مقدمة (Introduction)

نظراً للتقدم المســـتمر في تطبيقات الأتمتة الصـــناعية ومع التعقيد المتزايد في متطلباتها كان لابدَّ من ربط عناصر نظام الأتمتة مع بعضـها البعض لتحقيق عملية تبادل البيانات, حيث تتطلب بعض التطبيقات وصل مجموعة من المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة PLCs مع بعضـها البعض لتسهيل تحقيق الهدف المطلوب من عملية التحكم.

كما تستخدم شبكات المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة بغرض تسهيل عملية تحصيل البيانات ومراقبة عمل النظم وتشكيل تقارير عن إنتاجية النظم و أدائها.

يوجد طرق عدة لتصـــميم شـــبكات المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة تبعاً لطبيعة التطبيق المراد تحقيقه, ونذكر من هذه الأنواع:

- ❖ شبكة متحكمات باستخدام البروتوكول RS485.
- ❖ شبكة متحكمات باستخدام البروتوكول RS232.
- ❖ شبكات متحكمات بالاعتماد على تقنية الشبكات المحلية LAN.

ســهل التطور الهائل في مجال الهندســة الالكترونية و الحاســوبية إيجاد تقنية الشــبكة المحلية LAN التي ســـمحت بوصـــل مجموعة من المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة والموزعة جغرافياً بحيث ينفذ كل متحكم مهمة التحكم الخاص به بشـــكل مســـتقل عن بقية المتحكمات مع تســـهيل عملية تبادل البيانات بين هذه المتحكمات, وبذلك تغلبت هذه التقنية على مسألة التحكم المركزي بحيث يمكن أن تتبادل المتحكمات البيانات فيما بينها دون الحاجة إلى الرجوع إلى المتحكم المركزي.

تتميز تقنية Ethernet مقارنة بالبروتوكول RS485 أو RS232 بالأمور التالية:

- ❖ يستخدم البروتوكول RS232 نظام الاتصال نقطة–لنقطة أي لا يمكن وصل أكثر من جهاز على نفس الشبكة.
- ❖ يمكن استخدام البروتوكول RS232 بحدود مسافة 15m فقط وهذا لا يناسب موضوع البحث.
- ❖ نظام الجهد في البروتوكول RS232 هو بين (+3V to +25V),(−3V to −25V) وهذا غير مناسب مع أنظمة توفير الطاقة الحديثة أي (±5V و ±12V).
- ❖ اعتماد البروتوكول RS232 على منفذ COM يؤدي إلى تعرض النظام للضجيج الكهربائي.
- ❖ يســمح البروتوكول RS485 لربط المتحكمات ضــمن مســافة 1200m فقط مع اســتخدام مكررات للإشارة وهذا غير مناسب ضمن موضوع البحث أيضاً.

- ❖ يسمح البروتوكول RS485 بربط مجموعة من المتحكمات يصل عددها كحد أقصى إلى 32 متحكماً ضمن نفس الشبكة.

أساسيات الشبكات المحلية (Principles Of Local Area Networks)

فوائد الشبكات المحلية (Advantages Of LAN)

تم استخدام تقنيتين قبل استخدام الشبكات المحلية, التقنية الأولى مكلفة جداً وتعتمد على وصل زوج من الأسلاك بين المتحكم الأول والمتحكم الثاني بحيث يتم نقل بت واحد من البيانات خلال هذا زوج الأسلاك, تعتمد التقنية الثانية على وصل المتحكمات عبر منفذ البرمجة الخاص بها إلى حاسوب مركزي.

إن سيئة التقنية الثانية هي أن معدل نقل البيانات يعتمد بشكل مباشر على معدل بود الخاص بمنفذ برمجة المتحكم, كما أن الشبكة تنتقل لحالة الفشل في حال حدوث أي خلل في الحاسوب المركزي نتيجة الوصل النجمي للمتحكمات مع الحاسوب المركزي.

تعد الشبكات المحلية من الشبكات ذات السرعة العالية, وتدعم معظم الشبكات المحلية حوالي 100 محطة ضمن الشبكة, ومن فوائد الشبكات المحلية الصناعية نذكر:

- ❖ إمكانية التحكم بالزمن الحقيقي.
- ❖ وثوقية عالية في نقل البيانات مع إمكانية تصحيح الأخطاء.
- ❖ ممانعة عالية للضجيج.
- ❖ وثوقية عالية في العمل حتى في أصعب بيئات العمل.

تطبيقات الشبكات المحلية في المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة

(LAN Applications of the PLCs)

تعد عملية تحصيل البيانات المركزية والتحكم الموزع من أهم تطبيقات الشبكات المحلية, فعندما تتم عملية تحصيل البيانات ومعالجتها من خلال وحدة تحكم واحدة فإن ذلك يشكل عبئاً على المعالج وزمن التنفيذ بالإضافة إلى استخدام مساحة كبيرة من الذاكرة وتعقيد برنامج التحكم المنطقي ضمن المتحكم.

يمكن تقليل هذه المشكلة من خلال استخدام حاسوب مضيف لمعالجة البيانات واستخدام التحكم الموزع بحيث يتم إسناد مهمة تحكم لكل متحكم وبذلك نقلل الاعتمادية على متحكم معين وتزداد الوثوقية.

يجب أن يتوفر في المتحكم المنطقي والشبكة المحلية الميزات التالية لتحقيق عملية التحكم والمعالجة الموزعة:

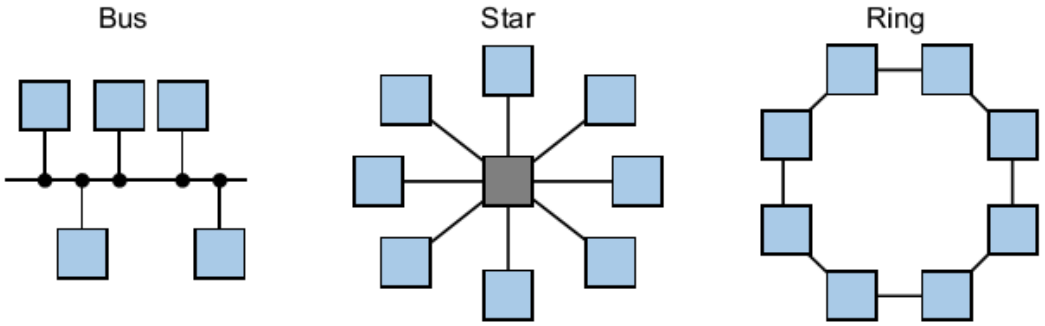
- ❖ إمكانية الاتصال بين مختلف المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة.
- ❖ إمكانية نقل البيانات من أي متحكم إلى الحاسوب المضيف.
- ❖ إمكانية تحميل البيانات من الحاسوب المضيف إلى أي متحكم.

- ❖ إمكانية كتابة وقراءة قيم وحدات الإدخال والإخراج والمسجلات ضمن أي متحكم.
- ❖ إمكانية مراقبة حالة المتحكمات والتحكم بوظيفة أي متحكم ضمن الشبكة.

طبولوجيا الشبكات المحلية (LAN Topologies)

يشير مصطلح طبولوجيا الشبكات المحلية إلى هندسة الشبكة أو إلى طريقة وصل العقد مع بعضها البعض, حيث تؤثر طبولوجيا الشبكة بشكل كبير على معدل الإنتاجية وعلى الكلفة وعلى الوثوقية.

من أكثر أنواع الطبولوجيا استخداماً هو الوصل النجمي (Star) والوصل الحلقي (Ring) والوصل على شكل ممر(Bus), يوضح الشكل (1) بعض أنواع طبولوجيا الشبكات المحلية.



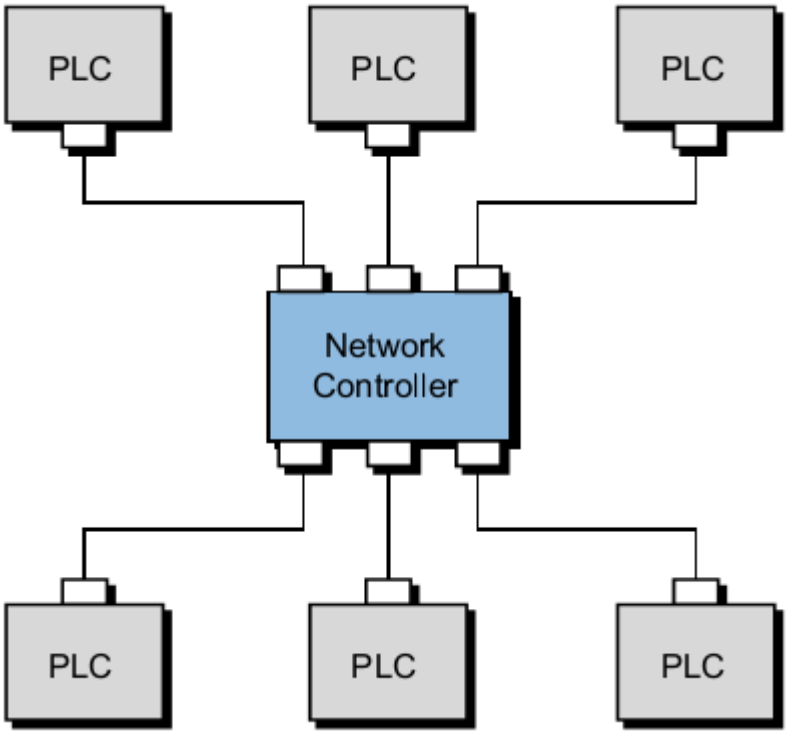
الشكل (1): طبولوجيا الشبكات المحلية.

الوصل النجمي للمتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة (Star Topology For (PLCs

يتم في هذه الطريقة وصل جميع المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة إلى متحكم الشبكة الذي يمكن أن يكون حاسوباً مضيفاً أو متحكماً منطقياً قابلاً للبرمجة (PLC) أو أي وحدة مضيفة ذكية, يوضح الشكل (2) شبكة متحكمات منطقية قابلة للبرمجة موصولة بشكل نجمي.

يستخدم الوصل النجمي لوصل معظم الشبكات الحاسوبية التجارية والتي يتم فيها وصل مختلف الحواسيب إلى حاسوب مركزي.

تعد طريقة الوصـل النجمي مماثلة للشـبكة المطبقة في الشـبكات الهاتفية, حيث تقوم العقدة المركزية بتأمين الاتصالات بين مختلف محطات الشبكة.



الشكل (2): شبكة متحكمات منطقية قابلة للبرمجة موصلة نجمياً.

من أهم مزايا الوصل النجمي هو إمكانية تحقيق الشبكة باستخدام بروتوكول بسيط نقطة لنقطة Point – to (– Point Protocol).

ومن محاسن هذا النوع من الوصل نذكر:

- **الأداء العالي:** يقدم الوصـــل النجمي أداء عالياً مقارنة بغيره في مجال نقل حزم البيانات حيث يتم اختصار مسار حزمة البيانات المرسلة من متحكم منطقي قابل للبرمجة إلى متحكم آخر إلى أقل عدد من العقد ضـمن الشـبكة, مع العلم أنَّ هذا النوع من الوصـل يشـكل عبئاً كبيراً على الجهاز المركزي, ولكن يمكن تفادي هذه المشكلة باستخدام جهاز مركزي ذي مواصفات فنية عالية.
- **عزل المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة:** يقوم هذا الوصـــل بعزل كل متحكم منطقي قابل للبرمجة عن المتحكمات الأخرى عبر الوصـــلة المســـتقلة لكل متحكم إلى الجهاز المركزي, وذلك في حال حدوث أي خلل في أحد المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة تبقى الشـبكة في حالة عمل على عكس الوصل الحلقي للمتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة.
- **فوائد المركزية:** تظهر فائدة المركزية في هذا النوع من الوصـــل من خلال ســـهولة توســـيع الشـــبكة بإضـــافة متحكمات منطقية قابلة للبرمجة إليها, كما يمكن معرفة حالة الشـــبكة وحركة حزم البيانات ومراقبة أي حركة مشبوهة ضمن الشبكة من خلال فحص الجهاز المركزي فقط.

- ❖ السهولة في الكشف عن الأخطاء وإزالة المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة التالفة.
- ❖ لا يحدث انقطاع في الشبكة عند فصل أو وصل متحكم منطقي قابل للبرمجة.
- ❖ لا تحتاج الشبكة إلا إلى إعدادات بسيطة لأن كل متحكم منطقي قابل للبرمجة يتطلب وصلة ومنفذ إدخال/إخراج للاتصال مع أي متحكم آخر وهذا على عكس الشبكة الموصولة بشكل حلقي.

من مساوئ الوصل النجمي نذكر:

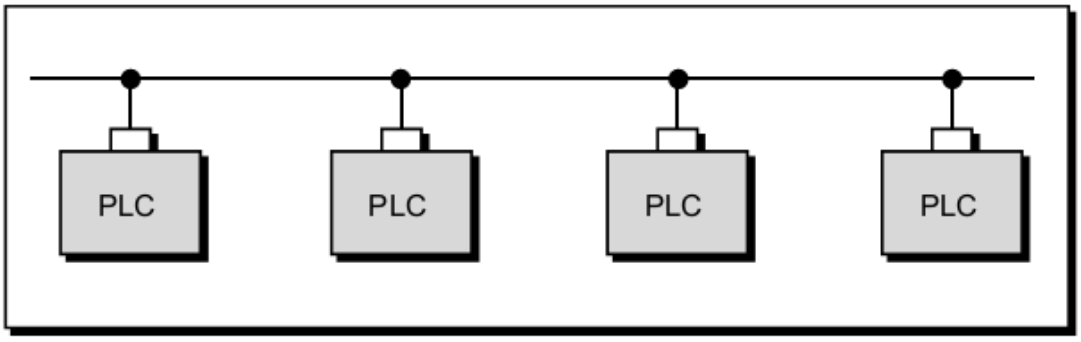
- ❖ تعتمد على عقدة مركزية لمعالجة البيانات ويمكن تخفيف أثر هذه المشكلة باستخدام جهاز مركزي ذو أداء عالي.
- ❖ الكلفة المرتفعة لبناء الشبكة.
- ❖ يجب أن تمر أي رسالة بين عقدتين على العقدة المركزية وبذلك يقل معدل الإنتاجية.
- ❖ لا تتضمن الشبكة نمط نشر الرسائل وبذلك تقل الإنتاجية.
- ❖ يؤدي فشل العقدة المركزية إلى فشل الشبكة بأكملها.

الوصل على شكل ممر للمتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة

(Connecting PLCs To Common BUS)

يتم في هذا النوع من الطبولوجيا وصل جميع المتحكمات إلى ممر مشترك, ويتم استخدام كبل Coaxial كوسط لوصل المتحكمات إلى الممر المشترك, ويمكن في هذه الطريقة تحقيق اتصال بين أي متحكمين منطقين قابلين للبرمجة ضمن الشبكة دون الحاجة للعودة إلى متحكم الشبكة المركزي وذلك على عكس طريقة الوصل النجمي.

المشكلة الرئيسية للوصل على شكل ممر هي تحديد أي عقدة سترسل بياناتها في اللحظة الحالية وذلك لتجنب حدوث تصادم في نقل البيانات, يوضح الشكل(3) شبكة متحكمات منطقية قابلة للبرمجة موصولة إلى ممر مشترك.



الشكل(3): وصل شبكة متحكمات منطقية قابلة للبرمجة إلى ممر مشترك.

تعد شـــبكة الممر مفيدة جداً في تطبيقات التحكم الموزع, وذلك لأن كل متحكم يملك القدرة على إنجاز مهمة التحكم الخاصـــة به بشـــكل مســـتقل عن باقي المتحكمات, وبإمكانه تبادل البيانات في أي لحظة زمنية مع متحكم آخر, ويمكن في هذا النوع من الشبكات إضافة أو إزالة أي محطة من الشبكة بسهولة مطلقة.

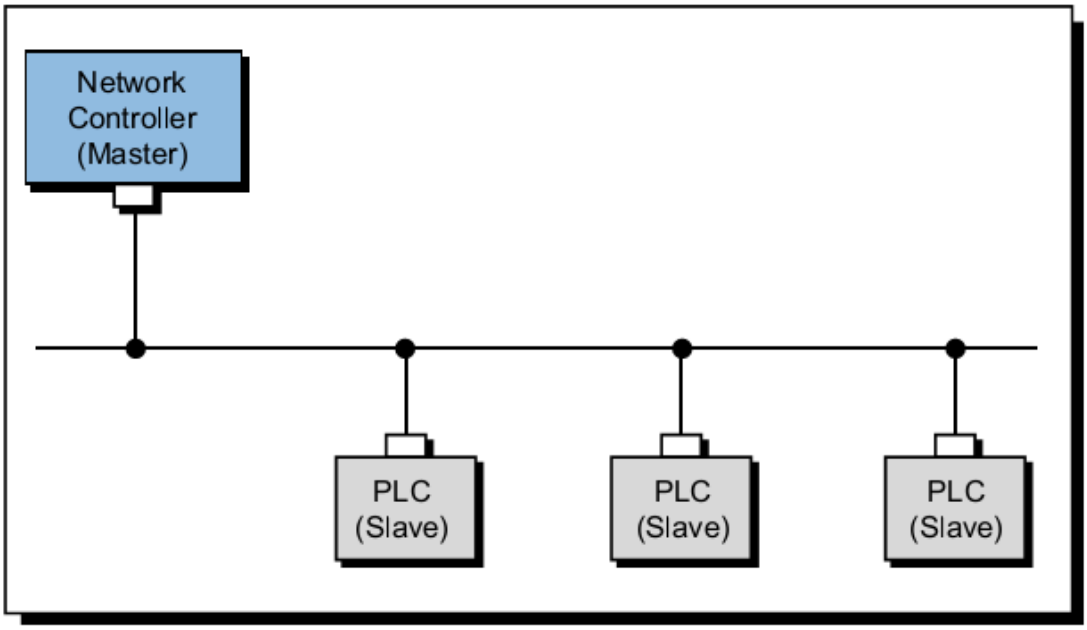
إن السـيئة الرئيسـية لمثل هذا النوع من الوصـل هو أن كافة المتحكمات تعتمد على حالة الممر وعلى معدل النقل ضمن الممر بشكل مباشر.

النوع الآخر من شـــبكات الممر هو شـــبكات (Master/Slave Bus Topology), والتي تتكون من عدة متحكمات منطقية قابلة للبرمجة ثانوية (Slave) ومن متحكم منطقي قابل للبرمجة رئيسي وحيد (Master). يرسل PLC الرئيس في هذا النوع من الوصل البيانات للمتحكمات الأخرى حيث يقوم المتحكم الرئيسي بعنونة بقية المتحكمات عندما يحتاج إلى بيانات من أحد المتحكمات وينتظر الاســـتجابة من هذا المتحكم, ولا يمكن تحقيق أي اتصال دون تهيئة الممر من قبل المتحكم الرئيسي.

يتم تحقيق هذا النوع من الشـبكات باسـتخدام زوج من الأسـلاك, يرسـل المتحكم الرئيسـي البيانات ليسـتقبلها المتحكم التابع من خلال أحد الأزواج.

يرســل المتحكم التابع البيانات من خلال زوج الأســلاك الآخر ليســتقبلها المتحكم الرئيســي من خلال نفس الزوج.

يوضــح الشــكل(4) شــبكة متحكمات منطقية قابلة للبرمجة موصــولة إلى شــبكة ممر نموذج (Master/ Slave).



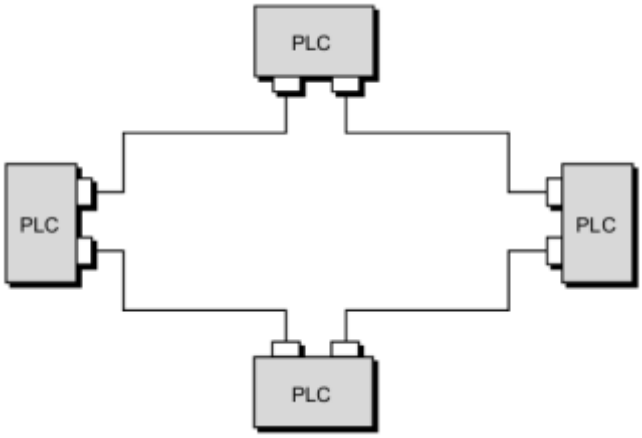
الشكل (4): وصل شبكة PLCs إلى شبكة ممر نموذجMaster/ Slave.

الوصل الحلقي للمتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة(Ring Topology For PLCs)

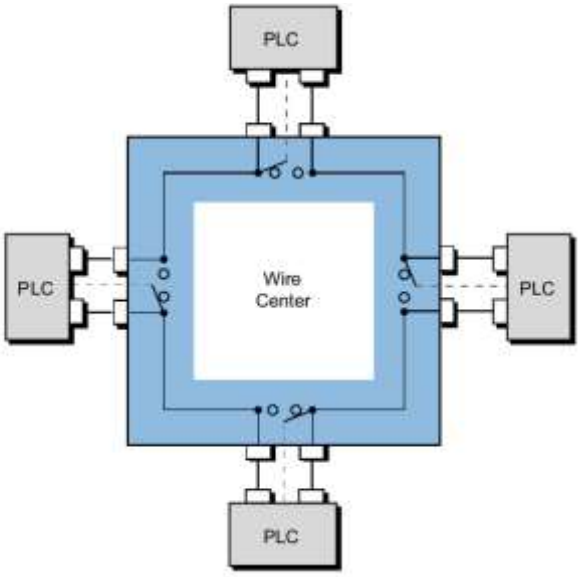
لا يستخدم هذا النوع من الوصل في البيئات الصناعية, لأن فشل أي متحكم يؤدي إلى فشل كامل الشبكة.

يتصل كل متحكم منطقي قابل للبرمجة مع متحكمين منطقين قابلين للبرمجة لتشكيل الحلقة المنطقية, يوضح الشكل(5) طريقة الوصل الحلقي لشبكة من المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة.

لتجنب مشكلة الشبكات الحلقية قامت بعض الشركات باستخدام طريقة الوصل الحلقي مع وحدة أسلاك مركزية, تقوم وحدة الأسلاك المبينة في (6) بحذف العقدة المعطوبة آلياً من الحلقة, وتتطلب هذه الطريقة ضعف عدد الأسلاك اللازمة في الوصل الحلقي العادي.



الشكل(5): شبكة PLCs موصولة بشكل حلقي.



الشكل(6): شبكة PLCs حلقية مع وحدة أسلاك مركزية.

من محاسن الوصل الحلقي نذكر:

- ❖ تقدِّم أداء أفضـل من أداء الشـبكة الموصـولة على شـكل ممر في حال وجود كم كبير من حزم البيانات في الشبكة.
- ❖ لا يحتاج هذا النوع من الوصـل إلى عقدة مركزية لإدارة الاتصـال بين المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة.
- ❖ كل جهاز لديه فرصـــة لتحقيق الاتصـــال بناء على رقم مميز لكل متحكم منطقي قابل للبرمجة يعرف باسم "Token".
- ❖ من السهل تحديد الأعطال في هذا النوع من الوصل (Point to Point).

من مساوئ الوصل الحلقي نذكر:

- ❖ يؤدي فشـل أحد المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة إلى فشـل الشـبكة بكاملها وهذا من أهم الأسـباب التي دفعت إلى عدم اعتماد هذا النوع من الوصل في البحث المدروس.
- ❖ تؤثر عملية إضافة أو حذف أو نقل أي عنصر على الشبكة بكاملها.
- ❖ يتناسـب تأخير الاتصـال ضـمن الشـبكة بعدد المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة الموصـولة إلى الشبكة.
- ❖ تتشارك جميع المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة على عرض حزمة الشبكة.
- ❖ يتطلب بناء الشبكة الحلقية كماً كبيراً من الإعدادات مقارنة بالشبكة الموصولة بشكل نجمي.