جَامعة المَنارة
MANARA UNIVERSITY

كلية الهندسة
قسم هندسة الميكاترونيكس

مقرر شبكات الحاسوب

د. غزوان علي ريّا

محاضرات الأسبوعين الرابع والخامس
الفصل الأول 2024-2025

الوحدة الثالثة

الشبكات المحلية LANs

تعريف -الشبكة المحلية Local Area Network (LAN):

هي شبكة حواسيب يجري تصميمها لتخديم مسافة جغرافية محدودة كبناء أو حرم.

- مع أنه يمكن استخدام الشبكة المحلية داخل مؤسسة ما بشكل معزول لتحقيق المشاركة على الموارد إلا أنه يجري وصل غالبية الشبكات المحلية الحالية إلى الشبكات الواسعة أو إلى الإنترنت.

لقد عرفت الأسواق أنواع عدة من الشبكات المحلية مثل الإيثرنت Ethernet والحلقة ذات العلام Token Ring والممر ذو العلام Token Bus وشبكات الألياف الضوئية FDDI وشبكات النقل غير المتزامن ATM LAN .

بقي بعض هذه الشبكات حي لفترة من الزمن إلا أن شبكة إيثرنت بقيت هي التقانة المهيمنة حتى وقتنا هذا.

- سنخصص هذه الوحدة لشبكة إيثرنت التي شهدت تطوراً ملحوظاً ممثلةً بأربعة أجيال خلال العقد الأخير من الزمن اقتضتها الحاجة إلى مواكبة حركة ومتطلبات السوق غير أن المفاهيم الرئيسة لشبكة إيثرنت بقيت نفسها.

1. معايير IEEE

بدأت، خلال عام 1985 منظمة المعيرة IEEE مشروع أطلقت عليه اسم Project 802 مهمته وضع المعايير التي تسمح بربط تجهيزات من موردين مختلفين.

لم يكن الهدف من هذا المشروع استبدال النموذج المرجعي OSI وإنما كُلِف بتوصيف وظائف الطبقة الفيزيائية وطبقة وصلة المعطيات للبروتوكولات المستخدمة ضمن الشبكات المحلية.

يبين الشكل العلاقة بين النموذج المرجعي OSI ومعايير IEEE 802

. معايير IEEE للشبكات المحلية .

لاحظ أن معهد IEEE قسم طبقة وصلة المعطيات إلى طبقتين جزئيتين:

التحكم بالوصلة المنطقية Logical Link Control (LLC)
والتحكم بالولوج إلى الوسيط Media Access Control (MAC).

قام معهد IEEE أيضاً بتعريف طبقات فيزيائية مختلفة لكل نوع من أنواع الشبكات المحلية.

1.1التحكم بالوصلة المنطقية LLC

تزود هذه الطبقة الجزئية بروتوكولاً وحيداً للتحكم بطبقة وصل المعطيات من أجل جميع الشبكات المحلية،

بعكس التحكم بالولوج إلى الوسيط المتعلق بالشبكة المحلية. يساعد توحيد LLC في تسهيل عملية ربط شبكات محلية مختلفة فيما بينها وذلك لأنه يخفي جميع الاختلافات الموروثة من طبقة MAC.

تتمثل العمليات الأساسية التي تقوم بها طبقة LLC في التأطير والتحكم بالأخطاء وبالتدفق.

نحتاج إلى هذا النوع من التحكم ضمن الشبكات المحلية المعزولة لكن عندما نستخدم طبقات عليا مثل TCP/IP فلا تعود هناك حاجة لهذا النوع من التحكم.

2.1 التحكم بالولوج إلى الوسيط MAC

تعرف طبقة MAC الجزئية طرق التحكم بالوسيط لكل نوع من أنواع الشبكات المحلية.

فشبكة إيثرنت تستخدم بروتوكول التنصت على الحامل مع الولوج المتعدد وكشف التصادم Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) بينما تستخدم الحلقة ذات العلام طريقة أخرى تتمثل بمرور علام على الشبكة والمحطة التي تمتلك العلام تستطيع الإرسال.

تقوم أيضاً هذه الطبقة الجزئية بمعالجة جزء من وظائف التأطير.

2. إيثرنت المعيارية

جرى تعريف شبكة إيثرنت عام 1976 ضمن مخابر شركة Xerox شهدت إيثرنت، منذ ذلك الحين، أربعة أجيال وهي :

- أيثرنت المعيارية العاملة بسرعة 10 Mbps
- إيثرنت السريعة العاملة بسرعة 100 Mbps
- الجيغابت إيثرنت العاملة بسرعة 1 Gbps
- 10 جيغا إيثرنت العاملة بسرعة 10 Gbps

1.2 طبقة MAC الجزئية

تقوم هذه الطبقة، في إيثرنت المعيارية، بالتحكم بالولوج إلى الوسيط وتأطير المعطيات المستقبلة من الطبقات العليا تمهيداً لنقله إلى الطبقة الفيزيائية.

1. بروتوكول CSMA/CD

يطلب هذا البروتوكول من كل محطة التنصت إلى وسيط النقل (اختبار حالة وسيط النقل) قبل أن تقوم بالإرسال فإذا كان يوجد محطة أخرى تستخدم وسيط النقل (أي أنه توجد إشارات على وسيط النقل) فإن المحطة المتنصتة تؤجل عملية الإرسال ريثما تنتهي المحطة المرسلة من وسيط النقل.

في حال وجدت محطتان تتنصتان على وسيط النقل في نفس اللحظة فإن تلك المحطتين سوف ترسلان في نفس الوقت وتتصادم الإشارتان مع بعضهما البعض وهذا ما يسمى بالتصادم Collision

الذي يمكن أن يحدث أيضاً في حال بدأت إحدى المحطات بالإرسال لكن أول بت مرسل لم يصل بعد إلى المحطة المتنصتة (لاحظ أن سرعة انتشار الإشارات هي من مرتبة سرعة الضوء أي 3×10^8 m/s) التي سوف ترسل أيضاً ويحدث التصادم.

- لذلك يطلب بروتوكول CSMA/CD من كل محطة مراقبة وسيط النقل أثناء فترة الإرسال للتأكد من نجاح الإرسال. في حال عدم نجاح الإرسال فإنه يجب على المحطة إعادة الإرسال بعد انتظار زمن عشوائي.

- **الطول الأصغري لإطار إيثرنت:** حتى يعمل بروتوكول CSMA/CD بشكل جيد فإننا نحتاج إلى تحديد الطول الأصغري للإطار وذلك لأنه يجب على أي محطة أن تكتشف التصادم قبل أن تنتهي من إرسال آخر بت فتتوقف عن الإرسال وذلك لأنها لا تتنصت على الحامل بعد انتهاء الإرسال.

أو بشكل آخر، إذا نجحت أي محطة من إرسال آخر بت دون أن تتحسس حدوث أي تصادم فإنها تعتبر أن الإرسال قد نجح فتحذف الإطار من الذاكرة وتنتقل إلى الإطار التالي.

بناء على ما سبق، فإن زمن إرسال الإطار Tfr يجب أن يكون على الأقل ضعف زمن الانتشار الأعظمي Tp.

لنفترض أن المحطتين المتورطتين في التصادم تقعان في طرفي الكابل (أكبر مسافة ممكنة بينهما) لذلك يلزم الإشارة لتصل من المحطة الأولى إلى الثانية زمناً قدره Tp وعندما يقع التصادم فإنه يلزمنا أيضاً Tp ثانية لتصل إشارة التصادم إلى المحطة الأولى؛ أي أنه يجب على المحطة الأولى أن تكون قيد الإرسال بعد مضي 2 x Tp ثانية.

مثال 1

لتكن لدينا شبكة تستخدم بروتوكول CSMA/CD مزودة بعرض حزمة قدره 10 Mbps فإذا اعتبرنا أن الزمن الأعظمي للانتشار (شاملاً جميع أنواع التأخير ضمن الأجهزة المختلفة) هو 25.6 µs احسب الطول الأصغري للإطار.

الحل :

زمن نقل الإطار هو :

$$Tfr = 2 \times Tp = 51.2\ \mu s$$

هذا يعني أنه في أسوء الحالات فإن أي محطة تحتاج لأن ترسل لفترة 51.2 µs على الأقل حتى تستطيع اكتشاف التصادم.

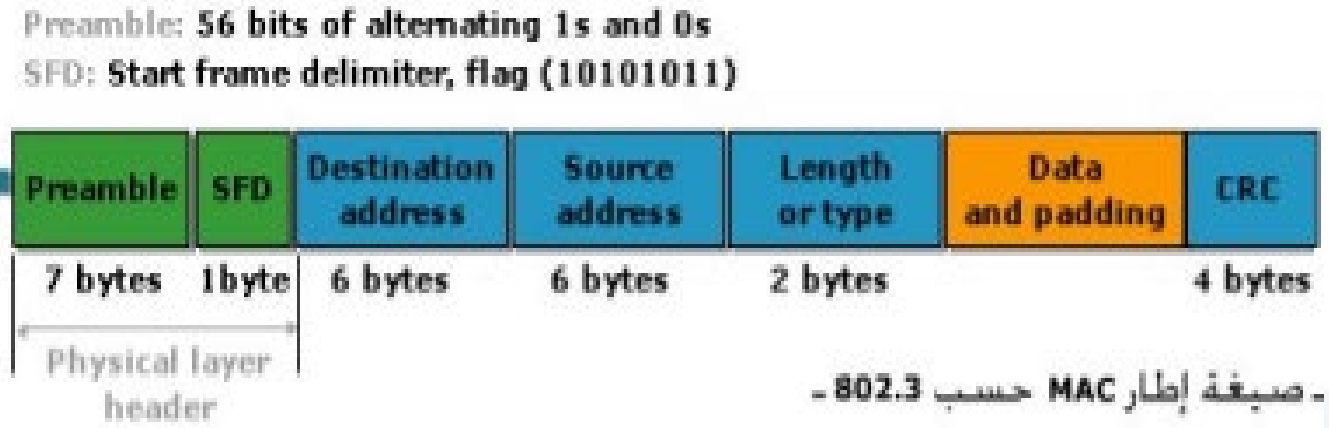
الطول الأصغري للإطار :

$$10 \times 10^6 \times 51.2 \times 10^{-6} = 512 \text{ bits } (64 \text{ bytes})$$

هذا هو الطول الأصغري الحقيقي لإطار إيثرنت التقليدية.

صيغة الإطار Frame Format

يبين الشكل التالي صيغة إطار إيثرنت.



- صيغة إطار MAC حسب 802.3 -

لا تؤمن إيثرنت أية آلية لإقرار استلام الأطر الأمر الذي يجعلها غير موثوقة إلا أنه يمكن الاعتماد على الطبقات العليا لتحقيق الوثوقية المطلوبة.

- **الممهد Preamble** هو عبارة عن سبعة بايتات مؤلفة من واحدات وأصفار متعاقبة تستخدم لتحذير المحطة المستقبلة إلى الإطار القادم وتمكنها من مزامنة مؤقتها الزمني مع مؤقت المحطة المرسلة.
- **محرف تحديد بداية الإطار Start Frame Delimiter (SFD)** وهو عبارة عن بايت واحد (10101011) يدل على بداية الإطار. عندما يكون المستقبل متزامناً مع المرسل فإنه من الممكن أن يضيع بعض البتات فتصبح الطريقة الوحيدة لاكتشاف بداية الإطار هي بوجود واحدين متعاقبين.

- **عنوان الوجهة Destination Address (DA):** وهو عبارة عن 6 بايتات يحوي على العنوان الفيزيائي للمحطة الوجهة أو المحطات الموجه إليها الإطار.
- **عنوان المصدر Source Address (SA):** وهو يتألف أيضاً من 6 بايتات ويحوي على العنوان الفيزيائي للمرسل.
- **الطول أو النوع Length or Type:** استخدمت إيثرنت الأصلية هذا الحقل للدلالة على نوع بروتوكول الطبقة العليا الذي يستخدم الإطار. أما معايير IEEE فتستخدم هذا الحقل للدلالة على الطول أو عدد البايتات الموجودة ضمن حقل المعطيات.
- **المعطيات Data:** يحوي هذا الحقل المعطيات المغلفة من بروتوكول الطبقة العليا. يجب أن تكون المعطيات ضمن المجال (46 bytes –1500 bytes)
- **اختبار التكاملية CRC:** معلومات خاصة باكتشاف الأخطاء حيث يتم استخدام CRC-32

- **طول الإطار :**

يعود سبب تحديد الطول الأصغري لإطار إيثرنت إلى حاجة بروتوكول CSMA/CD الذي يتطلب إطاراً ذو طول 64 بايت مع الترويسة واللاحقة.

وبما أن الترويسة واللاحقة، دون حقل Preamble and SFD يشغلان 18 بايتاً فيصبح الطول الأصغري للمعطيات هو 46 بايت.

فإذا كانت المعطيات القادمة من الطبقة الأعلى أقل من 46 بايت فيجب إضافة حشوة Padding لملئ الفراغ.

أضف إلى ذلك أن المعايير تحدد الطول الأعظمي للإطار، بدون Preamble and SFD بـ 1518 bytes فإذا حذفنا منها 18بايت فيبقى لدينا 1500 bytes تشكل الطول الأعظمي للمعطيات القادمة من الطبقة العليا.

2.العنونة Addressing

تحوي كل محطة مربوطة إلى شبكة إيثرنت بطاقة شبكة Network Interface Card (NIC) تمتلك كل بطاقة شبكة عنوان فيزيائي مكون من 6 بايتات تكتب كالمثال التالي:

06 : 01 : 02 : 01 : 2C : 4B

لاحظ أن كل جزء من العنوان السابق يمثل بايتاً واحداً مكتوباً بالترميز الست عشري.

3.العناوين وحيدة الوجهة ومتعددة الوجهات والمعممة

يكون عنوان المصدر دائماً وحيد الوجهة Unicast وذلك لأن الإطار يأتي دائم من محطة واحدة فقط.

أما بالنسبة لعنوان الوجهة فيمكن أن يكون وحيد الوجهة أو متعدد الوجهات Multicast أو معمم Broadcast.

يمكن التمييز بين هذه الأنواع المختلفة عن طريق البت الأقل دلالة Least Significant bit من البايت الأول (إلى اليسار) لعنوان الوجهة: **فإذا كانت قيمة البت 0 فالعنوان وحيد الوجهة وإذا كانت القيمة 1 فالعنوان متعدد الوجهات**. كما هو موضح في الشكل التالي:

العناوين وحيدة الوجهة و متعددة الوجهات.

يعرف العنوان وحيد الوجهة مستقبل وحيد أي أن العلاقة بين المرسل والمستقبل هي علاقة واحد إلى واحد.

أما العنوان متعدد الوجهات فهو يعرف مجموعة من المستقبلين وتصبح العلاقة بين المرسل والمستقبل هي علاقة واحد إلى مجموعة.

بالنسبة لعنوان التعميم (أو العنوان المعمم) فهو حالة خاصة من العنوان متعدد الوجهات حيث يكون المستقبلون هم جميع المحطات الموجودة على الشبكة وتكون جميع بتات العنوان مساوية (All ones) 1.

تمرين

عرف نوع عناوين الوجهات التالية :

4A : 30 : 10 : 21 : 10 : 1A

47 : 20 : 1B : 2E : 08 : EE

FF : FF : FF : FF : FF : FF

يجب الانتباه هنا إلى أن إرسال البايتات يجري من اليسار إلى اليمين (بايتاً بايتاً) وبالنسبة لكل بت داخل البايت فيجري من اليمين إلى اليسار (البت الأقل دلالة أولاً).

لذلك فإن البايت 4A يرسل أولاً في الحالة الأولى كما يجري إرسال بت تحديد نوع العنوان ضمن هذا البايت أولاً.

مثال

بين تسلسل إرسال العنوان :

47 : 20 : 1B : 2E : 08 : EE

على وسيط النقل

الحل

← 11100010 00000100 11011000 01110100 00010000 01110111

4.الطبقة الفيزيائية

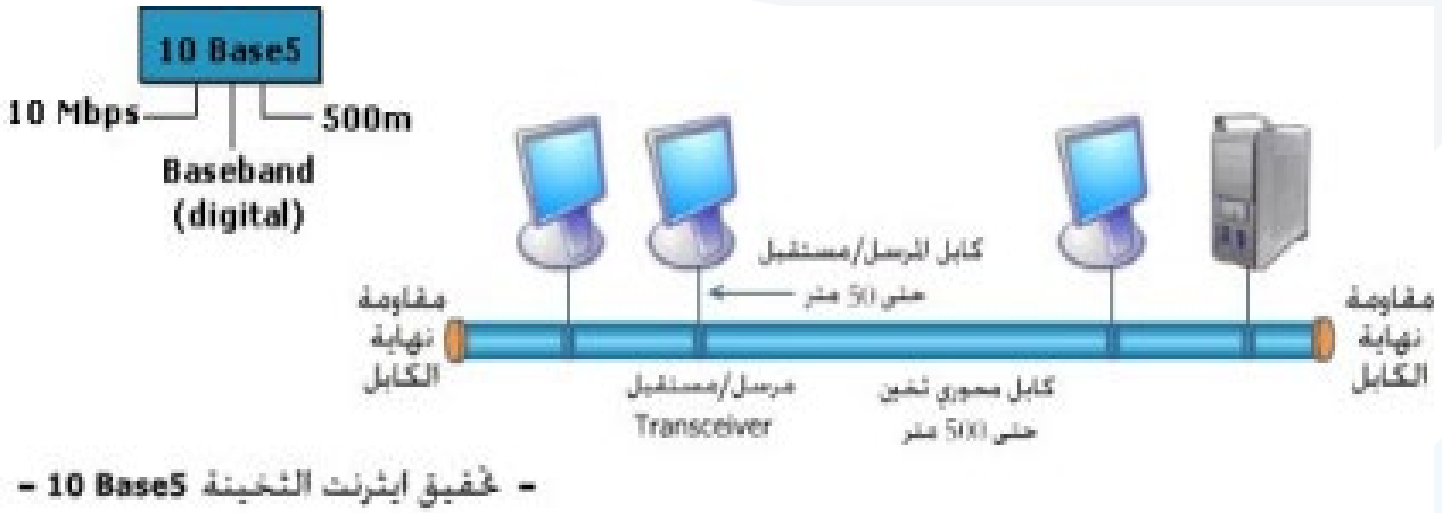
تعرف معايير إيثرنت أنواعاً عدة للطبقة الفيزيائية، سنناقش أهم أربعة منها وهي:

10Base5

10Base2

10Base-T

10Base-F



- تحقيق إيثرنت الثخينة 10 Base5 -

- **إيثرنت الثخينة 10 Base 5**

تعود التسمية إلى ثخانة الكابل المستخدم لتحقيقها. لقد كانت شبكة إيثرنت الثخينة أول شبكة إيثرنت تستخدم طبولوجية ممرية مع مرسل /مستقبل Transceiver خارجي يتم ربطه عن طريق فرعة Tap إلى كابل محوري ثخين.

يبين الشكل مخططاً لهذا النوع من الشبكات.

تتمثل مسؤولية المرسل/ مستقبل في النقل والاستقبال واكتشاف التصادم.

يجري وصل المرسل/مستقبل على محطة عن طريق كابل خاص بالمرسل/مستقبل يؤمن مسارين منفصلين للإرسال وللاستقبال،

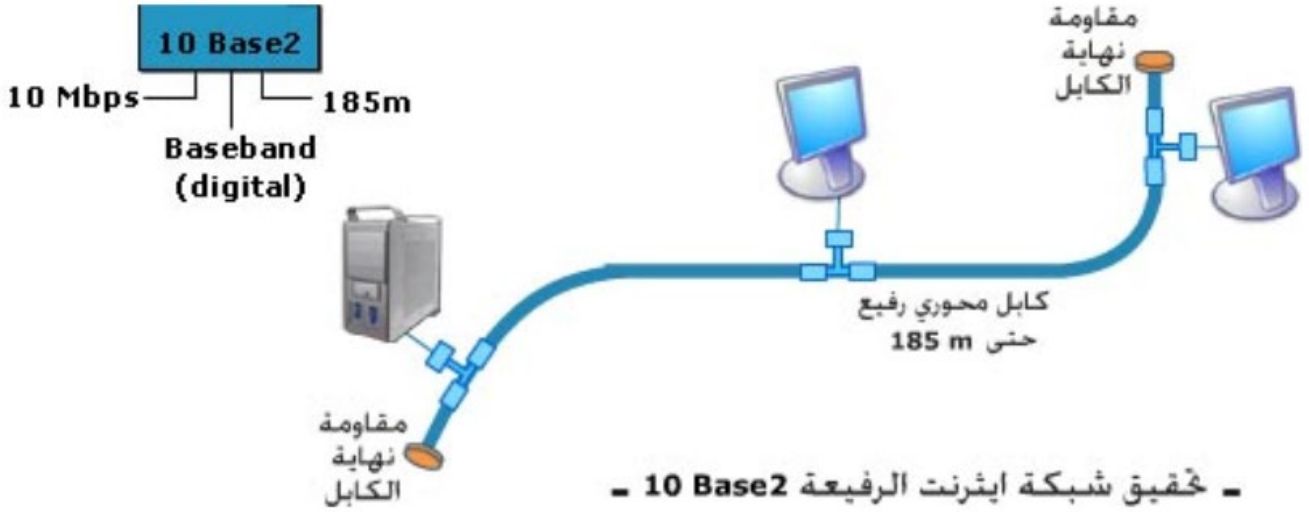
مما يعني أن التصادمات يمكن أن تقع على الكابل المحوري فقط.

يجب أن يزيد طول الكابل المحوري عن 500 متر وإلا فإن الإشارات ستتشوه نتيجة للتخامد.

غير أنه من الممكن استخدام 4 مكررات (أو 5 مقاطع شبكة) على الأكثر مما يوسع قطر الشبكة إلى 2500 متر.

• إيثرنت الثخينة 10 Base 2

تستخدم إيثرنت الرفيعة أيضاً الطبولوجية الممرية لكن الكابلات المحورية تكون أقل ثخان وأكثر مرونةً لذلك يمكننا ثنيها بحيث تستطيع المرور بالقرب من المحطات. يصبح، في هذه الحالة المرسل/مستقبل جزءاً من بطاقة الشبكة الموضوعة ضمن المحطة. يبين الشكل التالي مخططاً لهذا المعيار.

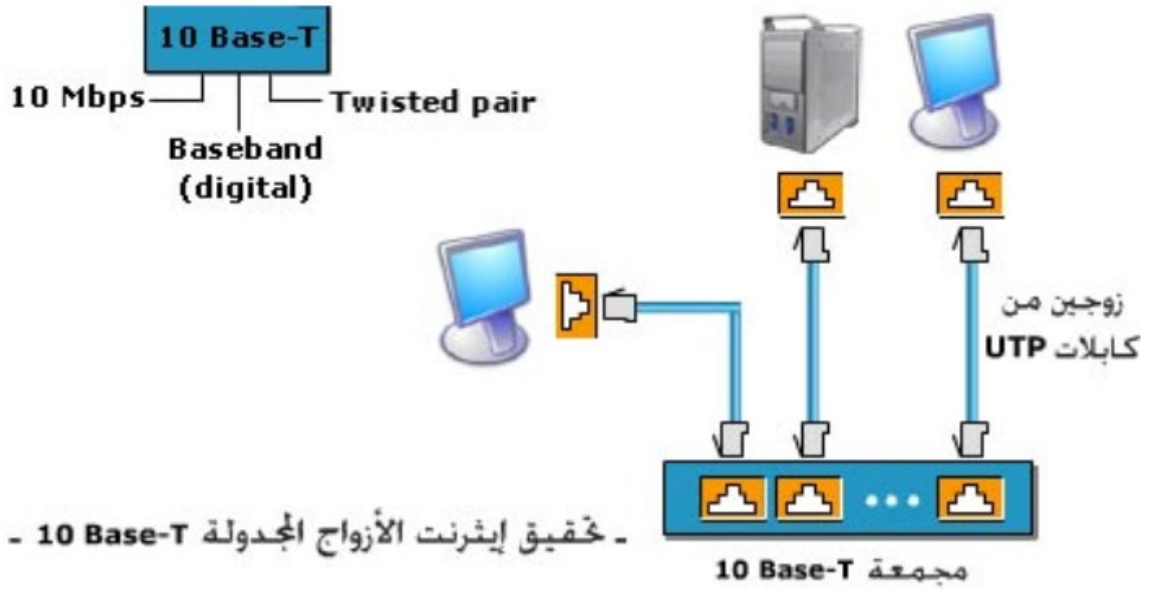


- تحقيق شبكة ايثرنت الرفيعة 10 Base2

يعتبر تحقيق هذا النوع من الشبكات أقل كلفةً من النوع السابق وتمديده أسهل. لكن طول الكابل ينخفض إلى 185 متر بسبب مستوى التخامد الكبير الذي يعاني منه.

• إيثرنت لأزواج المجدولة 10Base-T

يستخدم هذا النوع من شبكات إيثرنت طبولوجية نجمية حيث يجري ربط جميع المحطات إلى مجمعة مركزية Hub باستخدام زوجين مجدولين كما هو موضح في الشكل التالي.



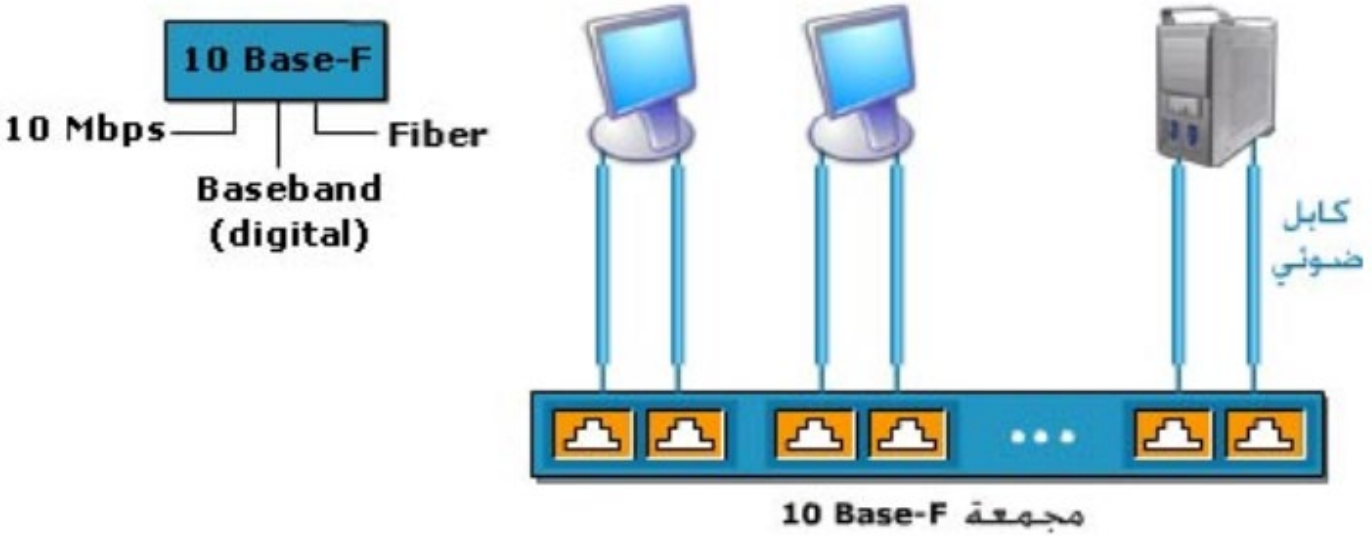
- تحقيق إيثرنت الأزواج المجدولة 10 Base-T -

لاحظ أن الزوجين المجدولين يشكلان مسارين (الأول للإرسال والثاني للاستقبال) بين المحطة والمجمعة؛ لذلك فإن التصادمات تحدث ضمن المجمعة.

يحدد طول الأزواج المجدولة بين أي محطة وبين المجمعة بـ 100متر لتقليل أثر التخامد قدر الإمكان.

إيثرنت الضوئية F-Base 10

تستخدم شبكة إيثرنت الضوئية طبولوجية نجمية لربط المحطات إلى المجمعة، عن طريق كابل ضوئي مؤلف من ليفين كما هو موضح بالشكل التالي:



- تحقيق إيثرنت الضوئية 10 Base-F

2.2التغيرات التي طرأت على معايير إيثرنت

1.2.2استخدام الجسور

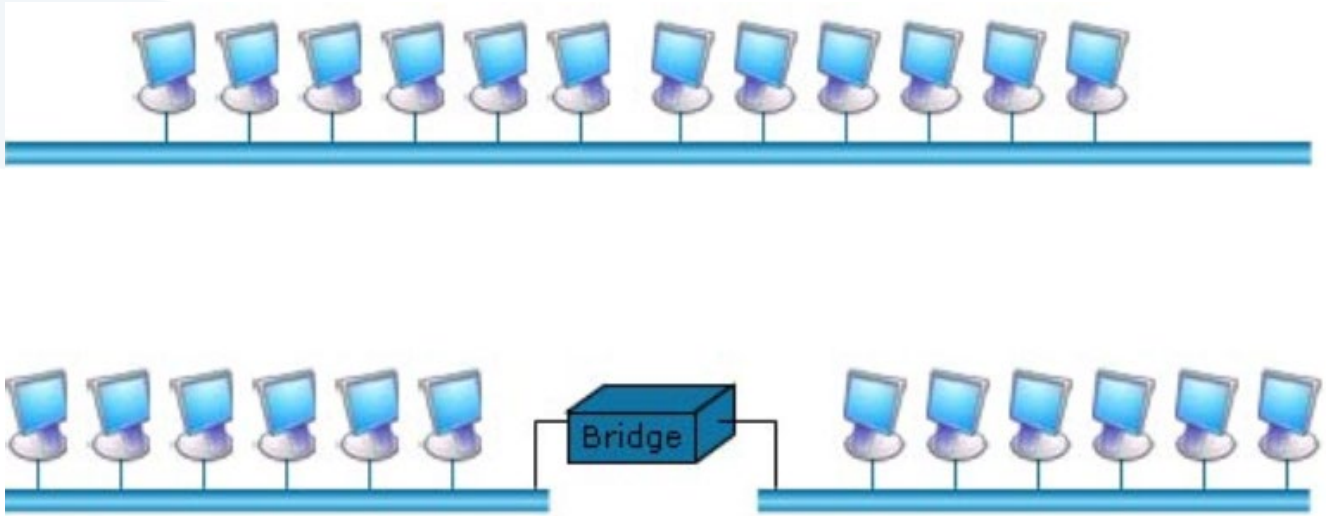
تمثلت الخطوة الأولى من تطور شبكة إيثرنت في تقسيم الشبكة عن طريق الجسور Bridges يساعد الجسر في رفع عرض الحزمة المتاح وفصل مجالات التصادم.

- **رفع عرض لحزمة**

تجري، ضمن شبكة إيثرنت العادية (أي بدون جسور) المشاركة بين المحطات على وسيط النقل. فإذا فرضنا أنه لدينا 12محطة موزعة على وسيط نقل مشترك فإن حصة كل محطة ستكون 10/12 Mbpsنظرياً.

في حال استخدمنا جسر لتقسيم الشبكة فيصبح لدينا 6 محطات ضمن كل مقطع شبكة تصبح حصة كل محطة 10/6 Mbps أي أننا ضاعفنا تقريباً حصة كل محطة.

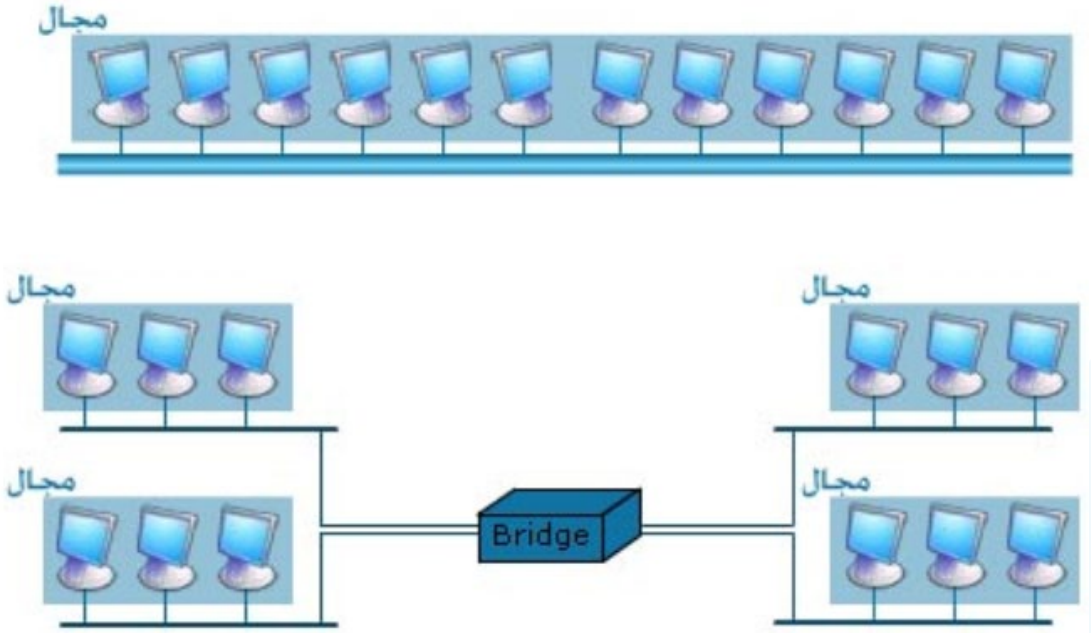
يجب هنا، لتحسين فعالية الشبكة، أخذ المعطيات التي يجري تراسلها بين المقطعين بعين الاعتبار أو بشكل آخر يجب أن تزيد كمية المعطيات المتراسلة بين المقطعين عن 20% من عرض الحزمة المتاح.



شبكة مع أو بدون جسر

فصل مجالات التصادم

تتجلى الميزة التالية للجسر في فصل مجالات التصادم. يظهر الشكل التالي مجال التصادم لشبكة بدون ومع جسر.



مجال التصادم ضمن شبكة مع أو بدون جسر

لاحظ أن مجال التصادم يصبح أصغر في حالة الجسر أي أن احتمال حدوث تصادم يصبح أقل. فبدون الجسر، يوجد هناك 12محطة (أي قياس مجال التصادم هو 12) متنافسة للولوج إلى وسيط النقل بينما مع الجسر أصبح عدد المحطات المتنافسة 3 محطات.

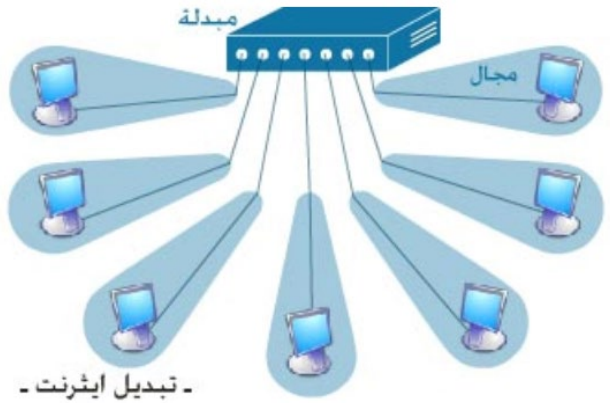
2.2.2إيثرنت المبدلة Ethernet Switched

سنحاول الآن توسيع فكرة الجسر أبعد من ذلك. فبد من وجود شبكتين حتى أربعة، لماذا نضع N شبكة حيث يمثل العدد N عدد المحطات (أو الشبكات) داخل الشبكة المحلية؟ سنحصل في هذه الحالة على مبدلة Switch مؤلفة من N بوابة وستجري المشاركة بين المبدلة وكل محطة (أي ستكون حصة المحطة 10/2 = 5 Mbps).

أضف إلى ذلك أن عدد مجالات التصادم قد أصبح N.

تعريف : المبدلة من المستوى الثاني Layer-2 Switch هي جسر مؤلف من N بوابة مضاف إليه بعض التحسينات المتعلقة بسرعة معالجة الأطر.

يبين الشكل التالي مخطط لمبدلة.



- **إيثرنت مزدوجة الاتجاه Full-duplex Ethernet**

لعل أحد مساوئ شبكات 10 Base 5و 10 Base 2 هو كونهم وحيدي الاتجاه يمكن لمحطة ما أن ترسل أو تستقبل في لحظة ما ولكن ليس كليهما.

لذلك، سعى التطور الأول إلى جعل إيثرنت المبدلة مزدوجة الاتجاه مما يرفع استطاعة كل مجال تصادم إلى 20 Mbps بدلاً عن 10 Mbps

يجري تحقيق ذلك باستخدام وصلتين بين المحطة والمبدلة: الأولى للإرسال والثانية للاستقبال.

لاحظ أنه عند استخدام إيثرنت المبدلة مزدوجة الاتجاه، تعود هناك حاجة لاستخدام بروتوكول CD/CSMA وذلك لعدم إمكانية حدوث أي تصادم، فكل وصلة بين المبدلة والمحطة هي مجال تصادم قائم بذاته وثنائي الاتجاه.

3.إيثرنت السريعة Fast Ethernet

يوصف المعيار IEEE 802.3u خصائص شبكة إيثرنت السريعة.

تتميز شبكة إيثرنت السريعة بكونها متوافقة مع إيثرنت التقليدية لكن بمعدل نقل معطيات أكبر بعشر مرات.

يمكننا تلخيص أهداف شبكة إيثرنت السريعة على النحو التالي:

- زيادة معدل نقل المعطيات إلى 100 Mbps
- جعلها متوافقة مع إيثرنت المعيارية
- المحافظة على نفس العناوين الفيزيائية المكونة من 48 bits
- المحافظة على صيغة الإطار نفسها
- المحافظة على نفس الأطوال الصغرى والعظمى للإطار.

1.3طبقة MAC الجزئية

جرى أثناء تصميم طبقة MAC الجزئية لإيثرنت السريعة استبعاد الطبولوجيات الممرية والاحتفاظ فقط بالطبولوجية النجمية.

يبقى لدينا خياران بالنسبة للطبولوجية النجمية: نصف المزدوج والمزدوج.

يجري في الحل نصف المزدوج وصل المحطات إلى مجمعة مركزية بينما في الحل المزدوج فيجري وصل المحطات إلى مبدلة مزودة بدارئة Buffer عند كل بوابة.

يبقى بروتوكول التحكم بالولوج CSMA/CD نفسه في الحل نصف المزدوج بينما يمكن توقيفه في الحل المزدوج.

التفاوض الذاتي Auto- negotiation

يسمح التفاوض الذاتي لجهازين بالتفاوض على نمط أو معدل نقل المعطيات. لقد جرى تصميمه بشكل خاص لتحقيق ما يلي:

- السماح بوصل أجهزة غير متوافقة مع بعضها البعض. أي يمكن وصل جهاز يعمل بسرعة 10 Mbps مع جهاز آخر يعمل بسرعة (100 Mbps عن طريق تخفيض سرعته إلى 10 Mbps)
- السماح لجهاز واحد بامتلاك معدلات نقل معطيات مختلفة.
- السماح لمحطة ما باختبار مقدرات المجمعة.

الطبولوجية

يمكن استخدام شبكة إيثرنت لسريعة لربط محطتين أو أكثر؛ يجري ربط محطتين فقط عن طريق كابل مباشر ومعكوس بين المحطتين. في حال وجود أكثر من محطتين فإننا نحتاج إلى مجمعة أو مبدلة لتحقيق الربط النجمي.

التحقيق

يمكن تحقيق إيثرنت السريعة على المستوى الفيزيائي باستخدام سلكين أو أربعة أسلاك. يجري استخدام السلكين مع الأزواج المجدولة غير المدعمة Unshielded Twisted Pairs (UTP) Category 5 المستخدمة في Base-TX100 و الكابلات الضوئية (Base- FX100)

بينما يجري استخدام أربعة أسلاك مع كابلات UTP Category 3 فقط (Base- T4100)

4.الجيغابت إيثرنت Gigabit Ethernet

تعمل شبكة Gigabit Ethernet التي عرفت باسم IEEE 802.3z بمعدل نقل معطيات يصل إلى 1000 Mbps أو 1 Gbps جرى طبعاً المحافظة على جميع الأهداف التصميمية التي ذكرناها ضمن إيثرنت السريعة مع إضافة التوافق مع إيثرنت السريعة ودعم التفاوض الذاتي.

1.4طبقة MAC الجزئية

تدعم الجيغابت إيثرنت نمطي الإرسال أحادي وثنائي الاتجاه. مع أن غالبية شبكات إيثرنت العاملة بسرعة 1 Gbps تتبع نمط الإرسال ثنائي الاتجاه إلا أننا سنناقش نمط الإرسال أحادي الاتجاه المعمول به من أجل المحافظة على التوافق مع الأجيال السابقة.

1.4طبقة MACالجزئية

تدعم الجيغابت إيثرنت نمطي الإرسال أحادي وثنائي الاتجاه مع أن غالبية شبكات إيثرنت العاملة بسرعة 1 Gbps تتبع نمط الإرسال ثنائي الاتجاه إلا أننا سنناقش نمط الإرسال أحادي الاتجاه المعمول به من أجل المحافظة على التوافق مع الأجيال السابقة.

- **نمط الإرسال المزدوج**

نستخدم في هذا النمط مبدلة إيثرنت مربوطة إلى جميع المحطات أو بقية المبدلات. تمتلك كل مبدلة دارئة لكل بوابة دخل تخزن فيها الأطر لحين إرسالها. يوجد تصادمات ضمن هذا النوع من الإرسال ولا يتم استخدام بروتوكول CSMA/CD بالنسبة للقيمة العظمى لطول الكابل يحدده تخامد الإشارة ضمن الكابل وليس بروتوكول التحكم بالولوج.

- **نمط الإرسال نصف المزدوج**

يجري هنا استخدام مجمعة مركزية تقلد عمل الكابل حيث يمكن حدوث التصادمات، لذلك يجب استخدام بروتوكول CSMA/CDيتعلق الطول الأعظمي للشبكة، في هذه الحالة، بالطول الأصغري للإطار. لذلك فقد جرى تعريف ثلاثة أنماط عمل: تقليدي وتوسيع الحامل ورشق الأطر.

نمط العمل التقليدي:

نحافظ في هذا النمط على طول الإطار الأصغري كما هو عليه الحال في إيثرنت التقليدية (أي 512 Bits) لكن في هذا النمط يصبح قطر الشبكة مساوٍ لـ 25متر لأننا نرسل بسرعة أكب بمائة مرة من إيثرنت التقليدية فعدد البتات الموجود على الشبكة يصبح أكبر بمائة مرة فيجب تخفيض قطر الشبكة مائة مرة (من 2500متر حتى 25متر). يمكن قبول هذا النمط إذا كانت جميع التجهيزات موجودة ضمن غرفة واحدة لكنه يبقى غير مناسب في الحالة العامة .

- **نمط توسيع الحامل Carrier Extension**

يجري هنا زيادة طول الإطار الأصغري ليصبح 512 bytes بدلاً عن 64 Bytes أي أننا ضاعفنا القيمة ثمان مرات. يجبر هذا النمط كل محطة على إضافة حشوة Padding إلى أي إطار أصغر من 512 Bytes بهذه الطريقة يمكننا مضاعفة الطول الأصغري للشبكة ثمان مرات ليصبح 200 m مع الاحتفاظ بمسافة 100 m بين المجمعة والمحطة (علل لماذا؟)

رشق الأطر Frame Bursting جرى طرح هذا النمط لمعالجة عدم فعالية النمط السابق خاصةً في حالة الأطر الصغيرة. فبدلاً عن توسيع الطول الأصغري للإطار يمكننا إرسال عدة أطر معاً (أي ضمن إطار واحد) بعد إضافة حشوات بين الأطر حتى تصبح القناة خاملة. أو بشكل آخر، خداع المحطات الأخرى بجعلها تعتقد أننا قيد إرسال إطار كبير وليس عدة أطر.

تبقى الطبولوجية الفيزيائية كما كانت عليه في إيثرنت السريعة. أما بالنسبة لتحقيق الجيغابت إيثرنت فيمكننا تصنيفه يضاً عن طريق استخدام سلكين أو أربعة أسلاك. التقانات التي تحقق الجيغابت إيثرنت باستخدام سلكين فقط :

1000Base-SX (Short-wave) Fiber-optic cable

1000Base-LX (Long-wave) Fiber-optic cable

1000Base-CX (Shielded Twisted Pair) STP cable

التقانة التي تستخدم أربعة سلاك هي تقانة الأزواج المجدولة غير المدعمة Cat 5e UTP أو أعلى Base-T1000

5.عشرة جيغابت إيثرنت Ten-Gigabit Ethernet

تعرف العشرة جيغابت إيثرنت باسم IEEE 802.3ae لقد جرى تصميمها بشكل خاص لتحقيق ما يلي:

- رفع معدل نقل المعطيات إلى 10 Gbps
- جعلها متوافقة مع إيثرنت التقليدية والسريعة والجيغابت إيثرنت.
- المحافظة على نفس طول العناوين الفيزيائية وهي 48 bits
- المحافظة على نفس صيغة الإطار.
- المحافظة على القيمة الدنيا والعليا لأطوال الإطارات
- السماح بتحقيق ترابط الشبكات المحلية الموجودة باستخدام شبكة إقليمية MANأو واسعة WAN
- جعل إيثرنت متوافقة مع تقانات مثل مرحل الأطر Frame Relayوالنقل غير المتزامن Asynchronous Transfer mode (ATM).

تعمل شبكة العشرة جيغابت إيثرنت بنمط النقل المزدوج فقط مع استبعاد بروتوكول CSMA/CD.

يبين الجدول التالي كيفية تحقيق شبكة العشرة جيغابت إيثرنت باستخدام الكابلات الضوئية.

المواصفات	10GBase-S	10GBase-L	10GBase-E
طول الموجة	الأمواج القصيرة 850 nm	الأمواج الطويلة 1310 nm	الأمواج الموسعة 1550 nm
وسيط النقل	الألياف الضوئية متعددة الأنماط Multi-mode	الألياف الضوئية وحيدة النمط Single-mode	الألياف الضوئية وحيدة النمط Single-mode
الطول الأعظمي	300 متر	10 كم	40 كم