منظومات السيطرة الاشرافية واستجماع البيانات والمراقبة

SCADA

(Supervisory Control And Data Acquisition System)

اعداد المهندس : انس غربي عبد العزيز

المحتويات

١ - المقدمة .

٢- مكونات منظومة سكادا .

ا - الوحدات الطرفية البعيدة (Remote terminal Units RTUs)

ب - المتحكمات المنطقية المبرمجة
(Programmable Logic Controller PLC)

ج - منظومة القياس عن بعد (Telemetry)

د - خادم جمع البيانات (Server)

هـ - واجهات التفاعل مع المشغل
(Human Machine Interface HMI)

و- المؤرخ (Historian)

ز - حاسوب منظومة الاشراف (Supervisory Computer System)

ح - منظومة الاتصالات .

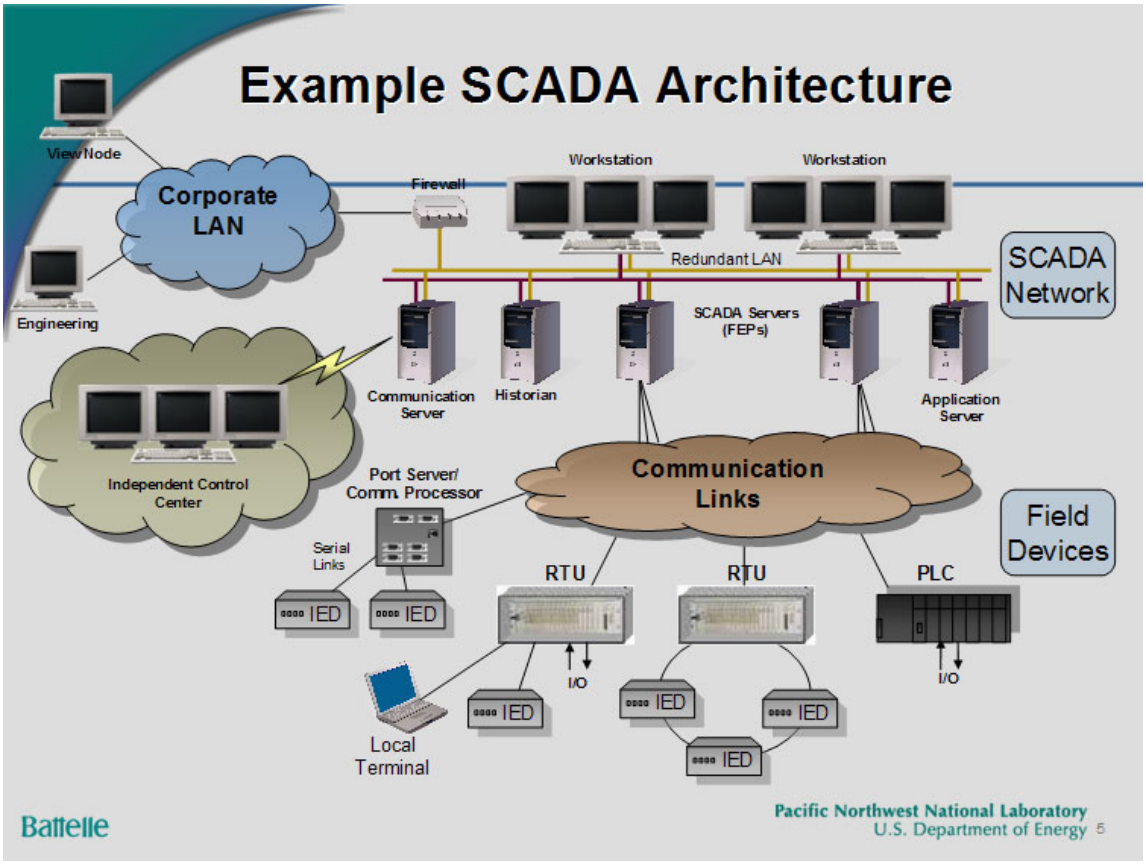
٣ - ميزات نظام سكادا .

١ - المقدمة

تمثل المنظومة **(SCADA) Supervisory Control And Data Acquisition** نظام قياس وتحكم واسع النطاق، وهي حزمة برمجية متكاملة تتموضع فوق الكيان الصناعي. وهي تُعدّ تطوراً لنظم القياس من بُعد **telemetry**، التي تنص على جمع المعطيات الناتجة من أدوات حساسة تعمل في الزمن الحقيقي، ونقلها إلى وحدة سيطرة مركزية.

تضم هذه المنظومة قاعدة معطيات موزَّعة، تحوي بيانات تسمى بالنقاط **points**. تمثل النقطة مدخلاً أو خرجاً وحيداً للمراقبة أو للتحكم. وقد تكون هذه النقاط مادية **(Hardware)** أو برمجية **(Software)** ، ويُقصد بالنقطة المادية مدخلاً فعلياً موصولاً إلى النظام، في حين تمثل النقطة البرمجية حاصل عملية منطقية أو حسابية مطبَّقة على نقاط مادية أو برمجية. تسمح الحواسيب الاشرافية في المنظومة **SCADA** بمراقبة المواقع البعيدة، ويجري جلّ التحكم في الموقع آلياً بوساطة الوحدات الطرفية البعيدة **(RTU) Remote Terminal Units**. في حين تقتصر وظائف التحكم في المشرف على عمليات المراقبة أو التدخل القسري. ويجري تحصيل المعطيات على مستوى الوحدات الطرفية البعيدة، ويتضمن ذلك قراءة المقاييس والمُتحسّسات وحالة الاجهزة الحقلية. من ثَمَّ تُعاد صياغة المعطيات وتُجمع وتُرسل إلى مشغِّل المنظومة في غرفة التحكم.

تحوي المنظومات **SCADA** غالباً منظومات تحكّم موزَّعة **DCS (Distributed Control System)**، ويسمح استخدام الوحدات الطرفية البعيدة **(PLC Programmable Logic Controller** مثل المتحكمات القابلة للبرمجة**)** بتنفيذ عمليات منطقية بسيطة من دون تدخل الحاسوب المركزي انظر الشكل رقم **(١) .**



الشكل رقم (١) شكل توضيحي لهيكلية نظام سكادا

تتم عمليات تناقل المعلومات وفق بروتوكولات ربط قياسية معتمدة . يتم ربط المنظومات الفرعية مع المنظومة الاشرافية سلكيا او لا سلكيا او بواسطة الالياف البصرية اعتمادا على نوع الموقع والمسافة وكمية المعلومات المراد نقلها .

يتعامل نظام سكادا مع اشارات مشفرة من خلال قنوات اتصال توفر امكانية السيطرة على الاجهزة والمعدات الموقعية عن بعد حيث يتم تعشيق نظام السيطرة بنظام تعشيق البيانات من خلال استخدام البيانات المشفرة لاجل المراقبة والسيطرة والتوثيق .

يعتبر نظام سكادا احد انظمة السيطرة الصناعية (**Industrial Control system ICS**) التي تعتمد على الحواسيب في عمليات السيطرة والمراقبة على العمليات الصناعية الموجودة في المواقع والمنشأت الصناعية .ويتميز نظام سكادا عن الانظمة الصناعية الاخرى كونه يتعامل مع عمليات كثيرة ومتعددة وفي مواقع مختلفة وبوسائل اتصال بعيدة المدى وتتضمن هذه العمليات :

ا – العمليات الصناعية والتي تشمل كل من العمليات الصناعية, الانتاجية, توليد الطاقة, التصنيعية بمختلف انواعها, والمصافي النفطية .

ب – عمليات البنى التحتية والتي تشمل عمليات معاجة المياه وتوزيعها, معالجة المياه الثقيلة, انابيب نقل الغاز, نقل الطاقة الكهربائية, و انظمة الاتصالات الكبيرة .

ج – العمليات الخدمية والتي تشمل السيطرة على البنايات, المطارات, النقل, ومحطات الفضاء وذلك بتوفير عمليات السيطرة والمراقبة على انظمة التكييف والتهوية وصرف الطاقة .

٢ – مكونات نظام سكادا**SCADA**

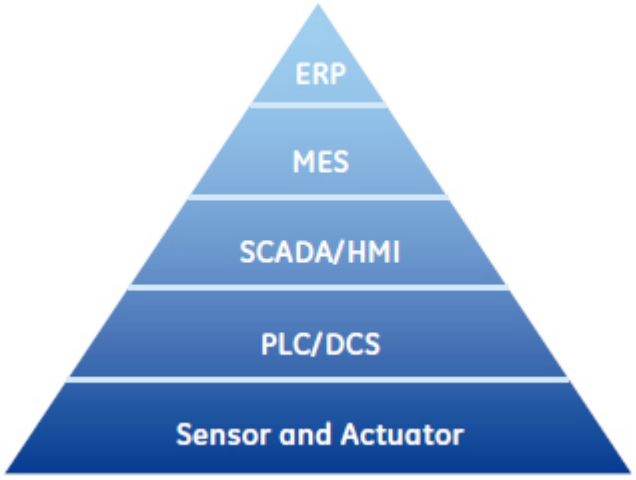
تتألف المنظومة **SCADA** من مكوّنات مادية وبرمجية.

تضم المكوّنات المادية طبقتين:

(ا)- طبقة الزبون **client:** وهي طبقة تمثل واجهة التفاعل مع المشغل **(HMI) human machine interface.**

(ب)- طبقة خادم المعطيات **Server:** وتتعامل مع وحدات التحكم الموزَّعة. يسمى هذا الخادم أيضاً بالوحدة الطرفية الرئيسية **Main Terminal Unit (MTU).** يتخاطب هذا الخادم مع المعدات الحقلية عبر الوحدات الطرفية البعيدة **RTU** التي تُبنى عادةً من المتحكمات القابلة للبرمجة **PLC.** وتتصل المتحكمات بالخوادم عبر الشبكات أو بروتوكولات الاتصالات الحقلية **(**البروتوكولات ذات المعايير المفتوحة مثل **Profibus**، أو **Siemens H١).** ويمكن أن تتصل الخوادم ببعضها بوساطة بروتوكول الاتصال **Ethernet LAN.**

أما المكوّنات البرمجية فتضم أساساً قواعد المعطيات في الزمن الحقيقي، التي قد تتموضع في خادم واحد أو أكثر. وتُعدّ هذه البرمجيات مسؤولة عن تحصيل المعطيات ومعالجتها **(**مثل تدقيق الإنذارات، والعمليات الحسابية، وقيود الدخول، والأرشفة**)** انظر الشكل رقم **(٢).**

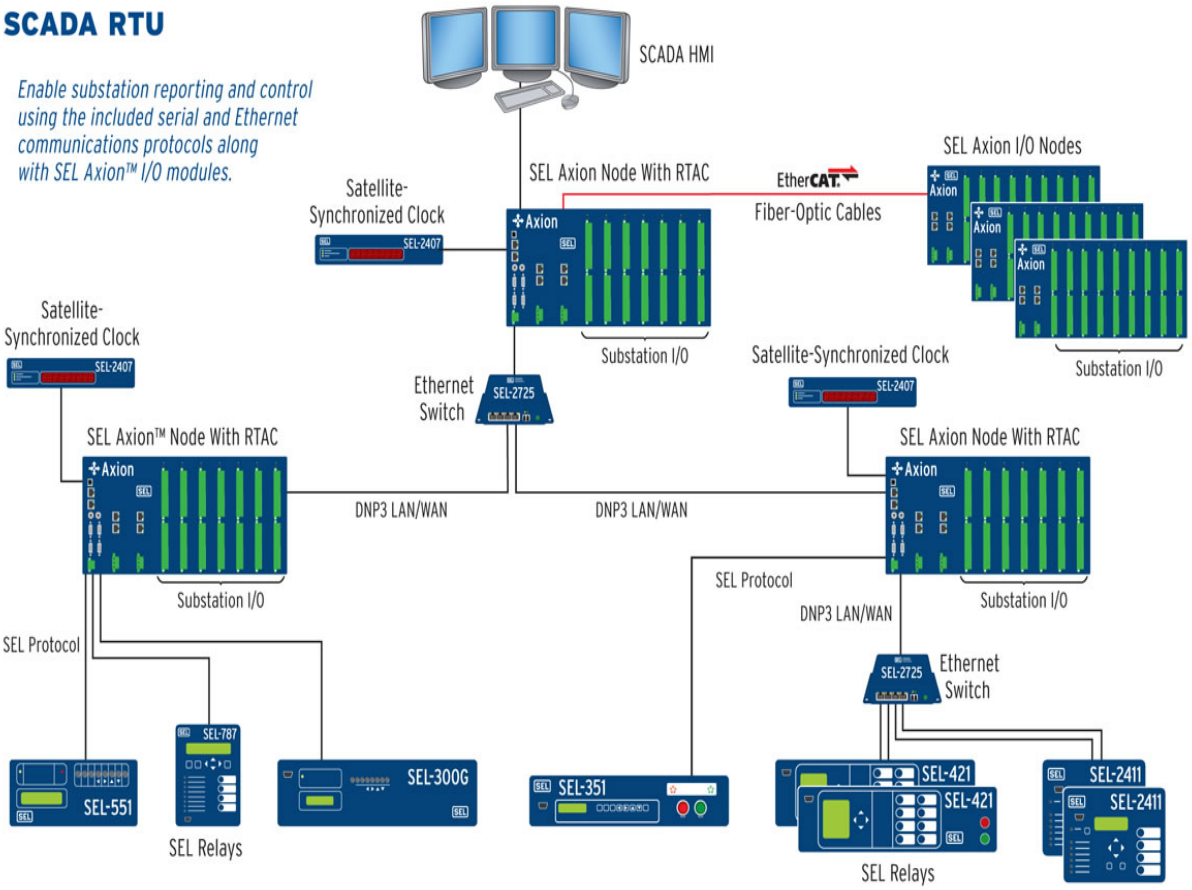


الشكل رقم (٣) المخطط الهرمي لمنظومات السيطرة الحديثة

إذن: يمكن تلخيص العناصر الأساسية لمنظومات السيطرة الاشرافية وتحصيل المعطيات بما يأتي:

ا – الوحدات الطرفية البعيدة (Remote terminal Units RTUs)

تستخدم هذه الوحدات لربط المتحسسات الخاصة بالمعدات الحقلية مع نظام سكادا وتحويل اشارات المتحسسات الكمية الى بيانات رقمية مع امتلاكها القدرة على التحسس عن بعد وارسال البيانات الرقمية الى نظام الاشراف (**Supervisory System**) مع امتلاكها القدرة على استقبال الاوامر الرقمية من نظام الاشراف وارسالها الى المعدات الحقلية كما تتوفر لديها منظومة سيطرة يمكنها التعامل مع الاوامر المنطقية . تضم هذه الوحدات معالجات ومتحكمات قابلة للبرمجة، تتحكم في الموقع مباشرة من دون تدخل الوحدة الطرفية الرئيسية. وهي تتخاطب مع الوحدة الطرفية الرئيسية عبر بروتوكول تخاطب مفتوح أو امتلاكي. تجمع هذه الوحدةالمعطيات من المواقع البعيدة من مختلف مجهزات الدخل(**Inputs**)، وتخزّن المعطيات بالذاكرة الخاصة بها، وتنتظر المبادرة من الوحدة الطرفية الرئيسية لنقل هذه المعطيات إليها انظر الشكل رقم (٣).



الشكل رقم (٣) .

ترتبط الوحدات الطرفية البعيدة **RTU** بالمعدات الحقلية مثل المبدّلات **switches**، المتحسسات والمضخات ونحوها، وهي تفيد في مراقبة عمل هذه المعدات والتحكم فيها.

وفيما يلي بعض الامثلة لتلك المعدات :

(١) – المفاتيح الكهربائية switches

تمثل اهم وسائل البيانات المنطقية في الحقل انظر الشكل رقم (٤).

الشكل رقم (٤) المفاتيح الكهربائية

(٢) – المتحسسات:

وهي نبائط الكترونية او ميكانيكية تقوم بتحويل االكميات الفيزيائية (حرارة , ضغط , قوة , حركة , سرعة , الخ) الى اشارة كهربائية وهي تمثل حلقة الوصل بين الظواهر الفيزيائية وانظمة السيطرة .

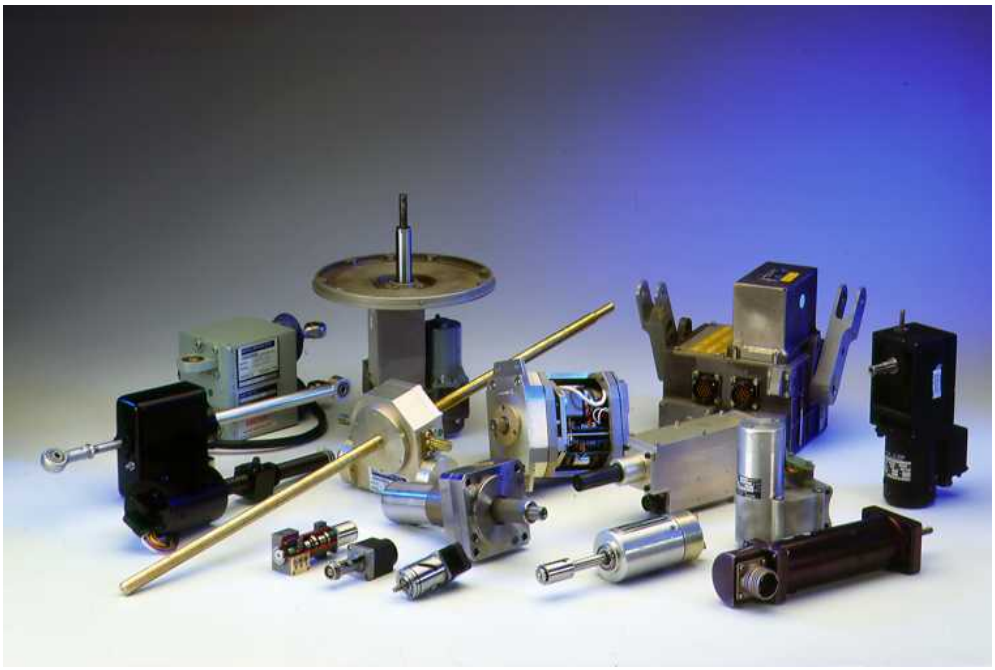
الشكل رقم (٥) متحسسات الاشارة التماثلية

(٣) – معالجات ومرسلات الاشارة (Signal Transmitters)

الشكل رقم (٦) معالجات ومرسلات الاشارة التماثلية

(٤) – المشغلات الكهربائية و الميكانيكية (**Actuators**)

هي كيانات كهربائية او ميكانيكية تقوم بتنفيذ اوامر منظومات السيطرة حقليا ومن أهم المشغلات الميكانيكية **actuator** منها اللولبيات **solenoids** والمحركات الكهربائية **electric motors** والأسطوانات الهيدروليكية **hydraulic cylinders** والمحركات الدوارة **rotary motors** وأسطوانات الهوائية **pneumatic cylinders** .



الشكل رقم (٧) المشغلات الكهربائية والميكانيكية

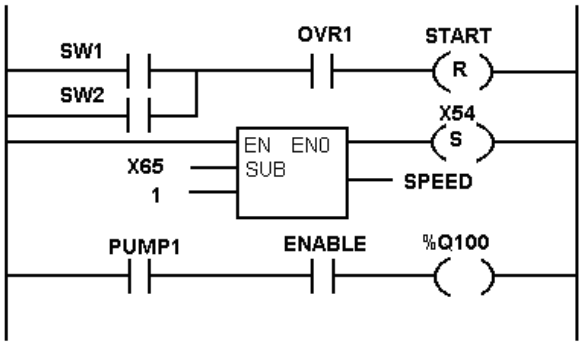
الشكل رقم (٧) المرحلات الكهربائية

ب – المتحكمات المنطقية المبرمجة (**Programmable Logic Controller PLC**)

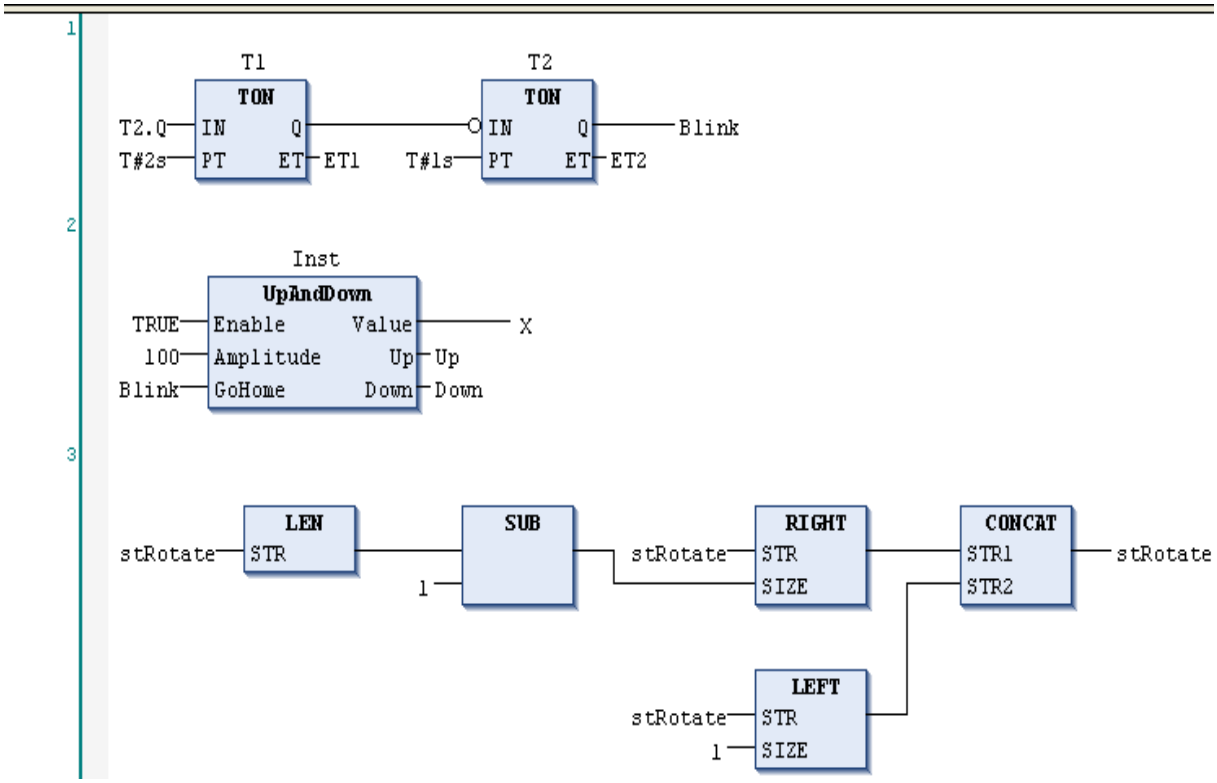
هي اجهزة الكترونية قابلة للبرمجة تستخدم في عمليات الاتمتة في الانظمة الصناعية كالتحكم بالية عمل خطوط الانتاج في مصنع ما وعلى عكس انظمة الحاسوب التقليدية فقد صممت لتلائم ظروفا اكثر صعوبة من حيث مجالات تحمل درجات الحرارة والغبار والاتربة ومقاومتها لظروف التشويش الكهرومغناطيسي وغيرها من ظروف الانضغاط والاهتزاز الميكانيكي. تتحكم بعمل هذه المتحكمات برامج مخزنة في ذواكر للقراءة فقط وهذه المتحكمات مثل هام لانظمة الزمن الحقيقي حيث يكون الخرج استجابة مباشرة لدخل معين خلال زمن محدد مدروس , واذا لم تتم هذه الاستجابة فذلك سيؤدي الى اخطاء في عملية التحكم الموكلة اليها.

لقد اخترعت المتحكمات المنطقية لتحل محل انظمة السيطرة المعقدة التي تتكون من الاف المتحكمات والمؤقتات ولتكون وحدة متكاملة تلبي حاجات عمليات التحكم المتتالية والحركات وانظمة توزيع المهام والشبكات مع قدرات فريدة لتخزين البيانات وتناقل المعطيات مما جعلها منافسيا حقيقيا للحواسيب المستخدمة في السيطرة, لكن تلك المنافسة اخذت شكل صداقة وعلاقة ودية بعدما امكن تحقيق وسيلة لتراسل المعطيات والتحكم المتبادل مع الحواسيب لتشكل نظام تحكم امثل في المنشأت الصناعية.

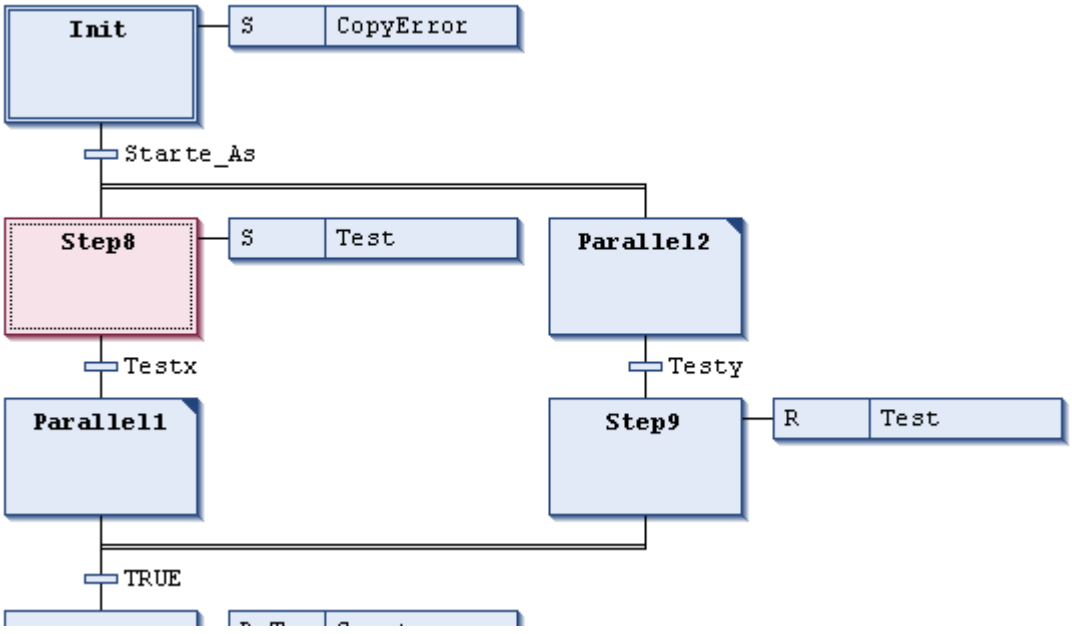
تستخدم هذه المتحكمات لربط متحسسات المعدات الحقلية وتحويل اشارات المتحسسات الى بيانات رقمية ولها امكانيات التعامل مع لغات البرمجة حسب النظام القياسي **IEC** ٦١١٣١-١١ كما يمكن لهذه المتحكمات ان تقوم مقام الوحدات الطرفية البعيدة .



الشكل رقم (٨) البرمجة بطريقة **LADDER**



الشكل رقم (٩)البرمجة بطريقة **Function Block Diagram**



الشكل رقم **(١٠)** البرمجة بطريقة الوضائف المتسلسلة **Sequential Function List**

تتكون المتحكمات المنطقية عادة من مجهز قدرة , وحدة السيطرة المركزية, وحدات الادخال المنطقية, وحدات الاخراج المنطقية, وحدات الادخال التماثلية, وحدات الاخراج التماثلية ووحدات الذاكرة .وتصنف هذه المتحكمات حسب امكانياتها (متحكمات منطقية صغيرة , متحكمات منطقية متتوسطة , ومتحكمات منطقية كبيرة).

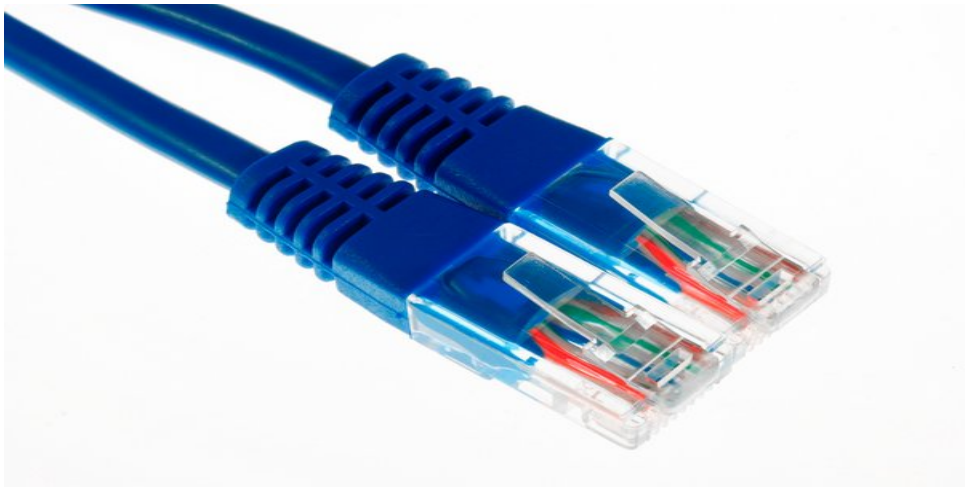
متحكمات منطقية متوسطة الحجم متحكمات منطقية صغيرة الحجم

متحكمات منطقية كبيرة الحجم

الشكل رقم (١١)

ج – منظومة القياس عن بعد (**Telemetry**)

يستخدم هذا النظام لربط الوحدات الطرفية البعيدة او متحكمات السيطرة المبرمجة مع مراكز السيطرة . تفيد في تحقيق الاتصال الثنائي الاتجاه بين الوحدات الطرفية الرئيسية والبعيدة. استخدمت المنظومات **SCADA** تاريخياً مجموعة من الوصلات الراديوية والتسلسلية المباشرة أو وصلات المودم لتحقيق متطلبات الاتصالات. ويشيع أيضاً استخدام الإيثرنت والبروتوكول**IP/SONET**، والشبكات الافتراضية الخاصة **VPN**. وقد تكون المنظومات **SCADA** قادرة على الاتصال عبر طيف واسع من الوصلات في آن واحد، مثل الألياف الضوئية أو الاتصال الهاتفي. ولكن بسبب كمية المعلومات المحدودة، فإن الخطوط الهاتفية والوصلات الراديوية تفي بالغرض.

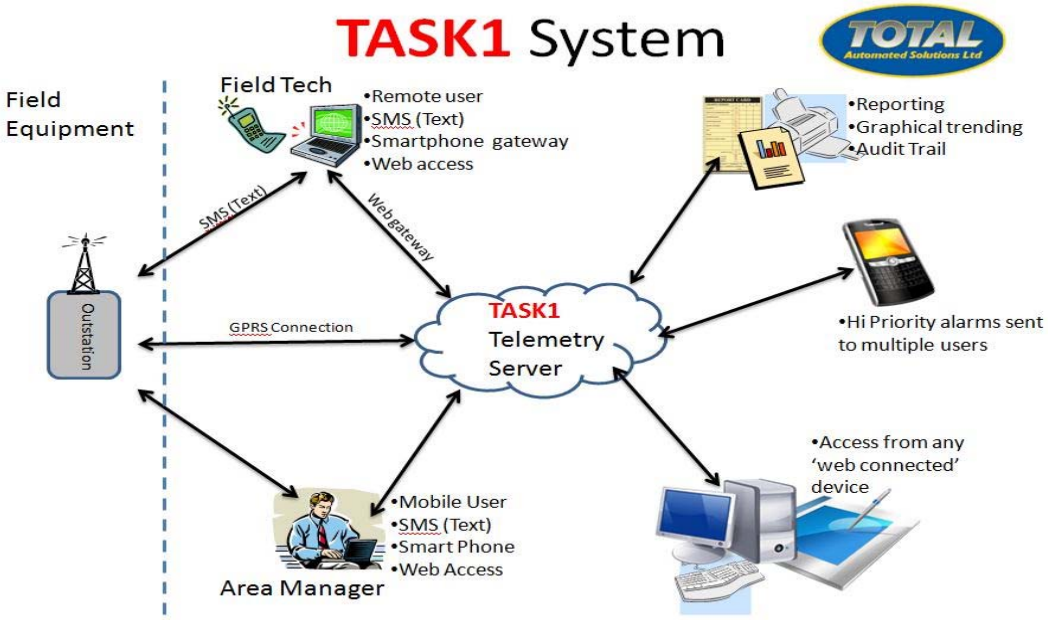


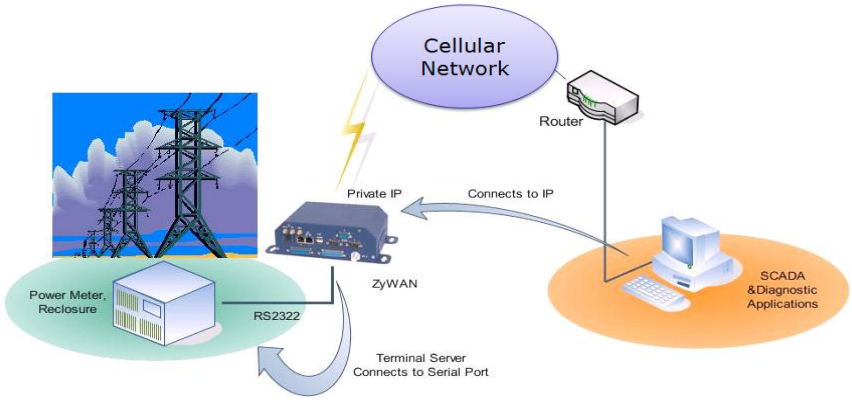
الشكل رقم (١٢) وسائل ربط الاتصالات

يمكن وصل شبكة الاتصال في المنظومة **SCADA** وفق أحد الأشكال الهندسية الآتية: التوصيل الحلقي أو التسلسلي أو النجمي. وقد تضم بعض المنظمات وصلات مكرَّرة لزيادة الموثوقية.

ولما كانت المنظومة **SCADA** تُصمَّم تصميماً متراصاً جداً، فإن الوحدات البعيدة لا ترسل المعلومات عبر قناة الاتصال إلى الوحدات الرئيسية إلا عند الطلب. ومن المعايير المستخدمة للاتصال في المنظومة**SCADA** : البروتوكول **MODBUS** و**CAN** و**IEC٦٠٨٧٠** و **RP٥٧٠**.

كما صار بالإمكان أن تعمل المنظومات **SCADA** على البروتوكول **TCP/IP** على الرغم من عدم تفضيل هذا الحل للتقليل من احتمال الهجوم على الشبكة.





الشكل رقم (١٤) شبكات الاتصالات

د – خادم جمع البيانات (Server)

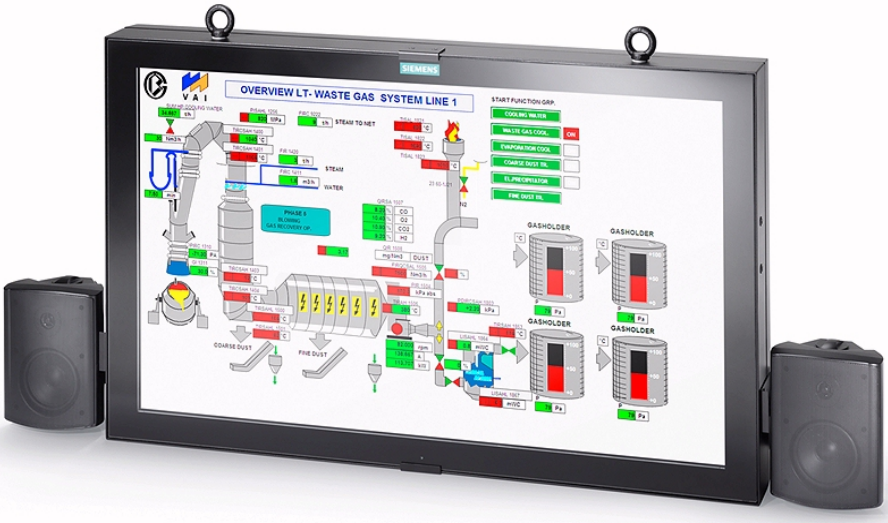
الخادم هو جهاز كمبيوتر مع مجموعة من البرامجيات خدمية , دوره هو تلبية طلبيات الخدمات المرسلة عبر شبكة اتصالات ترتبط بحواسيب او متحكمات منطقية مرتبطة به او العكس و الهدف من هذا هو جعل معالجة البيانات مركزية مع امكانية البرامجيات الخدمية استخدام البروتوكولات الصناعية القياسية لربط البرامجيات الخدمية عبر منظومة القياس عن بعد (**Telemetry**) مع المنظومات الحقلية كالوحدات الطرفية البعيدة او المتحكمات المنطقية المبرمجة .

الشكل رقم (١٥) خادم جمع البيانات

هـ - واجهات التفاعل مع المشغل (Human Machine Interface) HMI

وهي عبارة عم ادوات وبرامجيات توفر واجهات تفاعلية بين منظومة سكادا والمشغل والتي من خلالها يقوم المشغل بمراقبة البيانات واعطاء الاوامر التشغيلية عبر خادم جمع البيانات (**Server)** . بعبارة اخرى هي واجهة تخاطب تتعامل مع نظم التحكم الموزَّعة.وعلى الرغم من قيام المتحكمات القابلة للبرمجة **PLC** بجميع العمليات المؤتمتة، والمبرمجة سلفاً، فإنها تكون موزَّعة على أطراف مترامية، وهذا ما يجعل جمع المعطيات منها عملية صعبة. تفيد واجهة التواصل في جمع المعطيات من المتحكمات القابلة للبرمجة بوساطة طرائق الاتصال، وتقوم بصياغتها وعرضها بصورة مبسطة ومعبرة للمستفيد.

SIMATIC HMI Net Panel: PC-basierte 46-Zoll-Großbildanzeige

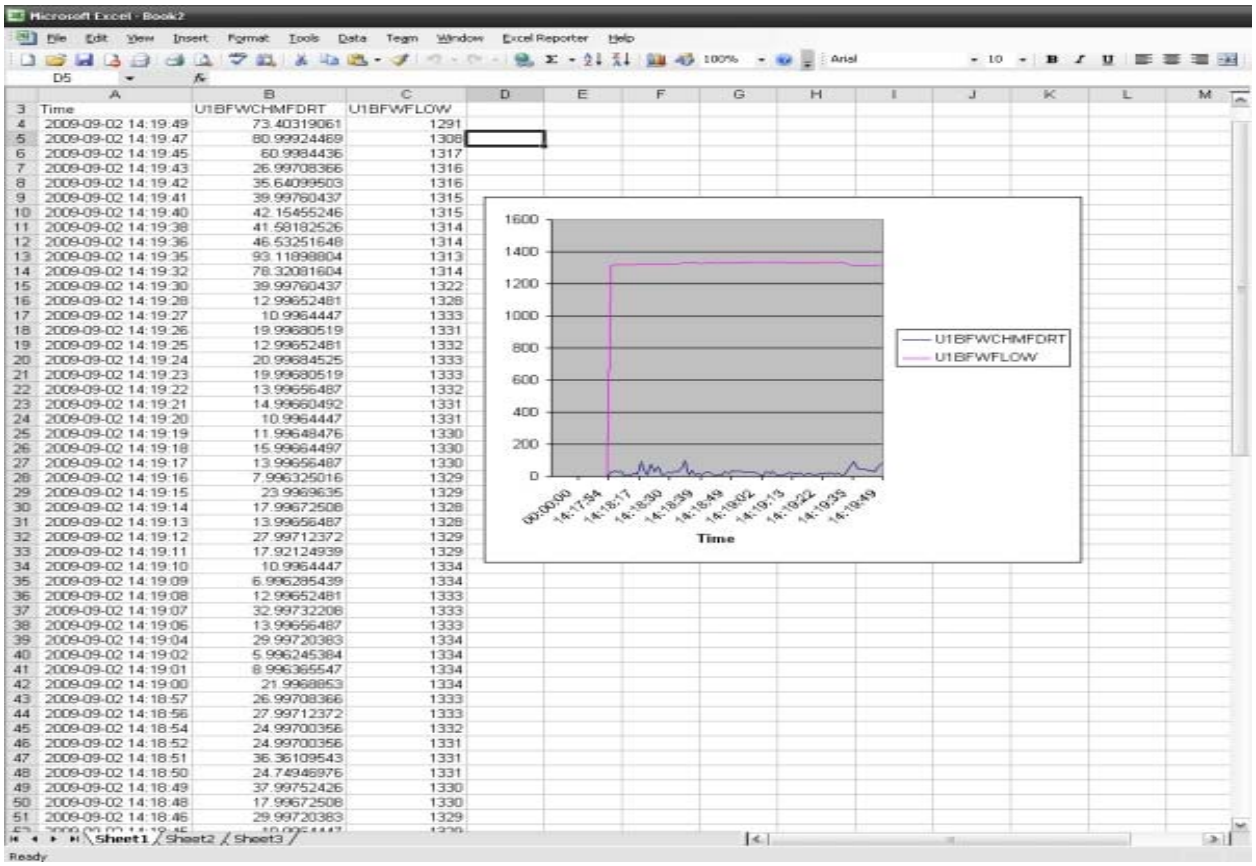


SIMATIC HMI Net Panel: PC-based 46-inch Widescreen Display

الشكل رقم (١٦) واجهات التفاعل مع المشغل

و- المؤرخ (Historian)

وهو عبارة عن برامجيات خدمية تستخدم لجمع البيانات وتوثيقها وفق ازمان حدوثها والتي تشمل الاحداث **(Events)** واشارات التحذير **(Alarms)** مع خزن جميع المعلومات على قاعدة بيانات لاجل الارشفة والاستخدام المستقبلي لاخراج الرسوم البيانية وادوات تحليل البيانات.



الشكل رقم (١٧) المؤرخ

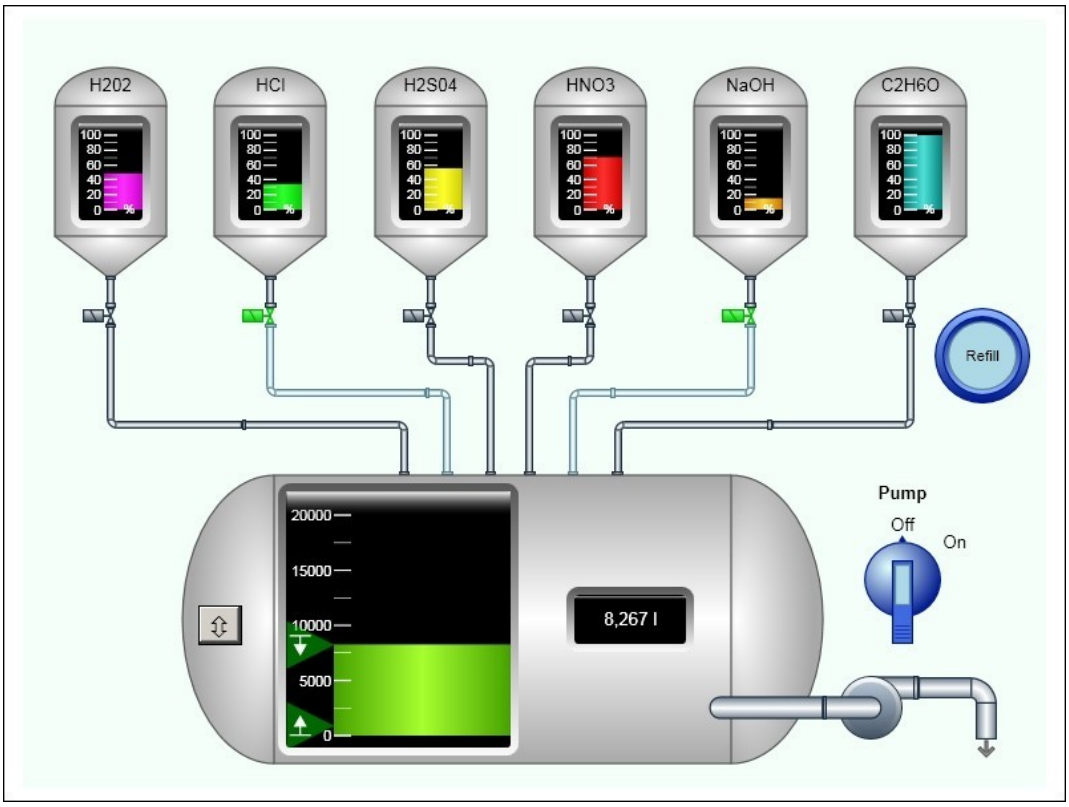
ز – حاسوب منظومة الاشراف (**Supervisory Computer System**)

وهو عبارة عن حاسوب ذو امكانيات متطورة يقوم بجمع البيانات ومعالجتها وعرضها على واجهات التفاعل وارسال الاوامر الى المنظومات المرتبطة بنظام سكادا تُعدّ هذه الوحدة المكوّن الأساسي في المنظومة **SCADA.** فهي التي تبادر

بالاتصال، وتجمع المعطيات، وتخزّنها، وترسلها إلى النظم الأخرى. وهي تضم واجهة للتخاطب مع المشغّلين. تتخاطب الوحدة الرئيسية أيضاً مع بقية الوحدات الطرفية مثل الشاشات والطابعات وغيرها من نظم المعلومات.

الشكل رقم (١٨) منظومة الاشراف

تظهِر الوحدات الرئيسية في المنظومات **SCADA** المعلومات عادةً على نحو تماثلي. إذ يمكن للمشغل أن يرى تمثيلاً للمنشأة التي يجري التحكم فيها. ومثال ذلك، صورة مضخة متصلة بأنبوب مع إظهار مستوى السائل في الأنبوب في كل لحظة، بحيث يمكن للمشغل إيقاف المضخة، وعندئذٍ يتوقف مستوى السائل عن التغير. وفي أغلب الأحيان تستخدم الواجهة تمثيلاً ثنائي البعد.



الشكل (١٩) واجهة تمثيل القيم التماثلية

تعمل الوحدة الرئيسية في المنظومة **SCADA** بنظام تشغيل مطوَّر من طرف ثالث **(**مثلاً النظام **UNIX** أو **HP Open VMS).** وظهرت حالياً بعض الحواسيب الرئيسية التي تعتمد النظام **Windows** و**LINUX.**

وبدلاً من الاعتماد على تدخل المشغل، أو تدخل الوحدة الطرفية الرئيسية، يُطلب من الوحدات الطرفية البعيدة التحكم في معظم المهمات**.** ويُطلب إذن من برنامج الوحدة الطرفية الرئيسية إجراء تحليل للمعطيات قبل تمثيلها أمام الفني، مثل التحليل التراكمي، والتحليل الخاص بمواصفات العملية الصناعية**.** وتُطبَّق إجراءات الأمن على كامل النظام وينبغي أن تحقق الوحدة الطرفية الرئيسية المتطلبات الأمنية الصارمة في بعض البيئات**.**

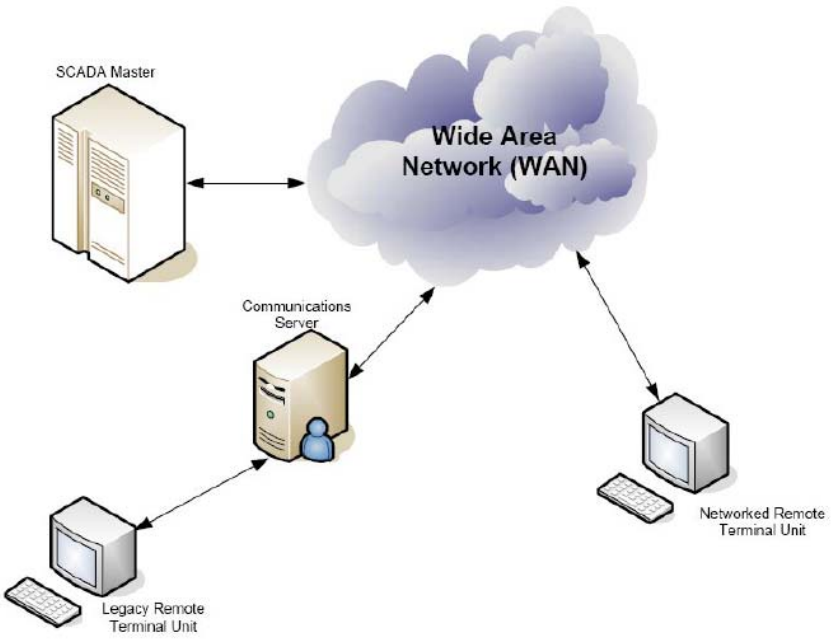
ولمّا كانت الكلفة الناتجة من إخفاق نظام التحكم مرتفعة جداً، فإنه ينبغي أن تتسم الوحدة الطرفية الرئيسية في المنظومة **SCADA** بالمتانة وتحمّل درجات الحرارة المرتفعة والاهتزازات وارتفاع الجهد**.** وتتحقق الموثوقية في هذه المنظومات، ومن ثَمَّ في المنشآت الحرجة، بتكرار الوحدات الطرفية الرئيسية وقنوات الاتصال بحيث يمكن الاستعاضة بهذا النظام عن أي مكوّن عاطل مباشرة من دون توقف العملية**..**

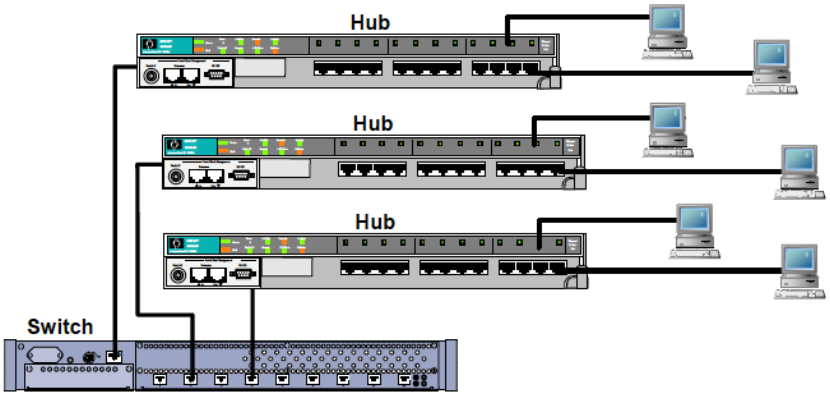
الشكل (٢١) واجهات نظام سكادا

ح – منظومة الاتصالات .

منظومات الإتصال هي الآليات و الأساليب التي تيسر عملية نقل و تحويل المعلومات أو البيانات من المصدر إلى المقصد , و منظومات الإتصالات الإلكترونية هي التي تحقق هذه الغاية بإستخدام الأجهزة و المكونات الكهربائية و الإلكترونية و كذلك الظواهر المتعلقة بها , و تكمن الغاية من هذه المنظومات في الحصول على معلومات عند المقصد بصورة مقبولة و مطابقة للمعلومات الصادرة من المصدر .

تستخدم منظومة الاتصالات في منظومة السكادا بربط حاسوب منظومة الاشراف بالوحدات الطرفية البعيدة لاجل تناقل المعلومات والاوامر وبيانات المنظومات الموزعة والاشكال المبينة ادناة تبين بعض طرق الاتصال الحديثة .





الشكل (٢٢) مكونات شبكات التصالات

٣ – ميزات نظام سكادا .

عند استخدام نظام سكادا في بناء منظومات السيطرة فانة يوفر الميزات التالية :
ا – توفير منظومة سيطرة للاشراف وادارة المهمات والفعاليات بكلفة واطئة .
ب – توفير منظومة سيطرة تعمل بكفاءة عالية واتاحة عالية .
ج – توفير امكانية اتمتتة الفعاليات بصورة موزعة وسهلة.
د – توفير امكانية تضبيط متغيرات الفعاليات بصورة سهلة وامينة .
هـ - توفر امكانية السيطرة على العمليات الكبيرة المعقدة بصورة سهلة .
و – توفر امكانية بناء السيطرة على منظومات الزمن الحقيقي بسهولة .
ز – توفر امكانية بناء منظومات سيطرة ومراقبة لمنظومات البنى التحتية بصورة سهلة وكلف واطئة وبكفاءة عالية .
ح – تسهيل عمليات الصيانة وتتبع الخطا لما توفرة من عمليات ارشفة لجميع احداث فعاليات السيطرة .
ط – توفير منظومات تعمل بانظمة الاتصالات القياسية مما يتيح التواصل مع الانظمة الحديثة والمستقبلية اعتمادا على الانظمة القياسية المعتمدة في ميادين الصناعة والاتصالات وتبادل المعلومات ومختلف انظمة التشغيل .