که در سیستم اتفاق می افتد دسترسی پیدا کرد. چگونگی سیستم چند پردازنده ای که در اثر رقابت شرکت های طراح آن منجر به طرح تقریبا مشترک و عمومی ساختمان ترتیبی پله ای گسترده شد در دهه هفتاد موضوع جالبی از دیدگاه کاربرد پیشرفته کامپیوتر بود، که سیستم کنترلی را در چند سطح کاری استاندارد تقسیم می کرد و در هر سطح وظایف خاصی صورت می گرفت. مطابق شکل ۵-۳ که هر کدام از سطوح به اختصار توضیح داده خواهند شد.



شکل ۵-۳:سطوح سیستم های سلسله مراتبی

۳-٤ سطوح کاری

شاید از بهترین محاسن این نمونه سیستم ها تقسیم کاری در سطوح افقی و عمودی به کارهای مستقل از یکدیگر است که به ترتیب اهمیت وظایف طبقه بندی شده اند و هرچه اهمیت کار بالاتر باشد در سطح بالاتری از سیستم به آن پرداخته می شود و کارهای سطح بالا از حالت اجرایی خارج شده و بیشتر جنبه مدیریتی پیدا می کنند. که این مساله در نامگذاری سطوح نیز دخیل بوده است. به هر وجه این سیستم مطابق شکل از چهار قسمت کاری تشکیل شده است که عبارتند از:

۱.سطح کنترل مستقیم پروسه

۲.سطح کنترل مدیریتی پروسه

۳.سطح کنترل ترتیبی تولید

۴.سطح مدیریت پلانت

۳-٤-۱ سطح کنترل مستقیم پروسه

این سطح اتصال مستقیم به فرایند به وسیله سنسورها و عملگرها دارد که خود آنها نیز از طریق A/D یا D/A به میکرو پروسسورها وصل هستند. جمع آوری داده های پروسه یا به عبارت دیگر گردآوری همزمان متغیرهای مجزای پروسه و پیامهای ارسالی پلانت (مانند شیرها، پمپها یا موتور ها) برای کنترل دیجیتال با بازده بالا و کنترل حلقه ها و چگونگی نمایش چگونگی روند کار و عیب یابی و گزارش لازم از جمله وظایف این قسمت است. نمایش مراحل کاری و چک کردن سیستم و پردازش دقیق اطلاعات و داده ها و بررسی و مقایسه مقادیر پذیرفته شده با مقادیر مجاز تعریف شده است، تصمیم گیری ها و تست توابع سخت افزاری و کنترل المانها و در صورت لزوم اعلام اخطار و نهایتا گزارش عیب نیز از وظایف این قسمت است.

۳-٤-۲ سطح کنترل مدیریتی

در اینجا میکروپروسسور برای کنترل حلقه بسته فرایند یا پردازش سیگنال صنعتی استفاده می شود. از دیگر وظایف این سطح محاسبه و بررسی شرایط کاری بهینه و ارسال دستورات و فرامین لازم برای سطوح پایین تر و اجرای توابع اتوماسیون مانند:

کنترل بهینه پروسه بر اساس مدل ریاضی و تئوری کنترل سیستم ها که باید بتواند حتی در شرایط بحرانی و اضطراری شرایط، مشخصه بهینه ای برای پلانت برآورده کند.کنترل حلقه ها به شکل وفقی بر اساس مقادیر تخمین زده شده پارامترهای پروسه که نهایتا نتایج این محاسبات باید به سطح پایین تر ارسال شود.بررسی شرایطی مانند مواد خام اولیه، نیروی کار لازم و انرژی در حالت بهینه بر اساس معیارهای از پیش تعریف شده.نمایش مشخصه های کاری پلانت، آشکار سازی خطا و گزارش آن و همچنین داده های لازم برای سطوح بالاتر و ارسال فرمان برای سطوح پایین تر.

۳-٤-۳ سطح کنترل ترتیبی تولید

بررسی شرایط انرژی و میزان تقاضا برای آن، جدول بندی تولیدات قسمت های مختلف پلانت بر اساس میزان تقاضا برای آنها و مرتبه اهمیت و میزان سود دهی و ایجاد جداولی برای تولیدات با امکانات تغییر در آن در صورت لزوم و قابلیت گزارش مقادیر تولیدات و قابلیت های مانیتورینگ و اخطار از اهم وظایف این قسمت است.

٤-٤-۳ سطح مدیریت پلانت

بالاترین مرتبه اولویت را در سیستم شرح داده شده دارد که کارهای گسترده ای در زمینه مهندسی، سیستم های اقتصادی، کادر اداری و نیروی کار و سایر مسائل کلان انجام میدهد که همه بصورت نرم افزاری صورت می گیرد و در صورت تغییر شرایط باید به راحتی برای حالت بهینه قابل تغییر باشد. در این سطح کادر مدیریتی شرکت و فروشنده ها و خریداران و متقاضیان فرآورده با هم در ارتباط هستند ضمن اینکه در این سطح، مدیریت قدرت نظارت بر پرسنل خود را دارد. کارهای نمونه در این سطح عبارتند از بررسی پیشنهادات فروشنده ها، جمع آوری اطلاعات در مورد تقاضاهای مشتریان، بر آوردهای آماری خرید و فروش تولیدات، قرارداد های حقیقی و حقوقی برای معاملات بررسی کیفی و کمی محصولات و فرآورده ها از نظر اقتصادی، محاسبه قیمت ها با توجه به مواد اولیه و انرژی مصرفی و ظرفیت های تولید و تقاضا و خرید، مبادلات اطلاعاتی، مدیریت تولید، گزارش بهره وری، بازده دهی و میزان تلفات در مواد اولیه یا انرژی یا تولیدات.

نکته مهم این است که در تعیین سطوح کاری در سیستم پله ای لزومی ندارد. نرم افزار و سخت افزار در هر سطح کاملا مجزای از سایر قسمت ها باشد بلکه ممکن است که یک کامپیوتر در دو سطح کار کند یا اینکه در دو سطح متفاوت کامپیوترهای با قابلیتهای مشابه یا نرم افزارهای متفاوت وجود داشته باشد که در این حالت مخصوصا

موقعی که کل سیستم صنعتی کوچک باشد از پیچیدگی سیستم کاسته خواهد شد. در این حالت معمولا سطح سه و چهار در یک کامپیوتر و سطوح یک و دو نیز در کامپیوتر دیگری خلاصه می شوند و نتیجه پله ای دو طبقه است.

ساختار پله ای گفته شده فرم متداولی است که در صنایع برای اتوماسیون استفاده می شود اما این شکل منحصر بفرد نیست و برای برخی مصارف خاص ممکن است طرح های دیگری با شکل ساده تر همان کارآیی را دارند ارائه شده باشد برای مثال در نیروگاهها از شکل دیگری استفاده می شودکه بین دو سطح یک و دو سطح کنترل گروه را تعریف کرده اند و در عوض سطوح سه و چهار حذف شده اند و با توجه به محدود بودن تجهیزات نیروگاه این سطح قدرت کنترل محل را دارند.

۳-۵ مزایای DCS

برخی ازمزایای DCS طبق جدول زیر قابل تقسیم هستند:

ارتباطات و مخابرات	ارتباط بین کامپیوتر ها به وسیلهروشهای استاندارد صورت می گیرد
قیمت	ارسال سری داده از حالت موازی یا سیمبندی های آنالوگ ارزانتر است. استفاده از مدارات مجتمع خاص ارزانتر از رله ها و سیمبندی ها منطقی سخت افزاری است.
قابلیت اطمینان سیستم	به خاطر و جود تعداد زیاد پردازنده هایدر حال کار در سطح متفاوت با قابلیت اطمینان بالا سیستم از قابلیت اطمینان بالاییرخوردار است.
صحت داده ها	داده ها از نظر خطا همواره بررسی میشوند.
بهبود مشخصه های کاری	روشهای پیچیده کنترل زیادی می توان رویپروسه اعمال کرد و قدرت پردازش به شدت بالا می رود.
مقطع و ماژولار بودن	قطعه قطعه بودن سخت افزاری و توابعکنترلی یعنی مجزا بودن آنها از یکدیگر، که این مساله برای ارتباط بهتر بین قسمتها وسادگی تست سیستم بسیار مفید است.

جدول ۱-۳: مزایای DCS

۳-٦ سازماندهی پایگاه داده[36]

تا اینجا به طور عمده کارهای اتوماسیون و پیاده سازی آن در سطوح متفاوت یک سیستم DCS بررسی شد اما تمامی این کارها و اجرا و محاسبات مربوط به آنها منوط به ارسال و مبادلات اطلاعات و داده ها بین طبقات و درون طبقات است و اجرای توابع و اعمال داده های لازم برای کنترل محل و مدیریت پروسه باید در دسترس سیستم اتوماسیون باشد و داده های فرستاده شده از سطوح مدیریتی باید در اختیار کاربر قرار گیرد. لذا با توجه به اینکه داده ها هم از نظر سرعت و مقدار اطلاعات و کارآیی متفاوت اند، لازم است در این قسمت به این بحث پرداخته شود و مسائلی مانند تولید داده ها، دسترسی به آنها، به هم گام کردن آنها و محافظت از آنها و ارسال بین طبقات متفاوت بررسی شوند اولین فرض قریب به ذهن این است که در یک DCS داده ها به طریقی شبیه به آنچه در کارهای اتوماسیون تقسیم بندی شدند تفکیک شوند که لازم است در اینجا سطوح متفاوتی برای آنها تعریف شود.

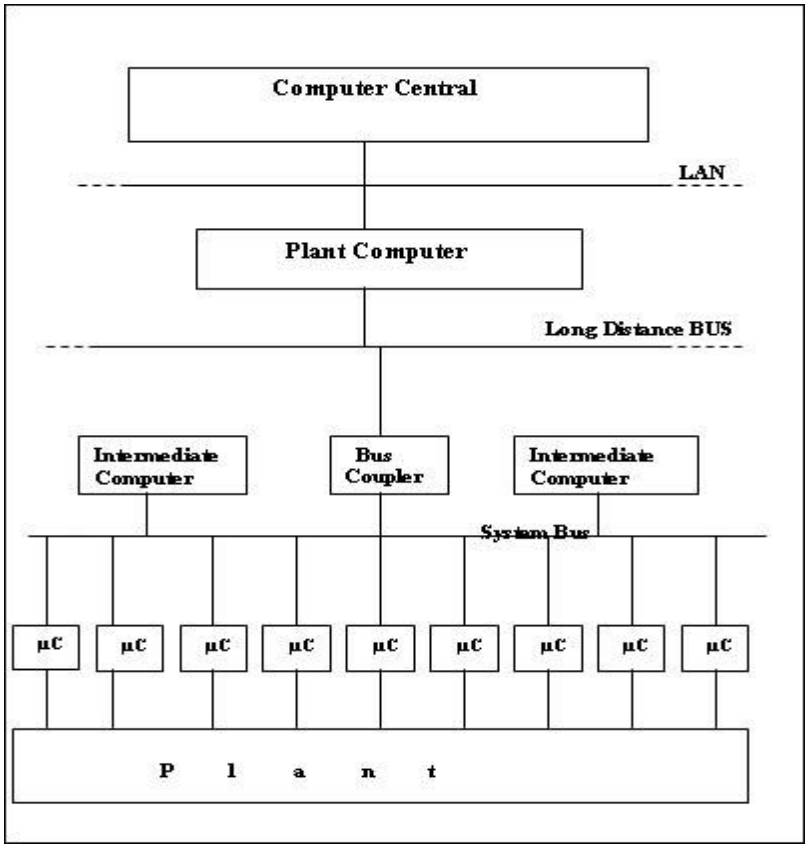
در هرسطح تنها داده های منتخب و مورد نیاز آن قسمت از قسمت های دیگر دریافت می شود نه همه داده ها و همچنین با توجه به اهمیت قسمتهای پایین تر از نظر کاری فرکانس مبادلات داده در آنجا بیشتر است و در طبقات بالا به سرعت ارسال بالا برای داده نیاز نیست، چگالی داده از قسمتهای پایین به بالا کم می شود چون در هر قسمت تنها داده های مربوط به همان قسمت ذخیره می شود و بقیه ارسال می شوند. محتویات واحد های داده پایه یا DBU[37] به محل آنها در سیستم پله بستگی دارد و در سطوح مختلف محتوای واحد های پایه داده DBU متفاوتند.

۳-۷ اصول کاری سیستم های DCS

سیستم های اتوماسیون گسترده به طور نظری پیچیده و از نظر ساختاری واضح به نظر می رسند. اما با توجه به شرکت های زیاد فعال در این زمینه چه در حوزه سخت افزار و چه نرم افزار مشکل انتخاب نمونه بهتر است. یک متقاضی این گونه سیستم ها باید بتواند مشکل ارتباط سخت افزاری و سازگاری های نرم افزاری را در سیستم برای خودش حل کند که امروزه به وفور این طرحها توسط فروشنده های متفاوت دراشکال مختلفی ارائه می شود و مسائل مطرح شده فوق واقعا وجهی برای طرح ندارد اما مساله ضروری دیگری که هست این است که چون تولید کنندگان نمی توانند واقعا تمام خواسته های یک مشتری را برآورده کنند و دریک سیستم باقیمت مناسب با توجه به تقاضاهای مختلف ارائه دهند لذا متقاضی باید زیر سیستم هایی با بهای مناسب از شرکت های مختلف با کارایی های لازم خریداری کند و بتواند با ایجاد ارتباط بین آنها به هدف خودش برسد و این ایجاب می کند که زیر

[36] Data Base Organization
[37] Data base Unit

سیستم های شرکت ها با هم سازگاری داشته باشند و در اینجا بحث استانداردها پیش می آید یعنی ممکن است یک سیستم با قیمت کم و با تجهیزات کم در یک شرکت نصب کرد اما برای شرکتی دیگر با تجهیزات دیگر نیاز به ارائه طرحی دیگر داشته باشیم و اگر بخواهیم برای شرکت جدید طرح جدید از صفر شروع کنیم این از نظر زمانی و هزینه نه برای فروشنده و نه برای متقاضی مقرون به صرفه نیست به همین دلیل ساختار عمومی که قبلا توضیح داده شد که از اتصال نقطه به نقطه کامپیوترها درسطوح متفاوت استفاده می کند و یک شکل اصلاح شده نهایی می دهد که از گذرگاه و ارتباطات LAN جهت برقراری ارتباط در آن استفاده می شود ترجیح داده شده است. یک طرح با ویژگیهای گفته شده در شکل بعدی آمده است. البته انتظار نیست در همه DCS های طراحی شده ساختار به این شکل رعایت شود.



شکل ۶-۳: سیستم سلسله مراتبی با استفاده از باس

۸-۳ المان های سیستم

محدوده وسیعی از DCS های موجود توسط شرکت های متفاوتی طراحی شده اند که با توجه به اینکه الزاما از شکل واحدی استفاده نمی کنند به سختی می توان المانها را در همه آنها به طور واحد معرفی کرد و در هر سیستمی یک سری المان ها دیده می شود که برای برخی سیستم های دیگر تعریف نشده اند و بنابراین کلاسه بندی کردن دقیق المان های DCS عملی نیست و تقیسم بندی هایی که ارائه می شود بیشتر سلیقه ای است. دوشکل بعدی ساختارهای متداولی از DCS را نشان می دهد که از یک سری المان ها در سطوح متفاوت استفاده شده تا یک سیستم را شکل بدهد. در ادامه این قسمت با دید بازتری به سطوح کاری و خود DCS نظر داریم.

۹-۳ ارتباط ماشین با انسان

کاربرد یک کامپیوتر کنترل پروسه به یک سری واسط هایی برای برقراری ارتباط و کار بین استفاده کننده از امکانات سخت افزاری و نرم افزاری سیستم با کامپیوتر نیاز دارد چنین واسط هایی را واسط انسان و ماشین ۳۸ یا واسط انسانی۳۹ می گویند. برای اینکه کامپیوترها به قابلیت های انسان سمت و سو بدهند حداقل قابلیت های لازم در ارتباط، عبارتند از:

واسطه کاربر با کامپیوتر برای تولید، تست و نگهداری نرم افزار سیستم

ارتباط با کاربر برای مانیتورینگ کار پلانت در سطوح کاری متفاوت

مانیتورینگ فرآورده ها برای کادر مدیریتی پلانت

ایجاد ارتباط پلانت با خارج برای کادر مدیریت بازرگانی و بررسی درخواست های خرید

ارتباط بین انسان و ماشین تنها مختص به سیستم DCS نیست و معمولا برای برقراری ارتباط ،یک صفحه کلید و یک مانیتور یا یک صفحه کنترل الزامی است.که برای کمک بهتر به اپراتور و اجتناب از اشتباه سیستم ها به طور کامل از رنگها و نمادهای کمکی استفاده می کنند که این واسطه ها از اهمیت بالای برخوردارند مخصوصا وقتی که رشد روز افزون تقاضا برای اتوماسیون را در نظر بیاوریم و در نتیجه لزوم ساده تر شدن سیستم و بالا رفتن اطمینان سیستم .با وجود کارهای زیاد انجام شده روی طرح های نمایشگرها و قابلیت های آنها هنوز یک قاعده و

[38]Human Machine Interface
[39]HumanInterface

استانداردی در مورد نمادها و رنگ های بکار رفته در نمایشگرها بوجود نیامده، هرچند که برخی نمادها و رنگ ها در اکثر جاها برای یک هدف بکار می روند.

۱۰-۳حوزه میدان در DCS

این قسمت پایین ترین سطح یک DCS است و مستقیما با خود پروسه در ارتباط است از یک طرف توسط خطوط خروجی و ورودی آنالوگ فرمان ها را یا به پروسه اعمال می کند یا مقادیر متغیرها و نقاط کار را از پروسه دریافت می کند و از طرف دیگر با تبدیل این مقادیر به عبارت های استاندارد از طریق خطوط ارتباطی به سطوح بالاتر منتقل می کند. کار اصلی این قسمت جمع آوری سیگنال های آنالوگ و دیجیتال پیش پردازش و نمایش و نظارت بر پیام های اخطار و اجرای حلقه های کنترلی باز و بسته است، برای رسیدن به اهداف فوق این قسمت را به صورت ماژولار(Modular) می سازند.

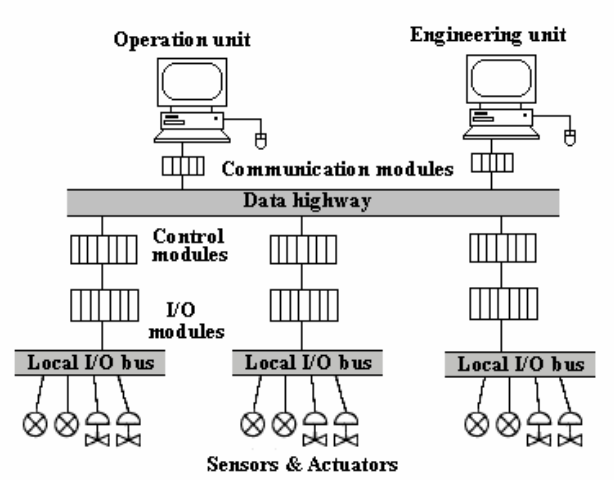
مشخصه های معمول این قسمت عبارتند از:

ورودی های آنالوگ

خروجی های آنالوگ

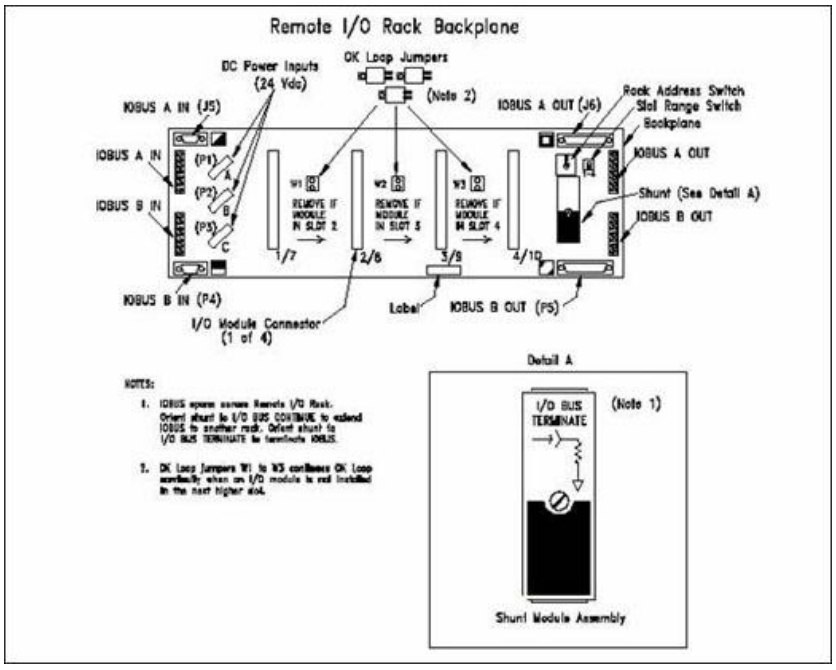
ورودی ها و خروجی های باینری

تعداد ورودی و خروجی های دیجیتال نیز بسته به مورد یکی از مقادیر ۱۶،۸،۴،۲به طور معمول هستند اما در اینجا هم تا تعداد ۱۰۲۴ خط نیز ارائه شده است و برخی دستگاه ها حتی ورودی های دیجیتال خاصی مانند شمارنده و زمان سنج ها خروجی ها مانند پالس ها و خروجی موتورهای پله ای را اضافه کرده اند. در مورد Field در فصل اول در بحث Field bus توضیحات کافی ارائه شد بنابراین به همین مقدار توضیح بسنده می کنیم.



شکل۷-۳ :ساختار کلییکسیستمکنترلگسترده

13-1 سیستم های اتوماسیون APACS[40]



شکل۸-۳ :ساختارسخت افزاریAPACS

[40]Advanced Proceess Automation and control system

بیشتر فرایندها شامل ترکیبی ازفرایندهای پیوسته(دما،فشار،فلو)وفرایندهای گسسته(مدارهای دیجیتال برای پمپها و شیرها)می باشند.به طور مرسوم سیستمهای کنترل توسعه یافته (DCS)جهت اداره کنترل پیوسته بسیار سودمند هستند و کنترل کننده های برنامه پذیر (PLCs)برای کنترل گسسته ابزار مناسبی می باشند.از این رو دو انتخاب پیش رو خواهیم داشت: پیکربندی،یکپارچه سازی ونگهداری دوسیستم یا انتخاب یک نوع سیستم.

سیستم کنترل APACSبر این مشکل فایق آمده و امکانات و توانایی های DCSs وPLCsرا در یک سیستم جهت کاهش هزینه ها با هم تلفیق کرده است.به عنوان مثال امکانات DCSsو PLCsکه در سیستم کنترل APACSبکار گرفته شده اند عبارتند از:

۱- controller configuration softwarاین نرم افزارتشکیل شده است از چهار زبان:

• Function Block (FB)

• Ladder Logic

• Sequential Function chart

• Structured Text

که درداخل یک control module database قرارگرفته اند

۲-کنترلرPLC قوی جهت افزایش قابلیت اطمینان

۳-معماری DCS انعطاف پذیرو قابل گسترش برای افزایش کارایی.

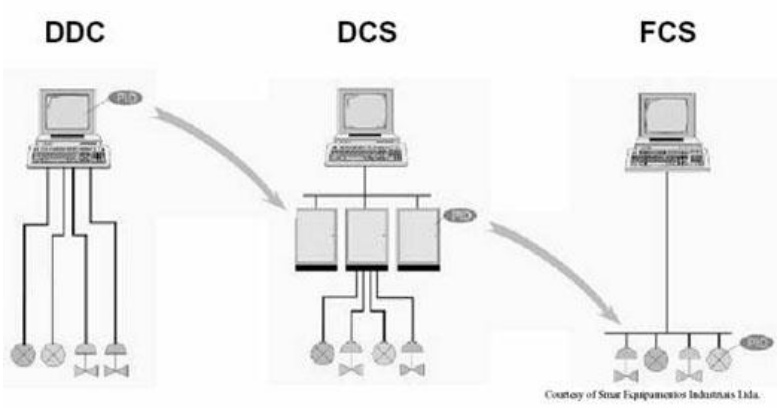
APACSیک بسته ویندوز NT که شامل configuration ، operator interface، Remote viewingو Historian Software می باشد، فراهم می کند.بسته نرم افزاری جهت ساده کردن فرایند اتوماسیون برای اطمینان از داشتن ابزاری موثرو قابل استفاده برای مقاصد ویژه مورد استفاده قرار می گیرد.

این معماری همچنین خصوصیات زیر را دارا است:

-1قابلیت استفاده از سطوح افزونگی (redundancy)اختیاری و استاندارد.

-2پشتیبانی از تولیدات و سیستم های شرکتهای دیگر و یکپارچه سازی آسان آنها.

۳-۱۲ معرفی سیستم کنترلFieldbus



شکل۹-۳ :روند پیشرفتیکسیستمکنترلگسترده

FCS[41]جدیدترین تکنولوژی سیستم کنترل دردنیا می باشد ، که بعد از DCS به بازار آمده است. استانداردهایی در ارتباط آنالوگ(۴-۲۰ mAو یا ۱-۵ V، برای سیگنال الکترونیکی و ۳-۱۵ psiبرای سیگنال نیوماتیکی) جهت انتقال سیگنال کنترل و ابزارهای اندازه گیری ، از ادوات فیلد به اتاق کنترل وجود دارد.
اماFCSیک ارتباط دیجیتال با پروتکل خاص خود می باشد. این پروتکل متفاوت با سایر پروتکل ها می باشد، زیرا در پروتکل های دیگر هدف فقط انتقال اطلاعات بوده ولی در طراحی پروتکل FCS اهداف کنترلی و کاربرد فرایند ها منظور شده و هدف صرف ارتباط دیجیتال نمی باشد.

بحث ارتباط هوشمند در اواسط دهه ۸۰ ، تحول مهمی در زمینه ارتباط دیجیتال ایجاد کرد. به بیان ساده ، فیلد باسیک شبکه ارتباطی دو طرفه سریال و تمام دیجیتال با پروتکل Multi-drop ما بین ادوات و وسائل ابزار دقیقی هوشمند فیلد (Intelligent Field Device)همچون سنسورها (Sensors) ، عملگرها (Actuators) ، ترانسمیترها (Transmitters) و... با کنترلر و کنترل مرکزی می باشد و هدف در این سیستم توزیع کار کنترلی و استراتژی کنترل در کل ادوات فیلد می باشد.

FF (Foundation Fieldbus) از استانداردهای معروف فیلد باس است که در سال ۱۹۹۴ جهت اهداف زیر معرفی شد:

1.ترقی دادن فیلد باس و گسترش آن هم برای راحتی مصرف کننده و هم برای تولید کننده

[41]Fieldbus Control System

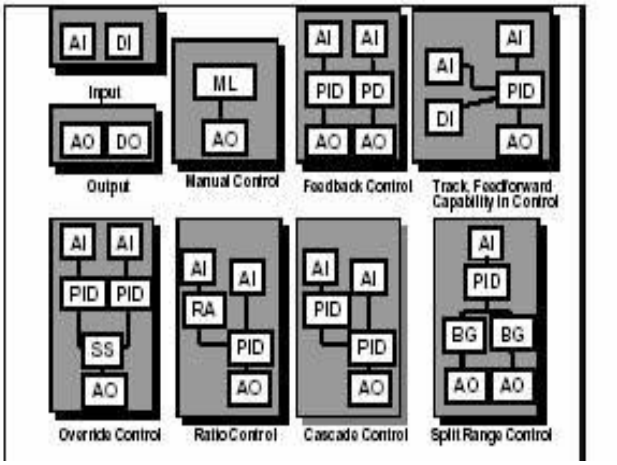
.2رسیدن به یک استاندارد مناسب و هماهنگ

ادوات Fieldbusمجهز به سیستم میکروپروسسوری بوده و می توانند بخشی از کار کنترلی را به عهده بگیرند. این عمل با بارگذاری بعضی از توابع کنترلی FB(Function Block)در حافظه این ادوات ممکن می گردد. این بلوک ها در مجموعه ای به نام Function Block Libraryقرار داده شده اند و به عنوان ابزاری قدرتمند در رسیدن به اهداف کنترل فرایند به کار گرفته می شوند. هرچه تعداد این بلوک های بازگذاری شده در ادوات یک سگمنت بیشتر باشد، به همان نسبت حجم اطلاعات ارسالی و دریافتی بیشتر و در نهایت پردازش آنها زمان بر خواهد بود.

شبکه Fieldbusشبیه LAN بوده و ترکیبی از سگمنتها می باشد و هر سگمنت به یک کارت کنترلی به نام H1متصل می باشد و قابلیت اتصال چند وسیله ابزار دقیقی را فقط با یک جفت سیم فراهم می کند وجایگزین سیستم (4-20mA Tranditional point-to- point)شده است که برای هر تجهیز فیلد یک جفت سیم بکار می رود.

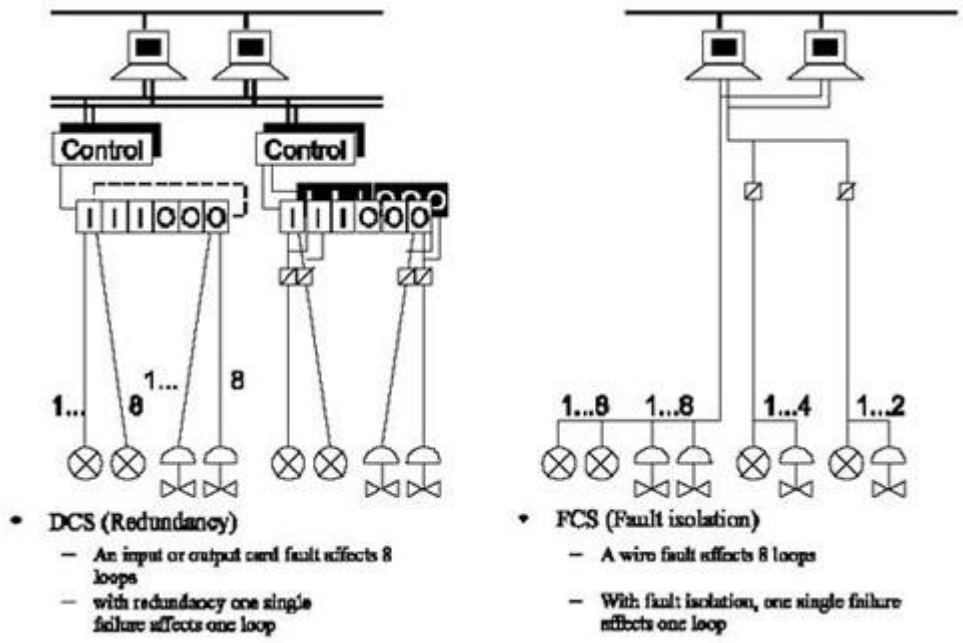
3-12-1مقایسه DCS & FCS و مزایا و معایب آنها نسبت به یکدیگر:

FCSبرای راهبری اهداف کنترلی از FB های استاندارد شده مانند AI (Analog Input) ، AO Analog Outputو PID استفاده می کند. FB ها در حافظه ادوات فیلد بارگذاری می شوند. با این عمل سیستم کنترل از اتاق کنترل به فیلد منتقل گشته و به تبع آن باعث کاهش سخت افزار می گردد.(شکل ۱۰-۳)



شکل ۱۰-۳: بلوک توابع

با اینکه ادوات کنترل پروسسی دارای پایداری بالاو احتمال خراب شدن آنها کم می باشد، ولی با این وجود این احتمال وجود دارد و می توان در طراحی سیستم کنترل این خطا را تا حد زیادی کاهش داد: اولا با ایجاد سطوح مختلف کنترلی و قرار دادن ادوات تک در پایین ترین سطح، ثانیا ایزوله کردن آنها از سطوح بالاتر توسط Barrierیا Isolator جهت جلوگیری از انتقال خطا به سطح بالاتر، ثانیا قرار دادن اغلب سخت افزارهای سطوح بالاتر بصورت Redundancy است.



شکل ۱۱-۳ مقایسه DCS و FCS

برای فیلد باس H1 جداسازی خطای سیم بندی بکار رفته است. بدین معنی که جهت اطمینان بیشتر ادوات در چندین شبکه (H1 Segment) مستقل تقسیم می شوند که در صورت بروز خطا در ادوات یک لوپ، فقط در همان شبکه H1 این خطا محدود می شود. که البته اخیرا کارتهای H1 نیز به صورت Redundancy طراحی و تولید شده است.

مهمترین سوال این است که در صورت قطع سیمی که تا ده وسیله به آن وصل است چه اتفاقی می افتد؟

در صورت بروز خطا در یک کارت ورودی / خروجی (۴-۲۰ mA I/O Card)سیستم DCS که اغلب Redundantنیز می باشد، باعث از سرویس خارج شدن آنها می شود و این روند در FCS نیز با قطع یک جفت سیم وجود دارد که در صورت قرار گرفتن حتی شانزده وسیله(هشت لوپ) در یک سگمنت (H1)هر هشت لوپ

از سرویس خارج خواهد شد، که این درمقوله از پایداری نسبت پایداری هردو یکسان می باشد. بطور خلاصه اینکه با بروز یک خطا در هر دو سیستم FCSو DCS احتمال از سرویس خارج شدن هر هشت لوپ وجود دارد. در DCSجهت لوپهای حساس و مهم اغلب کارتهای Redundant I/Oدر نظر می گیرند و در صورت بروز خطا در سیم واقع شده در فیلد یک لوپ از سرویس خارج می شود که این کار در FCS نیز با قرار دادن تعداد کمتری از لوپهای مهم (حداکثر دو لوپ) در یک شبکه FCS(H1 Redundancy) امکان پذیر بوده و از این لحاظ نیز مشاهده می شود که ضریب پایداری(در صد خطا) همچون DCSمی باشد.

در صورت عدم استفاده از کارتهای H1 به صورت Redundant ، جهت بالا بردن ضریب اطمینان و ایمنی ، ترکیب I/O ها طوری در نظر گرفته می شودکه در هر کارت H1 بیش از یک لوپ کنترلی- شامل یک Control Valveو یک ترانزمیتر قرار نگرفته باشد و سایر I/O های باقیمانده در کارت H1 به منظور کارهای غیر کنترلی یا نشان دهنده استفاده می شود. با طراحی و تولید کارت H1 به صورت Redundant و گذرندن مراحل تست و اخذ تاییدیه کمیته FCS می توان تعداد لوپها ی کنترلی در نظر گرفته شده در یک کارت H1 و یک سگمنت را تا دو لوپ کنترلی افزایش داد.

مهمترین مزیتی که تجهیزات فیلد در FCS دارند این است که در صورت بروز خطای خروجی آن وسیله به حالت Fail Safe رفته و فرمانهای متناسب با شرایط مستقل از اپراتور و کنترلر مرکزی را صادر می کند و ممکن است به حالت از قبل مشخص شده رفته و یا در موقعیت مطمئن (یا آخرین مقدار) قرار گیرد ، و این عمل (Fail safe)ممکن است در صورت بروز خطا در سنسور، خود وسیله ویا ارتباط وسیله با کنترل مرکزی صورت گیرد و تمام این خطا ها به اپراتور گزارش می شود (حتی قطع هوای ابزار دقیق ارسالی به سر Control Valve) . در DCSاین قابلیت ها محدود بوده و در صورت بروز خطا مثلا در ترانسمیتر ممکن است حداکثر یا حداقل را در خروجی قرار دهد که از قبل بایستی توسط یک سوئیچ سخت افزاری در آن تنظیم شود.

مزایای دیگر عبارتند از:

کاهش تعداد Barrier های مورد استفاده در داخل کابینت ها.

کاهشسیم کشی و سیم بندی در داخل کابینت ها و درفیلد و به تبع موارد فوق کاهش حجم کابینت های مارشالینگ (Marshaling Cabinets) کنترل(Control Cabinet)نسبت بهDCS وDDC .

کاهش سیم کشی در فیلد و به تبع آن کاهش متعلقات سیم کشی شاملBox، Trayو...

صرفه جویی در هزینه و کاهش زمان نصب سیستم کنترلی و ادوات فیلد

زمان Commissioning&Start-up در صورت صحیح بودن طراحی FCS تا یک هشتم مشابه ازنوع Conventionalنیز کاهش می یابد.

اعمال تغییرات Configuration سیستم Analog/Digital 10% سریعتر از سیتم آنالوگ می باشد.

خاصیت Interoperability ادوات :FCS قابلیت بکار بردن ادوات مختلف فیلد باس در یک سیستم ، بطور مستقل از کارخانه سازنده، بطوریکه کوچکترین تغییری در عملکرد و آرایش همان سیستم ایجاد نشود. به دلیل خاصیت Interoperabilityمی توان در خرید قطعات و توسعه واحد، این قطعات را بابالا ترین کیفیت و قیمت نازل انتخاب کرد. این امر بدلیل کثرت تولید کنندگان و رقابت بین شرکتهای سازنده FCS می باشد. جهت اضافه کردن یا بکار بردن ادوات سازندگان متفاوت در یک شبکه FCS ،)بدون کم شدن از قابلیت ها و توابع آن وسیله) نیاز است تا برنامه ای از طرف سازندگان به خریدار ارائه گردد، که این برنامه به زبان DDL (Device Description Language)نوشته شده و قابل اجرا در تمام سیستمها ی کنترل مرکزی FCS بوده و تمام اطلاعات لازم جهت شناساندن وسیله به کنترل مرکزی Host را شامل می شود. این اطلاعات ابزاری برای کالیبره و عیب یابی وسیله بوده و شامل تمام بلوک های استاندارد می باشد و همواره از طرف سازندگان، ویرایش جدید آن توسط افزودن توابع جدید به ادوات نصب شده قبلی ارائه می شود.

بنا به دلایلی که در بالا قید گردید نیازی به نگرانی بابت تهیه قطعات یدکی و انبار کردن آنها نمی باشد ، در نتیجه هزینه صرف شده بابت خرید Spar Part را می توان تقلیل داده و از انبار کردن قطعات اضافی صرف نظر کرد.

قابلیت توسعه و تغییر در این سیستم (FCS) خیلی آسان بوده و نیاز به کارتهای I/O سیم بندی جدید، اضافه کردن فضای داخل کابینت ها ، کارتهای مبدل و .... نمی باشد.

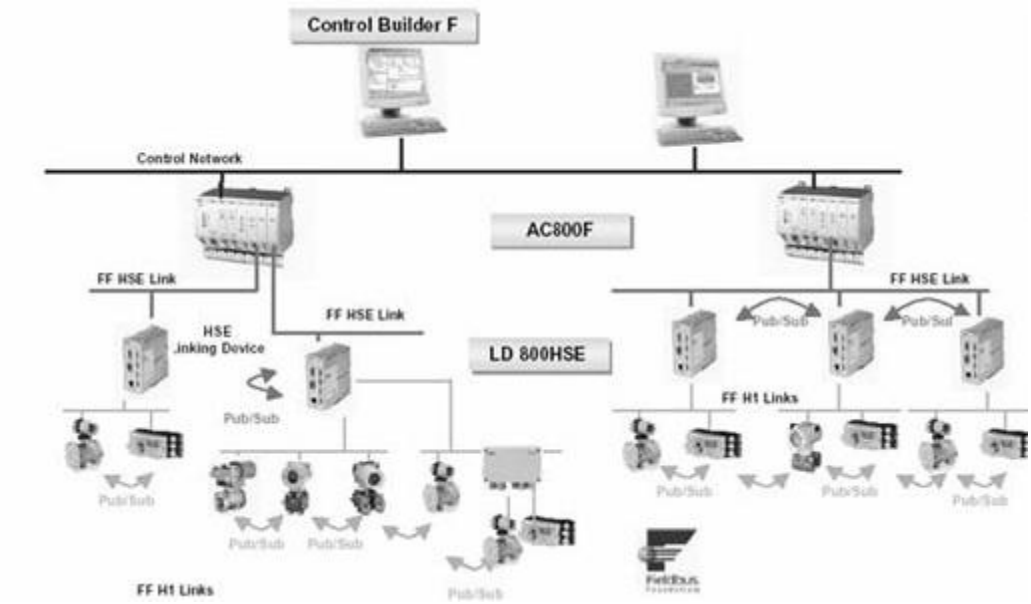
به توجه به دومورد اخیر که یکی از مهمترین مزایای سیستم کنترلی FCS می باشد، نیازی به خرید یک سیستم برای مجتمع هایی که برنامه توسعه داشته باشند یا برنامه نصب آنها به تدریج صورت می گیرد، نمی باشد. زیرا سیستم FCSقابلیت رشد و توسعه در اندازه بزرگ را نیز دارا می باشد.

به دلیل اطلاعات دیجیتالی و Handshaking که با ادوات فیلد دارد، دید وسیعی را نسبت به این ادوات داشته و سیستم یکپارچه ای را تشکیل می دهد.به عبارت دیگر در سیستم کنترلی DCS اطلاعات کنترلی کافی،ولی اطلاعات مدیریتی نسبت به سیستم FCS کمتر می باشد. ولی در سیستم کنترلی FCS علاوه بر اینکه اطلاعات کنترلی بیشتر از DCS بوده بلکه اطلاعات مدیریتی خیلی بیشتر از DCS می باشد، و در کل از دیدگاه مدیریتی FCS نسبت بهDCS
، دید وسیع و بیشتری را از نظر اطلاعاتی به مدیریت می دهد.

ضمنا جهت بدست آوردن ضریب تصحیح و اعمال آن در اندازه گیری، لازم است تا دو متغیر همزمان(فشار یا دبی همراه با دمای سیال) اندازه گیری شوند. Multi-
با توجه به قابلیت Variable
FCS
ترانسمیترهای ،صرفه
جویی قابل ملاحظه ای در خرید و نصب ادوات اندازه گیری می توان انجام داد.

در FCS علاوه بر سیگنالهای اندازه گیری شده، اطلاعات کاملی از دستگاه نصب شده در فیلد در اختیار اپراتور قرار می گیرد. این اطلاعات شامل: زمان تغییر دستگاه طبق تشخیص خود دستگاه (Self Diagnostic)، اطلاعات کالیبراسیون شامل جدول زمانبندی و اطلاعات داده شده به خود دستگاه شامل : محل،زمان، روش،شخص کالیبره کننده و... PV, MV [۴۲] (SFB) و
انتقال آنها با استفاده از تکنولوژی FCS به فیلد و واگذاری بخشی از کارهای کنترلی به ادوات فیلد ، بار کنترلی در اتاق کنترل و حجم اطلاعات تبادلی از ادوات فیلد با اتاق کنترل ،کاهش یافته که یکی دیگر از مزایای سیستم FCSبه شمار می رود.

[42]Standard Function Block



شکل۱۲-۳: ارتباط فیلد باس با مرکز کنترل

3-12-2معایب فیلد باس

یکی از معایب بزرگ فیلد باس گرانی ابزارات دقیق آن می باشد که انتظار می رود در آینده نزدیک قیمت این ادوات کاهش یابد.

یکی دیگر از معایب فیلد باس محدود بودن تعداد ابزارات در یک شبکه فیلد باس است.

فصلچهارم

SCADA

فصل چهارم اسکادا

4-1معرفی اسکادا

SCADA(Supervisory Control And Data Acquisition)به معنای کنترل نظارتی و جمع آوری داده ها و اطلاعات است.

سیستم های SCADA را می توان ترکیبی از تله متری و Data acquisition دانست، که در برگیرنده جمع آوری Data توسط RTU[۴۳] ها و کارت های DAQ[۴۴]، انتقال اطلاعات به سایت مرکزی، آنالیز و کنترل های لازم و نمایش اعداد و اطلاعات مورد نیاز اوپراتور می باشد. و پس از آن فرمان های لازم توسط سیستم های کنترل و اوپراتور به پروسس داده می شود. بنابراین طبیعی است که کنترل یک وسیله یا سیستم بدون داشتن اطلاعات دقیق از وضعیت آن ناممکن است، بطوری که سیستم های کنترل امروزی همواره با یک سیستم جمع آوری اطلاعات [۴۵] توأم است. بنابراین ما در سیستم های SCADA به دنبال خواسته های بالاتری از ساختارهای DCS هستیم و به سمتی می رویم که تا با ارتقاء این سیستم ها به خواسته های امروزی نزدیک تر شویم.

در اصطلاح هر جا که یک مرکز کنترل [۴۶]از تعدادی RTU اطلاعات دریافت کند و به آنها فرمان هایی [۴۷] نیز بدهد، یک سیستم SCADA خواهیم داشت و به طور کلی یک سیستم کنترلی صنعتی است که شامل یک سیسیتم کنترل فرآیند ویک سیستم مانیتورینگ فرآیند است.

این فرآیندها شامل:

فرآیندهای صنعتی مانند کارخانه ها، نیروگاه ها، پالایشگاه ها و....

فرآیند های زیر ساختی که می توانند عمومی یا خصوصی باشند مانند انتقال و توزیع نیروی برق ،تصفیه آب وانقال آن، خطوط انتقال گاز ونفت وسیستم های مخابراتی بزرگ است

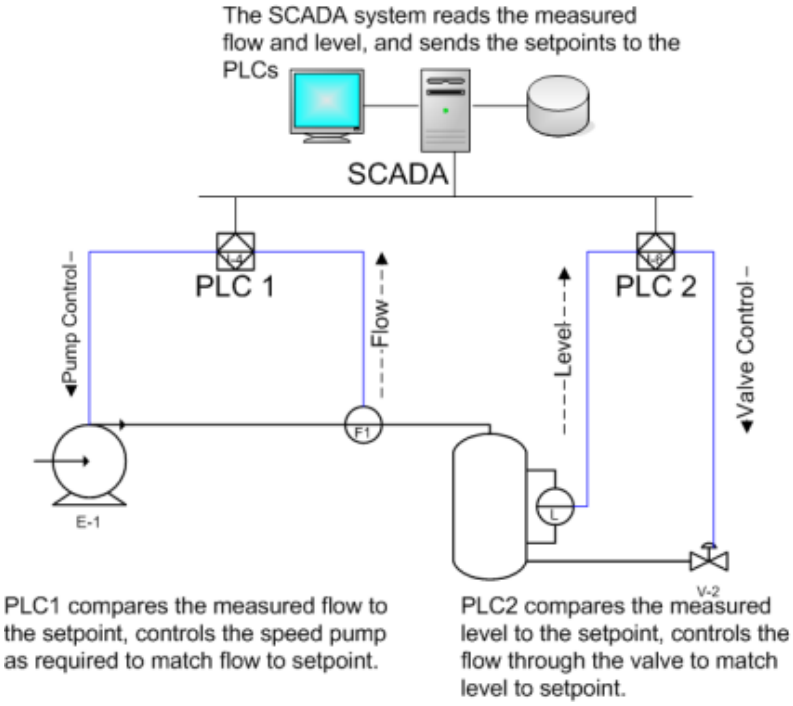
[43]Remote Terminal Units
[44]Data Acquistion Module
[45]Data Acquisition
[46]Master Station = MS
[47]Commands

فرآیندهای تاسیساتی که در بخش های خصوصی و عمومی اتفاق می افتد مانند فرودگاهها ، کشتی ها ساختمان ها وایستگاه های فضایی برای مثال کنترل دسترسی ها وامنیت ،کنترل انرژی مصرفی ویا ولتاژ برق فشار قوی سیستم است.

در حالت کلی منظور از سیستم اسکادا یک سیستم مرکزی است که عملیات مانیتورینگ و کنترل یک سایت کامل یا یک سیستم گسترده پیچیده مانند صنایعزیر ساختی یک کشور که درمساحت زیادی از یکدیگر دور هستند را انجام می دهد.

بیشتر اعمال کنترلی به صورت خودکار بوسیله PLC یا RTU انجام می شود.

معمولاعملکرد سرویس کنترل در قسمت های پایه ای مهم یا عمل در سطح قسمت های نظارتی است. برای مثال یک PLC ممکن است فقط جریان آب خنک کننده ژنراتور یک نیروگاه را کنترل کند. اما سیستم اسکادا علاوه بر کنترل به راحتی مقادیر جدید برای میزان جریان آب و دمای آب و وضعیت عملکرد آلارم ها می گیرد ونمایش و ثبت اطلاعات در هر لحظه را انجام می دهد. در واقع سیستم اسکادا بر حلقه فیدبکی که از میان RTU و PLC می گذرد نظارت می کند و تمام فعالیت های آن را تحت نظر می گیرد.شکل زیر این مطلب را به راحتی نشان می دهد. در شکل زیر یک سیستم کنترل جریان آب است PLCاول جریان را بوسیله کنترل پمپ و PLC دوم سطح آب منبع را بوسیله تنظیم شیر خروجی کنترل می کند سیتم اسکادا مقادیر اندازه گیری شده را در هر لحظه می خواند و بر اساس دستورات برنامه یا اپراتور مقادیر جدیدی به PLCمی دهد تا PLCبا مقایسه مقدار اندازه گیری شده با آن اعمال کنترلی را انجام دهد.



شکل ۱-۴: نظارت اسکادا بر حلقه کنترل

هسته اصلی این سیستم بسته های نرم افزاری حرفه ای هستند که برروی سخت افزارهای استاندارد و مشخصی از قبیل PLC ها و یا RTU هاقرار گرفته اند. سیستم SCADA علاوه بر کاربرد در فرآیندهای صنعتی مانند تولید و توزیع برق (به شیوه های مرسوم یا هسته ای)، ساخت فولاد، صنایع شیمیایی، صنایع آب، گاز و نفت کاربرد دارد. اندازه این چنین تاسیساتی از ۱۰۰۰تا چندین ده هزار کانال I/O می باشد. و با کمک شبکه ها و سیستم های مخابراتی منطقه وسیعی را تحت بازرسی ونظارت قرار می دهد. سیستم های SCADA بر روی سیستم عامل های DOS، VMSو UNIX قابل اجرا هستند در سال های اخیر همه سیستم های SCADA به سمت سیستم عامل NT و بعضی هم به سمت Linux گرایش پیدا کرده اند.

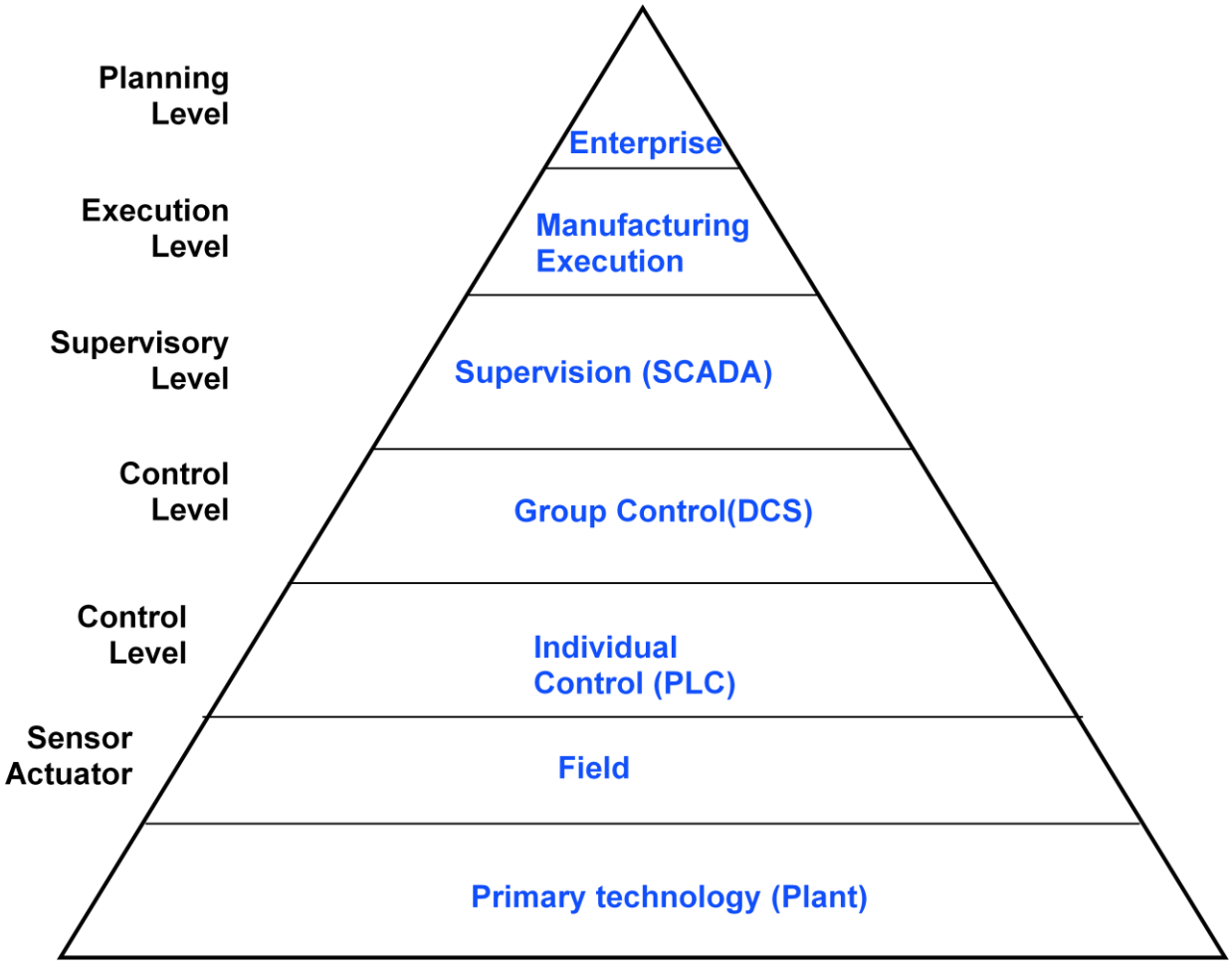
۲-٤تفاوت بین SCAD و DCS

SCADA از اصول کلی سیستم های DCS پیروی می کند. گرچه هر دو سیستم بر پایه یک هدف بنا شده اند، تفاوت های عمده ای نیز با هم دارند از جمله این تفاوت ها می توان به نوع کاربرد و کارآیی این سیستم ها اشاره کرد. سیستم SCADA همان طور که از نام آن پیداست یک سیستم کنترل کامل نیست بلکه جهت ارائه مدیریت نظارت و بررسی بر کنترل و جمع آوری اطلاعات طراحی شده و اهداف اولیه و طراحی و تولید آن عبارتند از:

۱. مانیتورینگ
۲. مدیریت و تصمیم گیری در کنترل
۳. اعلام اخطار و آلارم در مواقع مورد نیاز از طریق یک مرکز واحد

در واقع اعمال کامپیوتر مرکزی سیستم DCS را در سطحی وسیع تر و بزرگتر با ارتباطات بیشتر انجام می دهد.تفاوت های بین اسکادا و (DCS)سیتم های کنترل توزیع پذیر را دقیقا نمی توان مشخص کرد . سیستم اسکادا معمولا به سیستمی گفته می شود که کردینه باشد اما فرآیند کنترل بلادرنگ ندارد. کنترل بلا درنگ تا حدودی با تکنولوژهای ارتباط از راه دور جدید همراه است. این ارتباط باید گسترده و قابل اطمینان با سرعت بالا باشد. امروزه با رایج شدن این سیستم های ارتباطی تفاوت بین این دو سیستم در حال از میان رفتن است.می توان گفت در واقع یک تفاوت در اصطلاح است. . در هر صورت اصول کارکرد یک سیستم یکی است و تفاوت عمده بیشتر در اصطلاح است تا در عملکرد .

تصویر زیر موقعیت سیتم اسکادا در بین بخش های مختلف یک سیستم کنترل نشان می دهد:



شکل ۲-۴: جایگاه اسکادا دز میان سیستم های کنترل

٤-3 مزایا و معایب استفاده از سیستم های SCADA

مزایای استفاده از سیستم های SCADA به شرح زیر می باشد:

- به دلیل استفاده از کامپیوتر ها می توان حجم بالایی از اطلاعات را ذخیره کرد.
- می توان اطلاعات را به هر شکلی که کاربر می خواهد نمایش داد.
- می توان هزاران سنسور را از هر جای مجموعه، به سیستم متصل کرد.
- اوپراتور می تواند در صورت لزوم دیتا های مورد نیاز را وارد سیستم نماید.
- RTUها می توانند انواع مختلف داده ها را جمع آوری کنند.

- اطلاعات نه فقط در سایت مرکزی، بلکه در هر جایی قابل نمایش اند.

و معایب آن عبارتند از:

- ساختار پیچیده این گونه سیستم ها به نسبت سیستم های متمرکز.
- نیاز به مهارت های عملیاتی خاص از قبیل: آنالیز سیستم و برنامه سازی رایانه ای.

٤-٤ اجزای سیستم اسکادا

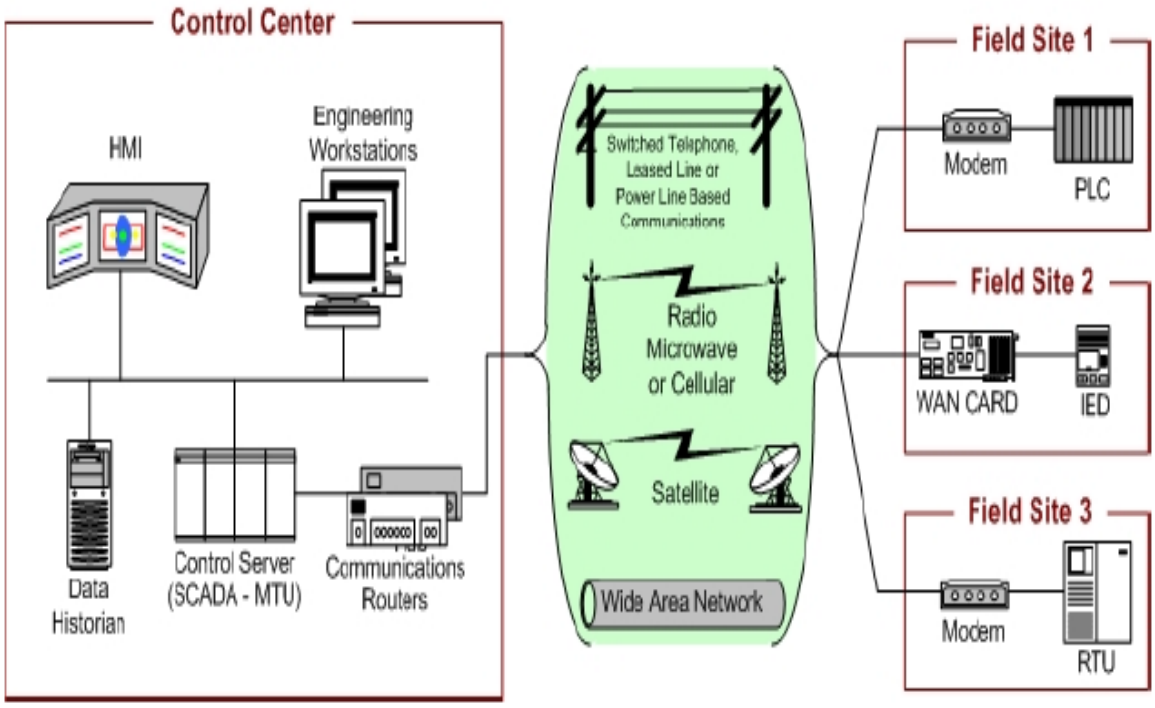
۱-HMI یا رابط بین انسان و ماشین

۲-RTU یو یا واحد متصل کننده دور

۳-PLC یا کنترل کننده قابل برنامه ریزی

۴-مخابرات یا ارتباط بین یک سیسیتم

جمع آوری داده ها در سطح PLCیا RTU آغاز می شود و شامل اطلاعات میترها و گزارش وضیعیت تجهیزات متصل به اسکادا به صورتی که مورد نیاز است سپس اطلاعات کامپایل می شود و به فورمتی در می آید که اپراتور در اتاق کنترل از HMI استفاده کند و بتواند برای تنظیم یا لغو اعمال معمول RTUیا PLCتصمیم بگیرد. اطلاعات هم چنین ممکن است در یک سیستم ذخیره سازی اطلاعات فرستاده شود که اغلب یک سیستم مدیریت اطلاعات است که امکان بررسی رخداد ها و دیگر تحلیل ها را می دهد.



شکل ۳-۴ :ساختار کلی یک سیستم اسکادا

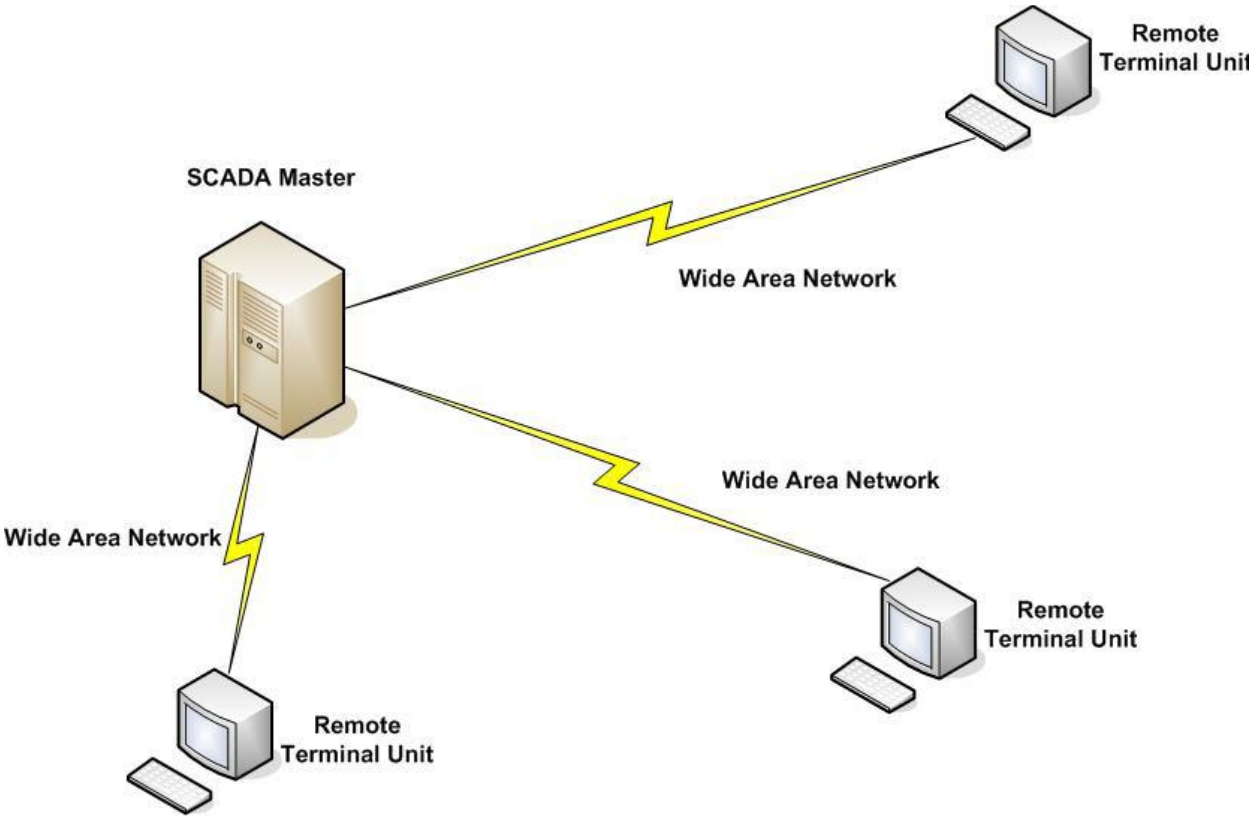
۵-٤نسل های سیستم اسکادا

اسکادا در سیر تکامل خود شامل تغییرات زیادی شد ه تغییرات بنیادی آن به صورت نسل های اسکادا معرفی شد.

۱-۵-٤نسل اول: اسکادای مونولیتیک یا یک پارچه

در نسل اول محاسبات با یک پردازنده مرکزی صورت می گرفت. در این زمان شبکه کامل برای اسکادا وجود نداشت. بنابر این سیستم های اسکادا یک سیستم مستقل بدون هر گونه ارتباط با دیگر سیستم ها بود. شبکه های پهن و گسترده بعدا بوسیله ارتباط هماهنگ RTU ها با یکدیگر به وجود آمدند. نسل اول فاقد یک سیستم پردازش مرکزی پشتیبان که به سیستم وصل شده باشد و تا در حوادثی که باعث از کار افتادن سیستم پردازش اصلی می شود به کار گرفته شود. در این نسل وظیفه شبکه فقط ارتباطRTU با سیستم مرکزی [۴۸]بود.

[48] mainfram

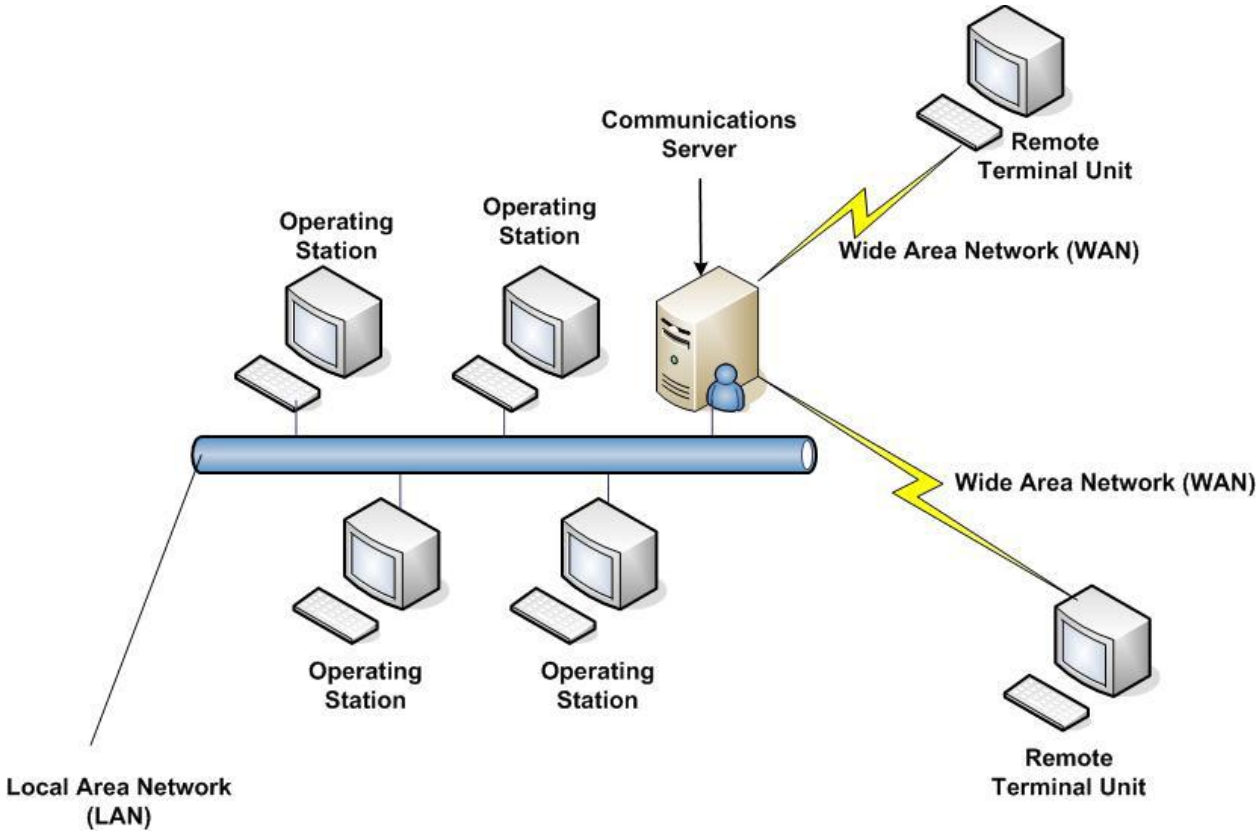


شکل ۴-۴:اسکادای یکپارچه

۲-۵-٤ نسل دوم : توزیع یافته

پردازش میان چندین ایستگاه که به وسیله LAN[۴۹] به یکدیگر وصل شده اند توزیع شده است و آنها اطلاعات را بدون وقفه با یکدیگر اشتراک می گذارند. هر بخش برای وظایف مخصوصی پاسخگو است بنابراین اندازه و قیمت هر ایستگاه کمتر از نسل اول است. این استگاه ها یک کامپیوتر یا مینیکامپیوتر بودند.

[49] Localarea network



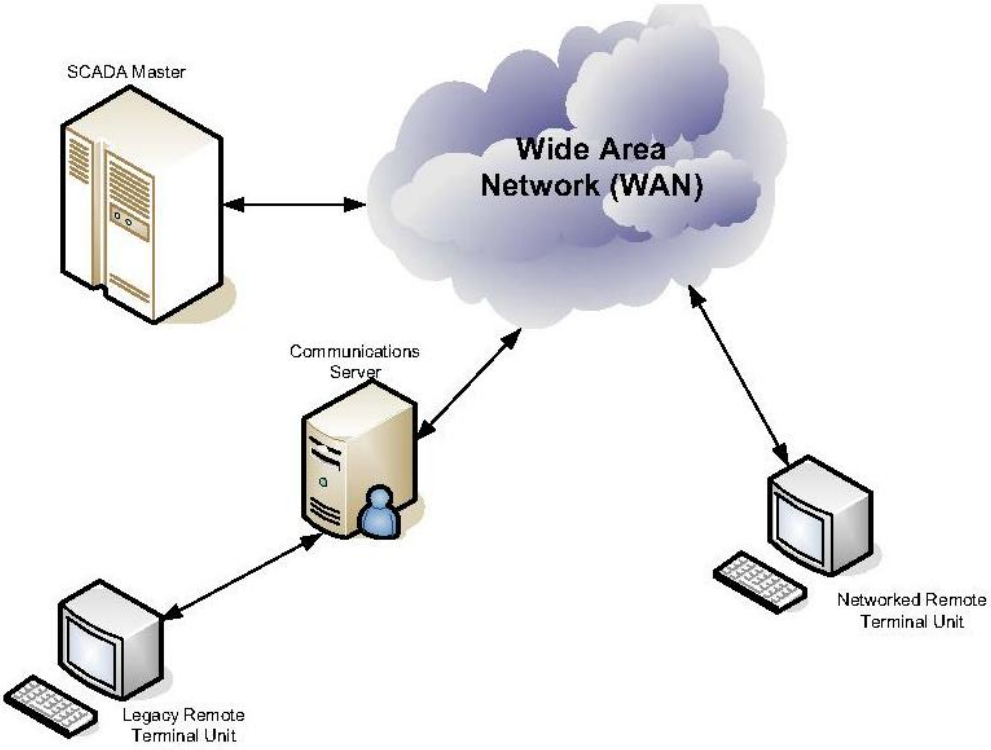
شکل ۵-۴:اسکادای توزیع یافته

۳-۵-٤ نسل سوم: شبکه بندی شده

این نسل سیستم های اسکادا رایج امروزی است که معماری سیستمی بازتری نسبت به کنترل کننده های فراگیر اختصاصی استفاده می کند. سیستم اسکادا این نسل از پروتکل های باز و غیراختصاصی استفاده می کند این نسل بیشتر از WAN[۵۰]که باعث می شود سطح فیلد از شبکه اصلی مستقل باشد استفاده می کند.

متصل کردن وسایل جانبی مانند پرینتر دیسک سخت بدلیل استفاده از معماری باز آسانترمی شود. پروتکل WANهمانند پروتکل اینترنت IP برای ارتباط بین ایستگاه مستر و تجهیزات ارتباطی استفاده می شود. در این نسل موضوع امنینت بسیار مطرح میشود زیرا که بدلیل ارتباط گسترده خطر حملات تروریسمی و جنگ های سایبرمطرح است.

[50]Wide area network

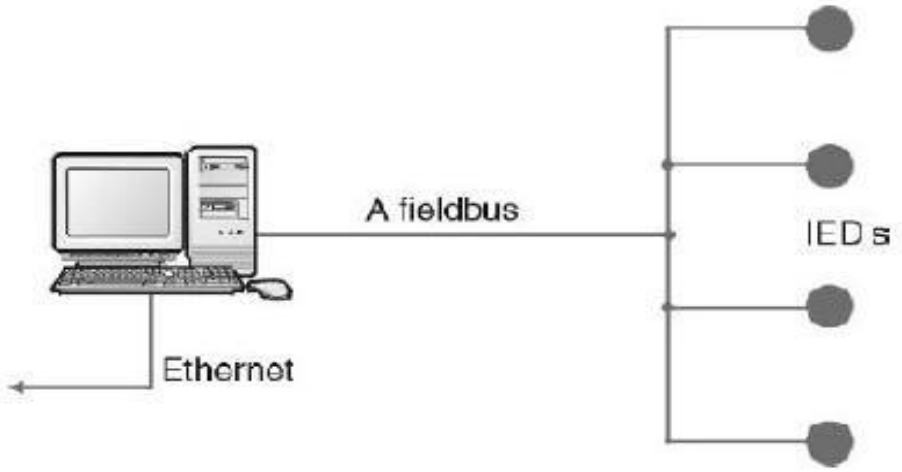


شکل ۶-۴:اسکادای شبکه بندی شده

6-٤ تجهیزات IED[51]

همزمان با کوچک تر و هوشمندتر شدن تجهیزات، طراحی وساخت سنسورها نیز هوشمند و منطبق بر PLC ها و سیستم های کنترلی DCS و SCADA شدند. این تجهیزات به IED ها معروفند. IED های متصل شده به Fieldbus هایی مانند Profibus، D-Net و . . . قابلیت اتصال به PC را دارند.

[51]Intelligent Electronic Devices



PC to IED using a fieldbus

شکل ۷-۴: اتصال IED به PC

۱-٦-٤ مزایا و معایب اتصال سیستم های فیلد باس IED به PC:

- مزایای اتصال سیستم های فیلد باس IED به PC:

احتیاج به سیم کشی کمتری دارد .

اطلاعات دریافتی از قطعه می تواند شامل اطلاعاتی مانند شماره سریال، مدل، زمان نصب و نصب کننده می باشد.

تمامی قطعات Plug & Play هستند، نصب و جایگزینی آنها ساده است.

قطعات کوچک ترند بنابراین سیستم جمع آوری داده کوچک تری خواهیم داشت.

- معایب اتصال سیستم های فیلد باس IED به PC:

سیستم خیلی پیچیده آن نیاز به آموزش اپراتورهای خاص دارد.

قیمت بالای سنسورها در این سیستم (در عوض احتیاج کمتری به PLC هست که تا حدی هزینه ها جبران می شود).

IED ها تا حد زیادی به سیستم های ارتباطی وابسته است.

7-٤سخت افزار SCADA

یک سیستم اسکادا دارای تعدادی RTU می باشدکه اطلاعات Field را گردآوری کرده و از طریق یک سیستم های ارتباطی [۵۲] به مرکز کنترلمی فرستد. مرکز کنترل این اطلاعات را نمایش و همچنین دستورات ارسالی توسط اوپراتور را دریافت کرده و عملیات کنترل از راه دور را به عهده می گیرد. در طول پروسه به منظور عملکرد بهینه سیستم صحت داده ها و زمان بندی اجرا به طور مداوم بررسی می شود. سود بیشتر، بهره وری بالاتر، قابلیت اطمینان و نفوذ بالا، همگی در گرو عملکردی با امنیت بالاست. با تمام این اوصاف این سیستم ها در مقایسه با سیستم های غیر اتوماتیک قیمت مناسب تری دارند و در نهایت ارزانتر تمام می شوند.

۱-7-٤ سخت افزار سیستم های پیچیده تر SCADA

سیستم های پیچیده تر SCADA در پنج سطح تعریف می شوند.

۱-سطح میدان۵۳ که در برگیرنده قطعات و وسایل کنترلی هستند.

۲-واحد های جمع آوری اطلاعات و RTU ها.

۳-سیستم انتقال اطلاعات

۴-واحد یا واحد های مرکزی۵۴

۵-واحد تکنولوژی اطلاعات تجاری۵۵ یا سیستم های کامپیوتری واحد پردازش اطلاعات

RTU به عنوان یک رابط بین اطلاعات دیجیتال و آنالوگ سنسورها از محیط Field به واحد مرکزی عمل می کند. وظیفه این ارتباط به عهده سیستم های ارتباطی خاصی است که به بعضی از آنها در فصل اول اشاره شد. انتقال اطلاعات در این سیستم می توانند به وسیله سیم، فیبر نوری، خط تلفن، امواج مایکروویو و حتی ماهواره ای

[52] Communication system
[53] Field
[54] **M**aster **S**tation = **MS**
[55] IT

(یک زوج ماهواره) باشد. ضمن اینکه پروتکل های ویژه به همراه بحث خطایابی ۵۶ سیستم را در زمینه انتقال اطلاعات بهینه خواهد ساخت.

واحد مرکزی۵۷یا واحد هایفرعی تحت نظر واحد مرکزی ۵۸، اطلاعات را از RTU ها دریافت کرده و عموما یک رابط برای نمایش اطلاعات لازم از سایت و فرایند کنترل، برای اوپراتور فراهم می کند. در سیستم های تله متری بزرگتر واحدهای فرعی جمع آوری اطلاعات را از سایت به عهده دارند و در حقیقت به عنوان یک واسط برای سیستم کنترل مرکزی عمل می کند.

دو لایه اصلی در سیستم SCADAعبارتند از:

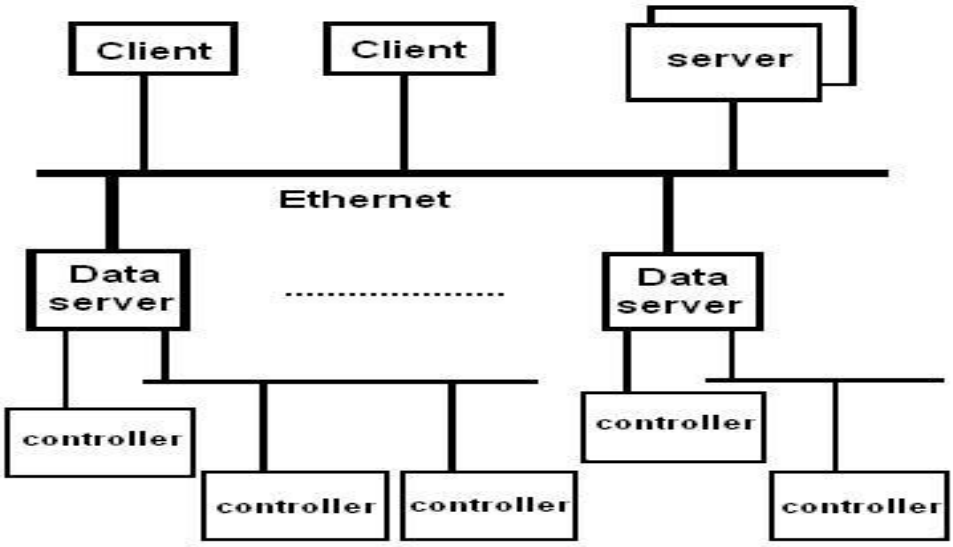
Client Layer که یک تقابل بین انسان و ماشین فراهم می کند.

Data Server Layer که اغلب داده های پروسه های کنترل را اداره می کند.

Data Server با تجهیزات میدان (Field) ارتباط برقرار می کنند و کنترلرهای پروسه و PLC مستقیما و یا از طریق شبکه ها یا فیلد باس های اختصاصی و یا غیر اختصاصی به آن متصل می شوند.

Data Server ها یا به یکدیگر یا از طریق شبکه اترنت به ایستگاه های Client متصل می شوند. شکل ۸-۴ نوعی از معماری سخت افزار را نشان می دهد.

[56]Error Detection
[57]MS
[58]Sub-masters



شکل ۸-۴ :معماری سخت افزار اسکادا

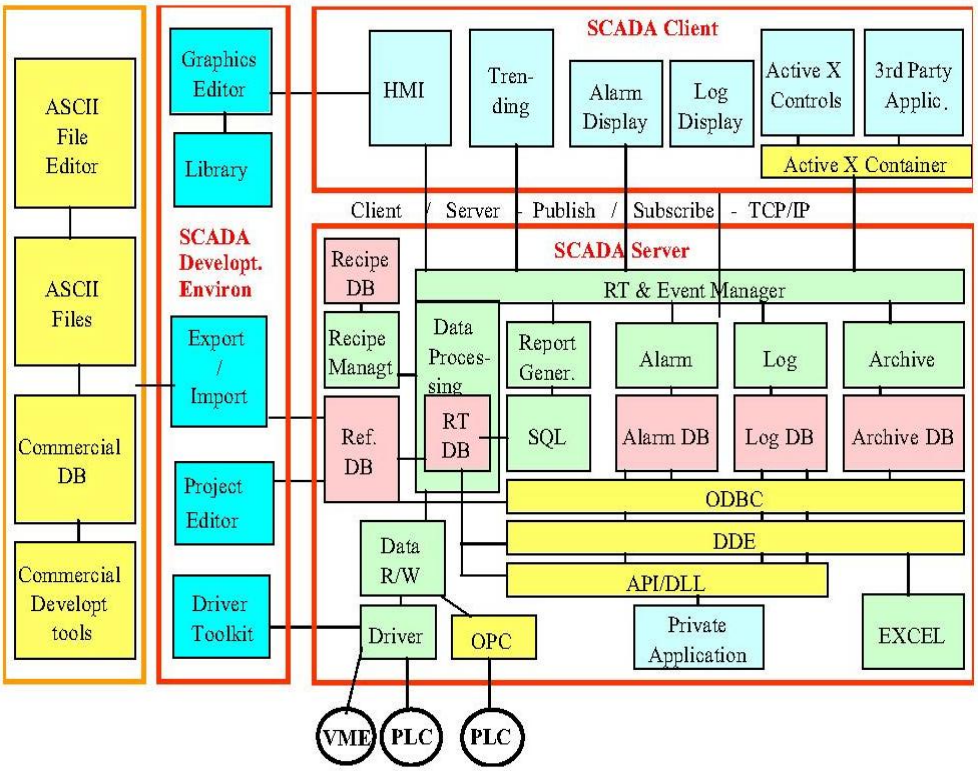
۸-٤ انواع نرم افزارهای SCADA

نرم افزارهای SCADA را می توان به دو نوع زیر تقسیم بندی کرد:

- نرم افزار های اختصاصی[۵۹]
- نرم افزار هایopen

شکل زیر ساختار نرم افزار اسکادا را نشان می دهد.

[59]Proprietary



شکل ۸-۴:معمارینرم افزار اسکادا

نرم افزار اسکادا باید قابلیت های زیر را داشته باشد:

۱ -رابط کاربری

۲ -نمایش گرافیکی اطلاعات

۳ -هشدارها

۴ -رابط PLC & RTU

۵ -پایگاه داده

۶ - دسترسی به اطاعات

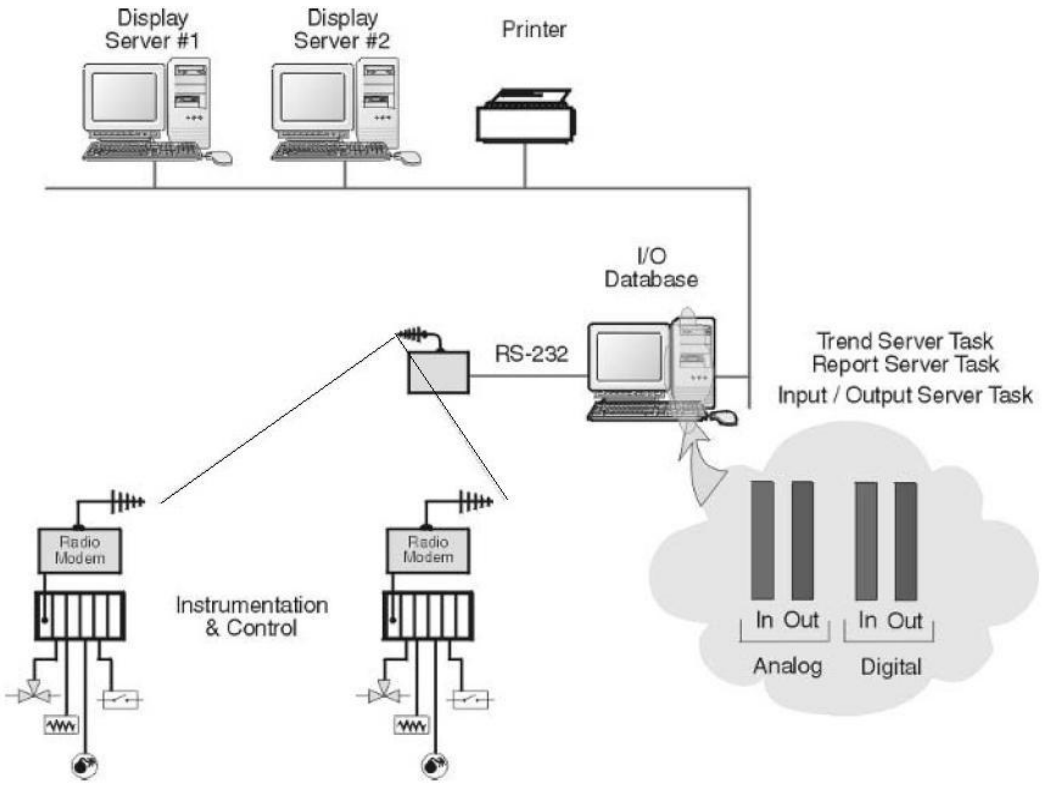
۷ -پردازش توزیع شده

۸ -شبکه

4-8-1 نرم افزارهای Open

شرکت های ارائه کننده نرم افزارهای اختصاصی معمولا این نرم افزارها را برای سخت افزارهای ساخت خودشان طراحی می کنند. این سیستم ها به روش های "Turn key" موسوم اند. مشکل اساسی این گونه سیستم ها اتکای بیش از حد آنها به ارائه کننده گان آنهاست. سیستم های طراحی شده با نرم افزارهای Open از مقبولیت خوبی برخوردارند زیرا قابلیت هماهنگی و همکاری خوبی با قسمتها ی مختلف پروسه دارند. که این قابلیت شامل توانایی میکس کردن محصولات کمپانی های مختلف در یک سیستم می باشد.

نرم افزارهایی مانند Citect، Wonder Ware تنها نرم افزارهایی از نوع Open هستند که برای سیستم های SCADA ارائه شده اند. ضمن اینکه در بعضی از نسخه های ارائه شده امروزی بحث مدیریت مالی نیز گنجانده می شود. دیاگرام زیر المان های مختلف یک نمونه سیستم SCADA را نشان می دهد.



شکل ۹-۴:المان های اسکادا

۹-٤بلادرنگ بودن

کنترل بلادرنگ یعنی انجام محاسبات در همان زمانی که پروسه فیزیکی در حال انجام است پس بین دریافت سیگنالهای اندازه گیری شده و ارسال سیگنالهای کنترلی وقفه ای نداریم. بسیاری از سیستم هایی که پروسه های پیوسته را کنترل می کنند بلادرنگ هستند.. زمان نمونه برداری [۶۰] عبارت است از فاصله زمانی درخواست اطلاعات از یک پایانه تا در خواست بعدی از همان پایانه. مسلم است که ساختار اسکادا و روشهای نمونه برداری پایانه ها تاخیرهایی را ایجاد می کند.حال باید توجه کرد که این تاخیر برای سیستم مشکل ایجاد می کند یا می توان آن را در نظر نگرفت.برای به مدار آمدن چند واحد نیروگاه با توجه به تغییرات فرکانس باید با تاخیر کمتر از یک دقیقه انجام شود. سیتم مخابراتی تعداد RTU وحجم اطلاعات از عوامل موثر در سرعت اسکن است.

۱۰-٤دستیابی به تجهیزات

ارتباط بین field و client از طریق روشهای نمونه گیری [۶۱]انجام می شود. بدین ترتیب که Data Server پارامتر مورد نظر خود را از کنترلر درخواست کرده وآنرا می خواند، کنترلر نیز در این زمان پارامتر مورد نظر را به Pass،Server می کند.سرعت polling برای پارامترهای مختلف، متفاوت است.

سیستم هایSCADA برای اغلب PLCهای مشترک درایورهای ارتباطی فراهم می کند و در بسیاری موارد از Fieldbusو Modbus استفاده میشود که از سه نوع Fieldbus متداول از Profibusو Worldbusپشتیبانی می شود امادر بسیاری مواردا CANbus پشتیبانی نمی شود.یک Dataserverمی تواند از چندین پروتکل ارتباطاتی پشتیبانی کندواسلاتهایی برای اضافه کردن کارتهای واسط دارد.

۱۱-٤ واسط ها [۶۲]

نرم افزار سیستم SCADA واسط های زیررا برای ارتباط با کاربرفراهم می آورد:

یک واسط ODBC[۶۳] برای داده در Logs/Archive، اما پیکربندی بانک اطلاعاتی را انجام نمی دهد.

[60] Scan period
[61] polling
[62] Interfacing
[63] Open Data Base Connectivity

یک ASCIIآسان برای پیکربندی داده هایک کتابخانه APIs که از زبانهای C،C++وویژوال بیسیک (VB)برای دستیابی به اطلاعات در RTDB،logs/archive پشتیبانی میکند.

API اغلب دستیابی به مشخصههای داخلی SCADAمانند اداره آلارم ها ، گزارشگیری و غیره را فراهم نمی کند.

۱۲-٤قابلیت گسترش٦٤ در SCADA

Scabality به معنی امکان گسترش سیستم کنترل مبنی بر SCADA(اضافه شدن فرآیند ها ی مختلف بر روی سیستم کنترل پایه) در موقع لزوم با اضافه کردن سرورهای ویژه، ایستگاههای Clientو تعداد متغیرهای نرم افزاری و سخت افزاری تحت کنترل است. وسایل به قابلیت گسترش بوسیله داشتن چند دتا سرور که به چند کنترلر وصل شده دست پیدا می کنند.

۱۳-٤٦٥Redundancy

مرکز کنترل SCADA ، به لحاظ اهمیت فرایند تحت کنترل ، بصورت Redundant پیاده سازی می گردد. بدین صورت که جهت افزایش تحمل پذیری سیستم، به ازای هر جزء یا برخی از اجزای کلیدی، اعم از سخت افزار یا نرم افزار، یک یا چند جزء Stand by اضافه می گردد و در صورت بروز خطا در جزء اصلی، قسمت Stand by، ادامه فعالیت را به عهده می گیرد . سیستمی را که در حال کار است On Line و سیستم دیگر که به صورت آماده می‌باشد را Stand by یا Availableگویند.

سیستمهای Stand by به سه دسته تقسیم می شوند:

ColdStandby

WarmStandby

HotStandby

به عبارت دیگر در صورت بروز برخی حوادث نا خواسته ، کار سیستم ، مختل نمی گردد. بلکه با درجه کمتری از کارایی(Graceful Degradation) استفاده می شود.

[64]Scabality
[65]جایگزینی

٤-١٤MMI[٦٦]:

SCADA معمولا انواع مختلفی از صفحات نمایش مانند نمودارهای های خطی –ستونی ویا لیستهای مرتبط با متغیرها را در اختیار کاربر قرار می دهد. نوع دیگری از این صفحات نمایش نوع گرافیکی است که توسط ابزارهای گرافیکی نرم افزاری در محیط های خاصی تولید شده و به متغیر های تحت کنترل متصل می شوند که در نتیجه می توان تغییرات هر یک از پارامترهای اندازه گیری شده توسط ابزارها موجود در field را که باعث تغییرات متغیرهای نرم افزاری در RTDB[٦٧]می شوند بصورت online تحت یک شکل گرافیکی دید.از طرف دیگر این بخش دستورات کنترلی کاربر را با ابزار های مختلف به سیستم منتقل می کند.

٤-١٥Alarm Handling:

هر اتفاقی که باعث تغییر وضعیت یکی از اجزا تحت کنترل گردد یک رویداد نامیده می شود رویدادهایی که نیاز به اعلام به اپراتور و عکس العمل وی را داشته باشد آلارم نامیده می شود. آلارم علاوه بر ثبت در فایل، منجر به ایجاد فعالیتهای دیگر نظیر چاپ بر روی چاپگر، ایجاد آژیر صوتی و چشمک زدن شی مورد نظر و... می گردد.

Alarm handling اعمال مربوط به درک وضعیت اضطراری و تولید سیگنال آلارم را برعهده داردکه در یک Data Server انجام می گیرد.

آلارمها از نظر منطقی بصورت متمرکز اداره می شوند، اطلاعات فقط در یک محل وجود دارند و همه کاربران وضعیت های مشابه می بینند، و چندین آلارم بر اساس سطوح اولویت و اهمیت پشتیبانی می شوند.

٤-١٦Logging/Archiving

Logging/Archiving به جمع آوری اطلاعات مربوط به سطوح دسترسی کاربران در زمانهای مشخص به منابع سیستم می پردازند و این اطلاعات را به شکل یک فایل Archive نگهداری می کنند.ثبت رویداد ها می تواند به عنوان ذخیره میان مدت داده روی دیسک صورت گیرد در حالیکه نگهداری و بایگانی اطلاعات در بلند مدت روی دیسکت ذخیره می شود.

Logging در عمل به نمایش اطلاعات مورد نیاز بر روی نمودارها اطلاق می شود.

[66]Man-machine_interface
[67]Real-Time Data Bus

۱۷-٤ایجاد گزارش

اطلاعات جمع آوری شده از RTU ها می تواند در یک سیستم ثبت اطلاعات ذخیره شود که یک سیستم مدیریت پایگاه داده است که از امکان ایجاد نمودار و سایر روش های تحلیل اطلاعات برخوردار است. سیستم های اسکادا عموما یک پایگاه داده توزیع شده را پیاده سازی می کنند که معمولا به آن با نام پایگاه تگ ها اشاره می شود. این پایگاه داده شامل عناصر اطلاعاتی است که تگ یا نقطه نامیده می شوند. یک نقطه نشان دهنده یک مقدار ورودی یا خروجی نظارت شده یا کنترل شده به وسیله سیستم است .نقاط می توانند نرم یا سخت باشند. یک نقطه سخت نشان دهنده یک ورودی یا خروجی عملی متصل به سیستم است در حالی که یک نقطه نرم نشان دهنده نتیجه منطقی و عملیات محاسباتی بر روی دیگر نقاط نرم یا سخت است. مقادیر نقاط معمولا به صورت مقدار- برچسب زمانی ذخیره می شوند (مقدار و برچسب زمانی هنگامی که نقطه ضبط یا محاسبه می شود). یک رشته از ترکیب مقدار-برچسب زمان تاریخچه نقطه مورد نظر می باشد .مرسوم است که علاوه بر اینها اطلاعات دیگری نیز ذخیره گردد نظیر مقادیر ثبات های PLC ، توضیحات و اطلاعات اخطاری.

SCADA بااستفاده از نرم افزارهای بانکاطلاعاتی مانند ServerSqlگزارشهایی را برای Archive و یا Logsفراهم می کند.با وجود اینکه درج جدولها یی EXCELدر گزارش امکانپذیر است اما قابلیت cut and paste بطور کلی فراهم نشده است. امکانات موجودقادر به ایجاد،چاپ و آرشیو (بایگانی) گزارش ها به طور اتوماتیک هستند.

این قابلیت به لحاظ مدیریتی تاثیر شایانی در مدیریت مجموعه، سازماندهی مباحث نگهداری وتعمیر و افزایش بهره وری دارد.

18-٤ پروتکل های SCADA

سیستم SCADA برای اغلب PLCهای مشترک درایور های ارتباطی فراهم می کند و در بسیاری موارد ازFieldbusesوModbus استفاده می شود.

در اسکادا از سه نوع Fieldbuses متداول از ProfibusوWorldbusپشتیبانی می شود امادر بسیاری مواردازCANbus پشتیبانی نمی شود.

یک Data serverمی تواند از چندین پروتکل ارتباطاتی پشتیبانی کندواسلاتهایی برای اضافه کردن کارتهای واسط دارد.

در این بخش سعی داریم پروتکل های معمول در سیستم های SCADA را مورد بحث قرار دهیم. این پروتکل ها در ابتدا عبارت بودند از HDLC۶۸، MODBUS و . . . که امروزه به سرعت در حال جایگزین شدن با پروتکل هایی از قبیل DNP3، Ethernet و TCP/IP و . . . هستند.

پروتکل یا زبان بین اجزا شبکه تعیین کننده موارد زیر است:

۱-تعییین زمان برقراری و قطع ارتباط

۲-هماهنگی وسرعت ارتباط

۳- کنترل دریافت وصحت اطلاعات

۷- امنیت و رمزنگاری پیام

۱-18-٤ پروتکل HDLC

پروتکل HDLC برای استفاده در ارتباط های Multi-Point و Point-to-Point، توسط سازمان استانداردهای بین المللی ۶۹ تدوین گردید. و پس از آن، پروتکل های SDLC۷۰ و ADCCP۷۱ نیز تعاریفی دیگر از این پروتکل بودند. در واقع HLDC پروتکلی بر پایه BSC۷۲ است. به این معنا که HLDC پروتکلی بر پایه ارتباطات هماهنگ دودویی (بیتی) است. البته این موضوع در مورد پروتکل شبکه های محلی از قبیل Ethernet نیز صادق است.

[68] High level Data Link Control

[69] International StandardsOrganization

[70] Synchronous Data Link Control (used by IBM)

[71] AdvancedData Communication Control Procedure (used by ANSI)

[72] Binary Synchronous Communication (BSC)

۲-۱۸-٤ پروتکل Modbus

این پروتکل ارتباطی توسط کمپانی Gould Modicon (Schneider امروزی) برای استفاده در سیستم های کنترلی ابداع گردید. پروتکل Modbus در مقایسه با سایر پروتکل ها Interface۷۳ خاصی را برای خود ندارد. و می تواند از Interface هایی مانند EIA-232، EIA422 و EIA485 استفاده کند.

اگرچه Modbus در مقایسه با سایر باس ها از سرعت پایین تری برخوردار است ولی تنوع در انتخاب Interface و به تبع آن هماهنگی با محدوده وسیعی از محصولات کمپانی های مختلف، از مزایای عمده این پروتکل به شمار می رود. امروزه بیش از ۳۰ کمپانی بزرگ دنیا پروتکل Modbus را در تجهیزات خود گنجانده اند. و سیستم های صنعتی زیادی در سراسر دنیا با استفاده از این پروتکل کار می کنند. البته در کنار این پروتکل، پروتکل Modbus دیگری نیز به نام Modbus Plus وجود دارد.

تحقیقات جدیدی که توسط مجله مشهور Control Engineering در آمریکا صورت گرفته است، حاکی از آن است که بیش از ۴۰٪ ارتباطات صنعتی در دنیا از پروتکل Modbus به عنوان رابط استفاده می کنند. پروتکل Modbus بر پایه تکنیک دسترسی Master / Slave استوار است و یک Master و تا ۲۴۷ Slave را پشتیبانی می کند. و فقط Master است که تراکنش ها ۷۴ را برعهده دارد. تراکنش ها در زمانی که تنها یک Slave داریم بر پایه یک سوال/ پاسخ ۷۵ است. و در زمانی که Slave های بیشتری آدرس دهی شده باشند بر پایه یک اعلام/ بدون پاسخ۷۶خواهد بود.

مشخصات اساسی پروتکل Modbus از قبیل قالب اصلی عملکرد، سلسله مراتب اجرا، رسیدگی ۷۷ به خطای ارتباطی۷۸، اساس اجرا و یک سری شرایط خاص، ثابت اند. و سایر پارامترها از قبیل واسط ارتباطی ۷۹، مد

---

[73] واسط

[74] Transactions

[75] a query/response

[76] a broadcast/no response

[77] handling

[78] communications errors

[79] transmission medium

ارتباطی[80](ASCII or RTU)[81]و مشخصات ارسال داده، قابلیت انتخاب دارند. این مشخصات در زمان Run بودن سیستم قابل تغییر نمی باشد.

3-18-٤ پروتکل های باز در SCADA[82]

با نگاهی به گذشته می بینیم که پروتکل های ارتباطی در سیستم های SCADA بیشتر به صورت پروتکل های اختصاصی، برای سیستم های اختصاصی کمپانی های سازنده و برای صنایع خاصی طراحی شده اند. این موضوع برای آن زمان مناسب بود و نیاز به یک استاندارد مناسب احساس نمی شد. ولی با گذر زمان و نیاز به توسعه و به روز کردن سیستم مشاهده شد که این سیستم ها یا توسط سازنده قفل گذاری شده است، یا اینکه باید کاملا با اجزای مناسب جدید و یا حتی با پروتکل کمپانی دیگری جایگزین شوند. که این موضوع برای استفاده کننده زیان آور است. بوجود آمدن این ایرادات اساسی، سیستم های SCADA را زیر سوال برد و استفاده از آن رو به کاهش داشت. پس از آن بود که نیاز به استانداردهای باز احساس شد. بدین ترتیب بود که گروه هایی از کشورهای مختلف تلاش خود را برای تحقق این موضوع شروع کردند. اگرچه ظهور این استانداردها با ضریب اعتماد بالا یک فرایند زمانبر بود.

علت اصلی موفقیت این پروتکل ها این بود که قابلیت هماهنگی و ایجاد ارتباط بین تجهیزات مختلف از کمپانی های متفاوت را دارا بودند. این پروتکل ها توانستند ضمن رفع معایب پروتکل های قبلی مزایای کوتاه مدت و بلند مدتی را به دنبال داشته باشند.

مزایای کوتاه مدت:

قابلیت هماهنگی بین محصولات کمپانی های مختلف

هزینه های نرم افزاری کمتر

[80] transmission mode

[81] RTU or ASCII: The two transmission modes in which data is exchanged are:

- **ASCII** – readable; used, for example, for testing. (ASCII format)
- **RTU** – compact and faster; used for normal operation. (Hexadecimalformat)

[82] Open SCADA protocols

وجود پروتکل های کمتر در فیلد

نیازی به Protocol translators ندارند

زمان بندی کمتر در برنامه اجرایی

نیاز به نگهداری، تعمیر و پشتیبانی کمتر

آموزش راحت تر

بهبود بخشیدن مستند سازی

امکان فراهم کردن تست های تطبیقی به طور مجزا

و مزایای بلند مدت:

قابلیت گسترش آسان

عمر بالای تجهیزات

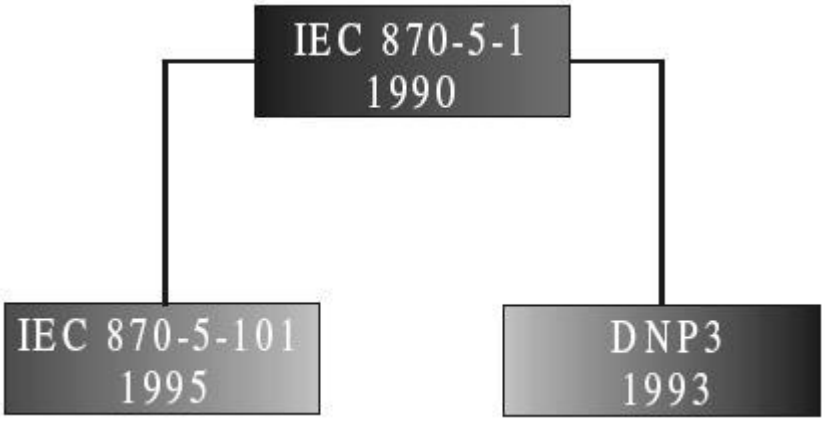
ارزش افزوده بیشتر

قابلیت تطبیق بالا با تکنولوژی های جدید

صرفه جویی عمده در عملکردها

4-18-٤ استانداردهای امروزی در Modern SCAD

با تشخیص نیاز به طراحی پروتکل های باز برای ارتباطات در سیستم های SCADA، در اواخر دهه ۹۰ پروتکل های ارتباطی متفاوتی ارائه گردید. که DNP3 و IEC60870-5-101 از این دست بودند که هر دو این استانداردها نمونه تکامل یافته IEC870-5-1 هستند. البته قبل از این دو استاندارد، استانداردهای دیگری ارائه شدند که با توجه به فراگیر نشدن آنها در این بحث به آنها نمی پردازیم.



شکل ۱۰-۴ روند رشد پروتکل های SCADA

۱-۴-18-٤ پروتکل DNP3

DNP3[۸۳] به عنوان یک استاندارد ارتباطی برای سیستم های Modern SCADA و به منظور ارتباط بین Master Station ها، RTU ها و IED ها تعریف شد. این ارتباط شامل جمع آوری دیتا و فرستادن فرمان های کنترلی بین دستگاه ها می باشد. ارسال بسته های نسبتا کوچک دیتا به روشی قابل اعتماد در این پروتکل مورد توجه قرار گرفته است. این پروتکل به سرعت در سراسر دنیا رو به گسترش است و در اروپا نیز رقابت نزدیکی با پروتکل IEC 60870-5-101 دارد. اگر چه پروتکل IEC و DNP3 از اصول نسبتا یکسانی تبعیت می کنند ولی DNP3 کاربرد های گسترده تری در صنایعی از قبیل نفت وگاز، آب و فاضلاب و صنایع امنیتی پیدا کرده است.

۱-۱-4-18-٤ خصوصیات DNP3

DNP3 از خصوصیات منحصر به فرد، قابلیت انعطاف و امنیت بالایی برخوردار است که به بعضی از آنها به طور خلاصه اشاره می کنیم:

حفظ و ذخیره زمان دریافت پیام ها برای اطلاع از ترتیب اتفاق افتادن Event ها

تفکیک پیام ها به فریم های چندگانه به منظور کاهش خطا و سرعت در ارتباطات

قابلیت کار در توپولوژی Peer-Peer علاوه بر Master-Slave

[83] Distributed Network Protocol Version 3.3

قابلیت کار در توپولوژی های دارای چند Master

قابل تعریف بودن اهداف و خواسته های کاربر

پیکربندی مطمئن

قابلیت آدرس دهی بیش از ۶۵۰۰۰ دستگاه با یک Link

دارای لایه های Data link و Application

و صدها مزیت دیگر که نیاز به بحث های اختصاصی دارد و در این بحث نمی گنجد.

۲-٤-۱۸-٤ پروتکل IEC 60870-5

IEC 60870-5 استاندارد طراحی شده به وسیله کمیسیون بین المللی مهندسی برق، IEC، می باشد که یک استاندارد open به شمار می رود که مراحل نهایی طراحی این پروتکل در سال ۱۹۹۵ انجام شد. کاربرد این استاندارد در ارسال اطلاعات در سیستم های کنترل از راه دور، SCADA Telemetry، می باشد.

شرح وظایف این استاندارد برای تجهیزات کنترل از راه دور و سیستم هایی که به لحاظ جغرافیایی پراکنده اند، فراهم شده است. این استاندارد نامزد اصلی برای سیستم های کنترل در هر صنعتی می باشد. با این حال این پروتکل در ابتدا در صنایع الکتریک اروپا استفاده می شد.

نکته قابل ذکر در این قسمت این است که پروتکل های IEC و DNP3 ارتباطات خود را بر روی پروتکل ارتباطی TCP / IP دارند.

پس از سال ۱۹۹۵ اصلاحیه هایی برای این پروتکل صادر گردید که در جدول زیر آمده است.

Reference	Description	Year-Month
IEC 60870-5-101	Companion Standard for Basic Telecontrol Tasks	1995-11
IEC 60870-5-101-am1	Companion Standard for Basic Telecontrol Tasks Amendment 1	2000-04
IEC 60870-5-101-am2	Companion Standard for Basic Telecontrol Tasks Amendment 2	2001-10

IEC 60870-5-101 including amendments

جدول ۱-۴: اصلاحیه های پروتکل ها

در مورد مقایسه این دو پروتکل می توان گفت که DNP3 معمولا در سیستم های SCADA با وزن بالا (پروسس سنگین تر) بیشتر به کار می رود. گرچه انتخاب یکی از این دو پروتکل به این سادگی نیست و به فاکتورهای زیادی بستگی دارد. در عین حال این دو پروتکل به لحاظ درون ساختاری مشابهت زیادی به یکدیگر دارند.

۱۹-٤ ارتباطات داخلی در SCADA

ارتباط Server-Client و Server -Server بر پایه event-driven است و از پروتکل TCP/IP استفاده می کنند.

۲۰-٤امنیت اسکادا

کرم اسلامر در ماه ژانویه ۲۰۰۳ با رخنه به شبکه رایانه ای نیروگاه هسته ای اوهایو باعث از کار افتادن سیستم مانیتورینگ به مدت ۵ساعت شد که پس از تحقیقات مشخص شد اسلامر از طریق شبکه شرکت ارائه کننده سرویس مخابراتی و یک رایانه کنترل از راه دور به یک اتصالVPN (شبکه خصوصی مجازی) وارد کنترل کننده شبکهمحلی (LAN) شده است. ترافیک سیستم SCADA روی پهنای باندی بوده است که از یک شرکت مخابراتی گرفته شده و آن شرکت گرفتار کرم رایانه ای شده بود و بالطبع کاربران خود را تحت تاثیر قرار داده است .

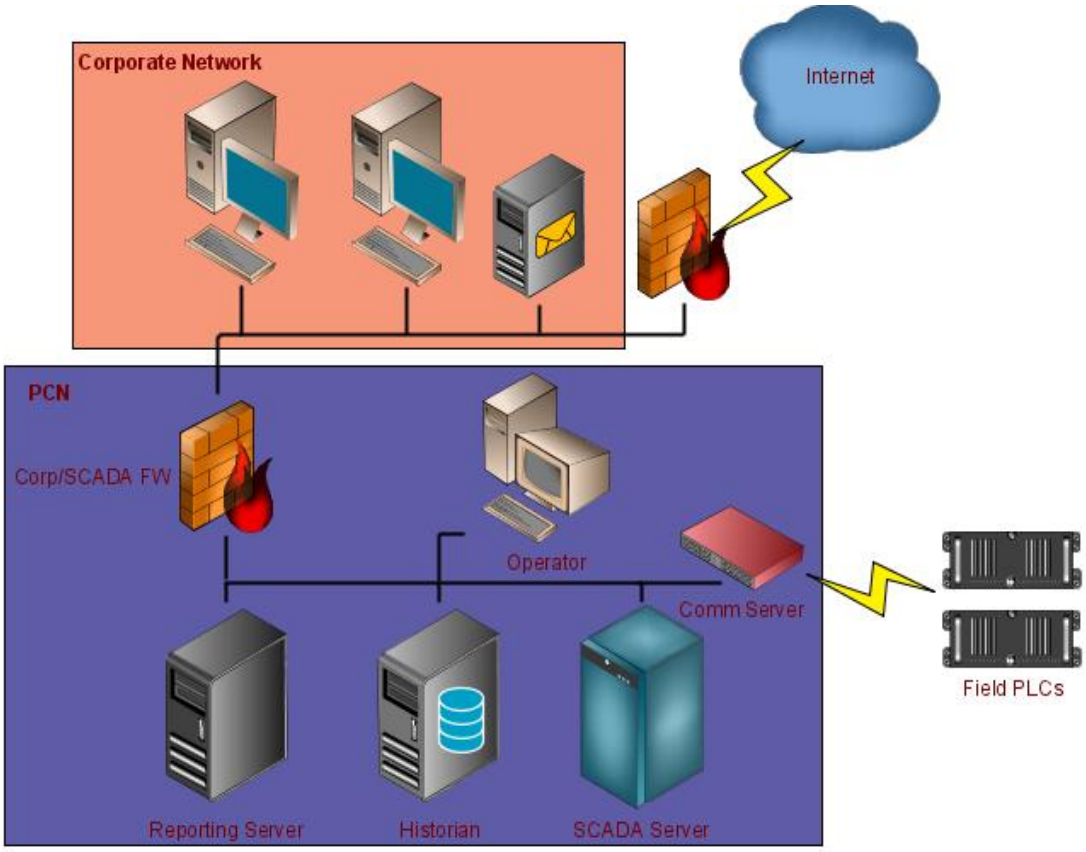
حرکت به سمت تکنولوژی هایی که بیشتر استاندارد باشند و با یکدیگر هماهنگ باشند باعث می شود که ارتباطات بین اسکادا و شبکه اداری و شبکه اینترنت بیشتر شود درنتیجه آسیب پذیری وتعداد حملات به اسکادا بیشتر شود. خسارت های مالی از دست رفتن اطلاعات از کار افتادن سیستم از نتایج حمله است.استفاده از فایروال ها و محدود کردن دسترسی هر کاربر در شبکه وهمچنین اقدامات رمزنگاری (با توجه به نوع پروتکل) و جلوگیری از دسترسی آسان به مسیر ارتباط همانند شبکه های دیگر باعث بالا رفتن امنیت سیستم می شود.

امنیت یا پیشگیری،شناساییو دفاع از حملات داخلی و خارجی ارتباط دارد
یک روش برای ارتقاء امنیت ، از طریق قطع کردن هرنوع ارتباط غیر لازم در شبکه است.

در کاربردهای صنعتی ، سیستمهای اسکادا از خطوط تلفن ، رادیو یا انواع متفاوت شبکه ها برای انتقال اطلاعات استفاده می کند ، فقط آن دسته از بسته های اطلاعاتی پذیرفته می شوند که قبلا با شماره پورت مقایسه شده اند.ت

تحقق ایمنی می تواند به شکل آلارم، مخفی کردن اطلاعات وبخش انحصاری ویژه برای کارکنان باشد . اضافه کردن رمز وحق انحصاری مجری ، امکان دسترسی رئیس اپراتور به سیستم کامل را فراهم می کند، درحالیکه تکنسین فقط به فضاهای محدود می شود که نیاز به سرویس دارد. این حفاظت سیستم فقط از حمله های خارجی نیست ، بلکه حفاظت در مقابل حمله های داخلی نیز می باشد.

POWEREN.IR



شکل ۱۱-۴ ایجاد امنیت با دیوارهای آتش

٤-۲۱ توپولوژی های اسکادا

سیستم های اسکادا از توپولوژی های مختلفی استفاده می کنند که دو دسته کلی انها در شکل زیر آمده است.

٤-۲۱-۱ توپولوژی اسکادا در حالت پایه

در سیتم های اسکادا کوچک می توان از این توپولوژی استفاده کرد. در این حالت اطلاعات به چهار روش از فیلدها جمع آوری می شود .

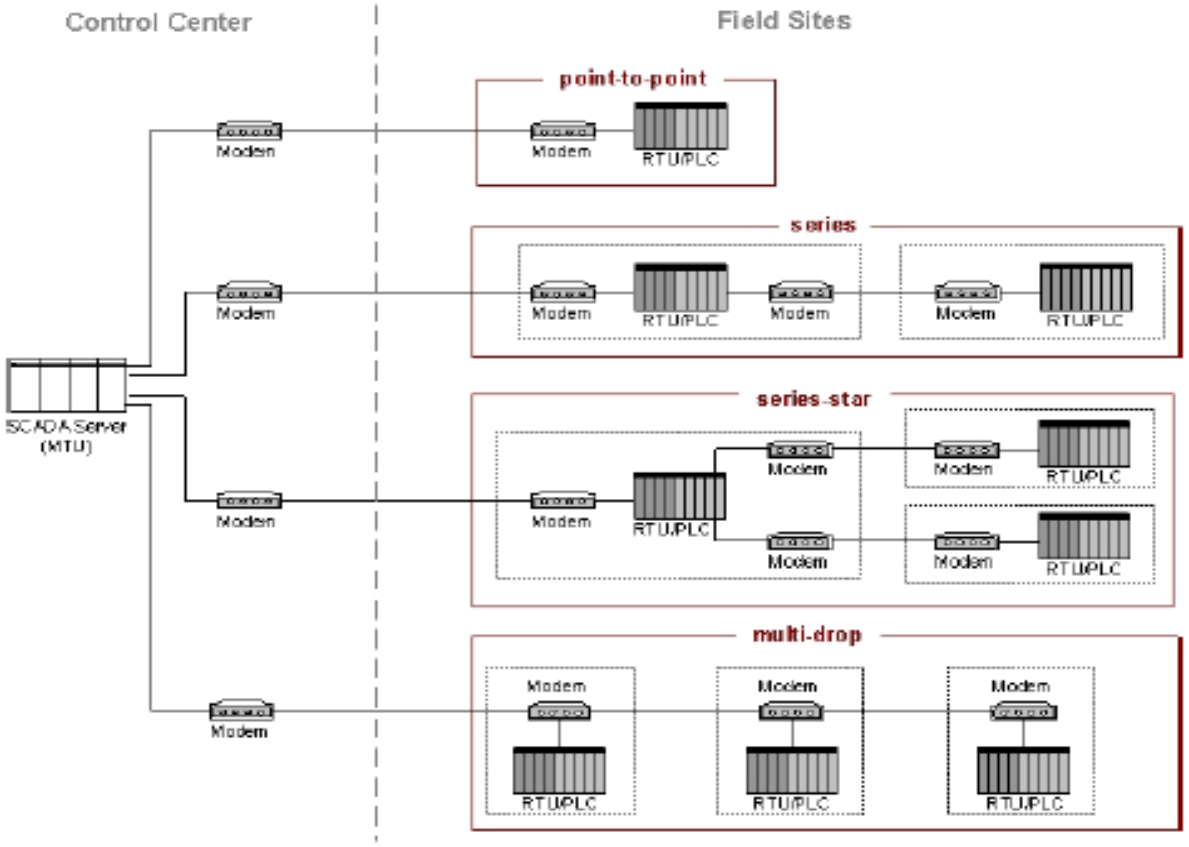
۱ -جمع آوری از تک تک RTU ها که هزینه کابل کشی و محدودیت های زیادی دارد یا جمع آوری نقطه به نقطه.

۲ -اتصال سری در توپولوژی باس که در صورت ایجاد مشکل در یک ایستگاه شبکه از کار می افتد

۳ -ترکیب اتصال ستاره با باس سری

۴ -پروتکل Multi DROP با توپولوژی باس

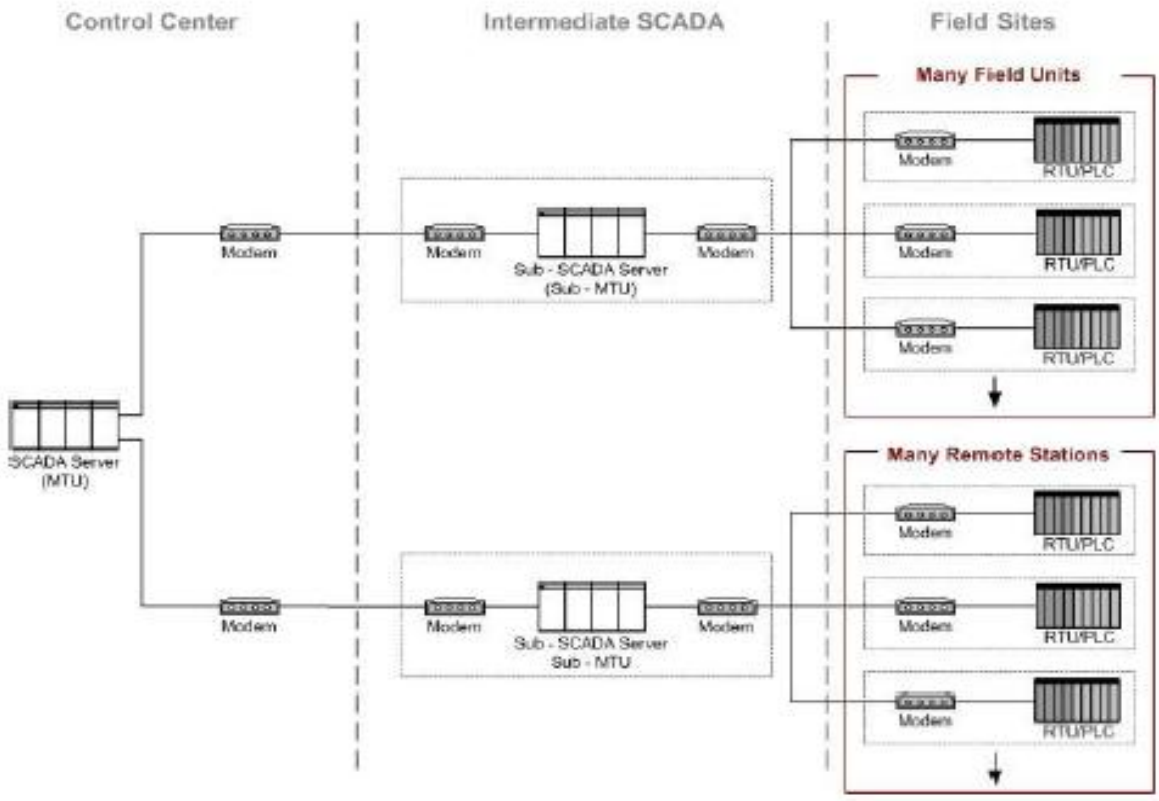
در این پرو تکل هر وسیله فقط با درخواست ایستگاه مرکزی می تواند اطلاعات را بر روی باس بفرستد.



شکل ۱۲-۴: توپولوژی اسکادا در حالت پایه

۲-۲۱-٤ توپولوژی اسکادای برزگ

در این حالت بین فیلد و مرکز کنترل سرور های کوچکتری برای کنترل تعدادزیادی RTU قرار دارد.



شکل ۱۳-۴: توپولوژی در اسکادای بزرگ

۲۲-٤آینده اسکادا

هر سیستم اسکادا از سه بخش اساسی مخابرات، پایانه راه دور و پایانه مرکزی تشکیل شده است که در آینده با پیشرفت هرکدام سیستم های اسکادای قدرتمند تری را خواهیم داشت.

در بخش مخابرات شبکه های فیبر نوری پهنای باند بیشتری در اختیار سیتم می گذارد و سرعت اسکن را بالا می برد. مخابرات ماهواره ای و مودم های اجاره ای از طرف شرکت ها برای ارتباط با ماهواره قابلیت گسترش و مدولار شدن سیستم را بیشتر می کند.

RTU های هوشمند وظیفه دیگر وسایل کنترلی مانند PID و PLC و دیگر ابزارهای کنترلی و جمع آوری داده مانند آلارم رکوردر و فالت رکودر را انجام می دهند و امکان اجرای برنامه های سطح بالا و اجرای فرامین پیچیده مرکز کنترل را فراهم می کند.

MTUها و کامپیوتر های مرکز کنترل نیز ارزانتر و دارای سرعت پردازش بالاتر و اجرای نرم افزار های کاربردی که پردازش آنها بر روی چند سیستم گسترده می شوند. ارتباط با شبکه های مختلف مانند اینترنت و ارتباط بهتر با انسان و ماشین و استفاده مشترک از بانک های اطلاعاتی قابلیت آنها را بالا می برد.

فصل پنجم

سخت افزارهای SCADA

فصل پنجم سخت افزارهای SCADA

۱-۵انتقال داده

هر سیستم اسکادا در بردارنده‌ی یک یا چند کامپیوتر است که فراهم کننده‌ی ارتباط با شبکه‌ی مخابراتی(به کمک RTUها) و یک رابط اپراتوری برای کار با اطلاعات به‌دست آمده از RTUها می‌باشد. این اطلاعات ممکن است به‌صورت پیام نمایش داده شوند و یا برای دستیابی‌های بعدی، ذخیره گردند و یا به سیستم‌های کامپیوتری دیگر ارسال گردند.

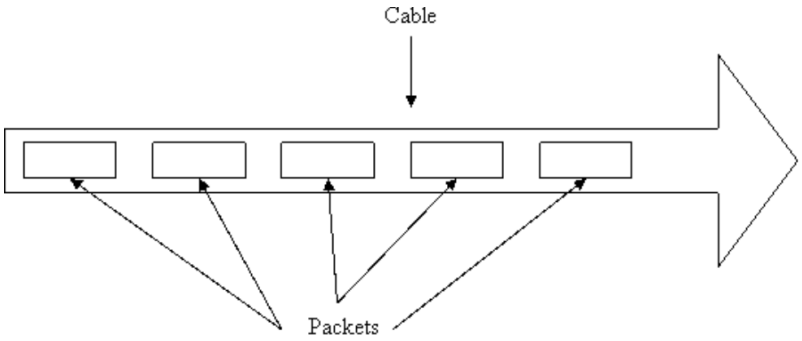
پهنای باند [۸۴]به تفاوت بین بالاترین و پایین‌ترین فرکانس‌هایی که یک سیستم ارتباطی می‌تواند ارسال کند، گفته می‌شود. به عبارت دیگر، منظور از پهنای باند، مقدار اطلاعاتی است که می‌تواند در یک مدت زمان معین ارسال شود. برای وسایل دیجیتال، پهنای باند برحسب بیت در ثانیه و یا بایت در ثانیه بیان می‌شود. برای وسایل آنالوگ، پهنای باند، برحسب سیکل در ثانیه بیان می‌شود.

دو روش برای ارسال اطلاعات از طریق رسانه‌های انتقالی وجود دارد که عبارتند از: روش ارسال باند پایه و روش ارسال باند پهن[۸۵].

در یک شبکه‌ی LAN، کابلی که کامپیوترها را به هم وصل می‌کند، فقط می‌تواند در یک زمان، یک سیگنال را از خود عبور دهد، به این شبکه یک شبکه باند پایه می‌گوییم. به منظور عملی ساختن این روش و امکان استفاده از آن برای همه کامپیوترها، داده‌ای که توسط هر سیستم انتقال می‌یابد، به واحدهای جداگانه‌ای به نام پاکت[۸۶]شکسته می‌شود. در واقع در کابل یک شبکه‌ی LAN، توالی پاکت های تولید شده توسط سیستم‌های مختلف را شاهد هستیم که به سوی مقاصد گوناگونی در حرکتند. شکلی که در ادامه خواهد آمد، این مفهوم را بهتر نشان می‌دهد.

در مقابل روش باند پایه، روش پهن باندقرار دارد. در روش اخیر، در یک زمان و در یک کابل، چندین سیگنال حمل می‌شوند . از آنجایی‌که در شبکه‌های LANدر یک زمان از یک سیگنال پشتیبانی می‌شود، در یک لحظه، داده‌ها تنها در یک جهت حرکت می‌کنند. به این ارتباط half-duplexگفته می‌شود. در مقابل به سیستم‌هایی که می‌توانند به‌طور هم‌زمان در دو جهت با هم ارتباط برقرار کنند full-duplex گفته می‌شود.

[84]Bandwidth
[85]Broadband
[86]Packet



شکل۱-۵: پاکت ها در کابل شبکه

برای انتخاب بهینه‌ی سیستم تله‌متری و کنترل از راه دور، شرایط محیطی و منطقه‌ای و عوامل کلیدی زیر باید مورد نظر قرار گیرند:

- پوشش جغرافیایی منطقه‌های مورد نظر
- حجم اطلاعات تولید شده
- مالکیت شبکه و کنترل روند گردش اطلاعات
- سهولت کاربری و نگهداری
- هزینه‌های جاری و سرمایه‌ای درنظر گرفته شده
- پردازش، آنالیز و بایگانی اطلاعات

به‌طور خلاصه در طراحی و ساخت یک شبکه‌ی تله‌متری، عوامل فنی و تجهیزات متعددی دخیل هستند که به صورت فهرست‌وار عبارتند از:

- سنسورهای اندازه‌گیری
- واحد RTU
- تجهیزات ارتباطی مستقر در هر ایستگاه [۸۷]و پروتکل مخابراتی آن‌ها
- تجهیزات جمع‌آوری و پردازش اطلاعات در ایستگاه مرکزی[۸۸]

۱-۱-۵ عوامل موثر در انتخاب شبکه ی مخابراتی

به‌طور کلی، انتخاب شبکه‌ی مخابراتی، متاثر از عوامل زیر می‌باشد:

- تعداد ایستگاه‌های فرعی

[87] Communication Devices
[88] SCADA Center

- تعداد اطلاعات ورودی به ترمینال RTU و زمان تازه شدن اطلاعات
- محل RTU ها

- امکانات مخابراتی موجود
- تجهیزات و تکنولوژی‌های مخابراتی موجود

۲-۱-۵ مطالعه‌ی انواع شبکه‌های مخابراتی:

شبکه‌ی مخابراتی به تجهیزات مخابراتی گفته می‌شود که اطلاعات آنالوگ و دیجیتال جمع‌آوری شده از نقاط کنترلی را به اتاق کنترل مرکزی فرستاده و برعکس فرمان‌های صادر شده از سیستم کنترل مرکزی را به نقاط تحت کنترل منتقل می‌کند.

در شبکه‌های مخابراتی معمولا دو نوع پیکربندی برای سیستم اسکادا وجود دارد:

- پیکربندی نقطه به نقطه (Point to Point)
- پیکربندی نقطه به چند نقطه (Point to Multi Point)

پیکربندی نقطه به نقطه، ساده‌ترین شکل پیکربندی برای شبکه‌های تله‌متری بوده و در این حالت اطلاعات فقط بین دو ایستگاه تبادل می‌گردد و در این حالت، یک ایستگاه، اصلی [۸۹] و ایستگاه دیگر فرعی [۹۰] محسوب می‌گردد.

ولی در پیکربندی یک نقطه به چند نقطه، یک ایستگاه به‌عنوان اصلی معرفی شده و دیگر ایستگاه‌ها به‌عنوان فرعی درنظر گرفته می‌شوند. در ایستگاه اصلی، اتاق فرمان مرکزی که دربرگیرنده‌ی کامپیوتر اصلی می‌باشد، پیش‌بینی می‌گردد در حالی‌که در ایستگاه‌های فرعی، ترمینال‌های راه دور (RTU) قرار دارند که با یک آدرس منحصر به فرد ، به ایستگاه اصلی معرفی می‌گردند.

در شبکه‌های مخابراتی، دو مد مخابراتی [۹۱] وجود دارد:

- سیستم گردشی [۹۲]
- سیستم وقفه‌ای [۹۳]

در سیستم گردشی، ایستگاه اصلی، مرکز کنترل شبکه‌ی مخابراتی بوده و به‌صورت متناوب به ایستگاه‌های فرعی اطلاعات داده و دریافت می‌کند. ایستگاه فرعی فقط در صورت درخواست ایستگاه اصلی، به آن پاسخ می‌دهد. هر ایستگاه فرعی با یک آدرس منحصر به فرد، مشخص شده و در صورتی‌که به درخواست ایستگاه

[89] Master Station
[90] Slave Station
[91] Communication mode
[92] Polling system
[93] Interrupt System

اصلی در یک زمان مشخص، پاسخ ندهد، ایستگاه اصلی، درخواست خود را چندین بار تکرار می‌کند و بعد به ایستگاه بعدی می‌رود.

در سیستم وقفه‌ای که به "سیستم گزارشی در صورت وجود خبر" یا BRE[۹۴]نیز نامیده می‌شود، ایستگاه فرعی، ورودی خود را کنترل می‌کند و در صورتی‌که تغییر قابل ملاحظه‌ای مشاهده نماید، آن را به اطلاع ایستگاه اصلی می‌رساند. در این حالت، چنان‌چه یک ایستگاه فرعی، نیاز به ارسال خبر داشته باشد، شبکه را کنترل نموده و در صورتی‌که پیامی در حال مخابره در شبکه باشد به مدت زمان نامعینی [۹۵]صبر می‌کند. در صورتی‌که مدت زمان انتظار طولانی گردد، سیستم در زمان لازم به آن مراجعه کرده و اطلاعات را دریافت می‌کند.

۳-۱-۵ بررسی تکنولوژی های مخابراتی

هر یک از انواع تکنولوژی‌های مخابراتی، محاسن و معایب خاص خود را دارا می‌باشند که آن‌ها را برای کاربردی خاص، مناسب و در کاربردی دیگر، نامطلوب می‌نماید. انواع شبکه‌های مخابراتی شامل موارد زیر است:

- سیستم رادیویی
- کابل(خطوط زمینی)
- ماهواره

۱-۳-۱-۵ سیستم رادیویی:

یکی از مطلوب‌ترین روش‌ها برای انتقال اطلاعات، در سیستم‌های تله‌متری، روش رادیویی است. اگرچه ممکن است قیمت‌های تهیه و نصب تجهیزات مزبور از دیگر روش‌ها گران‌تر باشد اما هزینه‌های جاری این سیستم‌ها بسیار ارزان می‌باشد. طراحی مطلوب شبکه‌های تله‌متری رادیویی، ممکن است هزینه‌های جاری بابت تخصیص فرکانس را به شدت کاهش دهد. استفاده از روش رادیویی در تله‌متری، مستلزم طراحی مهندسی مطلوب، با توجه به وضعیت منطقه است.

قابلیت توسعه‌ی سیستم تله‌متری رادیویی، باید در مرحله‌ی نصب اولیه مورد نظر قرار گیرد. سیستم‌های طراحی شده با تجهیزات تکرارکننده‌ی رادیویی، محاسن بسیاری دارند زیرا فقط با نصب یک رادیو در یک نقطه و نصب آنتن در جهت مطلوب، می‌توان محدوده‌ی سیستم تله‌متری را افزایش داد.

رادیوی متعارف غالبا در باند فرکانسی UHF کار می‌کند ولی در صورت نیاز ، در باند فرکانسی VHF نیز به‌کار گرفته می‌شود.

[94]Polled Report ByException
[95]Random Delay Time

سیستم‌های رادیویی ۴۰۰ مگاهرتز می‌توانند به چندین RTU بر روی یک خط (به‌طور مثال ۵۰ نقطه) تا شعاع ۴۰ کیلومتر، در صورت استفاده از تکرارکننده، دسترسی یابند. امکان استفاده از طیف‌های فرکانسی مذکور، در محدوده‌ی شهرها، به‌طور روزافزونی کاهش می‌یابد.

سیستم‌های ۹۰۰ مگاهرتز مشابه سیستم ۴۰۰ مگاهرتز می‌توانند به چندین RTU ، اما تا شعاع ۲۵ کیلومتر دسترسی یابند. امکان استفاده از طیف‌های فرکانسی مزبور در محدوده‌ی شهرها به آسانی انجام می‌پذیرد.

این سیستم دارای قیمتی مطلوب و پایین برای انتقال اطلاعات با سرعت کم می‌باشد.

مزایای استفاده از سیستم‌های رادیویی عبارتند از:

- مستقل از خرابی خطوط می‌باشند.
- قابلیت بالا و زمان خرابی کم به علت انجام عملیات تعمیراتی به‌صورت مدولار
- هزینه‌های تعمیراتی نسبتا پایین
- ایمنی و قابلیت اطمینان بالا

معایب این سیستم نیز به شرح زیر می‌باشند:

- لزوم اخذ مجوز فرکانس
- تراکم طیف فرکانس
- سرمایه‌گذاری اولیه‌ی زیاد به علت انجام عملیات نصب برج مخابراتی
- نیاز به اخذ مجوز استفاده از مسیرهای مورد نیاز
- نیاز به جاده‌های دسترسی و برق برای تکرارکننده‌ها
- محدودیت کانال‌های موجود در مجوزهای دریافتی
- نیاز به طرح بحرانی سیستم برای انعکاس، جذب و انکسار امواج رادیویی
- نیاز به دریافت مجوز از سازمان‌های محیط زیست و صاحبان املاک برای نصب برج و احداث جاده‌ی دسترسی
- احتمال احداث ساختمان، ابنیه و سایر تاسیسات در مسیر دید آنتن‌ها بعد از تاسیس و نصب شبکه مخابراتی که نتیجه‌ی آن لزوم تغییر مسیر آنتن خواهد بود.

۲-۳-۱-۵ روش انتقال به کمک ماهواره :[۹۶]

استفاده از ماهواره، یکی از مطمین‌ترین روش‌های ارسال و دریافت اطلاعات می‌باشد. با رشد روزافزون تعداد ماهواره‌های پرتاب شده، تخصصی شدن حوزه‌ی عملکرد آن‌ها و کاهش هزینه‌ی استفاده از سرویس‌های مختلف

[96]Satellite Transmission

ماهواره‌ای، جهت انجام تله‌متری در پروژه‌های مختلف، خصوصا " در مناطق دورافتاده و خارج از پوشش رادیویی، استفاده از این روش به نحو چشمگیری افزایش یافته است.

استفاده از این روش در انتقال داده‌ی کم [۹۷]و خصوصا در مکان‌هایی توصیه می‌شود که مشکل دید [۹۸]جهت برقراری ارتباط رادیویی وجود دارد.

۳-۳-۱-۵ کابل یا خطوط زمینی:

ارتباط زمینی در گذشته، مهم‌ترین روش انتقال اطلاعات بود. ارتباطات کابلی را می‌توان به حالت‌های زیر دسته‌بندی کرد:

- شبکه : با توجه به نزدیکی نقاط کنترلی، می‌توان از شبکه برای انتقال اطلاعات استفاده نمود. از شبکه‌های معروف می‌توان به Profibus-DP و Foundation Field bus اشاره کرد. PLCهای انتخابی باید دارای کارت مخابراتی جهت اتصال به شبکه‌ی مذکور را داشته باشند. این روش را یک شبکه‌ی کنترلی توسعه‌یافته می‌توان درنظر گرفت. با توجه به فاصله‌ی نقاط، لازم است تکرارکننده‌هایی در طرح درنظر گرفت که تعداد دقیق آن‌ها بعد از بررسی‌های محلی صورت می‌گیرد.
- فیبر نوری (Fiber Optic): غالبا به صورت اختصاصی باید ایجاد گردد و متناسب با میزان اتصال، دارای قیمت بسیار بالایی می‌باشد. فیبرنوری غالبا برای ارتباط با سایر شبکه‌ها و به‌عنوان بستر مخابراتی به‌کار گرفته می‌شود و در ساختار یک به یک، دستیابی به سرعت‌های بسیار بالا در آن امکان‌پذیر می‌باشد.
- خطوط اجاره‌ای [۹۹]: غالبا به‌صورت استیجاری از شبکه‌ی مخابراتی موجود، در اختیار گرفته شده و متناسب با میزان اتصال، دارای قیمت پایینی می‌باشد. دارای انواع مختلف مانند مدار آنالوگ دو سیمه، مدار آنالوگ چهار سیمه و سرویس‌های دیجیتالی می‌باشد.

[97] Narrow band
[98] Line of sight
[99] Leased Line

در انتخاب این سیستم‌ها، دقت زیادی باید به‌عمل آید. به عنوان مثال برای خطوط یک به یک، مودم‌های معمولی، در کاربردهایی که از مسیرهای گوناگون می‌گذرند، مفید نمی‌باشد. برخی از سرویس‌های دیجیتالی نیز که به‌صورت Master/Slave می‌باشند، برای ساختارهای مخابراتی پیچیده، مناسب نیستند. غالبا " صاعقه سبب ایجاد خطا در این نوع سیستم‌ها می‌گردد و توسعه‌ی این سیستم‌ها توسط شرکت مخابرات انجام می‌گردد.

٤-١-٥ معیارهای طراحی:

انتخاب سیستم مطلوب برای انتقال اطلاعات در طرح،یکی از نقاط مهم و کلیدی می‌باشد. در قسمت قبل انواع شبکه‌های مخابراتی بیان گردید و مزایا و معایب هر یک توضیح داده شد. در مواردی که فاصله‌ها بسیار زیاد باشد یا موانع زمین، مانع عبور یا دفن کابل در مسیر ایستگاه‌ها شوند یا هزینه‌ی ایجاد کابل خصوصی و یا عمومی تلفن (خطوط اجاره ای چهار سیمه) و کابل شبکه‌ی کنترلی توسعه یافته، گزاف تشخیص داده شود، از روش مخابره‌ی اطلاعات با فرکانس رادیویی و رادیو مودم استفاده می‌گردد. اما در مواردی که فاصله‌ی دو ایستگاه یا دو واحد کم باشد(حداکثر ۵۰۰ متر) که استفاده از کابل چهار زوج مسلح و کابل شبکه، توجیه اقتصادی داشته باشد، از دفن کابل خصوصی در کنار خطوط لوله‌ی در حال اجرا استفاده می‌گردد. در هر صورت در این فاصله‌ها هم نیاز به تکرارکننده می‌باشد. بنابراین انتخاب سیستم مخابراتی بر مبنای معیارهای زیر صورت می‌گیرد.

درانتخاب شبکه‌ی مخابراتی باید به نکات زیر توجه کرد:

- ساختار (Topology)
- مد انتقال(Transmission mode)
- بستر مخابراتی (Link media)
- روش مخابراتی (Protocol)

POWEREN.IR

تجهیزات انتقال اطلاعات نیز، وابسته به شبکه‌ی مخابراتی می‌باشد که پس از انتخاب بخش‌های مختلف شبکه، مودم متناسب با آن انتخاب می‌گردد.

انواع مد انتقال شامل :

- یکطرفهHalf-Duplex
- دوطرفه Full Duplex

۵-۱-۵ مودم :

مودم در پایین ترین سطح لایه OSI قرار دارد و عمل مدولاسیون و دمودلاسیون و تقویت سیگنال و چک کردن آماده بودن خط برای روشن کردن فرستنده وارسال را انجام می دهد. مودم ها در دو نوع سنکرون و آسنکرون وجود دارند نوع آسنکرون نیازی به همزمان کردن فرستنده و گیرنده برای ارسال ندارند و فقط سیگنال های شروع پیام و پایان پیام را می فرستند. اما نوع سنکرون با ارسال پالس هایی عملکرد فرستنده و گیرنده را همزمان می کنند.

۵-۲PLC:

PLCاز عبارت Programmable Logic Controller به معنای کنترل کننده قابل برنامه ریزی گرفته شده است PLC.کنترل کننده ای است نرم افزاری که در قسمت ورودی، اطلاعات را بصورت باینری دریافت و آنها را طبق برنامه ای که در حافظه اش ذخیره شده پردازش می نماید و نتیجه عملیات را نیز از قسمت خروجی به صورت فرمانهایی به گیرنده ها و اجرا کننده های فرمان ، ارسال می کند.

وظیفهPLC قبلا بر عهده مدارهای فرمان رله ای بود که استفاده ازآنها در محیط های صنعتی جدید منسوخ گردیده است.اولین اشکالی که در این مدارها ظاهر می شودآن است که با افزایش تعداد رله ها حجم و وزن مدار فرمان بسیار بزرگ شده، همچنین موجب افزایش قیمت آن می گردد . برای رفع این اشکال مدارهای فرمان الکترونیکی ساخته شد ، ولی با وجود این هنگامی که تغییری در روند یا عملکرد ماشین صورت می گیرد لازم است تغییرات بسیاری در سخت افزار سیستم کنترل داده شود.

با استفاده از PLC تغییر در روند یا عملکرد ماشین به آسانی صورت می پذیرد، زیرا دیگر لازم نیست سیم کشی ها و سخت افزار سیستم کنترل تغییر کند و تنها کافی است چند سطر برنامه نوشت و به PLC ارسال کرد تا کنترل مورد نظر تحقق یابد.

PLCها سخت افزاری شبیه کامپیوتر دارند، البته با ویژگیهای خاصی که مناسب کنترل صنعتی است:

•در مقابل نویز حفاظت شده اند

•ساختار مدولار دارند که تعویض بخشهای مختلف آنرا ساده می سازد

•اتصالات ورودی- خروجی وسطوح سیگنال استاندارد دارند

•زبان برنامه نویسی آنها ساده و سطح بالاست

•تغییر برنامه در هنگام کارآسان است.

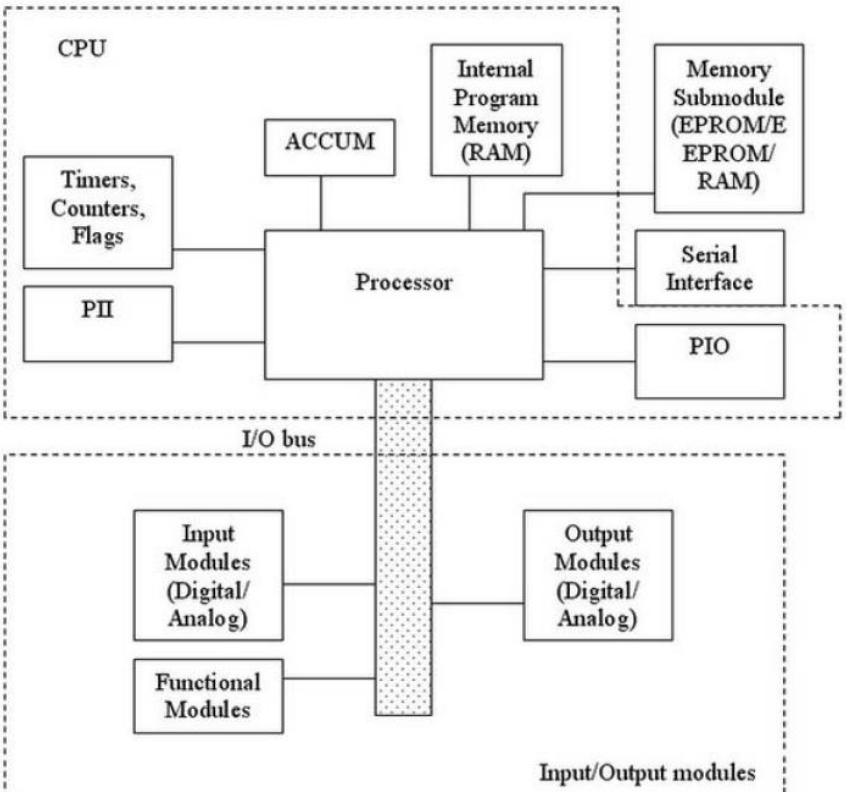
۱-۲-۵ مزایای PLC به RTU

۱ -از نظر اقتصادی PLC ارزانتر از RTU است.

۲ -تغییر در برنامه باعث تغییر در سخت افزار می شود و آن را برای شرایط کنترلی مختلف آماده میسازد.

۳ -نصب و راه اندازی آسان با توجه به ساختار نرم افزاری PLC که آن را برای مطابق سلیقه کاربر می سازد.

شکل زیر ساختمان داخلی PLC را نشان می دهد.

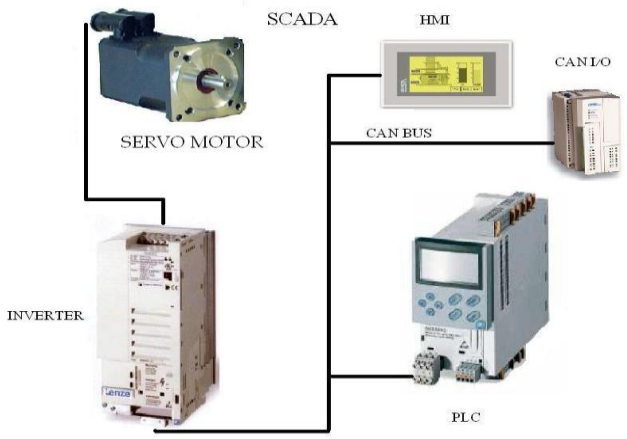


شکل ۲-۵:ساختار PLC

۵-۳ HMI:

واسط میان ماشین و انسان کا ربر است و فقط نرم افزار نیست؛ بلکه، مجموعه ای از سخت افزار همراه با نرم افزار است که به وسیله ی تصاویر نمادین و شبه واقع از دستگاه (ها) و/یا تجهیزات تحت نظارت یا تحت کنترل و پایش، و با دراختیار گذاشتن رابط های نرم افزاری برای ارسال فرمان و مشاهده ی وضعیت، امکان اداره ی مجموعه ی ماشین یا دستگاه های نیازمند کنترل را فراهم می کند. امروزه HMI ها معمولاً به صورت رایانه های خاصی (البته نه چندان خاص) با LCD Touch Screen همراه با نرم افزار های مربوط ارائه می شوند. این HMI ها به روش های گوناگون به سخت افزارهای کنترل نظیر (PLC) مرتبط می شوند و با آن ها تبادل داده می کنند و آن چه که به شکل نرم افزاری تعریف شده در اختیار کاربر قرار می دهد .سیستم های HMI با PLC و سایر کنترلرهای سطح فرآیند در ارتباط تنگاتنگ قرار می گیرند. اطلاعات نسبتا خامی که از PLC و سایر کنترلرها دریافت می گردد در این قسمت پردازش می شود. سپس به شکل گزارش های قابل فهم، جداول، اطلاعات گرافیکی، منحنی و صدا، با اپراتور، مدیریت تولید و سایر بخش ها ارتباط برقرار می کند و از طرف دیگر همین

نوع اطلاعات پیچیده را دریافت می نماید و به صورت قابل فهم برای کنترل های سطح فرآیند ارسال می کند.
HMIهمچنین بامجموعخای از RTU ارتباط دارد و کاربر از کنترل تک تک اجزا شبکه بی نیاز می کند.



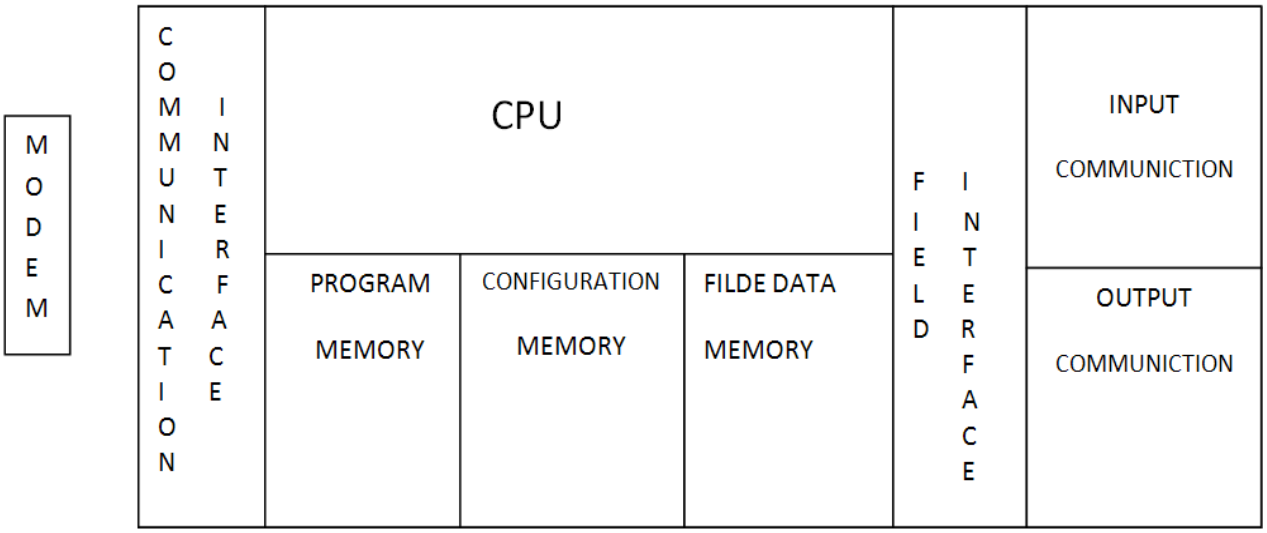
شکل ۳-۵:ارتباط HMI برای کنترل دور موتور

:RTU۵-٤

RTUاطلاعات آنالوگ آلارمها و وضعیتها را از سایت جمع آوری می کند و در حافظه نگهداری می کند تا توسط MTU خوانده شود سپس RTU اطلاعات را کد می کند و ارسال می کند. علاوه بر این با فرمان MTUسوییچ ها را باز و بسته می کند .

در شکل ساختمان داخلی RTU نشان داده می شود . RTU جدید در اصل میکروکامپیوترهایی هستند که از یک سو تجهیزات خاص جهت ارتباط با لینکهای مخابراتی دارند و از یک سو قسمت هایی خاص جهت ارتباط با

سنسورها و محرکها دارند. RTU ها به جز زمانی که اطلاعات می فرستند همیشه آماده برای دریافت پیام از MTU است.



شکل ۴-۵: ساختار داخلی RTU

یکRTU شامل بخش های زیر است :

۱. پردازشگر کنترل وحافظه
۲. ورودی و خروجی آنالوگ
۳. شمارنده
۴. ورودی خروجی دیجیتال
۵. رابط های ارتباطی
۶. تامین قدرت

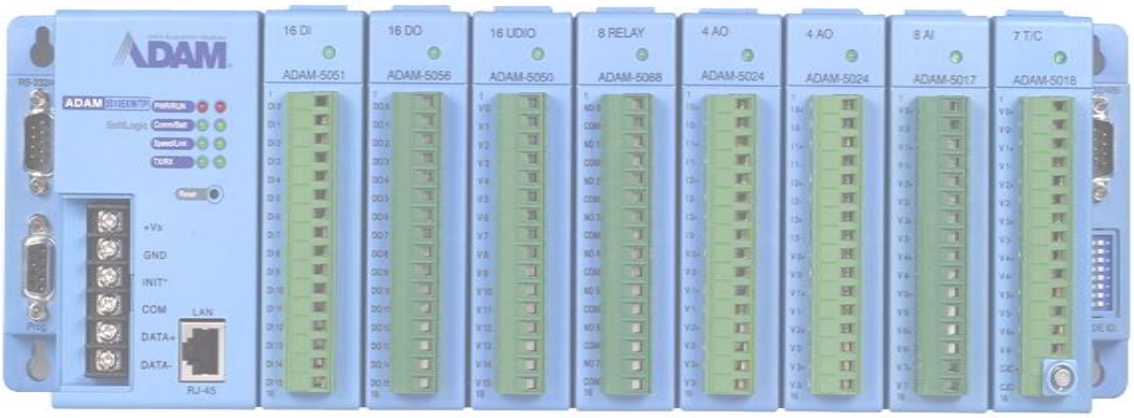
تفاوت RTUبا PLC در این است که RTU ها با کاربردهای خاص و بیشتر برای تله متری در فواصل دور در نظر گرفته شده در حالی که PLC برای کنترل صنعتی و با قابلیت برنامه ریزی برای کاربری های مختلف است.

۱-٤-٥ معرفی یک RTU:

در این قسمت به معرفی چند نمونه RTU می پردازیم.

۱-۱-٤-٥ TCP5000

محصول یک نمونه RTU ماژولار است. که در انواع متنوع و بسته به نیازهای صنعت اتوماسیون تولید شده اند. این تنوع در پایه های مختلف به لحاظتعداد اسلات ها، نوع پورت یا پورت های ارتباطی و یا در نوع اسلات های(ADAM) متصل شده به پایه (TCP) می باشد.



شکل 5-5TCP5000 به عنوان یک نمونه RTU

شکل ۱-۴ یک نمونه RTU با ADAM های زیر به عنوان نمونه است:

DI : ورودی دیجیتال

DO : خروجی با خروجی رله یا ترانزیستور

AO : خروجی آنالوگ

AI : ورودی آنالوگ

TC: Temperature Controller

شکل ۲-۴ شکل ظاهری این ADAM ها را نشان می دهد.

شکل 6-5: یک نمونه ماژول RTU

این نوع RTU می تواند شامل یک یا چند نوع پورت ارتباطی و از هر پورت تا چند عدد باشد. وجود چند پورت از یک نوع در یک ماژول (مثلا TCP/IP) پوشش دادن به بحث Redundancy است که در سیستم های SCADA مطرح شد. انواع این پورتها به شرح زیر می باشند.

TCP/IP که برای پروتکل Modbus در نظر گرفته شده است.

RS-422/ RS-232 / RS-485

۲-۱-٤-٥ADAM های سری ٤٠٠٠

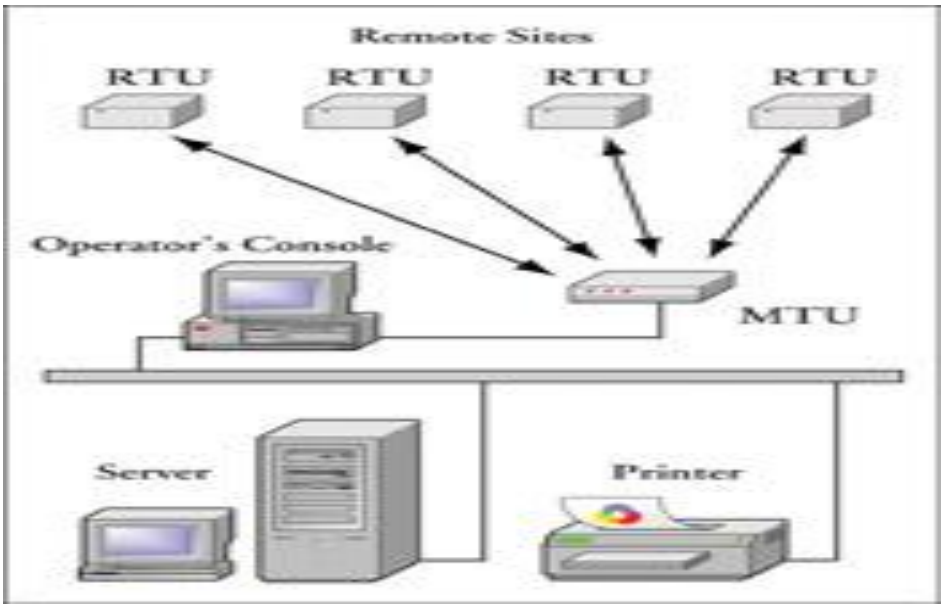
این محصول یک نمونه RTU از نوع Compact است. که در ورودی- خروجی کم و در سایز کوچک، در انواع متنوع تولید شده اند. این تنوع به لحاظ نوع پورت یا پورت های ارتباطی و یا در تنوع در نوع ورودی خروجی می باشد. شکل ۳-۴ چند نمونه از این محصول را نشان می دهد.

شکل 5-7: RTU compact

شکل 5-8 یک نمونه ADAM با روش ارسال دیتا به صورت Wireless

۵-۶ MTU[100]:

Master Terminal Unit به عنوان مرکز سیستم اسکادا و کنترل کننده مرکزی عمل می کند .در واقع در قلب سیستم اسکادا بخشی که فرمان ها را صادر می کند؛اطلاعات طبقه بندی و ذخیره می کند و با اپراتور ارتباط برقرار می کند MTU است.MTU همانند RTU و از همان پروتکل و همان تجهیزات مخابراتی RTU استفاده می کند.مهمترین تفاوت MTU با RTUMASTER بودن آن است. MTUمی تواند کامپیوتر مرکزی مرکز کنترل نیز باشد که وظیفه ارتباط با RTUرا دارد.



شکل9-۵: پایانه مرکزی

۵-۷کامپیوترهای صنعتی:

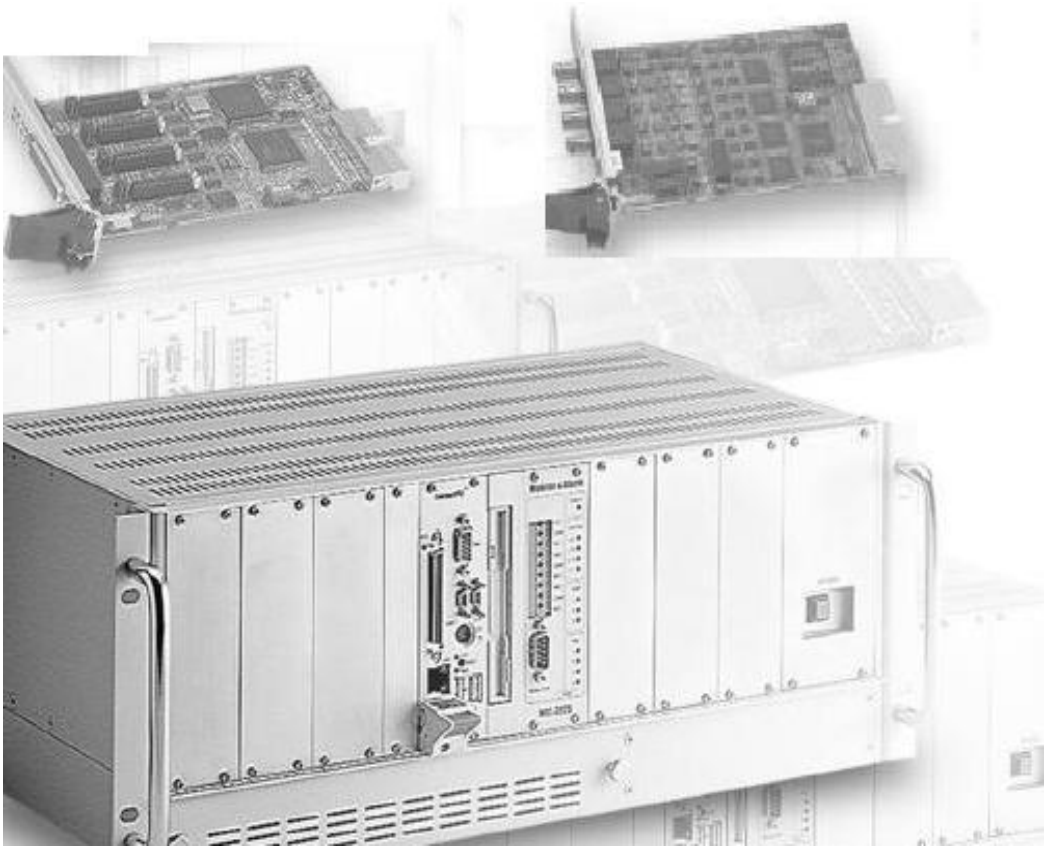
استفاده از کامپیوتر های صنعتی به جای PC به دلیل مزایای زیادی که دارند بسیار رایج شده اند که در این بخش به معرفی آنها می پردازیم.

[100]**Master Terminal Unit**

۱-۷-۵IPC یا کامپیوتر های صنعتی:

در محیط های صنعتی با مشکلاتی مواجه هستیم که باعث می شود که در انتخاب سخت افزار مورد نیاز، توجه بیشتری شود. مشکلاتی نظیر نویزها، آلودگی ها ونیاز به ماشین آلاتی با IP بالا از این دست هستند. کامپیوترها نیز از این بحث مستثنی نیستند. بنابراین IPC ها ساخته شدند که علاوه بر حل مشکلات فوق، احتیاج صنعت را نیز به لحاظ نیاز به پورت ها و اسلات های کافی مرتفع کند. به این لحاظ کامپیوتر های صنعتی تفاوت عمده ای با کامپیوتر های خانگی دارند.

مادر بورد های IPC ها معمولا دارای تعداد زیادی اسلات های مختلف از انواع ISA گرفته تا PCIها را دارند.و بر روی آنها کارت های مختلف DAQ۱۰۱ یا جمع آوری اطلاعات قابل نصب هستند.



شکل ۱۰-۵ یک نمونه IPC واسلات های DAQ

[101]Data Acquistion Module

۲-۷-۵PC یا کامپیوترهای پانلی

این کامپیوترها از خیلی لحاظ شبیه IPCها هستند با این تفاوت که ساختار آنها به صورت Compact طراحی می شود و دارای مانیتور غالبا با قابلیت Touch Screen می باشد و بر خلاف IPCها خیلی قابل توسعه نیستند.

شکل ۱۱-۵ یک نمونه PPC

فصل ششم

SCADA در سیستمهای قدرت

فصل ششم اسکادا در سیستم های قدرت

۱-٦ تاریخچه بکارگیری سیستمهای کسب اطلاعات و کنترل از راه دور

بکارگیری سیستم های کسب اطلاعات و کنترل از راه دور از سال ۱۸۸۰ میلادی به بعد متداول گشت . در آغاز سیستم کسب اطلاعات کاملاً جدا از سیستم کنترل بود . در سالهای ۱۹۲۰-۱۹۳۰ سیستمهایی که بتوانند دو عمل دریافت و ارسال را توأماً انجام دهند طراحی گردید؛ ولی تکنولوژی بکار رفته در تجهیزات آن عمدتاً الکترومکانیکی بود و چون تجهیزات ایستگاههایی که در خارج از مرکز قرار داشتند الکترومکانیکی بودند برای کنترل و ارسال وضعیت تعداد محدودی از دستگاهها بکار می رفتند و نمی توانستند کمیت های آنالوگ را انتقال دهند. توسعه تله متری را باید در نیمه قرن بیستم در صنایع هوایی جستجو کرد زیرا با توجه به سقوط زیاد راکت ها و هواپیماهای آزمایشی نیازمند تکنولوژی بود که بتواند از راه دور اطلاعات را جمع آوری کند. اما ایستگاههای هواشناسی اولین کاربرد تله متری بود زیرا استگاهها نیازمند اپراتور برای ارسال اطلاعات بودند در حالی که بسیاری از ایستگاها در مناطق دور از دسترس و غیر قابل سکونت بودند همچنین این ایستگاهها شامل بالون ها نیز بودند.پس از آن ایستگاهها راه آهن برای جمع آوری اطلاعات وضعیت خطوط متحرک و کنترل آنها استفاده کردند.

از سال ۱۹۶۰ به بعد با پیشرفت تکنولوژی کامپیوتر تحول اساسی در طراحی سیستم های نظارت و کنترل بوجود آمد. سیستمهای اخیر علاوه بر انتقال وضعیت دستگاهها ، کمیت های آنالوگ را نیز در سطحی وسیع به مرکز ارسال می نمایند. در مرکز بر روی اطلاعات داده شده انواع و اقسام محاسبات ریاضی و عملیات منطقی صورت می گیرد. اینگونه سیستم ها بنام سیستمهای اسکادا معروف است.

از جمله سیستمهای کامپیوتری صنعتی که در حال حاضر در کلیه کشورهای پیشرفته جهان بر روی شبکه های توزیعی مانند خطوط توزیعی نفت ، گاز ، آب ، برق یا شبکه های دیگر توزیع بکار گرفته می شود ، همین سیستم

اسکادا است .امروزه در کشورهای پیشرفته حتی در شرکتهای اتوبوسرانی و مترو هم از این سیستمها استفاده می شود.

این پدیده در حال حاضر آخرین دستاورد تکنولوژی ، در زمینه مکانیزه نمودن سیستم توزیع صنعتی محسوب می گردد. هدف کلی سیستم یافتن راهی مناسب جهت بهینه کردن عملکردهاست که لازمه آن تلفیق نیازهای اقتصادی با راندمان آنها بوده ، بطوریکه نگهداشتن کیفیت و همچنین تأمین منابع مورد نیاز بصورت دائمی و لاینقطع حتی برای آخرین متقاضی مورد نظر می باشد.

اسکادا یک ایده عینی کامل به منظور نظارت و کنترل شبکه ها بوده و کمک می کند تا در اجرای عملیات ، از دستگاهها و لوازمی که در اختیار می باشند ، بطور کار آمدتری استفاده شود و به نحو بهتری کار سیستم مذکور ، اعتماد بنفس را گسترش داده و خطرات احتمالی را کاهش می دهد و چنانچه در اثر بروز حوادث و خطاها سیستم دچار اختشاش و بهم خوردگی شد خطرات ناشی از این وقایع را کاهش داده و آنرا حداقل می کند.

6-2 ساختار سیستمهای اسکادا در سیستم های قدرت

برایتشریح ساختار سیستم ، ذکر این نکته ضروریست که برای کنترل متمرکز شبکه قدرت ، در دست داشتن اطلاعات کافی از نقاط شبکه ضروریست. در واقع تصمیم گیرنده برای شبکه ، بایستی آلارمهای موجود در سیستم را دریافت نماید. مقادیر ولتاژ ، جریان، توان و ... را در کل سیستم در دسترس داشته باشد و توانایی این را داشته باشد که در قسمتهای مختلف شبکه مداخله کرده و تغییر ایجاد کند. با بیانی روشنتر می توان دید که سیستم اسکادا بعنوان مثال چشمی برای قرائت مقادیر مختلف در شبکه ، گوشی برای دریافت آلارمها و دستهایی برای عمل کننده در شبکه دارد. حال با توضیح فوق ،تقسیم بندی سیستم اسکادا ساده تر خواهد بود. کلی ترین تقسیم بندی که برای یک سیستم اسکادا می توان در نظر گرفت عبارت از :

- سیستم محلی
- سیستم ارتباطی
- سیستم مرکزی

۱-۲-٦ سیستم محلی

تجهیزاتی که در محل یعنی پستها و نیروگاهها نصب می شوند و وظیفه جمع آوری اطلاعات و اجرای فرامین را بعهده دارند ، بطور کلی سیستم محلی نامیده می شوند. سیستم مذکور این امکان را فراهم می آورد که داده ها ، مقادیر جمع آوری شده و فرامین مرکز دیسپاچینگ به اجرا درآید.به علاوه وظیفه گزارش دادن وضعیت ها و تغییرات آنها را به عهده دارد.سیستم محلی ، بخشی از سیستم اسکادا است که ارتباط فیزیکی با سیستم قدرت در آنجا برقرار می شود و تجهیزاتی که بایستی کنترل شوند و سیگنالهایی که بایستی ارسال شوند . همه بخشهای مختلف این سیستم را تشکیل می دهند.

با یک نگاه به مثال گفته شده در قبل ملاحظه می شود که سیستم محلی به مثابه چشم ، گوش و دست برای سیستم کنترل می باشد. بدین ترتیب که وضعیتها ، مقادیر و اطلاعات از طریق گوش و چشم دریافت شده ، سپس فرامین توسط دست به اجرا در می آید.

سیستم محلی به دو بخش اساسی تقسیم می شود:

۱. تجهیزات واسط فشار قوی (HVI)

۲. پایانه راه دور یا بطور کلی پایانه

۱-۱-۲-٦ تجهیزات واسط فشار قوی (HVI) و اینترفیسینگ

برای معرفی بخش HVI[۱۰۲]، در ابتدا یاد آور می شویم که تمامی داده ها از قسمت فشار قوی پست و یا نیروگاه نشأت می گیرند. تبادل داده ها و فرامین در محیطی مملو از نویز ، با میدانهای الکتریکی و مغناطیسی بسیار قوی صورت می گیرد . همچنین این داده ها از نظر سطح ولتاژ و جریان بایستی قابل اتصال به بخشهای حساس الکترونیکی پایانه باشند و فرامین پایانه نیز در نهایت توسط تجهیزات الکترومکانیکی این بخش به اجرا در می آید .

[102]High Voltage Interface

با این مقدمه ، ضرورت استفاده از تجهیزاتی که نقش واسط بین تجهیزات فشار قوی و پایانه را بازی کند احساس می شود . به ترکیب تجهیزات فوق بطور کلی سیستم HVI گفته می شود. البته در ابتدا نقاطی که اطلاعات آنها مورد نیاز است و برای ارسال فرمان به آنها باید در دسترس باشند بوسیله کابلهایی به تابلویی به نام مارشالینگ راک که اختصاراً MR نامیده می شود هدایت می شوند و سپس از طریق تجهیزات واسط فشار قوی به پایانه می رسند . به مجموعه این تمهیدات برای ارسال اطلاعات از نقاط مطلوب و اجرای فرامین در مورد آنها عملیات "اینترفیسینگ"گفته می شود. پس برای سیستم اسکادا در پست سه تابلو HVI , MR , RTU اضافه می شود.

به نحوه جمع آور اطلاعات و نوع اطلاعات مورد نیاز از پست ها یا نیروگاه ها در یک سیستم دیسپاچینگ استاندارد اینترفیس می گویند.

در اینترفیس سه نوع بررسی باید انجام گیرد :

- اینکه اصولا چه اطلاعاتی از کدام تجهیزات پست یا نیروگاه مورد نیاز است.
- دوم آنکه آیا اطلاعات چگونه در دسترس قرار گیرد برای مثال مد تب چنجر و کنترل آن در همه پست ها وجود ندارد به این قسمت از استاندارد اینترفیس گاید لاین می گویند.
- اینکه اطلاعات مورد نیاز به چه صورتی در تابلو اینترفیس جمع آوری می شود برای مثال اطلاعات بریکر با سه سیم به این تابلو می آید.

۱-۱-۱-۲-٦ تجهیزات MR[۱۰۳]

تابلو مارشلینگ راک شامل تعداد زیادی ترمینال است که تمامی اطلاعات پست روی این ترمینال ها وایرینگ می شود و شامل کلیه آلارمها رله هایی همانند Distance - Over voltageو.. می باشد و کلیه اندیکاتور ها مانند اندیکاتورهای بریکر ها و سکسیونرها و خروجی های تجهیزات اندازه گیری مانند ترانس های ولتاژ و جریان به این تابلو می آید.

[103]Marshallling rack

۲-۱-۱-۲-٦ تجهیزات واسط فشار قوی (HVI)

در این تابلو جریان و ولتاژ CT و PT از تابلوی MR وارد می شود وسپس وارد ترانسدیوسر ها می شود این دستگاه می تواند با داشتن جریان و ولتاژ هر فاز ،توان اکتیو و راکتیو را نیز اندازه گیری کند و صورت یک جریان DC از صفر تا یک میلی آمپر به تابلو RTU بفرستد.

۳-۱-۱-۲-٦ DHVI:

روشی دیگری است به جای HVI که در آنترانسدیوسر ها و رله های واسط در تابلو های کنترل و حفاظت پست قرار می گیرند و سیگنال های RTUمستقیم وارد MR می شود . در این حالت سیگنال های موجود در MR دارای سطح ولتاژ پایین تری است.

دلایل استفاده از سیستم DVHI

۱-عدم وجود تابلو مارشلینگ راک در پست

۲- استفاده از ترانسدیوسر های فعلی برای سیستم اسکادا به صورت سری

۳- سطح مقطع کمتر سیم ها به دلیل جریان کمتر بین مارشلینک راک تا ترانسدیوسر

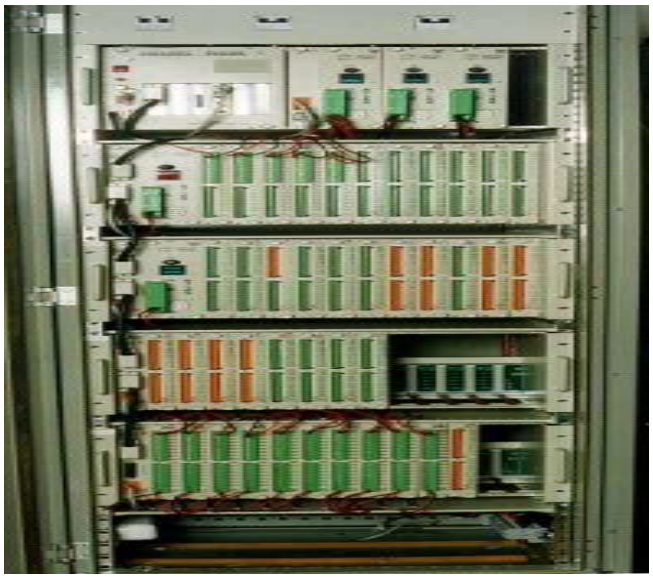
۴- به علت عدم وجود ولتاژ CT و PT در تابلو مارشلینگ راک امکان حادثه در هنگام کار با این تابلو کمتر است

۵-به دلیل وجود مارشلینگ راک بین پایانه و تجهیزات پست امکان نصب تجهیزات قبل و بعد از تابلو مارشلینگ راک و تست تجهیزات نصب شده وجود دارد.

۲-۱-۲-٦ پایانهRTU

پایانه بعنوان بخش اصلی در سیستم محلی و از طرفی بعنوان یکی از عناصر مهم سیستم اسکادا ، وظیفه جمع آوری اطلاعات از نیروگاه و پست و همچنین کار هدایت و کنترل آنها را بر عهده دارد.

همانطور که گفته شد کار ارتباط پایانه با پست را بخش HVI انجام می دهد . پایانه نیز از طریق مودم با سیستم ارتباطی و از آنجا با سیستم مرکزی در ارتباط است.



شکل۱-۶: تابلوی RTU

در این تابلو سه نمونه کارت الکترونیکی به نام های DI(digital input) و AI(analog input) و DO(digital output) تمامی اطلاعات مربوط به Alarm,Indication که از RTU به MTU آورده شده است روی کارت های DI وایرینگ می گردد و این کارت ها با بررسی حالت دیجیتال صفر و یک (که ولتاژ ۴۸ v است) آلارم یا وضعیت مورد نظر را مشخص می کند خروجی ترانسدیوسرها که از تابلو HVI به تابلو RTU آورده شده است روی کارت های AI وایرینگ می شود این اطلاعات توسط CPU پردازش می شود تا اطلاعات لازم بوسیله کارت های خروجی به مرکز کنترل فرستاده شود. این فرآیند هنگام ارسال فرمان توسط مرکز کنترل به صورت عکس انجام می شود.

۱-۲-۱-۲-٦ اطلاعا ت مبادله شده بین RTU و مرکز کنترل

۱-STATUS (اطلاعات دیجیتال): مانند وضعیت بریکرها، آلارم ها و وضعیت ژنراتورها که دسته ای از این اطلاعات که به دو بیت احتیاج دارند مانند وضعیت بریکرها که سه وضعیت باز یا بسته یا خارج از سرویس دارند،
Double Indication نامیده می شوند. دسته ای دیگر مانند آلارم ها که دو حالت دارند به یک بیت نیازمند هستند،
Single Indication نامیده می شوند. سرعت ارسال آنها معمولا هر ۲ تا ۳ ثانیه یکبار است.

۲ Measurand
- (اطلاعات آنالوگ)مانند وات و وار خطوط، ولتاژ باس ها و ... . که ۱۲ بیت یا ۲ بیت یا گاهی بیشتر ارسال می شوند. سرعت ارسال آنها کمتر از سرعت ارسال اطلاعات دیجیتال است.

۳-اطلاعاتی که به
RTUفرستاده می شود:

تغییر وضعیت بریکر سکسیونر، بالا پایین بردن تب چنجر و در صورت وجود نیروگاه تغییر مبنای گاورنر

۲-۲-۱-۲-٦ ساختار
RTU مدرن

RTU
های مدرن وظایفی همچون مودم و سیستم آلارم رکوردر و فالت رکودر را در پست ها بر عهده دارند

از امکانات یک
RTU مدرن امروزی می توان به موارد زیر اشاره کرد:

- RTU بتواند از RTU های زیر دست اطلاعات جمع
امکان اتصال بدون نیاز به اینترفیس
کند و به مرکز کنترل بفرستد.
- پشتیبانی از پروتکل های مختلف و امکان اتصال همزمان به چند مرکز
- امکان عیب یابی از مرکز کنترل
-

۲-۲-٦ سیستم ارتباطی

سیستم ارتباطی بخش مهمی از سیستم اسکادا است که بدون آن تصور داشتن کنترل از راه دور غیر ممکن می نماید. این بخش وظیفه ایجاد ارتباط بین "سیستم محلی" و "سیستم مرکزی" را بعهده دارد. با رجوع مجدد به مثال گفته شده ملاحظه می شود که این بخش ، نقش شبکه عصبی بدن را بازی می کند ، بدین صورت که اطلاعات را از گوش و چشم (سیستم محلی) به مغز (سیستم مرکزی) مخابره کرده و از آنجا فرامین را به دستها (سیستم محلی) ارسال می نماید.

رسانه هایی که امروزه برای ارسال اطلاعات استفاده می شوند عبارتند از :

تلفن، سیستم مخابراتی رادیویی،سیستم شبکه ماکروویو، کابل های هم محور یا کواکسیال ، شبکه فیبر نوری، سیستم مخابراتی PLC و ماهواره.

شبکه مخابراتی و مسیر های موجود بین مراکز و پایانه ها ، می تواند آرایشهای مختلفی با کارکردهای متفاوتی داشته باشد. هر ساختار خواص ویژه ای دارد که به نوبه خود روی عملکرد سیستم مخابراتی می تواند موثر واقع شود.

انواع آرایشهای مخابراتی عبارتند از :

آرایش نقطه به نقطه (Point to Point) نوع اول و دوم

آرایش Party-Line

۶-۲-۲-۱ آرایش نقطه به نقطه نوع اول

در این نوع آرایش یک کانال مخابراتی برای هر پایانه در نظر گرفته می شود. بطوریکه مرکز کنترل برای ارتباط با هر پایانه یک کانال یا مسیر مخصوص به خود دارد. بدین شکل مرکز می تواند با استفاده از واسطه مخابراتی(CIU[۱۰۴]) ارتباطش را با پایانه ها بطور همزمان برقرار کند و پیامهای جداگانه ارسال شود.

۶-۲-۲-۲ آرایش نقطه به نقطه نوع دوم

روش دیگر آرایش نقطه به نقطه این است که به هر CIU بیش از یک پایانه متصل می شود. این روش عموماً به دلیل صرفه جویی در وسایل الکترونیکی در پایین آوردن قیمت تجهیزات مرکز کنترل و یا بهبود بخشیدن به کارایی و سرعت کامپیوتر مرکز انجام می شود.

۶-۲-۲-۳ آرایش Party – Line

در این آرایش چند پایانه از یک کانال مخابراتی برای ارتباط با مرکز استفاده می کنند و مرکز نیز برای ارتباط با آنها می بایست آنها را نشانی دار نماید. بدین ترتیب هر پایانه با بررسی بیتهای آدرس در پیغام ارسالی ، پیام مربوط به خود را دریافت می کند.

برای ارسال اطلاعات از راه دور می بایست این اطلاعات به سیگنال الکتریکی تبدیل گردند که در ایران برای ارسال اطلاعات (ارتباط یک Server با RTU) معمولاً از تلفن ،سیستم مخابراتی رادیویی ،سیستم مخابراتی ماکروویو و بطور عمده از PLC استفاده می گردد.

[104]Communication Interface Unit

۳-۲-٦ سیستم مرکزی یا " مرکز کنترل "

شکل۲-۶: مرکز کنترل

رأس یک سیستم اسکادا در واقع تجهیزاتی هستند که مرکز کنترل را بوجود می آورند ، و شامل یک اتاق کنترل مرکب از تجهیزات ارتباط انسان و ماشین"MMI" ، سیستم کامپیوتر مرکزی و ... است.براحتی می توان دید که شبکه های مخابراتی که از "سیستم محلی" شروع می شوند ، به مرکز کنترل خاتمه می یابند. " سیستم مرکزی " را می توان به دو بخش سخت افزار و نرم افزار تقسیم کرد که وظایف مربوطه را انجام می دهند . عمده وظیفه یک مرکز کنترل را می توان بدین صورت بیان داشت:

"جمع آوری داده ها و اطلاعات دریافتی از شبکه قدرت ، سپس آنالیزداده ها و ارائه نتایج به اپراتور و در صورت نیاز ارسال به سطوح بالاتر کنترلی و همچنین ارسال فرامین اپراتور به پایانه ها " از آنجا که تصمیم گیرنده نهایی و قطعی و مسوول در برابر عملکرد سیستم ، اپراتور است ، لهذا سیستم با قابلیتهایی که دارد اپراتور را در اجرای هر چه بهتر فرامین و تصمیم گیری مناسب یاری می نماید.

با بزرگ شدن شبکه های قدرت مسوولیتهای مراکز کنترل تقسیم شده و سیستمهای تسلسلی متشکل از چندین مرکز کنترل را موجب شده است.

وظیفه هر مرکز کنترل بستگی به محل آن در سیستم تسلسل ،در رابطه با تولید ،انتقال یا توزیع انرژی دارد.

یک مرکز کنترل با توجه به رفتار و حالت شبکه باید فرمانهای لازم را صادر نماید. برای اینکه یک مرکز بتواند نقش خود را ایفا نماید. به اطلاعات و ابزار سریع جهت محاسبه و انجام موارد زیر نیاز دارد:

- نمایش شمای واقعی ایستگاهها و سیستم از نظر اتصالات و توزیع بار
- امکانات سریع و مطمئن جهت کنترل شبکه
- محاسبه و برنامه ریزی های کوتاه مدت و بلند مدت برای سیستم
- محاسبه ایمنی و بالا بردن آن
- اعمال مدیریت صحیح انرژی در سیستم

۱-۳-۲-٦ ساختار سخت افزاری مرکز کنترل

نقطه ارتباطی مرکز کنترل با سیستم ارتباطات که اطلاعات و فرامین را از طریق مودمها یا واسطه های مخابراتی با شبکه ارتباطی مبادله می کند "CIU" نام دارد. در CIU[۱۰۵] یک سری کنترلهای مخابراتی وجود دارد که وظیفه ارتباط با پایانه ها را بر اساس طراحی سازنده انجام می دهد. از آن پس پردازشگرها و کامپیوترهایی در نظر گرفته شده است که وظیفه نظارت ،کنترل ، محاسبه ،جمع آوری و پردازش اطلاعات و ارسال فرامین را بر عهده دارند. این مجموعه از FEP[۱۰۶] یا پردازشگر پیشینه و نیز HOST که کامپیوتر اصلی است تشکیل می شود. HOST کامپیوتری است که به دیگر کامپیوترها سرویس مناسب جهت اعمال وظایف کنترلی و نظارتی را می دهد. برای بالا بردن قابلیت اطمینان بصورت افزونه یک FEP و HOST دیگر در نظر گرفته می شود که همیشه روشن و در صورت لزوم آماده بکار است. در نمودار گرافیکی صفحه بعد ساختار سخت افزاری مرکز کنترل نشان داده شده است.

[105] Communication Interface Unit
[106] Front ProcessorEnd

شکل۳-۶: ساختار سخت افزاری مرکز کنترل

CIU : متشکل از واسطه های مخابراتی است که اطلاعات و فرامین را از طریق مودمها با شبکه ارتباطی مبادله می کند.

FEP : جهت کاهش بار کامپیوتر اصلی ،پردازشگر یا کامپیوتر دیگری موسوم به FEP جهت نظارت ، کنترل و تبادل اطلاعات با پایانه ها بکار گرفته می شود. برای اطمینان بیشتر کامپیوتر دیگری بصورت افزونه همزمان با FEP1 در نظر گرفته شده است (FEP2)

HOST1 : کامپیوتر اصلی HOST1 وظیفه محاسبات نهایی ، نظارت و کنترل را بر عهده دارد و برای بالا بردن قابلیت اطمینان برای کامپیوتر اصلی در حال کار ، یک کامپیوتر دیگر بصورت افزونه در نظر گرفته می شود.کامپیوتر افزونه روشن بوده و بصورت آماده بکار قرار می گیرد.(HOST2)

SWITCH OVER : در صورت تشخیص خطا در حال کار تجهیزات SWITCH OVER بطور اتوماتیک وارد عمل می شوند تا امکان سوئیچینگ دستی نیز وجود داشته باشد.

۲-۳-۲-۶ ساختار نرم افزاری سیستم مرکزی

نرم افزار های موجود در مراکز کنترل از نقطه نظر وظایفی که بر عهده دارند به چهار دسته تقسیم می شوند:

سیستم عامل OS

نرم افزار جمع آوری اطلاعات و کنترل

نرم افزارهای کاربردی "PAS"

نرم افزار MMI

البته هر کدام از نرم افزارها زیر سیستم هایی دارند که به کمک این زیر سیستم ها پردازشهای گوناگون انجام می شود تا سرویس در اختیار اپراتور قرار گیرد.

مناسب و بصورت قابل فهم از طریق نرم افزار MMI

سیستم عامل OS

سیستم عامل یا Operating System بعنوان بخشی از نرم افزار کل سیستم می باشد که در واقع نقطه انتهایی ارتباط با سخت افزار می باشد. Os اجرای عملیات نرم افزاری را بر اساس سطح اولویت انجام می دهد . همینطور سوئیچ نمودن برنامه ها بین حافظه اصلی و دیسک یک وظیفه اساسی سیستم عامل است.

2- نرم افزار جمع آوری اطلاعات و کنترل:

نرم افزار جمع آوری اطلاعات و کنترل با زیر سیستمهایی که دارد جریان اصلی اطلاعات و نیز کنترل شبکه و توزیع انرژی را سامان می دهد.زیر سیستمهای این نرم افزار وظایف کسب اطلاعات و کنترل،مدیریت اطلاعات و کنترل تجهیزات مرکز را بر عهده دارد.

الف) کسب اطلاعات و کنترل

در این قسمت اطلاعات ارسالی از پایانه ها شامل وضعیتها ، آلارمها و فرامین ارسالی پردازش می شود.

MPP : زیر سیستم MPP یا Multi Port Poller دائماً اطلاعات دیجیتال و آنالوگ پایانه ها را دریافت می نماید آنها را تعبیر نموده و با توجه به فرامین کنترلی از دیگر زیر سیستمها به پایانه ها ارسال می نماید و بر اجرای آنها نظارت دارد.

FEP: این قسمت شاهراه اطلاعاتی بین دیگر زیر سیستمها است.

SAP: در SAP(SCADA Application Processor) پردازش اصلی بر روی اطلاعات انجام می شود و مدیریت ارسال آنها به نرم افزار MMI را بر عهده دارد.

ب) مدیریت اطلاعات (Database Management)

تمامی فعالیت های زیر سیستمهای این بخش مربوط به پایگاه داده ای مرکز یا (Database Management) می باشد.

مدیریت D.B: وظیفه روز آمد کردن یا on-line اطلاعات و داده ها را بصورت زمان حقیقی بر عهده دارد.

ویرایشگر D.B: همگام با تغییر شبکه برق و مشخصات آن ، وظیفه مهندسین نرم افزار مرکز کنترل می باشد که این تغییرات را در پایگاه اطلاعاتی مرکز کنترل اعمال بنمایند. ابزار لازم برای این کار ویرایشگر D.B می باشد.

سازنده D.B: جهت ایجاد و تولید بعضی اطلاعات و سمبولها این زیر سیستم بکار می رود.

ج) کنترل تجهیزات مرکز

کنترل و نظارت بر شبکه داخلی سخت افزار های موجود و انجام عملیات سوئیچینگ بین سخت افزار ها و نرم افزار های افزونه جزء وظایف زیر سیستمهای موجود در این قسمت می باشد.

HWM: به ازای هر سخت افزار سیستم یک HardWare Manager (HWM) فعال خواهد بود و راه اندازی زیر سیستم های خود و نظارت بر عملکرد صحیح آنها را بر عهده دارد.

NWM : بخش Network Manager(NWM) به ازای تمام سخت افزار های موجود بصورت واحد بوده و راه اندازی اولیه سیستم ،نظارت بر عملکرد HWMها و جایگزینی HWMهای افزونه در صورت تشخیص از کار افتادگی یکی از HWMها را بر عهده دارد.

3-2-3-2-٦نرم افزار PAS:

برنامه های PAS ابزاری هستند که بهره بردار را در انجام اعمال مدیریت انرژی یاری می دهند . این برنامه به هفت گروه : کنترل- نظارت- تجزیه و تحلیل ایمنی –افزایش ایمنی –تجزیه و تحلیل اقتصادی –برنامه ریزی و شبیه سازی آموزشی تقسیم می شوند.که بعلت کاربرد کمتر در بخش فوق توزیع به شرح یکایک آنها پرداخته نخواهد شد.

4-2-3-2-٦نرم افزار MMI:

از آنجا که در سیستم اسکادا تصمیم گیری نهایی به عهده انسان می باشد. یکی از اصلی ترین وظایف سیستم کمک به اپراتور (کاربر) برای هرچه بهتر اداره کردن شبکه است.این وظیفه را قسمتی از سیستم بنام "رابط انسان و ماشین" یا Man Machine Interfacing که اختصاراً MMI نامیده می شود انجام می دهد.

در واقع این قسمت اطلاعات شبکه را به شیوه ای مناسب در اختیار اپراتور قرار داده و فرامین او را در زمان لازم به اجرا در می آورد.

MMI خود بواسطه تجهیزات چهارگانه ای که در اختیار دارد ارتباط انسان و ماشین را میسر می سازد. این تجهیزات عبارتند از :کنسول مهندسی، کنسول دیسپاچر ، میمیک دیاگرام و دستگاههای چاپگر اطلاعات

کنسول مهندسی: به منظور طراحی دیاگرام تک خطی و سایر مشخصات پستهایی که همراه با گسترش شبکه اضافه می شوند و نیز ایجاد تغییراتی در دیاگرام پستهای موجود بکار گرفته می شود.

کنسول دیسپاچر: به منظور کنترل شبکه در اختیار کاربر قرار دارد . از صفحات تلویزیونی عمدتاً به منظور نمایش دیاگرامهای تک خطی شبکه و آلارمهای آن و از صفحات کلیدی به منظور اعمال کنترل استفاده می شود.

میمیک دیاگرام : به منظور نمایش وضعیت تک خطی شبکه معمولاً یک تابلوی دیواری به نام میمیک در اتاق کنترل نصب می شود.در کل میمیک بعنوان یک شمای کلی و ابزار جانبی اپراتور برای نظارت بر شبکه است.

دستگاه چاپگر اطلاعات: به منظور ضبط وقایع شبکه برق و چاپ اطلاعات آماری از دستگاههای چاپگر استفاده می شود.

۳-٦ آلارم ها و رویدادها[۱۰۷] در سیتم قدرت

آلارم ها و رویدادها شامل سه دسته کلی زیر است:

۱ -کلیه تغییر وضعیت های در پست مانند کلید، سکسیونر، رله ای حفاظتی

۲ -کیه تغییر وضعیت ها در سیستم اصلی مانند اشکالات خطوط مخابراتی

۳ -کلیه عملیات سیستم مانند ارسال فرمان از مرکز کنترل، ورود داده به صورت دستی

۴ -مقادیر اندازه گیری شده خارج از محدوده های تعیین شده

۱-۳-٦ آلارمها ورویداد از دید سیستم اسکادا

رویدادی که باید با به مرکز کنترل اعلام شود تا عکس العمل مناسب را نشان دهد آلارم می گویند.

- نرمال:

یعنی هیچ اتفاقی نیفتاده است

- آلارم وارد شده به سیستم:

در این حالت یک آلارم از خارج مرکز دیسپاچینگ به صورت غیر منتظره وارد سیستم شده است.

- آلارم خارج شده از سیستم

[107] event

یک آلارم در نتیجه تایید شدن یا از بین رفتن عامل به وجود آورنده از بین رفته است.

- آلارم گذرا

این آلارم ها در فهرست آلارم ها به عنوان گذرا وارد می شود پایانه ها معولا آلارم های کمتر از 10ms به عنوان گذرا در نظر می گیرند.

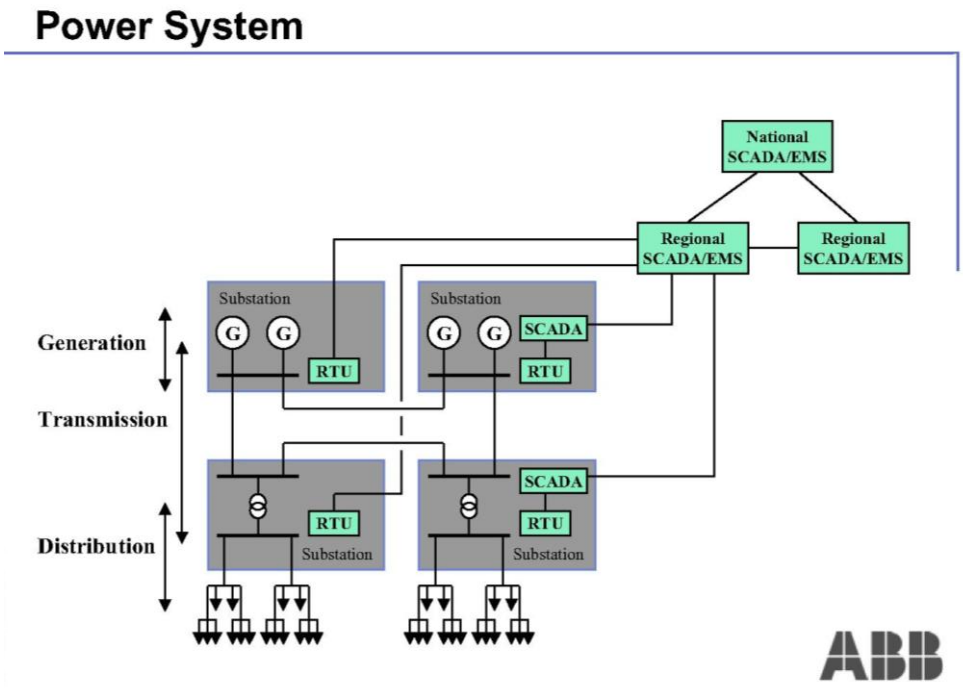
نمایش یک آلارم شامل زمان، تاریخ، نام ایستگاه و مکان آن در ایستگاه و عکس العمل اپراتور برای آن است.

٤-٦ EMS[108] و DMS[109]:

EMS یک نرم افزار برای مدیریت شبکه های برق است که قابلیت اتصال به سیستم اسکادارا دارد. این نرم افزار وظیفه تخمین بار، تحلیل حالت شبکه، تخمین مصرف در آینده را دارد.

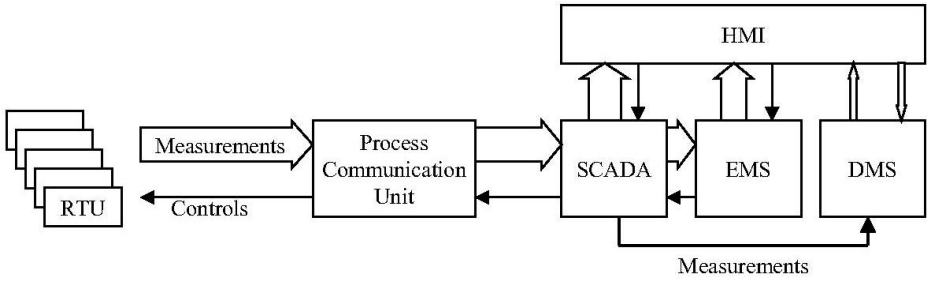
DMS همانند EMS ولی برای مدیرت شبکه های توزیع است. در شکل زیر معماری و ارتباط این دو نرم افزار را باسیستم های قدرت می بینیم.

[108] Energy Management Systems
[109] Distribution Management System



شکل ۴-۶: ساختار اسکادا و ارتباط آن با EMS

SCADA/EMS/DMS Architecture



	Approximate sizes		High load events per second	Updated analogs per second
	Data points	Sub stations		
SCADA	100 – 1 000 000	1 – 10 000	10 – 10 000	10 – 10 000
EMS	10 000 – 100 000	100 – 10 000		
DMS	10 000 – 1 000 000	1000 – 100 000		

شکل ۵-۶: ارتباط SCADA,EMS,DMS

۱-٤-٦ کاربرد های EMS

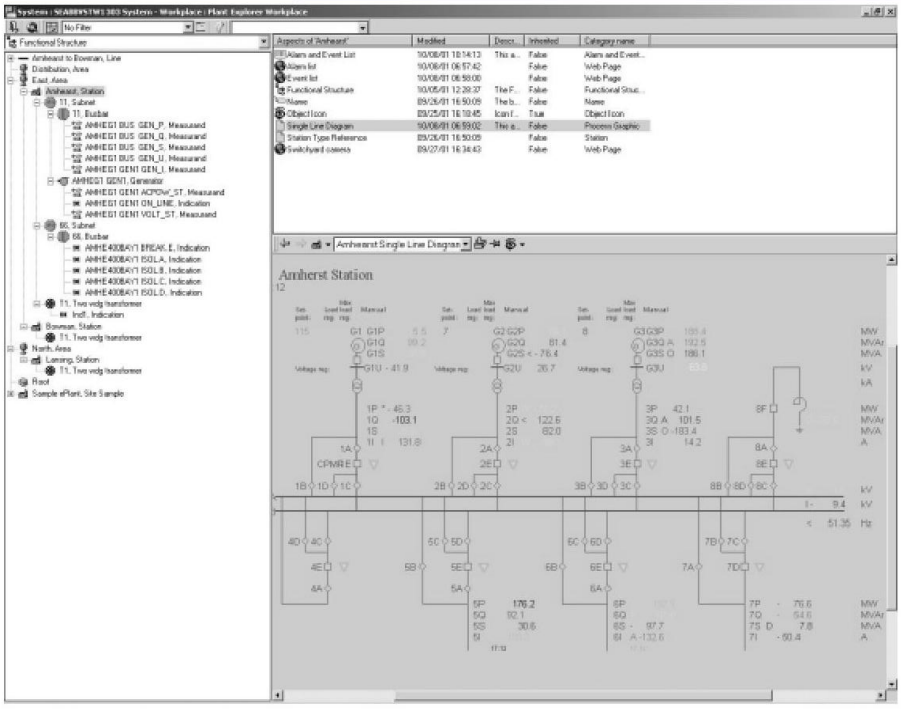
- پایداری ولتاژ
- بهینه سازی جریان توان در شبکه
- توزیع جریان توان در شبکه
- کنترل فرکانس

- توزیع اقتصادی
- پیش بینی بار
- بررسی واحدها
- بررسی تولید
- آنالیز احتمالات شبکه
- محاسبه تخمین ها
- رنگ آمیزی دینامیکی شبکه در نرم افزار

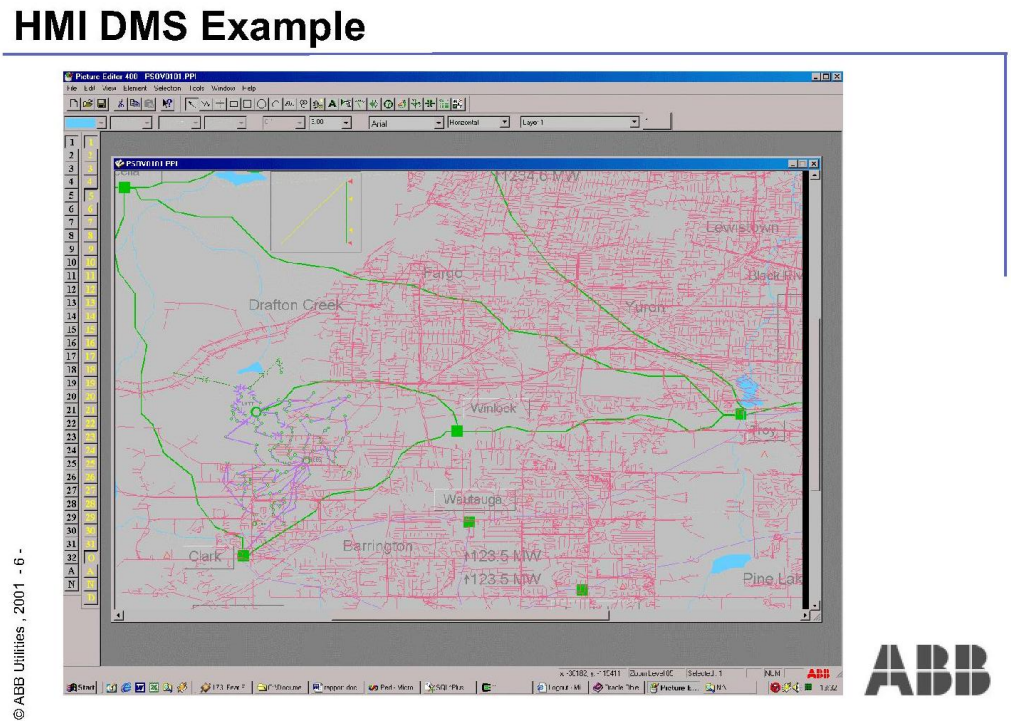
۲-٤-٦ کاربرد های DMS

- کالیبره کردن(تنظیم)بار
- توزیع توان
- رنگ امیزی و نمایش شبکه
- برنامه ریزی خاموشی ها
- مدیریت سفارش ها
- مدیریت اطلاعات مشتری
- مدیریت سرمایه

HMI SCADA/EMS Example



شکل ۶-۶: رابط کاربریEMS



شکل۷-۶: رابط کاربریDMS

۵-٦ اتوماسیون پست

حرکت به سمت ا توماسیون پست ها بوسیله اسکادا از جمع آوری آلارم توسط RTU و ارسال آنها به مرکز کنترل آغاز شد. به نحوی که که در صورت عدم وجود اپراتور در پست ها نیز امکان نظارت بر عملکرد پست تا حدود زیادی فراهم بود. با پیشرفت فن آوری در خصوص سیستم های میکرو پروسسوری به تدریج سطح امکانات در RTU ها فراتر رفته و به سمت عدم تمرکز و توزیعی شدن رفت به نحوی که امکان جمع آوری اطلاعات بدون مارشلینگ راک ها فراهم آمد.

۶-۵-۱ وظایف سیستم ایستگاه (SU[۱۱۰])

در مرکز کنترل یک پست داری اتوماسیون، واحدی به نام واحد SU موجود است که وظایف زیر را بر عهده دارد.

۱ -ارتباط با واحد فیدرها [۱۱۱]

۲ -ارتباط با رله های دیجیتال

۳ -اینتر لاک در سطح پست

۴ -گروه بندی اطلاعات

۵ -ارتباط با مرکز کنترل و دیسپاچینگ

۶ -ارتباط با MMI پست

۶-۵-۲ یکپارچه سازی اتوماسیون پست در سیستم دیسپاچینگ

انجام وظیفه یک RTU توسط سیستم اتوماسیون پست بخشی از امکانات اتوماسیون می باشد به نحوی که :

۱ -سیتم اتوماسیون پست امکان اتصال بدون اینترفیس به پست را به صورت توزیعی ممکن می سازد.

۲ -سیتم اتوماسیون امکان ارتباط با مراکز کنترل مختلف را از طریق SU فراهم می سازد.

۳ -سیستم اتوماسیون پست امکان ارسال اطلاعات بیشتری را علاوه بر اطلاعات سیستم دیسپاچینگ سنتی فراهم می کندبه طوری که اعمالی همانند Billing Energy، Fault recording، Event recordingقابل انتقال به مرکز کنترل است.

که موارد بالا باعث یکپارچه شدن دیسپاچینگ ها با اتوماسیون پست می شود.

[110] Station Unit
[111] Bay fider

۳-۵-٦ مزایای اتوماسیون پست

-1
درسیستماتوماسیونازیککامپیوترباتجهیزاتجانبیمربوطهجهتکنترلکاملپستاستفادهمیشودلذاازفضاهایموجودمیتواناستفاده هایدیگرینمود .
دراینسیستمبانمایتکخطیپستدررویمانیتورکامپیوتر،تغییروضعیتلحظهایکلیدها،آلارمهاومقادیراندازهگیری،وضعیتتپترانس ها،بهطوردائمنمایشدادهمیشود.

2-بروزهرگونهاختلالدرسیستمکامپیوترمرکزیپست،هیچگونهخللیدرامرحفاظتوکنترلپستایجادنخواهدنمود .
دراینحالتکنترلهریکازاجزاءپست(خط،ترانسوغیره)ازطریقترمینالکنترلیهمانبخشانجامپذیرمیباشد.

-3
نظربهاینکهسیستماتوماسیون،یکسیستمغیرمتمرکزمیباشدهر Bayبهطورجداگانهتجهیزاتکنترلی،مربوطبهخودرادارد که کلیهاطلاعاتودادههاازطریقآنانتقالوجمعآوریمیشودوکلیهفرامینادهشدهزمانیقبولمیشوندکهحتماقابلاجراباشند .
یعنیکلیهاینترلاکهاچهدرسطحبیوچهدرسطحایستگاهچکشدهوهیچگونهفرمانیبراساسسعیوخطاانجامنمیپذیردکهاینخودم نجربهحذفخطایانسانیوارتقاءدرقابلیتاعتمادسیستمخواهدشد.

4-درسیستماتوماسیونپستکنترلوقابلیتدسترسیبهقسمتهایمختلفپستقابلتعریفوطبقهبندیشدهاست.
بدینترتیبگروههایمختلفکاربریمیتوانندجهتانجاموظایفمختلفدرسیستم،ازطریقکامپیوترشناساییشوند.

-5
دریکسیستماتوماسیونبهدلیلنظارتکاملبرتجهیزاتپست،عیبیابیسریعتروآسانترانجاممیپذیردکهخودباعثارتقاءبازدهی،تقلیله زینههایبالاسری،بهرهبرداریوتعمیرونگهداریمیگرددواینامرنهایتاًارائهبرقباکیفیتمطلوبوباحداقلوقفهبهمشتریراسببمیشود.

-6
درسیستماتوماسیوننظارتکاملوگستردهبرکلیهتجهیزاتپستتوسطنرمافزارهایمربوطهونیزقابلیتهاییازقبیلدسترسیبهکلیهاطلاعا تبهصورتکاملاًمتمرکز،پردازشلحظهایوقایعوآلارمهاوثبتمقادیراندازهگیریشدهمزایایذیلرادربردارد:

- افزایشاطلاعاتقابلاستفادهبرایواحدبررسیفنیودرنتیجهکمکبهبهرهبرداریصحیحباراندمانبالا
- افزایشاطلاعاتآماریقابلاستفادهبرایواحدبرنامهریزیوامکانارائهآنبررویشبکهاینترنتوحذفمکاتباتوپیگیریهایا داری

- عدمنیازبهنصببعضیازتجهیزاتسختافزاریجداگانهمانندثباتخطاووقایع،صفحهنمایشگرآلارمو ...

وهمچنینحذفدفاترثبتدستیمقادیرجریان،ولتاژوقدرتفیدرهاتوسطاپراتورکهاستفادهازآنهامستلزمصرفانرژیووقتزیاداست.

- بالارفتنکیفیتوبهرهوریدرصنعتبرقباتوجهبهثبتکلیهوقایعوامکانپیادهسازیبرنامهکنترلاتوماتیکسیستمبراساسمی زانتولیدومیزانمصرف،قطعیهایشبکهو...

7-درسیستماتوماسیونپستامکانبرقراریارتباطبامرکزدیسپاچینگوکنترلمطمئنپستبدوناپراتوربراحتیامکانپذیرمیباشد .

درحالحاضرارسالاطلاعاتبهمرکزدیسپاچینگودریافتفرامینازمرکزتوسطپایانهراهدورانجاممیشودوعلاوهبرآن،تابلوهایما رشالینگ،باطری،باطریشارژر،ترانسدیوسرها،رلههایکمکیوکابلکشیضروریمیباشد .

درسیستمجدیدکلیهلوازممذکورحذفشدهوبهجایآنازیککگیتویاستفادهمیشود.

٤-٥-٦ سطوح اتوماسیون در پست

١-سطحپروسس :شاملتجهیزاتفشارقویترانسودیگرتجهیزاتاولیهدر (Switchgear) فشارقوی

پستاست .

2-سطحبی :

تجهیزاتاینبخششاملبیماژولهامیباشدکهازطریقاینترفیسهایمربوطهبهبخشپروسسشاملبریکرها،سکسیونرها،ترانسهایولتاژوج ریانو ...متصلشدهواطلاعاتدیجیتالوآنالوگراجمعآوریوپردازشمینماید.

3-سطحایستگاه :دسترسیبهعملکردهایینظیرمونیتورینگ،کنترلوحفاظتازطریقاینسطحامکانپذیرمیباشد .

مشخصاتاینسطحدرزیرارائهمیشود:

١ -[112]GPS: استفادهاز GPSجهتسنکرونشدنسیستمباساعتجهانی و سببحذفمشکلات ناشی ازتاخیراتزمانیزمانسنجهایتجهیزاتسختافزاریسیستممیگرددوبعلاوهنیازبهسنکرونشدنازطریقسیستمدیسپاچینگرام نتفیمیسازد.

[112]Global posinion sysytem

۲ -استفادهازسیستمپشتیبان: کلسیستمسختافزاریازقبیلایستگاههایکاریوشبکهاترنتوسیستمنرمافزاریدراینسطحبهصو رتپشتیبانهمدیگردرنظرگرفتهشدهاستاینروشطراحیامکانازمدارخارجشدنکلسیستمرابهحدقابلتوجهیکاهشدادها ست.

۳ -سطوحدسترسی:باتوجهبهکاربرهایمختلفدربهرهبرداریدراینسیستم،سطوحمختلفدسترسیپیشبینیگردیدهاستکهع بارتنداز:

اپراتوری،سوپروایزری،مهندسیوطراحی

۴ -HMI:

سیستمدراینبخشدوکامپیوترصنعتیکهازنظرکلیهمشخصاتمشابهبودهویکیازآنهاپشتیباندیگریمیباشددرنظرگرفته شدهاست .اینکامپیوترهاجهتاعمالاپراتوریومهندسیموردااستفادهقرارمیگیرند .

۵ -صفحهآلارمهاورویدادها:

کلیهرخدادهایسیستمدرصفحهآلارمهاورویدادهاوکلیهعملکردهایاپراتوردرسیستمدرصفحهرویدادهاباتوالیزمانیجمعآو ریوثبتمیگردند .

اینصفحهوقابلیتهایجمعآوریوپردازشاطلاعاتتوسطسیستم، کلیهامکاناتیکسیستمثباتوقایعرادراختیاراپراتورقرارمیدهد

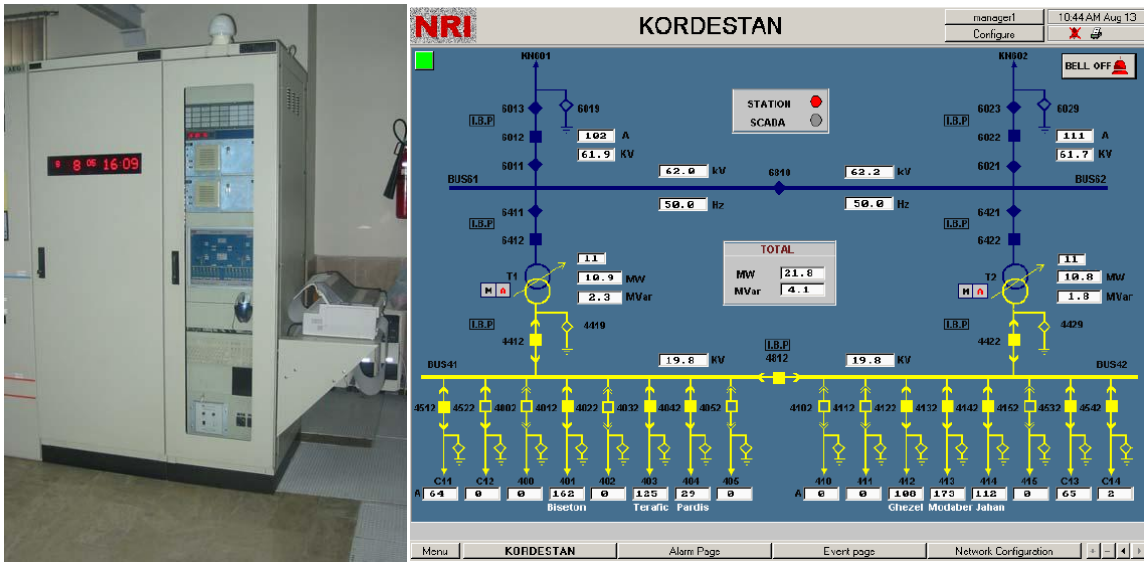
۶ -گزارشات (Trend) و

صفحهنمودار:دراینسیستمامکانتهیههرگونهنمودارمربوطبهمقادیراندازهگیریونیزامکانهرگونهگزارشگیریازاطلاعاتهمبه صورتفایلکامپیوتریوهمبهصورتپرینتجهت آنالیزوبررسی مهیاگردیدهاست

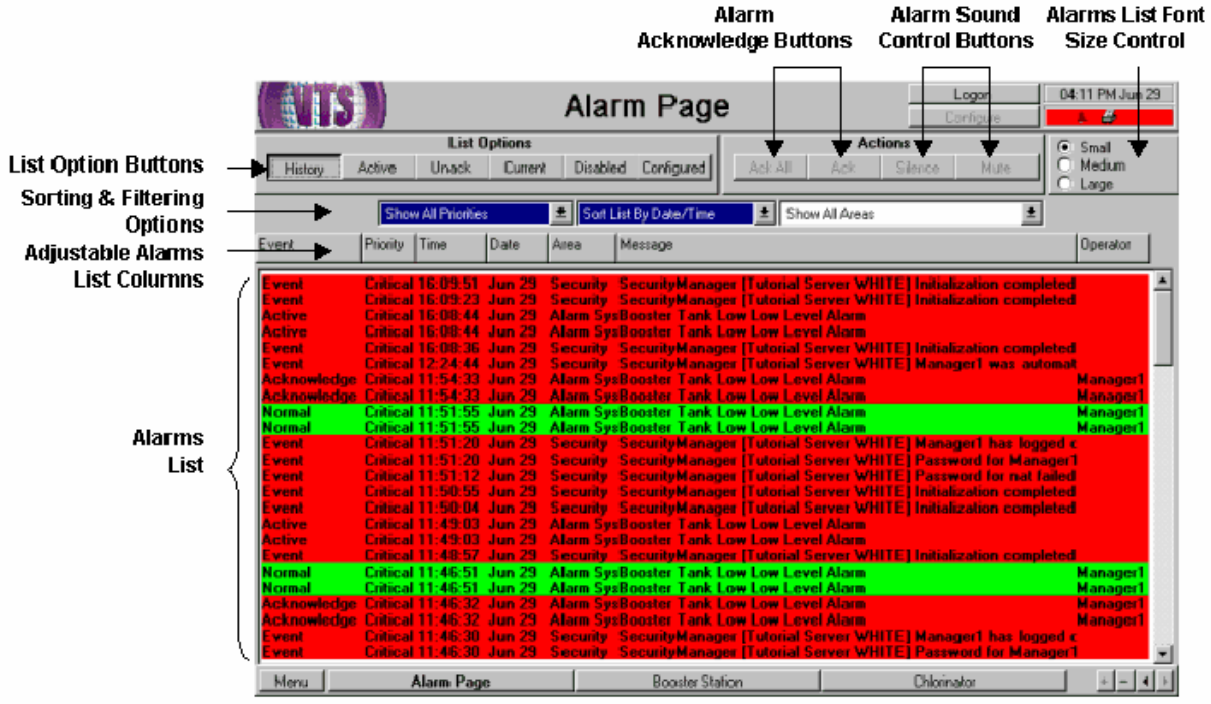
۷ -بانکهایاطلاعاتی: بانکهایاطلاعاتیمختلفیجهتذخیرهوپردازشمیباشد.

۵-۵-٦ ارتباطباسیستماسکادا

بهمنظورارتباطبامرکزدیسپاچینگبخشیباعنوانگیتوی،شاملیککامپیوترصنعتیدرنظرگرفتهشدهاست . . دریافتفرامینسیستماسکادانیزبههمینطریقصورتمیپذیرد.شایانذکراستکهسیستمفوقجایگزینپایانهراهدورشدهاستوعلاوهبر آندیگرنیازیبهوجودتابلوهای،مارشالینگراکنمیباشد.



شکل ۸-۶: سیستم اتوماسیون پست HMI آن



شکل ۹-۶:صفحه آلارم اتوماسیون پست

۵-۵-٦ (ISCS) مجتمع کردن سیستم اتوماسیون پست ها[۱۱۳]:

در دهه ۷۰ میلادی، با پیدایش میکرو پروسسور، سازندگان تجهیزات (پستها) سعی کردند وسایل الکترومکانیکی را با وسایل نیمه هادی مجهز به میکروپروسسور جایگزین کنند. این وسایل در صنعت به نام وسایل الکترونیکی هوشمند (IED) شناخته شدند .IED قابلیتها و توانایی‌های اضافی به وسایل افزودند نظیر تشخیص خطا وچک کردن خودشان، داشتن رابطهای مخابراتی و قابلیت ذخیره داده ها و وقایع سیستم. همچنین IED ها باعث شدند تا وسایل تکراری، حذف شوند چون قابلیت چندکاررا داشتند .

مجتمع کردن سیستم کنترل ایستگاهی (به هم پیوستن تمام IED ها به یک سیستم کنترل مجتمع پست ((ISCS) باعث کم شدن هزینه سیم‌کشی،ارتباط، نگهداری و بهره‌برداری می‌شود و کیفیت برق و قابلیت اطمینان آن را افزایش می‌دهد . برای مثال، وقتی IED به یک ترانسفورماتور ولتاژ و جریان در مدار وصل است. این وسیله می‌تواند همزمان وظیفه حفاظت، اندازه‌گیری و کنترل از راه دور را به عهده بگیرد.

در ISCS نیاز به یک شبکه ارتباطی داریم و شبکه محلی (LAN) توپولوژی مناسبی است. در یک شبکه محلی سرعت مسیر ارتباطی باید بالا باشد. برای حفاظت ایستگاه، زمان انتقال باید ۲تا ۴ میلی‌ثانیه باشد و باید زمان انتقال بدترین حالت، محدود و قابل پیش‌بینی باشد. (دقت در حد میلی ثانیه بندرت در پروتکلهای LAN سطح بالا رعایت می‌شود LAN .(باید قابلیت سنکرون کردن را داشته باشد. این یک قابلیت حیاتی برای سیستمهای امروزی است تا بتوانند حوادث گذشته را تحلیل کنند و ترتیب اتفاقات (متوالی) در یک سیستم را مشخص کنند .

رابطه انسان و ماشین شاید مهمترین قسمت در کل ISCS باشد. اطلاعات باید به صورت واضح و با یک روش مناسب، بدون هیچ خطا و ابهامی برای کاربر بیان شود. در حال حاضر PC برای این کار انتخاب شده است.

IEDاولین سطح فشرده‌سازی اتوماسیون است. اما حتی با استفاده گسترده از آن نیز تنها جزیره‌هایی از اتوماسیون در بین پستهای مختلف پراکنده می‌شوند. صرفه‌جویی بیشتر موقعی حاصل می شود که تمام IED ها در یک سیستم کنترل ایستگاههای متمرکز (ISCS) قرار گیرند. تحقق سیستمهای کنترل کاملاً مجتمع، هزینه‌های سیم‌کشی، تعمیر و نگهداری، مخابراتی و عملیاتی را کاهش و کیفیت برق و قابلیت اطمینان سیستم را افزایش می‌دهد.

از روش مجتمع کردن اتوماسیون سیستم به طور وسیع استفاده شده است تا بسیاری از فاکتورهای هزینه‌ای مانند ساخت و نصب و نگهداری درازمدت سیستم کنترل ایستگاه کاهش داده شود .

[113] Integrated Substation Control System

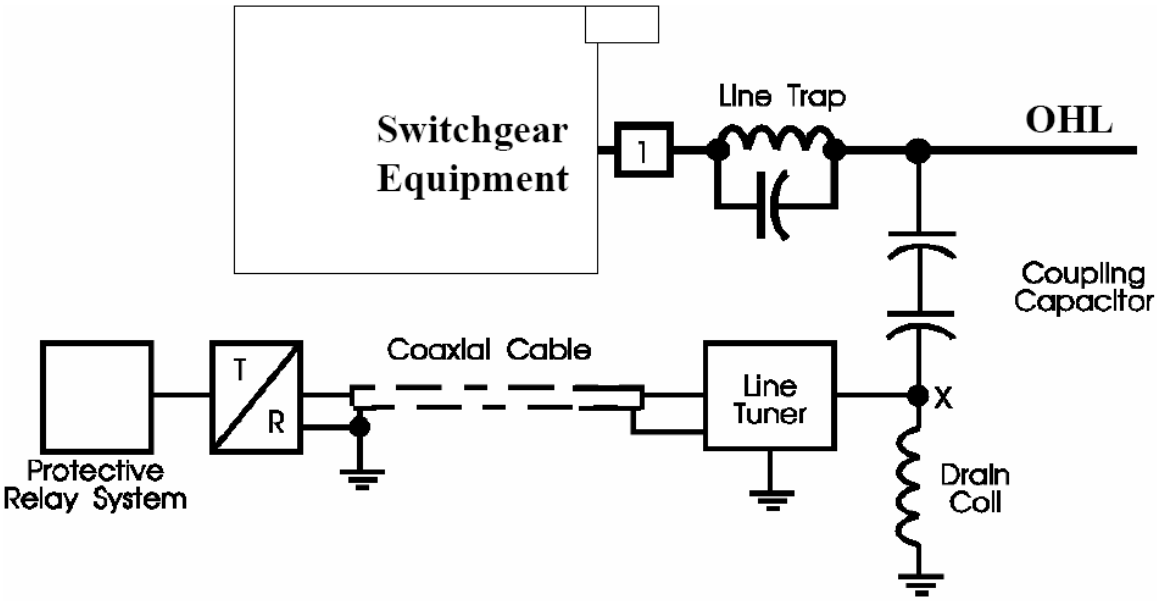
تقریباً پنج رله هوشمند (بسته به اندازه ایستگاه) نیازهای عملیاتی در یک ایستگاه توزیع را انجام می‌دهند (اندازه‌گیری، اخطارها، حفاظت، کنترل و SCADA)این رله‌ها به وسیله یک شبکه محلی و از طیق Modbus بر پایه پروتکل ارتباطی به یکدیگر وصل هستند.

اگر از RTUهای پراکنده در سیستم استفاده می شود، اگر چه RTU های اضافی و شبکه ارتباط به همراه آن یک هزینه اضافی است، اما اطلاعات اضافی که از سیستم به دست می‌آید نظیر عملکرد رله‌ها، خود نظارتی و ثبت خطاها جبران این هزینه اضافی را می کند.

٦-٦ P.L.C:

P.L.C مخفف Power Line Carrier به معنای خط فشار قوی حامل امواج مخابراتی است و توسط آن می‌توان سیگنال‌های مخابراتی را به منظور کنترل و نظارت از راه دور و یا حفاظت شبکه به نقاط دیگر شبکه ارسال نمود و متقابلاً سیگنال‌های مشابه را دریافت کرد. علاوه بر سیستم P.L.C می‌توان به سیستم‌های مخابراتی دیگر چون ماکروویو، بی‌سیم و ... اشاره نمود.

یک سیستم P.L.C شامل ترمینال P.L.C (شامل تقویت کننده‌ها، فیلترها و دستگاه‌های گیرنده ـ فرستنده) و سیستم کوپلاژ (شامل خازن کوپلاژ، موج‌گیر یا لاین تراپ و دستگاه تطبیق امپدانس) می‌باشد.

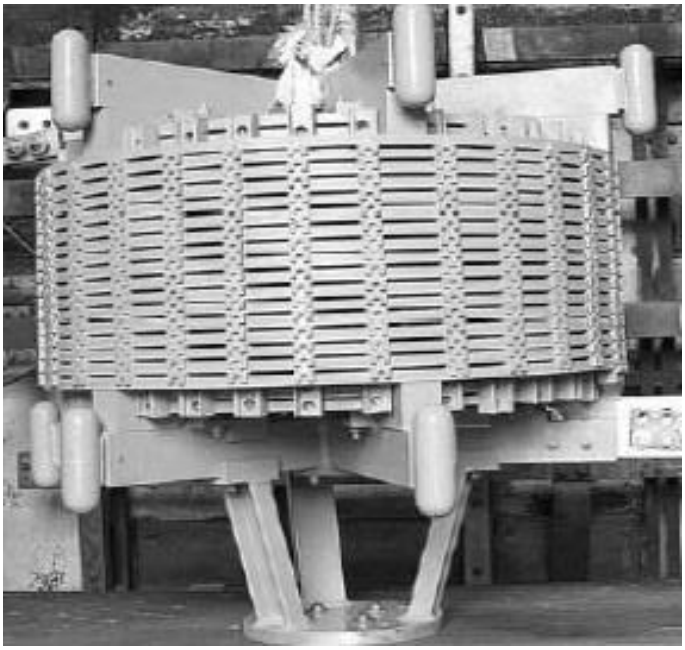


شکل ۱۰-۶: ساختار سیستم PLC

۱-۶-۶ تلهموج[۱۱۴]

در صورتی که از سیستم PLC در پستاستفاده شود. نیاز به یک فیلتر میان گذر است که امواج ارسالی با فرکانس در محدوده مشخص بین ۳۰ تا ۵۰۰ کیلو هرتز را به سیستم مخابراتی هدایت نماید. که معمولا از خارن CVT[۱۱۵] و سلف سری (تله موج) استفاده می شود.

[114] Line Trap
[115] Capacitance voltage transformer



شکل ۱۱-۶: لاین تراپ

شکل۱۲-۶: CVT

نتیجه گیری :

با توجه به گستردگی شبکه های انتقال وتوزیع قدرت و پیچیده شدن آن با گسترش و افزایش مصرف کنندگان نیاز به اتوماسیو ن و نظارت بر شبکه برای مدیریت بهتر از لحاظ تلفات و کاهش هزینه ها و کمتر شدن اشتباه نیروی انسانی و آنالیز آینده از لحاظ مصرف و فالت ها و انجام پیشبینی های لازم به کارگیری اسکادا با توجه به مزایایی که برای انجام یک کنترل در سطح وسیع و از راه دور و جمع آوری و مدیریت اطلاعت، یکپارچه شدن با اتوماسیون های داخلی و وصل شدن به نرم افزار های کاربردی که در فصل های گذشته بیان شد لزوم به کارگیری این سیستم در بخش سیستم های قدرت به خوبی مشخص است.

منابع:

۱-آشنایی با نحوه طرا حی و پیاده سازی سیستم های SCADA در نرم افزار Citect

مهندس هادی غریبی و سعید غریبی

2- DCS کاربردی

مهندس شهرام شکوفیان و مهندس محمود الوانی

۳- پیکربندی و برنامه نویسی شبکه Profibus

محمدرضا ماهر

٤-کنترل صنعتی موسسه فرهنگی هنری دیباگران

سورنا مرآت

٥ -فیلد باس اصول و کاربردها

امیدفدائی منش

٦ -سیستم‌های اسکادا

بویر استوارتترجمه علی علی آبادی

1. Guide to Supervisory Control and Data Acquisition and Industrial Control Systems Security by: Keith Stouffer Joe
2. Practical Modern SCADA Protocols by: Deon Reynders
3. Practical Industrial Data Networks by: Steve Mackay
4. Supervisory Control and DataAcquisition (SCADA) Systems
OFFICE OF THE MANAGERNATIONAL COMMUNICATIONS SYSTEM

1. http://www.fieldbus.ir
2. http://www.autoir.com
3. http://www.siemens.com
4. http://www.poweren.ir
5. http://www.patsaind.com
6. http://www.en.wikipedia.org
7.http://rdc.blogfa.com