(8) نظم الاتصال Data Communication Systems

8-1 مقدمة

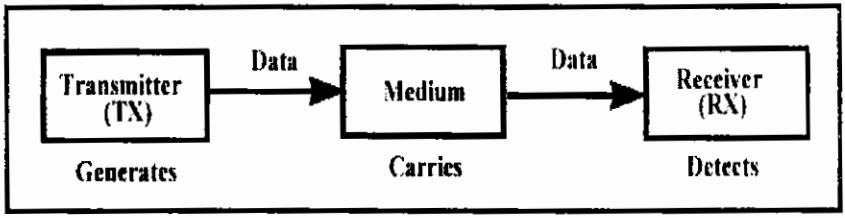
إن الهدف من الاتصال هو نقل لمعلومات من نقطة إلى أخرى أو من جهاز إلى آخر . وفي حالة نظم التحكم في العمليات ، تسمى هذه المعلومات **بيانات العملية process data** ، أو **البيانات data** فقط.

ولابد من إدراك مفاهيم نقل البيانات من أجل استخدام أجهزة التحكم في تنفيذ عمليات التحكم ونقل البيانات . وسيتم في هذا الفصل توضيح مفاهيم ومصطلحات نقل البيانات وتطبيقها على نظم التحكم المبرمجة .

8-2 الاتصالات الأساسية

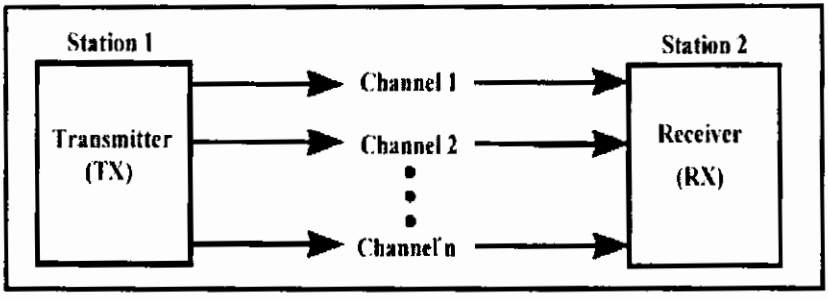
يتم نقل البيانات باستخدام نوعين من الإشارات : النطاق الأساسي والنطاق العريض . في نظام النطاق الأساسي يشمل نقل البيانات مدى من الإشارات المرسلة عبر وسيط النقل دون تحويلها إلى تردد . ومن أمثلة ذلك المكالمة الهاتفية . حيث يتم نقل إشارة الصوت البشري التي يتراوح ترددها من 300 هرتز إلى 3000 هرتز عبر خط الهاتف بنفس ترددها . وبالتالي فإن وسيط النقل في نظام النطاق الأساسي يحتوي على مجموعة واحدة من الإشارات في المرة الواحدة . أما نظام النطاق العريض فيحتوي على عدة مجموعات من الإشارات . يتم تحويل كل مجموعة من الإشارات إلى مدى ترددي لا يتداخل مع الإشارات الأخرى المنقولة على الوسيط . ومن أمثلة ذلك تلفاز الكابل .

ويبين الشكل 8-1 المكونات الثلاثة الأساسية المطلوبة في أي نظام لنقل البيانات : المرسل الذي يقوم بتوليد المعلومات والوسيط الذي ينقل المعلومات والمستقبل الذي يتلقى المعلومات .



شكل (8-1)

ومن الممكن تقسيم الوسيط إلى عدة قنوات . والقناة هي معبر أو ممر خلال الوسيط يحمل المعلومات في اتجاه واحد فقط في المرة الواحدة . ويبين الشكل 8-2 وسيطاً متعدد القنوات به عدد ن من القنوات . وفي الغالب فإن أشهر مثال على نظم النقل متعددة القنوات هو نظم تلفاز الكابل .



شكل (8-2)

هناك أربعة تصنيفات لأنواع وسيط النقل :

الكابل ذو الموصلات المتعددة ، الكابل المزدوج الملفوف ، الكابل المحوري ، والألياف البصرية .

الكابل ذو الموصلات المتعددة Multiconductors

يتكون من اثنين أو أكثر من الموصلات المعزولة كهربياً داخل كابل مغلف بالبلاستيك . والمثال الشهير هو كابل الطابعة المتوازي الذي يصل بين الحاسوب الشخصي والطابعة .

الكابل المزدوج الملفوف Twisted-pair cables

يتكون من موصلين كهربيين اثنين ، كل منهما معزول . وكلا الموصلين ملفوف حول الآخر وذلك بهدف التأكد من أن كل موصل سيتعرض بشكل مساوي للآخر إلى التداخل من المحيط الخارجي. ولأن الموصلين يحملان تيارين للكهرباء في اتجاهين معاكسين فإن إشارات التداخل تلغي بعضها داخل الكابل . وهذا النوع من الكوابل هو الأكثر شيوعاً في نظم التحكم المبرمجة . وهو أقل وسائط النقل تكلفة ويعطي مناعة مناسبة ضد التداخل الكهرومغناطيسي .

الكابل المحوري Coaxial cable

يتكون من موصل كهربي محاط بمادة عازلة وحول المادة العازلة موصل معدني مغزول له شكل الأنبوب . وفي أكثر الأحيان يكون الكابل كله مغطى بمادة عازلة . وكل من الموصل المستدير الموجود في منتصف الكابل والموصل الأنبوبي الدائري لهما نفس المحور المركزي ، ولذلك يقال إنهما متحدان في المحور . وتستخدم عدة أنواع من هذا الكابل في تطبيقات التحكم في العمليات ، بداية من أنواع مرنة تشبه الكوابل المحورية المستخدمة في أجهزة التلفاز المنزلي ، إلى الأنواع الصلبة التي تحتاج إلى إجراءات عزل خاصة . وتستخدم الكوابل المحورية بشكل عام في تطبيقات العمليات الأوتوماتيكية التي تتطلب نقل البيانات لمسافات بعيدة تتجاوز الألف قدم ، مما يقتضي مناعة قوية ضد التداخل الكهرومغناطيسي . وتستخدم الكوابل المحورية بقوة في شبكات النقل على مستوى المحطات .

كابل الألياف البصرية The fiber-optic cable

يتكون من ألياف زجاجية أو بلاستيكية رقيقة . في أحد طرفي الكابل يقوم دايود ضوئي بتحويل النبضات الكهربية إلى ضوء يتم إرساله عبر كابل الألياف البصرية . وفي الطرف الآخر يقوم كاشف ضوئي بتحويل الضوء مرة أخرى إلى

إشارات كهربية . وتسير إشارات الضوء في اتجاه واحد فقط ، وبالتالي فإن النقل مزدوج الاتجاه يتطلب اثنين من فرعات الألياف البصرية منفصلين عن بعضهما . وعادة ما يكون حجم كابل الألياف البصرية مماثلاً لحجم الكابل المزدوج الملفوف ، وهو محصن ضد التشويش الكهربي . وتكلفة كابل الألياف البصرية تماثل تقريباً تكلفة الكابل المحوري . لكن استخدام كابل الألياف البصرية في تطبيقات التحكم المبرمج محدود بسبب التكلفة الكبيرة للموصلات ومعدات التقسيم والاختبار .

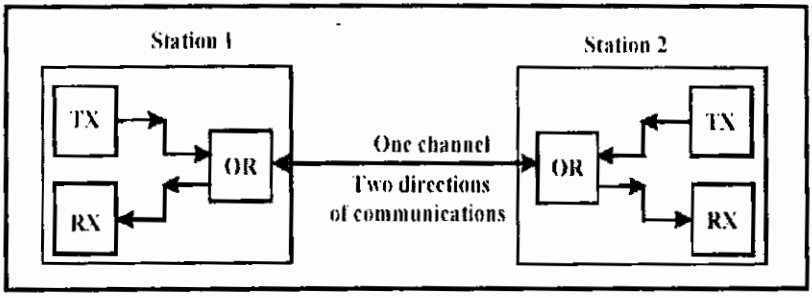
ومن الممكن وجود عدة قنوات لإرسال المعلومات . والطرق الثلاثة الشهيرة هي : النقل أحادي الاتجاه والنقل نصف المزدوج والنقل المزدوج . وسيتم في الصفحات التالية مناقشة كل منها .

الاتصالات أحادية الاتجاه Unidirectional Communications

يتم في هذا النوع استخدام قناة واحدة فقط وبالتالي يكون النقل في اتجاه واحد فقط (من المرسل إلى المستقبل) ، ومعنى ذلك أن المستقبل لا يمكنه أن يرد إطلاقاً . وفي هذا النوع من الاتصالات لا يمكن إرسال إشارات بيان الخطأ أو إشارات التحكم من المستقبل لأن المرسل (Tx) والمستقبل (Rx) مكلفان بتنفيذ مهمة واحدة فقط . وكمثال لهذا النوع من الاتصالات في مجال التحكم في العمليات أن يكون هناك ميزان يقوم بإرسال إشارات الوزن إلى جهاز تحكم مبرمج في غرفة التحكم المركزية .

الاتصالات نصف المزدوجة Half-Duplex Communications

يتيح الاتصال في اتجاهين إمكانية أن يقوم المستقبل بالتحقق من وصول البيانات . الاتصال نصف المزدوج هو أحد أنواع الاتصال في اتجاهين . في هذا النوع يتم استخدام قناة واحدة ويتم الاتصال في اتجاهين ، لكن في المرة الواحدة يكون الاتصال في اتجاه واحد فقط (انظر الشكل 8-3) .

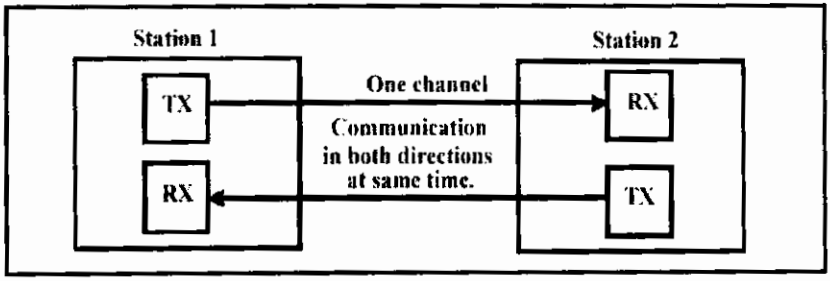


شكل (8-3)

في هذا التصميم يتبادل المرسل والمستقبل تنفيذ الوظائف حتى يتم الاتصال في اتجاه واحد فقط في كل مرة عبر قناة واحدة . وتوجد دائرة في وحدة الاتصال تعمل بطريقة بوابة أو حتى تقوم بالتنقل بين عملية الإرسال أو الاستقبال .

الاتصالات تامة الازدواج Full-Duplex Communications

الاتصالات تامة الازدواج هي أحد أنواع الاتصال في اتجاهين الذي تنقل فيه البيانات في الاتجاهين كليهما في وقت واحد . وفي هذه الحالة لابد من وجود ممرين اثنين حتى يمكن نقل البيانات في كلا الاتجاهين في نفس الوقت ، كما يبين الشكل 8-4 .



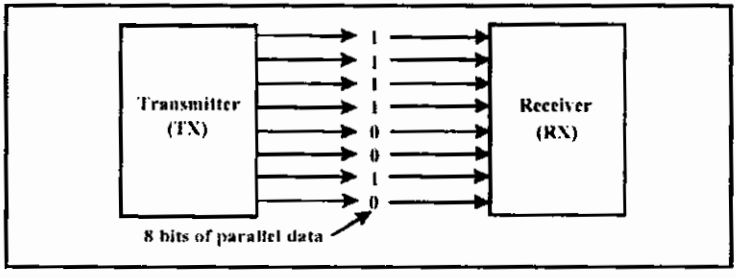
شكل (8-4)

8-3 طرق النقل Transmission Methods

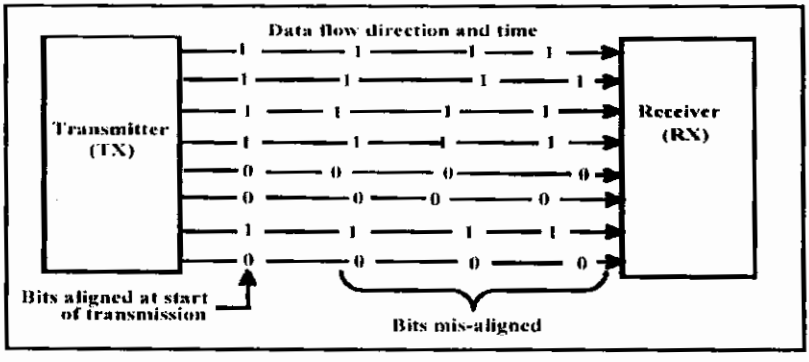
هناك طريقتان لنقل البيانات : على التوازي أو على التوالي .

النقل على التوازي Parallel Transmission

في هذه الطريقة يتم نقل جميع الخانات الثنائية في نفس الوقت ، وتحتاج كل خانة ثنائية إلى قناة خاصة ، فمثلاً إذا كان المطلوب نقل حرف ASCII مكون من ثماني خانات ثنائية ، فيجب وجود ثماني قنوات . ويبين الشكل 8-5 نقل حرف ASCII باستخدام التماثل الفردي . وتشير كلمة على التوازي إلى وضع خانات الحرف الثنائية وإلى أن الحروف تنتقل كمجموعات من الخانات الثنائية على التوازي . وبالطبع يؤدي استخدام عدة قنوات إلى معدل نقل عالٍ . لكن هذه الطريقة المتوازية في النقل بها مشكلة في انهيار تزامن الخانات الثنائية . ويقصد بالتزامن أنه عملية حدوث نشاطين أو أكثر في نفس الوقت وبنفس المعدل . فإذا تم إرسال سلسلة من الحروف عبر أسلاك متوازية طويلة فإن الاختلافات في المعاوقة بين الأسلاك تؤدي إلى انهيار التزامن بين الخانات الثنائية ، كما يبين الشكل 8-6 .



شكل (8-5)



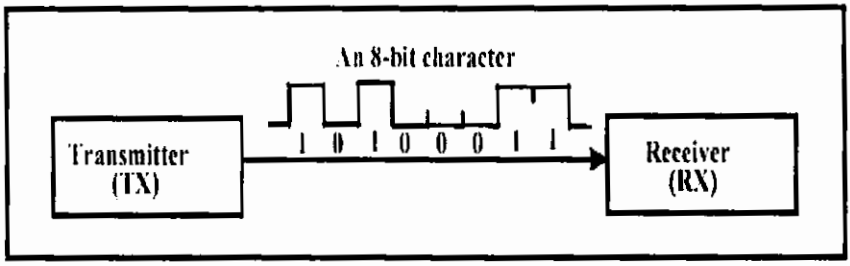
شكل (8-6)

وحتى يتم تجنب الأخطاء في النقل الناتجة عن انهيار تزامن الخانات الثنائية لابد من تقليل المسافة بين المرسل والمستقبل . ولذلك لا يستخدم النقل المتوازي إلا في نظم التحكم القريبة والتي تتطلب سرعات عالية . ومثال ذلك أن نقل البيانات على ممرات البيانات وممرات العناوين داخل المعالج الصغير يتم بطريقة متوازية . لكن نقل البيانات بين نظم التحكم مثل الحاسوب وأجهزة التحكم المبرمجة يتم على التوالي . ولذلك سيقتصر العرض في باقي هذا الفصل على النقل المتوالي للبيانات .

النقل على التوالي Serial Transmission

يتناول هذا الجزء النقل على التوالي بين المعدات و الأجهزة التي تستخدم المعالج الصغير . وربما يكون النقل على التوالي هو أقل أنواع الاتصال الكهربي تعقيداً في تنفيذه لأنه لا يحتاج سوى إلى سلك واحد فقط لنقل البيانات في اتجاه واحد وإلى سلكين اثنين فقط للنقل في الاتجاهين معاً . لكن الاتصال على التوالي يحتاج إلى دوائر منطقية إضافية للتحويل بين البيانات المتوازية والبيانات المتوالية لأن أكثر الحواسيب تجري عملياتها على البيانات المتوازية . وهذه الدوائر الإضافية ليست مطلوبة في الاتصال على التوازي . وبما أن الوصلات المتوالية قليلة التكلفة وسهلة التركيب فقد تم وضع مجموعة من البروتوكولات المعيارية لها (معايير التحكم في النقل) ، وأصبح هناك دوائر متكاملة متعددة قليلة التكلفة مبنية على هذه البروتوكولات .

في طريقة النقل على التوالي يتم إرسال الخانات الثنائية التي تمثل الحرف بعد تكويده ، خانة وراء خانة في قناة نقل واحدة (انظر الشكل 8-7) . وبذلك يكون النقل على شكل مجرى من الخانات الثنائية التي يجب على المستقبل أن يجمعها لتكوين الحروف (تكون في العادة مجموعات من ثماني خانات ثنائية) باستخدام دوائر متكاملة خاصة .



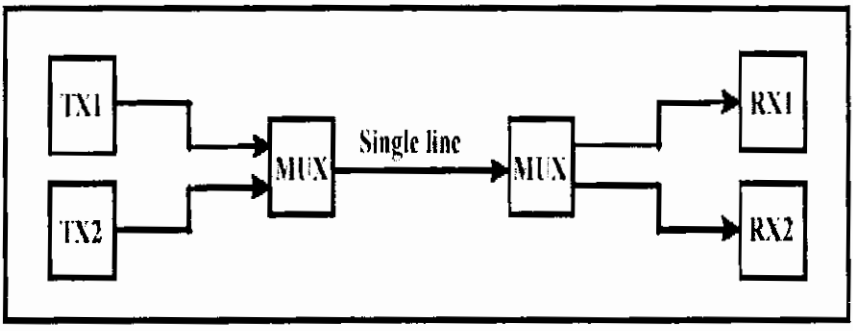
شكل (8-7)

والميزتان الأساسيتان للنقل على التوالي هما التكلفة المنخفضة والحد من مشاكل تزامن الخانات الثنائية . ويعتبر التحكم في سرعة النقل أمراً حساساً في النقل على التوالي . وهناك وحدة قياس شائعة لقياس سرعة نقل البيانات على التوالي ، هي عدد الخانات الثنائية في الثانية (bps) . ويتطلب النقل على التوالي عملية إجراء تزامن بين الخانات الثنائية . حيث تقوم دائرة تزامن عند المرسل بإرسال الخانات الثنائية على القناة بمعدلات ثابتة ، محددة حسب معدلات الاتصال . ومعدلات الاتصال المستخدمة في المعتاد هي 2.4 كيلو و4.8 كيلو 9.6 كيلو 19.2 كيلو ، ... الخ .

ويجب على المرسل أن يستخدم نفس المعدل الذي يستخدمه المستقبل . فمثلاً إذا كان حاسوب شخصي يقوم بإرسال البيانات على التوالي بمعدل 9600 خانة ثنائية في الثانية إلى جهاز تحكم مبرمج ، فإن وحدة الاتصال في جهاز التحكم المبرمج لابد أن يتم ضبطها على معدل 9600 خانة ثنائية في الثانية . ويستخدم تزامن الحرف لتحديد أي مجموعة من ثماني خانات متلاحقة تمثل حرفاً . ويجب على المستقبل أن يميز أول خانة ثنائية ويقوم بعد الخانات إلى أن تكتمل خانات الحرف . تستخدم عدة أشكال لتنفيذ تزامن الحرف في نقل البيانات . فمثلاً يتم أحياناً إحاطة الخانة الثمانية بخانات ثنائية خاصة لتحديد البداية والنهاية .

4-8 توزيع الإشارة Signal Multiplexing

من الممكن استخدام خط واحد لنقل أكثر من إشارة واحدة باستخدام توزيع الإشارة . وحتى يمكن فهم توزيع الإشارة فيجب أولاً تعريف مصطلح *عرض النطاق* . عرض النطاق يقوم بوصف قدرة قناة أو خط اتصال على حمل الإشارة . ويعرف عرض النطاق بأنه الفرق مقاساً بعدد الدورات في الثانية بين أقل تردد وأعلى تردد يمكن للقناة أن تتعامل معه دون حدوث فقد في الإشارة بدرجة محددة . ويمكن من خلال توزيع الإشارة أن يقوم خط واحد بإرسال الإشارات إلى أكثر من مستقبل وذلك من خلال تقسيم الخط . ويسمى الجهاز الذي يفعل ذلك الموزع MUX (انظر الشكل 8-8) .

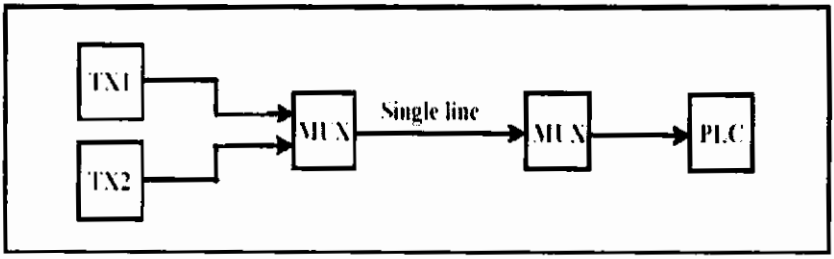


شكل (8-8)

وهناك عدة طرق شائعة الاستخدام في توزيع الإشارة ، مثل تقسيم التردد ، وتقسيم الزمن ، والتوزيع الإحصائي .

التوزيع بتقسيم التردد Frequency Division Multiplexing

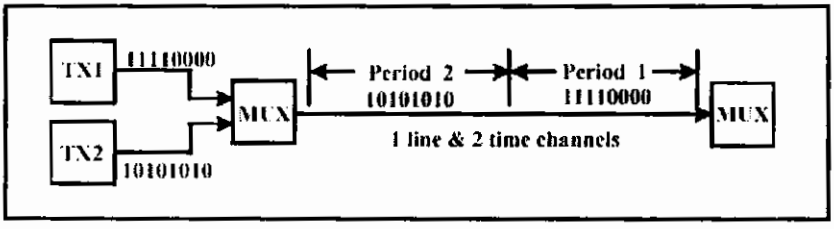
في هذه الطريقة يتم تخصيص تردد خاص محدد لكل قناة . وغالباً ما تستخدم طريقة تقسيم التردد لجمع عدة مصادر منخفضة السرعة في خط صوتي واحد . ويبين الشكل 8-9 تطبيقاً نموذجياً لاتصال يستخدم تقسيم التردد .



شكل (8-9)

التوزيع بتقسيم الزمن Time Division Multiplexing

تستخدم هذه الطريقة دورات زمنية لتخصيص أجزاء من القناة ولتقسيم عرض النطاق . وتظهر في الشكل 8-10 دورتان زمنيتان (دورة 1 ودورة 2) تستخدمان لتخصيص مقطع زمني خاص من مجرى البيانات لكل قناة .



شكل (8-10)

وفي هذه الطريقة من التوزيع لا يمكن لأي قناة أخرى أن تستخدم نفس المقطع الزمني ، مما يترتب عليه حدوث فقد في عرض النطاق عندما لا تقوم محطة ما بإرسال بيانات في مقطعها الزمني . لكن باستخدام هذه الطريقة يمكن أن يقوم خط نقل واحد بالتعامل مع عدة مجاري للبيانات . وتستخدم طريقة التوزيع بتقسيم الزمن لجمع عدد من عمليات نقل البيانات منخفضة السرعة عبر خط عالي السرعة .

التوزيع الإحصائي Statistical Multiplexing

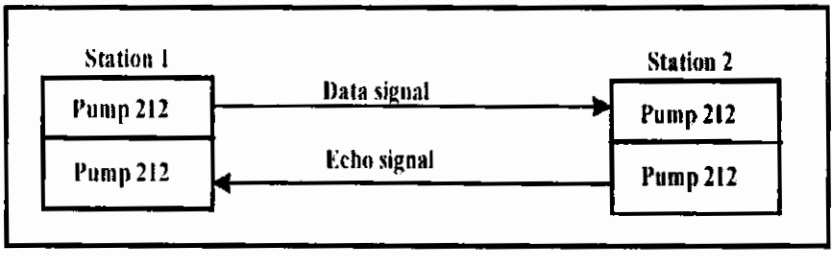
التوزيع الإحصائي هو تحسين لطريقة التوزيع بتقسيم الزمن يهدف إلى تقليل الفاقد في عرض النطاق أثناء قيام محطة بإرسال البيانات . وأحياناً تسمى هذه الطريقة المحسنة تركيز البيانات . وبصفة عامة تستخدم طريقة التوزيع الإحصائي عندما يوجد عدد كبير من طرفيات إرسال البيانات بالإرسال لفترات قصيرة أو متقطعة . فإذا زاد معدل إرسال الطرفيات فسوف يلاحظ أفراد التشغيل فترات تأخير طويلة ، ولذلك يجب الحذر عند استخدام هذه الطريقة .

8-5 كشف الأخطاء والتحكم فيها Error Control and Checking

إن كشف الأخطاء والتحكم فيها هي عملية يتم استخدامها لكشف أي عدم توافق بين البيانات المرسلة والمستقبلة في نظام الإرسال. وعندما تكتشف الأخطاء من جهة المستقبل فإما أن يتم تصحيحها أو إعادة إرسال البيانات مرة أخرى من المرسل ، والطرق الأكثر شيوعاً في التحكم في الأخطاء في نظم التحكم المبرمجة هي : فحص الصدى ، فحص المضاعفة الاحتياطية الرأسية (VRC) ، فحص المضاعفة الاحتياطية الطولية (LRC) ، فحص المضاعفة الاحتياطية الحلقية (CRC) .

فحص الصدى Echo Check

يستخدم فحص الصدى في نظم الإرسال ذات الاتجاهين (الشكل 8-11) لفحص دقة البيانات المرسلة . حيث يقوم المستقبل في المحطة رقم 2 بإعادة إرسال كل حرف تلقاه إلى محطة الإرسال الأصلية (المحطة رقم 1) . وتقوم المحطة رقم 1 بمقارنة بيانات الصدى مع البيانات التي سبق إرسالها . وتتولى عملية المقارنة دوائر إلكترونية داخل المرسل/المستقبل . وفي حالة اكتشاف خطأ في الإرسال يتم إعادة إرسال البيانات لعدد محدد من المرات للحصول على إرسال بدون أخطاء .



شكل (8-11)

فحص المضاعفة الاحتياطية الرأسية

Vertical Redundancy Check (VRC)

في هذه الطريقة يتم استخدام عملية فحص خانة التماثل لاكتشاف أي تغير في خانة واحدة . حيث يتم إضافة خانة ثنائية إلى كل حرف لتكوين عدد فردي أو عدد زوجي من الخانات الثنائية ذات القيمة واحد . وغالباً ما يقال عن خانات التماثل إنها للمضاعفة الاحتياطية لأنه من الممكن حذفها دون أي فقد في البيانات . وإذا تم استخدام التماثل الزوجي فإنه تتم إضافة خانة ثنائية قيمتها واحد إلى الحرف حتى يكون إجمالي عدد الخانات الثنائية من القيمة واحد زوجياً . فمثلاً الحرف A رمزه الثنائي في جدول ASCII هو 1000001 (انظر الجدول 8-1) . فإذا تم استخدام التماثل الزوجي فإنه تتم إضافة خانة ثنائية قيمتها واحد إلى مجموعة الخانات الثنائية قبل الإرسال (وبالتالي يصبح رمز A هو 11000001) . وإذا تم استخدام التماثل الفردي فإنه تتم إضافة خانة ثنائية قيمتها صفر إلى مجموعة الخانات الثنائية ، فيصبح رمز A هو 01000001 .

وعند استخدام VRC بالتماثل الزوجي فإن المستقبل يكتشف الخطأ في حالة وصول حرف به عدد فردي من الخانات الثنائية التي قيمتها واحد . وعندها يطلب المستقبل إعادة إرسال البيانات.

المثال رقم 8-1 يشرح مفهوم التماثل .

Bits	7 6 5	0 0 0	0 0 1	0 1 0	0 1 1	1 0 0	1 0 1	1 1 0	1 1 1
4321	HEX	0	1	2	3	4	5	6	7
0000	0	NUL	DLE	SP	0	@	P	`	p
0001	1	SOH	DC1	!	1	A	Q	a	q
0010	2	STX	DC2	"	2	B	R	b	r
0011	3	ETX	DC3	#	3	C	S	c	s
0100	4	EOT	DC4	$	4	D	T	d	t
0101	5	ENQ	NAK	%	5	E	U	e	u
0110	6	ACK	SYN	&	6	F	V	f	v
0111	7	BEL	ETB	'	7	G	W	g	w
1000	8	BS	CAN	(	8	H	X	h	x
1001	9	HT	EM	)	9	I	Y	i	y
1010	A	LF	SUB	*	:	J	Z	j	z
1011	B	VT	ESC	+	;	K	[	k	{
1100	C	FF	FS	,	<	L	\	l	|
1101	D	CR	GS	-	=	M	]	m	}
1110	E	SO	RS	.	>	N	^	n	~
1111	F	SI	US	/	?	O	-	o	DEL

جدول (8-1)

مثال 8-1

المطلوب : قم بإنشاء رموز ASCII مع استخدام التماثل الزوجي لكلمة stop الإنجليزية .

الحل : نقوم أولاً باستخراج الرمز الثنائي لكل حرف من حروف الكلمة من الجدول رقم 8-1 ، فنحصل على الجدول التالي :

Bits	7	6	5	4	3	2	1	Character
	1	0	1	0	0	1	0	S
	1	0	1	0	1	0	0	T
	1	0	0	1	1	1	1	O
	1	0	1	0	0	0	0	P

ثم نحسب عدد الخانات الثنائية التي قيمتها واحد لكل حرف . فإن كان العدد زوجياً فإننا نجعل خانة التماثل الثنائية تساوي صفراً حتى يتم الحصول على عدد زوجي من الخانات الثنائية التي قيمتها واحد . أما إن كان عدد الخانات الثنائية التي قيمتها واحد فردياً فإننا نجعل خانة التماثل الثنائية تساوي واحداً حتى يتم الحصول على عدد زوجي من الخانات الثنائية التي قيمتها واحد ، كما في الجدول التالي :

Bits	P	7	6	5	4	3	2	1	Character
	1	1	0	1	0	0	1	0	S
	1	1	0	1	0	1	0	0	T
	1	1	0	0	1	1	1	1	O
	0	1	0	1	0	0	0	0	P

فحص المضاعفة الاحتياطية الطولية

Longitudinal Redundancy Check (LRC)

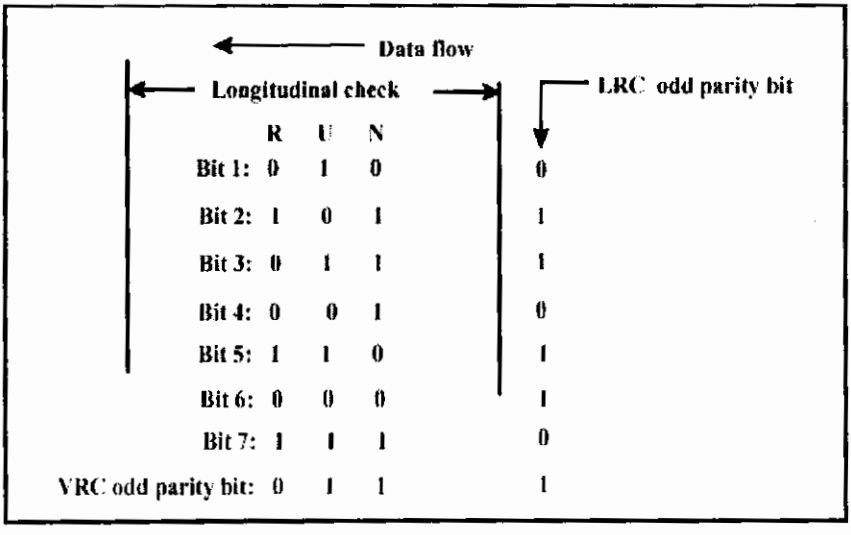
تسمى هذه الطريقة أيضاً حرف الفحص المقطعي block check character (BCC) ، ويتم في هذه الطريقة إجراء الفحص على خط أفقي كامل داخل مقطع من البيانات للبحث عن التماثل الزوجي أو الفردي . وتستخدم هذه الطريقة بالاشتراك مع طريقة فحص المضاعفة الاحتياطية الرأسية . ففي طريقة فحص المضاعفة الاحتياطية الرأسية حين يتم اكتشاف خطأ واحد فإنه لا يمكن تصحيحه إلا بإعادة إرسال البيانات .

أما عند استخدام طريقة LRC مع VRC فإن الخطأ في خانة ثنائية واحدة داخل مقطع كامل من البيانات لا يتم فقط اكتشافه بل يتم أيضاً تصحيحه عند الطرف المرسل دون الحاجة إلى إعادة الإرسال . ويؤدي هذه إلى زيادة سرعة الإرسال الإجمالية للنظام.

ولتوضيح طريقة فحص المضاعفة الاحتياطية الطولية لنفترض أننا نقوم بإرسال الكلمة الإنجليزية run باستخدام رموز ASCII وباستخدام التماثل الفردي ، كما هو مبين في الشكل 8-12 .

يبين الشكل 8-12 إرسال حرف بطريقة LRC مع استخدام التماثل الفردي . يتم تكوين الحرف بإضافة خانة تماثل ثنائية في نهاية المقطع الذي سيتم إرساله حتى يصبح عدد الخانات الثنائية التي قيمتها واحد فردياً لكل صف طولي من الخانات الثنائية . ثم يقوم المستقبل بحساب قيمة LRC للخانات الثمانية التي استقبلها ويقارن النتيجة مع حرف LRC المرسل . فإن لم يكونا متساويين

فإن خانة التماثل الرأسية ستحدد الخانة الثمانية الخاطئة ، ويحدد الـ LRC أي خانة ثنائية من الثمانية هي الخاطئة . ثم تقوم دوائر إلكترونية منطقية أو برمجيات عند المستقبل بتغيير قيمة الخانة الثنائية الخطأ إلى عكس قيمتها ؛ لتصحيح الخطأ . ولا يطلب المستقبل إعادة الإرسال إلا في حالة وجود أكثر من خطأ واحد في المقطع .



شكل (8-12)

مثال 8-2

المطلوب : احسب حروف VRC/LRC باستخدام التمثـل الفـردي لكلمـة pump الإنجليزية .

الحـل : نقوم أولاً باستخراج الرمز الثنائي لكل حـرف مـن حـروف الكلمـة مـن الجدول رقم 8-1 ، ونضع ذلك في جدول مستقل . ثم نحسب عدد الخانات الثنائية التي قيمتها واحد لكل حرف . فإن كان العدد فردياً فإننا نجعل خانة التماثل الثنائية (أي الخانة الثامنة) تساوي صفراً حتى يبقى عدد الخانات الثنائية التي قيمتها واحـد فردياً . أما إن كان عدد الخانات الثنائية التي قيمتها واحد زوجياً فإننـا نجعـل خانـة التماثل الثنائية تساوي واحداً حتى يتم الحصـول علـى عـدد فـردي مـن الخانـات الثنائية التي قيمتها واحد في كل مجري رأسي ، كما يظهر في الجدول 8-2 .

Word	P	U	M	P	LRC Parity
Bit 1	0	1	1	0	1
Bit 2	0	0	0	0	1
Bit 3	0	1	1	0	1
Bit 4	0	0	1	0	0
Bit 5	1	1	0	1	0
Bit 6	0	0	0	0	1
Bit 7	1	1	1	1	1
Vertical Parity Bit	1	1	1	1	0

جدول (8-2)

وفي النهاية نحسب عدد الخانات الثنائية التي قيمتها واحـد في كـل صـف لكـي نحصل على خانة التماثل الثنـائي الفـردي الخاصـة بفحـص المضـاعفة الاحتياطيـة الطولية (LRC) ، فإن كان عدد الخانات الثنائية التي قيمتها واحد فردياً فإننا نجعـل

خانة التماثل الثنائية الخاصة بـ LRC تساوي صفراً لكي يبقى عدد الخانات الثنائية التي قيمتها واحد فردياً في الصف الطولي . أما إن كان عدد الخانات الثنائية التي قيمتها واحد زوجياً فإننا نجعل خانة التماثل الثنائية الخاصة بـ LRC تساوي واحداً حتى يتم الحصول على عدد فردي من الخانات الثنائية التي قيمتها واحد في كل صف ، كما يظهر في الجدول 8-2 .

فحص المضاعفة الاحتياطية الحلقية

Cyclical Redundancy Check (CRC)

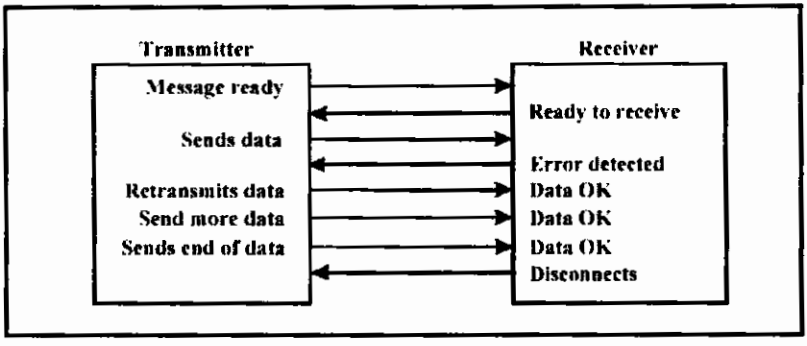
في هذه الطريقة يتم فحص الأخطاء في مقطع البيانات بأكمله . حيث يتم إرسال حرف فحص في نهاية كل مقطع . ويقوم المرسل بتحديد الحرف حسب البيانات التي سيتم إرسالها . ثم يقوم المستقبل بحساب قيمة CRC بناءً على مقطع البيانات المرسل ، ويقارنها مع قيمة CRC التي استقبلها . فإن لم يكونا متساويين فإن المستقبل يطلب إعادة إرسال المقطع السابق من الرسالة . أما إن كانا متساويين فإنه يفترض خلو البيانات من الأخطاء . وتعتبر طريقة فحص المضاعفة الاحتياطية الحلقية طريقة دقيقة جداً لاكتشاف أخطاء الإرسال . وهي أكثر الطرق شيوعاً في نظم التحكم المبرمجة .

8-6 بروتوكولات الاتصال Communications Protocols

بروتوكولات الاتصال هي مجموعة من القواعد التي تحكم و تحدد شكل ومواصفات الارسال بين جهازي اتصال . وهناك وظيفتان أساسيتان للبروتوكولات ، هما : المصافحة وتقويم الخط . أما المصافحة فتحدد إن كانت الدائرة تعمل و تؤكد أنها مستعدة لنقل البيانات . وأما تقويم الخط فيشمل العمليات التالية : 1- إرسال واستقبال المعلومات ، 2- إجراءات التحكم في الأخطاء ، 3- ترتيب مقاطع الرسالة ، 4- كشف الأخطاء .

ولتوضيح مفهوم بروتوكولات الاتصال ، يبين الشكل 8-13 مراحل تنفيذ تقويم الخط بين مرسل ومستقبل . وهناك طريقتان أساسيتان لتنفيذ تقويم الخط هما : طريقة غير متزامنة وطريقة متزامنة .

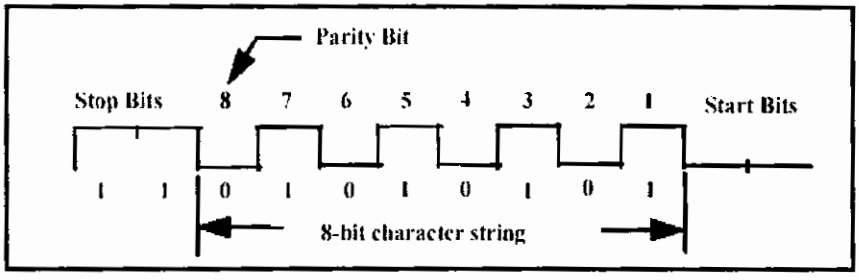
في الطريقة غير المتزامنة تظهر مقاطع متتابعة من البيانات في أزمنة عشوائية دون وجود أي تحكم في تسلسل الفترات الزمنية بين مقاطع البيانات . أما في الطريقة المتزامنة فيتم التحكم في تتابع مقاطع البيانات من خلال ميقات رئيسي بحيث يظهر كل مقطع بعد مرور فترة زمنية محددة .



شكل (8-13)

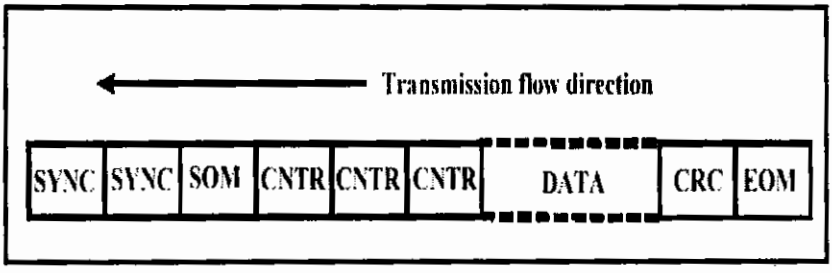
وتقوم أكثر النظم المتزامنة وغير المتزامنة بالتعامل مع البيانات على شكل أحرف كل منها يتكون من ثماني خانات ثنائية . وتتعامل النظم غير المتزامنة مع كل حرف على أنه رسالة مستقلة ، وبالتالي تظهر الأحرف في مجرى البيانات على فترات زمنية نسبية عشوائية . لكن داخل كل حرف يتم إرسال الخانات الثنائية الثمانية بمعدل ثابت محدد مسبقاً ، مثل 2400 خانة في الثانية أو 9600 خ/ ث أو 14.4 ألف خ/ ث أو 28.8 ألف خ/ ث أو 33.6 ألف خ/ ث . وبذلك يكون نظام الاتصال غير المتزامن متزامناً داخل حدود الحرف الواحد وغير متزامن بين الأحرف .

يبين الشكل 8-14 مثالاً لمجرى خانات ثنائية في عملية إرسال غير متزامن . وفي هذه العملية يتم تنفيذ تقويم الخط من خلال إحاطة كل حرف بخانتين ثنائيتين للبدء والإنهاء . خانة البدء الثنائية تكون قيمتها صفراً أو فراغاً وتكون خانة الإنهاء قيمتها واحداً أو علامة . والإرسال غير المتزامن له سرعات عشوائية ويستخدم دائماً بروتوكولات نصف مزدوجة .



شكل (8-14)

أما الاتصال المتزامن فيرسل الرسالة بأكملها في مرة واحدة ويستخدم تسلسلاً خاصاً من الأحرف لتنفيذ تقويم الخط . ويتضمن تسلسلاً محدداً من قبل للبدء والإنهاء ، ويعمل عادةً على سرعة 2400 خ/ث أو أعلى .ويبدأ التسلسل النموذجي بحرفي تزامن (syn) ، كما يبين الشكل 8-15 .



شكل (8-15)

في هذا الشكل ، يشير حرف بدء الرسالة (SOM) إلى بداية عملية نقل البيانات ، أما حرف التحكم فيقدم معلومات عن عملية نقل البيانات لجهاز

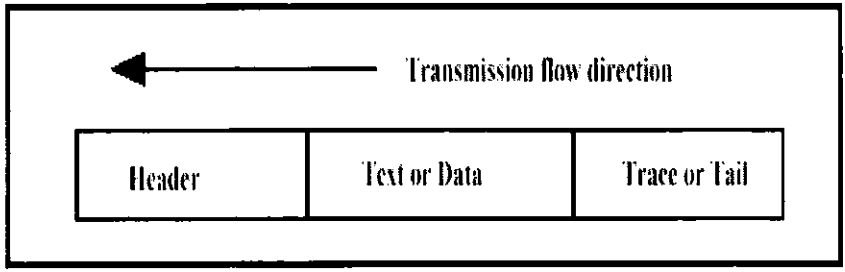
التحكم عند المستقبل . ومن الممكن أن تتفاوت أطوال البيانات ، ويأتي بعدها رموز كشف الأخطاء ، والتي تتبع عادة طريقة CRC . ويرمز حرف إنهاء الرسالة (EOM) إلى نهاية عملية إرسال البيانات . ويتم استخدام طريقتين في تقويم الخط هما البروتوكول نصف المزدوج والبروتوكول تام الازدواج. البرتوكول نصف المزدوج يتيح إتمام الإرسال في اتجاه واحد فقط ، وعند استخدام دائرة نصف مزدوجة مكونة من سلكين فلابد أن تقوم المحطتان بإجراء تحويل تلقائي بين عمليتي الإرسال والاستقبال . أما في دائرة تامة الازدواج تستخدم أربعة أسلاك فإن كل محطة لها دائرة إرسال واستقبال خاصة بها ، ولكن لا يمكن إجراء الإرسال والاستقبال في نفس الوقت . البروتوكول تام الازدواج يسمح بعمليات إرسال في الاتجاهين في نفس الوقت. وإن كان الخط المستخدم في الإرسال لا يمكنه العمل بالطريقة تامة الازدواج ، يتم الرجوع إلى الطريقة نصف المزدوجة .

8-7 الإرسال المتزامن على التوالي

يعتمد الإرسال المتزامن على تجميع البيانات وبروتوكول التحكم في باقة أو تشكيلة هيكلية محددة مسبقة . حيث تقوم هذه التشكيلة بإبلاغ الحاسوب أو الجهاز الآخر بما يجب فعله مع الرسالة وكيفية تنفيذ ذلك .

وتحتوي الرسالة على حقل واحد أو أكثر من البيانات . وتتضمن كل تشكيلة للرسالة في عملية إرسال متزامنة ثلاثة أجزاء أساسية : مقطع الاستهلال ، ونص الرسالة ، ومقطع التتبع أو الختام ، كما يبين الشكل 8-16 . مقطع الاستهلال هو الذي يبدأ باقة الرسالة وهو الذي يساعد المرسل والمستقبل في أن يعملا بشكل متزامن . وبشكل عام يحتوي هذا المقطع على أحرف تحدد محطات الإرسال أو الاستقبال ويحدد اتجاه البيانات . أما مقطع النص فيحتوي على البيانات المطلوب

إرسالها ويتكون من مقطع واحد أو عدة مقاطع . أما مقطع التتبع أو الختام فيتكون من أحرف تشير إلى إنهاء الإرسال .



شكل (8-16)

بروتوكولات الاتصال المتزامن على التوالي

تستخدم البروتوكولات المختلفة تشكيلات مختلفة للبيانات ولعملية التحكم . ويمكن تعريف بروتوكول الاتصال بأنه عدد محدد من القواعد التي تضبط تشكيلة المدخلات والمخرجات وعملية التحكم فيها بين جهازي نقل بيانات . وفي نظام نقل بيانات معياري ، يقوم البرتوكول بضبط ما يلي : التحكم في الخط ، إحاطة البيانات ، التحكم في الخطأ ، التحكم في التسلسل . أما التحكم في الخط فيستخدم لتحديد محطة الإرسال ومحطة الاستقبال المشتركين في عملية اتصال نصف مزدوجة . وعملية التحكم في الخط مطلوبة أيضاً في الدائرة متعددة النقاط (وهي دائرة تربط ثلاث نقاط أو أكثر على خط واحد مشترك) . أما عملية الإحاطة فتحدد أي مجموعة من ثماني خانات ثنائية هي الحروف وأي مجموعة من الحروف هي الرسائل . وتتولى عملية التحكم في الخطأ اكتشاف الأخطاء في الإرسال باستخدام عمليات متنوعة من فحص المضاعفة الاحتياطية ، وتعمل على تصحيح الرسائل الخاطئة . أما عملية التحكم في التسلسل فإنها تقوم بترقيم الرسائل لاستبعاد التكرار ولتجنب فقد البيانات . وتقوم أيضاً بتحديد الرسائل التي يعاد إرسالها .

وهناك ثلاثة بروتوكولات أساسية لنقل البيانات على التوالي هي الأكثر شيوعاً في هذه الأيام :

1- BISYNC (الاتصالات الثنائية المتزامنة) وهو بروتوكول قديم مستخدم في أجهزة شركة آي بي إم .

2- DDCMP (بروتوكول الاتصال للرسائل ذات البيانات الرقمية) وهو بروتوكول يستخدم بشكل رئيسي في أجهزة شركة ديجيتال إكويبمنت كوربوريشن (DEC) .

3- HDLC (عملية التحكم في ربط البيانات على مستوى عالٍ) ، وقد يكون هذا البروتوكول هو الأكثر استخداماً .

وسينحصر النقاش فيما يلي عن بروتوكول BISYNC وبروتوكول HDLC لأنهما الأكثر استخداماً في أنظمة التحكم المبرمجة . ولقد تم تطوير بروتوكول HDLC من معيارين سابقين هما ADCCP (الإجراء المتقدم للتحكم في اتصالات البيانات) وSDLC (عملية التحكم في الربط المتزامن للبيانات) . ونظراً لوجود تشابه كبير بين البروتوكولات الثلاثة فسيقتصر العرض فقط على بروتوكول HDLC . لكن سنبدأ أولاً بمناقشة البروتوكول BISYNC .

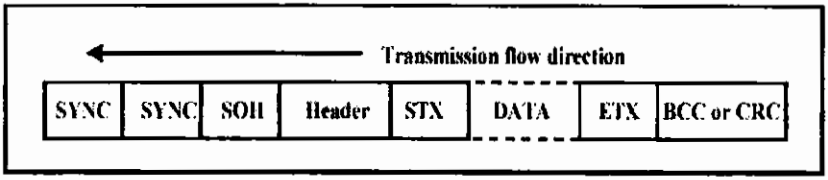
البروتوكول BISYNC

كما سبق ذكره فإن اسم هذا البرتوكول يشير إلى الاتصالات الثنائية المتزامنة . وهو بروتوكول نصف مزدوج موجه لنقل الأحرف . وهذا البرتوكول له تشكيلة صارمة جداً تستخدم أحرفاً خاصة (إما أحرف ASCII أو أحرف EBCDIC ومعناها الرمز العشري الموسع لتبادل المعلومات المحولة بطريقة ثنائية) لتحديد الحقول المختلفة في الرسالة وللتحكم في عمليات البروتوكول . ويبين الشكل 8-17 رسالة تستخدم هذا البروتوكول ، وتتكون من الأجزاء التالية :

1- حرفا تزامن اثنان أو أكثر (SYNC) ، 2- بدء الاستهلال (SOH) ،

3- الاستهلال ، 4- بدء النص (STX) ،

5- إنهاء النص (ETX) ، 6- مقطع تتبع أو ختام (CRC) .



شكل (8-17)

أما أحرف التزامن (SYNC) فتستخدم في تحقيق التزامن السليم بين المرسل والمستقبل . ويختلف عدد أحرف التزامن حسب تطبيقات وشبكات الاتصال المختلفة . أما بدء الاستهلال (SOH) فهو حرف للتحكم في الشكل يتم إرساله قبل الاستهلال مباشرة لتحديد أحرف التحكم في الرسالة . والاستهلال هو حرف اختياري يحتوي على اتجاه الرسالة أو درجة أولويتها . أما بدء النص (STX) فهو حرف خاص للتحكم في التشكيلة ويتم إرساله قبل أول حرف من الرسالة ، وهو يشير إلى أن الحروف التالية هي المعلومات المطلوب إرسالها . وأما النص فهو بالطبع البيانات التي يتم إرسالها . وأما مقطع إنهاء الإرسال (ETB) فهو حرف للتحكم في التشكيلة يشير إلى نهاية النص وبداية التتبع أو الختام (CRC) . ويستخدم هذا المقطع عادة في تحديد نهاية مقطع النص . وأما إنهاء النص (ETX) فهو أيضاً حرف خاص للتحكم في التشكيلة يشير إلى نهاية مقطع النص وبداية التتبع أو الختام (CRC) . وأما التتبع أو الختام (CRC) فيقوم باكتشاف وتصحيح أخطاء الإرسال . ويعتمد على رمز البيانات المستخدم ، سواء ASCII أو EBCDIC ، وهو يحتوي على حرف واحد لفحص المقطع أو مجموعة من الفحوصات . إن كان مقطع التتبع أو الختام يستخدم ASCII فإنه يتم إجراء فحص VRC/LRC . أما إن

كان الإرسال يستخدم EBCDIC فعادة لا يتم إجراء فحص VRC/LRC ، وإنما يتم حساب CRC للرسالة بأكملها . ويعتبر بروتوكول BISYNC بروتوكولاً بسيطاً ، لكن هناك مجموعة من المشاكل التي تجعله معقداً . فمثلاً تعطي تشكيلة هذا البروتوكول معنى خاصاً لحرف ETX . فإن كانت مقطع بيانات الرسالة (أو مقطع التحكم) هي نفسها تحتوي على هذا الحرف فسيتم تفسير ذلك بطريقة خاطئة . فمثلاً لو حدث أن البيانات بها مجموعة من ثماني خانات ثنائية لها نفس رمز ASCII مثل حرف ETX ، فإن هذا الحرف من البيانات سيضلل المستقبل ويقوده إلى تنفيذ إجراء إنهاء النص رغم أن هناك أحرف أخرى لا تزال موجودة في مقطع الرسالة . ولكي يتم تصحيح هذه المشكلة لابد أن يعمل البروتوكول على تمييز أنماط البيانات بطريقة خاصة . وتسمى القدرة على التعامل مع أحرف التحكم إما على أنها معلومات للتحكم أو على أنها البيانات الفعلية بشفافية البيانات .

ويستخدم BISYNC حرف التحكم DLE (الخروج عن ربط البيانات) لتحقيق هذه الشفافية . فإن كان هناك رمز تحكم يجب اعتباره أنه بيانات فإنه يسبق بحرف DLE . وبمعنى آخر إذا وصل الحرف DLE إلى المستقبل فهذا يعني تحذيراً له بأن يتعامل مع الحرف التالي على أنه بيانات عادية وليس حرف تحكم . وفي الواقع فإن استخدام حرف DLE هو أمر أكثر تعقيداً مما ذكر ، بسبب وجود اعتبارات أخرى . فمثلاً للمحافظة على التزامن في حالة خلو طابور الإرسال من البيانات ، فإن البروتوكول ينص على إجراء إرسال آلي لرموز تزامن ، ويقوم المستقبل بإهمال هذه الرموز .لكن قد يتم إرسال رمز تزامن بين حرف DLE وحرف الحكم الذي يليه . وفي هذه الحالة فإن المستقبل مجبر على التعامل مع رمز التزامن على أنه نفسه بيانات عادية وليس على اعتبار أن الحرف التالي هو البيانات . وبالتالي فإن المرسل لا يمكنه إرسال حرف تزامن بعد حرف DLE. ويجب على المرسل أن يقوم

بوضع حرف DLE في الطابور ثم يقوم بإرسال حرف التزامن إلى أن يصبح حرف DLE وحرف البيانات المرتبط به جاهزان للإرسال .

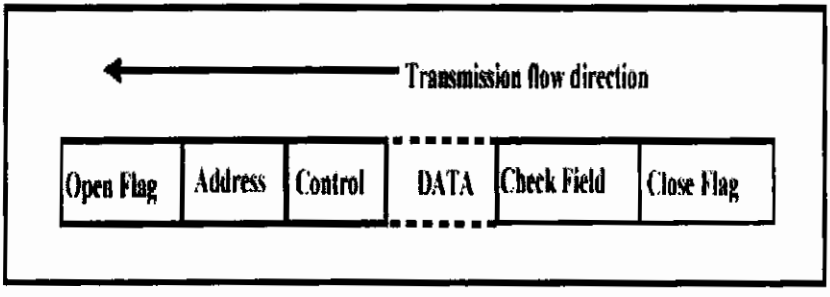
وإن لم يكن الحفظ المؤقت متاحاً ، فإن المرسل يجب عليه أن يرسل حرف DLE ويظل بعد ذلك معطلاً . ويجب عليه في فترة التعطل هذه أن يقوم بإرسال حرفي DLE و SYNC ، وسيقوم المستقبل بإهمالهما . ويجب أيضاً ملاحظة أن الحرف DLE هو نفسه إذا ظهر في البيانات فإنه يجب التعامل معه بنفس طريقة التعامل مع الحرف ETX ، أي يجب وضع حرف DLE (آخر) قبله ، لأن حرف DLE له دلالة خاصة وبالتالي لا يمكن إرساله وحده ضمن البيانات . وسوف يوضح المثال 8-3 البروتوكول BISYNC .

بروتوكول HDLC

الخاصية الرئيسية في بروتوكول HDLC هي أنه يفتتح ويغلق كل رسالة بأحرف بدء التشكلية وإنهاء التشكيلة (اعلام) . ويبين الشكل 8-18 رسالة نموذجية تستخدم بروتوكول HDLC .

وهي تتكون من ستة أجزاء محددة :

1- علم الافتتاح ، 2- خانة ثمانية للعنوان ، 3- خانة ثمانية للتحكم ،
4- حقل البيانات ، 5- حقل الفحص ، 6- علم الإغلاق .



شكل (8-18)

ويتكون علم الافتتاح دائماً من نفس الخانات الثنائية الثمانية : 01111110 ، وتستخدم للإشارة إلى بدء في الإرسال . ولا يتكرر أبداً هذا التسلسل من الخانات الثنائية خلال الرسالة بأكملها إلى أن يظهر علم الإغلاق.

أما خانة العنوان الثمانية فهي عنوان المرسل في رسالة الأوامر وعنوان المستقبل في رسالة الرد . وتتكون خانة العنوان الثمانية من ثماني خانات ثنائية ، وبالتالي فإن هذا يسمح بالتعامل مع 256 عنواناً . لكن في الحالات المعتادة يتم التعامل مع 16 عنواناً فقط لأن بعض الخانات الثمانية يتم اسخدامها لوظائف أخرى .

وتتكون خانة التحكم الثمانية من ثماني خانات ثنائية وتحتوي على الأوامر أو الرد . أما حقل البيانات فمن الممكن أن يحتوي على أي عدد من الخانات الثمانية التي تعتبر هي البيانات الفعلية . وغالباً ما يستخدم حقل البيانات طريقة EBCDIC أو ASCII أو BCD أو رموز ثنائية عادية . أما حقل الفحص فهو يأتي بعد البيانات وقبل راية الإغلاق . ويتكون من حرف فحص المضاعفة الاحتياطية الحلقية (CRC) ويتولى كشف الأخطاء وأحياناً يقوم بتصحيحها أثناء الإرسال .

مثال 8-3

قم بتجميع مجرى الخانات الثنائية المطلوب لإرسال M 10N باستخدام رمز ASCII بالتماثل الفردي وبروتوكول BISYNC . افترض أن رمز الاستهلال هو 00000001 للمحطة رقم 1 ، وقم بالاستغناء عن رمز الفحص (BCC أو CRC) في نهاية الإرسال .

الحل : يتم تحديد الخانات الثنائية لأحرف الرسالة باستخدام رموز ASCII من الجدول 8-1 ، ونجد أنها :

SYNC = 00010110, SOH = 00000001, STX = 00000010,
M = 11001101, 1 = 00110001, space = 00100000, 0 = 01001111,
N = 11001110, ETX = 10000011

سنراجع فيما يلي وظائف CRC : يقوم المرسل بإرسال القيمة المحسوبة إلى المستقبل ، ويقوم المستقبل من جهته بحساب القيمة ومقارنتها مع القيمة الواردة من المرسل . فإن كانا متساويين فإنه يفترض أن تكون البيانات خالية من الأخطاء ، أما إن كانا غير متساويين فإن المستقبل يرفض استقبال الرسالة ويطلب إعادة إرسالها .

أما راية الإغلاق فهي آخر خانة ثمانية في الإرسال وتتكون من مجموعة خانات ثنائية مشابهة في قيمها لراية الافتتاح . وهي تقوم بإنهاء الرسالة وابتداء الرسالة التالية ، إن وجدت .

ونظراً للطبيعة المتزامنة لهذا البروتوكول ، فإن هذا الأمر يجبر المرسل على تجهيز البيانات في ذاكرة مؤقتة قبل بدء الإرسال . فإن لم تكن البيانات جاهزة فالنتيجة أن المرسل لن يجد بيانات يرسلها في الوقت المناسب للإرسال . وإن حدث ذلك فالنتيجة أن النظام سيقوم بإلغاء المقطع المرسل بأكمله ، لأن بروتوكول HDLC لا يسمح بوجود حرف تعطيل داخل مقطع ما . والرمز المخصص للإلغاء هو ثماني خانات ثنائية كل منها قيمته واحد .

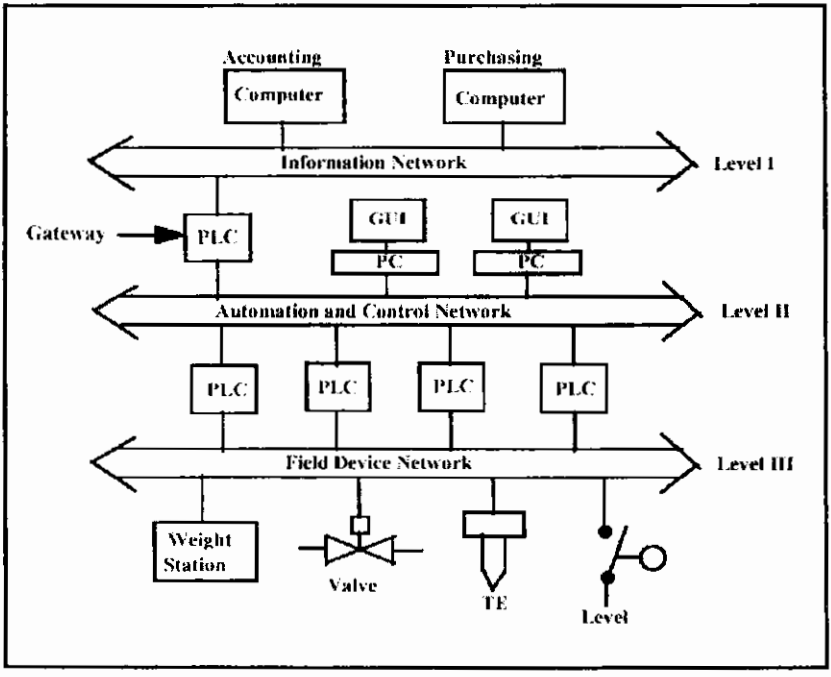
8-8 الشبكات المحلية Local Area Networks

الشبكة المحلية هي نظام لإرسال البيانات يملكه ويشغله المستخدم، وتتواجد هذه الشبكة داخل مبنى واحد أو بضعة مبانٍ مرتبطة معا. والشبكات المحلية تتيح لعدد كبير ومتنوع من الأجهزة أن تتبادل كميات كبيرة من البيانات بسرعات عالية خلال مسافات محدودة . وتقوم الشبكات المحلية بتوصيل أجهزة الاتصال الموجودة داخل مبنى واحد مثل الحواسيب وأجهزة التحكم المبرمج وأجهزة التحكم في العمليات والطرفيات والطابعات ووحدات التخزين .

وتتيح الشبكات المحلية للحاسبات المتجاورة أن تتبادل فيما بينها موارد البيانات وموارد الملحقات الإلكترونية وموارد البرمجيات. وكمثال من الممكن أن تقوم إحدى

وحدات التصنيع بتوصيل حاسبات التحكم في العمليات الصناعية بالحاسوب المركزي الخاص بإدارة المشتريات ، وذلك من أجل تسريع عملية طلب المواد الخام .

يبين الشكل 8-19 شبكة محلية تقليدية في وحدة صناعية . تتكون هذه الشبكة من ثلاث مستويات ولكل مستوى نوع خاص من الشبكات . المستوى الأعلى (المستوى الأول) وهو الخاص بشبكة المعلومات التي تستخدمها مجموعات مثل إدارة الحسابات وإدارة المشتريات . تستخدم هذه الشبكة أعلى سرعات الاتصال (10 مليون خانة ثنائية في الثانية وأكثر) لأنها يجب أن تتعامل مع كميات ضخمة من البيانات والمعلومات . المستوى المتوسط من الشبكة (المستوى الثاني) يستخدم في عمليات التحكم الآلي والتحكم في المباني الصناعية . وبصفة عامة تكون سرعة هذا المستوى أبطأ من المستوى الأعلى السابق لأن معدلات انتقال بيانات التحكم في الآلات والعمليات أبطأ من المعدلات السابقة . أما المستوى الأدنى (المستوى الثالث)

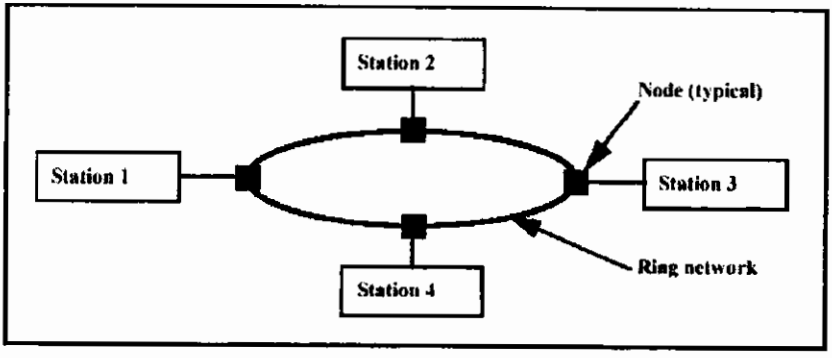


شكل (8-19)

فيستخدم لربط أجهزة التحكم المبرمجة بالمعدات الموضوعة في مواقع العمل الخارجية، مثل معدات قياس الوزن وقياس التدفق وقياس الضغط وقياس المستوى ومفاتيح التحويل .

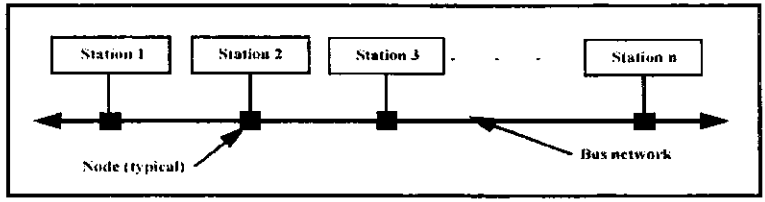
خرائط الشبكة المحلية LAN Topologies

الخرائط شائعة الاستخدام الخاصة بالشبكة المحلية ثلاثة : الخريطة الحلقية ، والخريطة الخطية ، والخريطة النجمية . يوضح الشكل 8-20 نموذجاً خريطة حلقية تعمل باستخدام وسيط نقل ذي اتجاه واحد . لكن أكثر الشبكات التي تستخدم الخريطة الحلقية تعمل في اتجاهين حتى تنتقل الرسائل بأفضل فعالية . وفي هذا النوع من الخرائط تقرر كل عقدة في الشبكة إن كانت ستتسلم الرسالة أو ستمررها كما هي . وهذا الأسلوب يسهل تنفيذه .



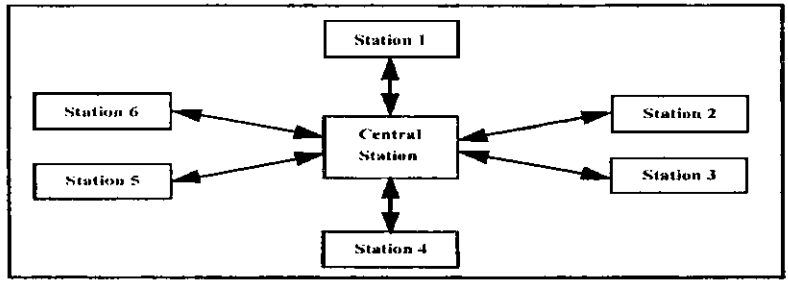
شكل (8-20)

أما الخريطة الخطية والمبينة في الشكل 8-21 فتحتاج إلى وسيط بث عام يسمح بانتقال الإشارة إلى جميع المحطات طوال الوقت . حيث تستقبل جميع المحطات كل الرسائل ، حتى إن كانت لا تتعامل إلا مع بعض الرسائل فقط . وميزة هذا الأسلوب هي أن المحطات لا تقوم بتوجيه الرسالة لأن الخريطة الخطية تستخدم وسيط بث عام . وهذا النوع من الخرائط هو الأكثر استخداماً في التحكم في العمليات .



شكل (8-21)

أما الخريطة النجمية والمبينة في الشكل 8-22 فهي بشكل عام لا تسمح في المرة الواحدة إلا لمحطة واحدة فقط بالاتصال مع المحطة المركزية . لكن يسمح للمحطة المركزية أن ترسل رسائل إلى عدة محطات في وقت واحد . وفي هذه النوع من الخرائط يتم توجيه الرسائل بمنتهى السهولة لأن المحطة المركزية متصلة بمسار مادي حقيقي مع كل محطة . ودرجة الأمان في هذا النوع عالية لأن المحطة المركزية هي التي تتحكم في الاتصال بالشبكة . وهناك ميزة أخرة في هذا النوع وهي إمكانية تحديد درجات صلاحية لبعض المحطات .



شكل (8-22)

بروتوكولات الشبكة المحلية LAN Protocols

لقد سبق لنا أن قمنا بتعريف بروتوكول الاتصال بأنه مجموعة من القواعد التي تتحكم في عمليات الاتصال . ومن بين أهم وظائف بروتوكول الشبكة المحلية هي التحكم في الاتصال بالشبكة . لأن عدم تحقيق هذا التحكم يؤدي إلى حدوث فوضى إذا حدث في أي لحظة أن ارتفع معدل تنقل البيانات أكثر من مستوى محدد .

البروتوكولات المعيارية للشبكة المحلية هي : بروتوكول التصويت *polling* ، وبروتوكول تمرير العلامة *token passing*، وبروتوكول الاتصال المتعدد الحساس لحالة الناقل/ اكتشاف التصادم *carrier sense multiple access/collision detect* (CSMA/CD) .

في بروتوكول التصويت تقوم محطة رئيسية باختيار إحدى المحطات الأخرى على الترتيب ثم تسمح للمحطة المختارة بإجراء اتصالات خلال فترة زمنية محددة . والعيب الأساسي في هذا البروتوكول هو أن كل محطة تظل معطلة إلى أن تختارها المحطة الرئيسية . ويناسب هذا البروتوكول الشبكات المحلية من النوع الخطي أو النجمي ، لكنه لا يستخدم كثيراً بسبب إبقاء المحطات معطلة معظم الوقت .

أما بروتوكول تمرير العلامة فيعمل على أساس تمرير علامة إلكترونية رمزية من محطة إلى أخرى . وتستطيع كل محطة الإبقاء على العلامة في حوزتها لمدة محددة مسبقاً من الزمن ، ثم تمررها بعد ذلك . والمحطة الحائزة للعلامة هي صاحبة الحق في إجراء الاتصال .

أما بروتوكول الاتصال المتعدد الحساس لحالة الناقل/ اكتشاف التصادم (CSMA/CD) فإنه يسمح لكل المحطات أن تحاول إجراء الاتصال متى شاءت . فمثلاً عندما تريد محطة أن ترسل رسالة فإنها تقوم أولاً بالإنصات لتتبين إن كان هناك محطة أخرى تقوم بالإرسال (وهذا هو المقصود بـ الإحساس بحالة الناقل) . وعندما تكتشف المحطة قناة خالية فإنها تقوم بإرسال البيانات . فإذا اكتشفت محطتان قناة خالية وقامتا بالإرسال في نفس الوقت فسيقع تصادم . وعندها يقوم الجزء الخاص باكتشاف التصادم في البروتوكول بإبلاغ كلتا المحطتين أن الاتصال لم يتم ، وبناءً على ذلك تنتظر المحطتان لفترة زمنية تحدد عشوائياً وتحاول كل منهما بعدها إعادة الإرسال .

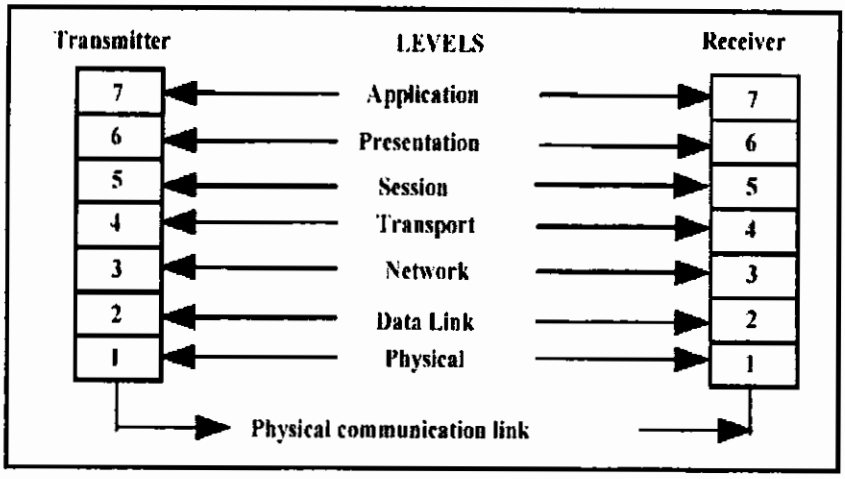
8-9 الهيكل المعياري للشبكة

Standard Network Architecture

لا يمكن إجراء اتصالات لنقل البيانات بين الحواسيب والشبكات إلا إذا التزمت الحواسيب بمجموعة عامة من القواعد التي تتحكم في العتاد (hardware) والبرمجيات . ومن الأساسيات الأولية عند تصميم نظام حاسوبي أن يتم اتباع منهج معياري أو هيكل لتصميم التعامل مع الشبكة ولتعريف العلاقة بين خدمات الشبكة ووظائفها . ولقد أدركت المنظمة الدولية للمعايرة (أيزو ISO) وجود احتياج لوضع معايير تتحكم في تبادل البيانات بين الشبكات وداخل الشبكات وعبر الحدود الجغرافية . وقاموا بوضع معيار لاقى قبولاً واسعاً على شكل نموذج لهيكل شبكة يتكون من سبع طبقات ويعرف باسم نموذج أيزو للربط المفتوح للأنظمة ISO model for Open System Interconnection (OSI).

وهذا الأسلوب المبني على الطبقات في تصميم الشبكة (نموذج ISO/OSI) يرجع في عمقه إلى تصميم نظم التشغيل . فنظراً لأن أكثر نظم التشغيل معقدة ، فإنه يتم تصميمها على شكل قطاعات يقوم كل منها بوظيفة محددة . وهذه الطريقة في التصميم تسهل إجراء تحسينات وتعديلات على أي جزء بشكل مستقل عن الأجزاء الأخرى حتى يؤدي وظيفته . وفي النهاية يتم ربط هذه الطبقات بشكل متكامل لتكوين نظام تشغيل جاهز للعمل.

وهذه الطريقة نفسها يمكن استخدامها لتصميم نظام شبكي . حيث يقوم نموذج ISO/OSI بتحديد مستوى هرمي من الطبقات المستقلة ؛ وتحتوي كل طبقة على جزئيات تقوم بأداء وظائف محددة . ويحتوي نموذج ISO/OSI على سبع طبقات متميزة عن بعضها عند كل من المرسل والمستقبل ، ولابد أن تتم الاتصالات من خلال هذه الطبقات ، كما يبين الشكل 8-23 .



شكل (8-23)

وفيما يلي وصف لوظيفة كل طبقة في نموذج ISO/OSI :

1- الطبقة المادية وهي تحدد المتطلبات الكهربية والميكانيكية لإتمام الربط مع الوسيط المادي حتى يتم إرسال المعلومات . وعند استخدام هذه الطبقة فلابد أن تحتوي على البرنامج المناسب لكل أداة اتصال ، بالإضافة إلى العتاد ، مثل جهاز التوصيل ، والوصلات ، وأجهزة المودیم ، وأسلاك التوصيل.

2- طبقة ربط البيانات وهي تقوم بإجراء اتصال خالي من الأخطاء بين محطات الشبكة من خلال قناة مادية . وتقوم هذه الطبقة بتشكيل الرسائل بهدف إرسالها ، وتقوم بفحص مصداقية واكتمال البيانات التي تم استقبالها ، وتتحكم في الاتصال مع المحطة وتتحكم في استخدامها ، وتضمن تسلسل المعلومات المرسلة .

3- طبقة تحكم الشبكة وهي تستخدم لتحديد عناوين الرسائل ، وتحديد المسار بين المحطات ، وتوجيه الرسائل بين المحطات الوسيطة ، وضبط تدفق البيانات بين المحطات .

4- طبقة النقل وهي تتحكم في الاتصال بين الطرفين فور أن يتم تحديد المسار . وهي تضمن للنظام أن يتم تبادل البيانات بطريقة متسلسلة ومضمونة . ولا يتاح عادة للمستخدم أن يتحكم في عمل هذه الطبقة .

5- طبقة اللقاء وهي تعمل على تنظيم التحاور أثناء الاتصال وتقوم بإدارة عملية تبادل البيانات . ولا يتاح عادة للمستخدم أن يتحكم في عمل هذه الطبقة ، كما هو الشأن أيضاً في الطبقتين السادسة والسابعة .

6- طبقة العرض وهي تؤدي مهاماً لها علاقة بتمثيل البيانات وتحويل الرموز .

7- طبقة التطبيقات وهي تؤدي مهاماً لها علاقة بسرعة نقل البيانات والمحافظة على مصداقية البيانات واكتمالها .

ويقع تنفيذ تطبيقات الاتصال لعملياتها خارج حدود نموذج ISO/OSI . وعادة ما يوجد تطبيق في جهة المرسل وتطبيق آخر جهة المستقبل . ومن الأمثلة النموذجية لهذه التطبيقات تنفيذ العمليات الحاسوبية التي يحتاج فيها المستخدم أن يعمل من خلال طرفية أو التي يحتاج فيها برنامج أن يقوم بتنفيذ بعض الأوامر .

8-10 معايير عتاد الاتصال على التوالي

Serial Hardware Standards

تعمل معايير عتاد الاتصال على التوالي على توفير التوافق المادي والكهربي بين المعدات التي تقوم بالاتصال . فمثلاً لابد أن يكون هناك تماثل بين فتحات الاتصال والموصلات في حجم وشكل وتوزيع نقاط التوصيل . وكذلك لابد أن يكون هناك اتفاق بين دوائر الإرسال والاستقبال على طريقة توليد الإشارات وطريقة تمييزها . معايير أداة الربط على التوالي هي المسئولة عن متطلبات الاتصال الخاصة بالطبقة المادية ، ومن بين هذه المعايير : EIA232 و RS-422 و RS-485 والدائرة ذات تيار 20 ميللي أمبير .

مؤسسة الصناعات الإلكترونية Electronics Industries Association (EIA) هي المسئولة عن وضع المعايير المادية والكهربية في الولايات المتحدة الأمريكية . وتوجد الكثير من معايير الاتصال المختلفة نظراً لوجود الكثير من الأغراض والوظائف المطلوبة .

وغالباً ما يستخدم مصطلح **أداة الربط على التوالي** *serial interface* أو **أداة الربط** *interface* فقط بمعنى معيار مادي وكهربي محدد مرتبط بجهاز محدد . فمثلاً عندما يقال إن جهاز تحكم مبرمج له أداة ربط على التوالي من نوع EIA232 فإن المقصود هو أن أداة الربط هي دائرة كهربية تسمح جهاز التحكم المبرمج بالاتصال بجهاز آخر . وهذه الدائرة الكهربية والبرنامج المرتبط بها كلاهما مسئولان عن توفير الخصائص المادية والكهربية الخاصة بالطبقة الأولى في نموذج ISO/OSI ، ومسئولان كذلك عن وظائف الطبقة السابعة . ومن ناحية أخرى فعندما يشار إلى أداة ربط من نوع EIA232 فالمقصود ببساطة هو فتحة التوصيل أو الموصل .

معيار RS-232

هذا المعيار هو أحد أكثر معايير الربط على التوالي شيوعاً اليوم . وهو يقدم تعريفات لعدد من الخصائص المادية والكهربية . أكثر الموصلات من نوع EIA232 يكون بها 25 نقطة توصيل وتكون على شكل حرف D . ولكل نقطة (أو خط بيانات) وظيفة محددة . وفي هذا المعيار عندما تكون قيمة فرق الجهد أعلى من +3 فولت فإن هذا يعبر عن الرقم الثنائي 'واحد' ، وعندما تكون قيمة فرق الجهد أقل من -3 فولت فإن هذا يعبر عن الرقم الثنائي 'صفر' .

ومن الممكن في هذا المعيار تحقيق معدل نقل بيان يصل إلى 25 ألف خانة ثنائية في الثانية ، لكن لا يتعدى طول السلك بين جهازين مسافة خمسين قدماً . وهذا المعيار يعمل بطريقة السيد/ التابع ، وهذا معناه وجود محطة رئيسية تتحكم في محطة فرعية واحدة أو أكثر . وأحياناً يستخدم مصطلح 'الربط غير المتزن' للتعبير عن اتصالات مبنية على معيار EIA232 .

معيار RS-422

يختلف هذا المعيار عن معيار EIA232 في أنه يقوم على الربط المتزن للاتصالات . وهذا المعيار يستخدم خطي اتصال ، الخط أ والخط ب ، وكلا الخطين يقوم بالإرسال والاستقبال . وتحدد قيمة فرق الجهد لإشارة البيانات بناءً على قيمة الفرق في الجهد بين الخطين التي تحس بها دوائر الربط الإلكترونية .

وهذا المعيار أسرع بكثير من معيار EIA232 ؛ حيث تصل معدلات الإرسال إلى 10 مليون خانة ثنائية في الثانية . ومن الممكن لأداة التوصيل أن توفر 32 فتحة عبر الشبكة . وأطوال الأسلاك هي أيضاً أطول بكثير من معيار EIA232 ؛ حيث

تصل إلى 4000 قدم . ويرجع هذا إلى أن الفروق في الجهد وليس قيمة الجهد هي التي تحدد القيمة الرقمية للإشارة هل تساوي واحداً أو تساوي صفراً .

معيار RS-485

يعتمد هذا المعيار على الإحساس بالمعاوقة وليس الجهد . وبشكل مماثل لمعيار RS-422 ، فإن هذا المعيار يمكنه العمل على مسافات تصل إلى 4000 قدم ، ويستطيع التعامل مع عدد من أجهزة التوصيل يصل إلى 32 . أما القواعد المحددة للأسلاك في هذا المعيار فهي صارمة جداً . فمثلاً لابد أن تكون جميع الوصلات مستقطبة ، ولابد من المحافظة على حد أدنى للمسافة بين السلك ومصادر الكهرباء . وإذا تقاطعت أسلاك الكهرباء مع الأسلاك التي تعمل بهذا المعيار ، فلابد أن تكون زاوية التقاطع مساوية لـ 90 درجة . ويتمتع هذا المعيار بحصانة ضد التشويش أعلى من المعيارين EIA232 أو RS-422 .

معيار الدائرة ذات تيار 20 ميللي أمبير

هذا المعيار شائع الاستخدام جداً في نظم التحكم الصناعية . ويتم في هذا المعيار إبقاء شدة التيار عند قيمة 20 ميللي أمبير في خط الاتصالات على التوالي . وتحدد قيمة الواحد المنطقية وقيمة الصفر المنطقية على أساس فتح وإغلاق دائرة التيار بين المعدات في الشبكة . عندما يكون التيار سائراً في السلك فهذا يشير إلى قيمة الواحد المنطقية ، وعندما يكون التيار منقطعاً فهذا يشير إلى قيمة الصفر المنطقية . وبما أن شدة التيار تبقى دائماً عند قيمة 20 ميللي أمبير فإن هذا يلغي تأثير المقاومة (أي يلغي تأثير طول السلك) . وبالتالي فمن الممكن الوصول إلى مسافات بعيدة في الشبكة .

INTERFACE COMPARISON

	RS-232	RS-422	RS-485
Type of transmission line	Unbalanced	Differential	Differential
Maximum No. of Drivers	1	1	32
Maximum No. of receivers	1	10	32
Maximum Cable length, feet.	50	4000	4000
Maximum Data rate	20 Kb/s	10 Mb/s	20 Mb/s