

## طبقة التوصيل

## Data Link Layer

د.علي حماد

محتوى مجاني غير مخصص للبيع التجاري

أساسيات الشبكات

## Data Link Layer &amp; Ethernet

## كما تكلمنا سابقا:

- المهمة الأساسية لطبقة ال datalink هي نقل الداتا من عقدة إلى أخرى بشكل سليم (node to node).
- كل طبقة تقدم خدمات إلى الطبقة التي تعلوها (نموذج خدمة الطبقة)..
- network layer ← physical layer ← link حيث لكل طبقة مهمة خاصة بها (modularity).
- ومن مهام ال data link layer تشكيل ال frame وهو عبارة عن سلسلة من البتات تمثل الداتا.
- كما أن network layer مسؤولة عن تحديد المسار حيث تحدد العقد التي ستمر فيها البيانات
- اما خدمات ال physical layer تتمثل في النقل الفيزيائي وتحويل البيانات للإشارات فيزيائية ونقلها على الوسيط الفيزيائي (cables) حسب نوعه

## (خدمات طبقة ال link layer services)

## 1. التأيير: Framing

تصل الداتا من طبقة ال network إلى طبقة ال link على شكل (datagram) حيث تقوم طبقة ال link بتغليف ال datagram لتصبح frame وذلك عن طريق إضافة ترويسة وذيل (header and tail) ← ومثال على ذلك: ضمن الهيدر يتم إضافة ال mac address للمرسل والمستقبل

MAC Address! = IP Address

ال Ip address متغير ويختلف مرة لأخرى اما ال mac address ثابت ولا يتغير .  
Channel Access: هي عملية تنظيم الوصول للوسط الفيزيائي

## 2. (Reliable delivery between Adjacent Nodes) الموثوقية بتوصيل الداتا بين العقد المجاورة

وتكون مهمة ال link layer نقل ال datagram مع ضمان عدم حدوث أخطاء كما هو الحال في طبقة ال transport من حيث موثوقية النقل , تتحقق الموثوقية ضمن طبقة ال link layer من خلال الإقرارات وإعادة الإرسال عبر الوسط (Acknowledgements and retransmission)



## الموثوقية بالنقل:

	Link Level	End to end
الطبقة المسؤولة	Link	Transport
وظيفتها	مسؤولة عن الخطأ الذي يحدث locally بين عقدة وأخرى	مسؤولة عن ضمان نقل الداتا على مستوى مرسل ومستقبل

## 3. اكتشاف الأخطاء وتصحيحه (Error Detection and correction):

هنالك بعض البروتوكولات ضمن طبقة ال link layer تضمن اكتشاف الأخطاء وتصحيحها (أي عند وجود أي خطأ ضمن بتات ال frame تقوم باكتشاف الخطأ ضمن هذ البت وتصحيحه. يمكن للداتا ان تتلف أثناء نقلها وهنا يتطلب تقنيات تكشف هذه الأخطاء وتصميمها. وهذه الأخطاء يمكن ان تحدث بسبب ضعف الإشارة أو الضوضاء.

اكتشاف الأخطاء: يتم الكشف عنها عن طريق:

- عدم وصول بعض ال frames
- وصول إشارات طلب إعادة الإرسال من المرسل
- تصحيحها:
- يجب تحديد الخطأ يقوم المستقبل بتصحيحه دون الحاجة لطلب إعادة الإرسال .

## 4. التحكم بتدفق البيانات (Flow Control):

حيث نحن بحاجة إلى هذا التحكم بسبب ان الشبكة لها سعة محددة فيتم الإرسال من المرسل إلى المستقبل بألية لا تؤدي إلى حدوث ضغط على الشبكة أو على المستقبل. كل مستقبل للبيانات له حجم Buffer يخزن بها الداتا المرسله له لذلك يجب أن لا يزيد حجم البيانات المرسله من حجم هذه الذاكرة.



تنتقل ال datagram باستخدام بروتوكولات نقل مختلفة :

1. Ethernet
2. النقل على شكل frame
3. WIFI

وكل بروتوكول يقدم خدمات مختلفة ويمكن ان يوفر موثوقية بالنقل او لا يوفر.

## Ethernet: Wired LANs

تم تقسيم طبقة ال data link من قبل هيئة ال IEEE (Institute of Electrical & Electronics Engineers) إلى طبقتين هما:

## 1. طبقة التحكم بالمنطق (LLC: Logic Link Control)

مهمتها:

Error control-2

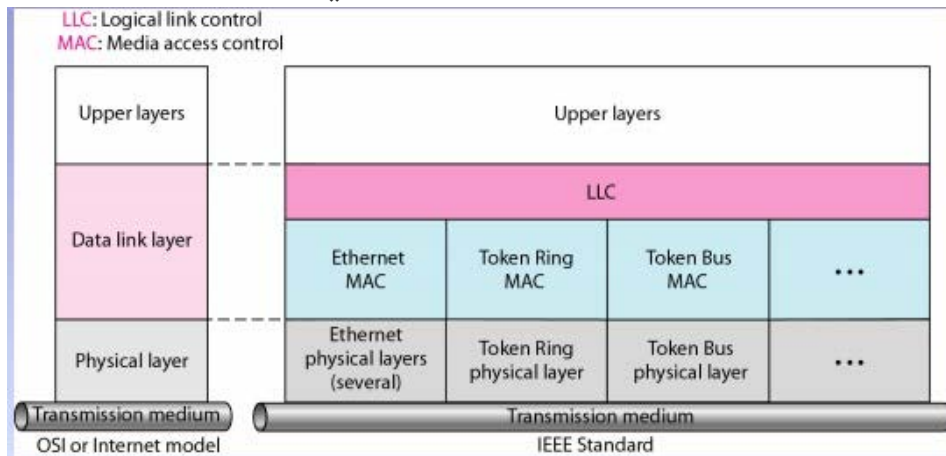
Flow Control -1

## 2. طبقة التحكم بالوصول إلى الوسائط (MAC: Media Access Control)

تقوم هذه الطبقة بوضع ال mac address الخاص بكرت الشاشة ضمن ال frame مما يحدد وجهة ال frame كما تكون هذه الطبقة مسؤولة عن طريقة توصيل هذه ال frames إلى الوجهة.

← تتم الية توصيل ال frame عن طريق تطبيق مجموعة من الخطوات وهي خطوات تضمن الوصول الصحيح للبيانات سميت ب CSMA/CD (carrier sense multiple Access with Collision Detection) وتنص على:

1. التنصت قبل الإرسال.
  2. تحسس قناة النقل قبل بدء الإرسال.
  3. إذا كانت قناة الاتصال فارغة: يتم إرسال الإطار بالكامل.
  4. إذا كانت قناة الاتصال مشغولة: يتم تأجيل الإرسال.
  5. إذا حدث تصادم في الإرسال: يتم إعادة الإرسال.
- ويتم استخدام الخوارزمية السابقة لتنظيم عمليات النقل على الشبكة التي تحوي أكثر من مستخدم.



## Ethernet: Frame Structure

بداية يقوم محول الإرسال بتغليف بيانات طبقة ال network في إطار ال Ethernet ويتم إضافة ما يلي لل data :

1. حقول المقدمة Preamble

وهو عبارة عن (7byte) ويقوم بتنبيه المستقبل بقدوم ال frame و تقوم بتحديد بداية الإطار وتحقيق التزامن بين المرسل والمستقبل للقيام بعملية بناء ال frame بشكل صحيح.

2. SFD (Start of Frame Delimiter)

وهو عبارة عن (1 byte) ينهي دوماً بالبتين 11 لإعطاء إشارة ان البتات التالية تعبر عن العنوان MAC للمستقبل

3. العناوين Address

عبارة عن (6 byte) من ال mac address للمرسل والمستقبل

- في حال تلقى محول الإرسال الإطار مع عنوان الوجهة المطابق او مع عنوان البث (broadcast) المطابق فيقوم بتمرير البيانات على شكل frame لطبقة الشبكة وإلا يتجاهل المحول ال frame
- وتتم عملية المطابقة عن طريق بروتوكول (ARP (Address Resolution protocol) الذي يستخدم لإيجاد العنوان المقابل



#### 4. الطول او النوع Type or length

عبارة عن (2 byte) يتم استخدامه:

- كحقل للدلالة على عدد ال bytes في قسم ال data من ال frame
- كحقل نوع لتعريف بروتوكولات الطبقة العليا (ترميز البروتوكول)

#### 5. البيانات Data

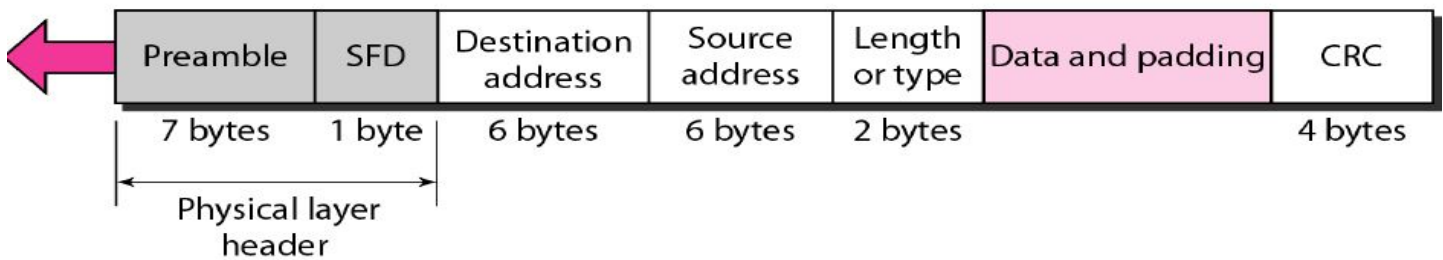
يحمل هذا الحقل بيانات مغلقة من الطبقة العليا وحجمه بحد ادنى 46 bytes وبحد اعلى 1500 bytes

#### 6. CRC

هو عبارة عن (4 Byte) يحوي معلومات كشف الأخطاء (cycling redundancy check)

**Preamble:** 56 bits of alternating 1s and 0s.

**SFD:** Start frame delimiter, flag (10101011)



← **ملاحظة:** ال padding ضمن الداتا هي عبارة عن بيانات عشوائية تتم اضافتها للداتا حتى تحقق الحجم الأصغري المطلوب (وهي بيانات لا معنى لها).

## Cycling Redundancy Check

وهي تقنية قوية لكشف الأخطاء وتنص على :

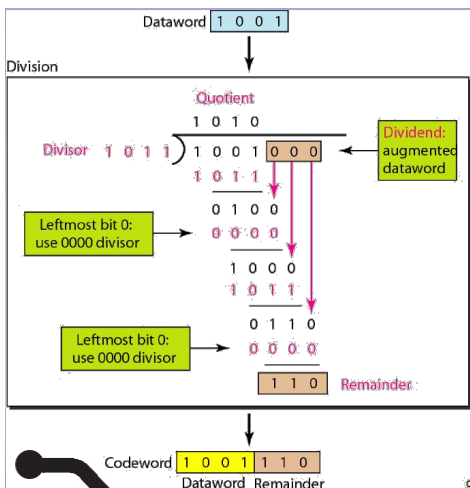
- يتم الاتفاق بين المرسل والمستقبل على نمط (سلسلة) من ال bits عدده  $(r+1)$  وهو ما يعرف بال divisor او generator وهو معيار قياسي متفق عليه يرمز له ب G (إذا وظيفة ال generator هي تشكل CRC وإن طول  $(r)$  هو عدد ال bits التي ستضاف عند المرسل على الداتا ويتم ذلك بالآلية التالية:

1- نأخذ الداتا ونضيف عليها  $r$  بت من الأصفار حيث  $(r+1)$  معلوم

2- نقوم بتقسيم الداتا المضاف لها الأصفار على ال divisor

3- باقي القسمة الناتج عن عملية القسمة هو ال CRC الذي ستقوم بإضافته إلى الداتا الأصلية

■ مثال:



Divisor = 1011 ( $r + 1$ ) bit  
Original Data = 1001

المطلوب: اوجد الداتا التي سترسل.

الحل:

$$r + 1 = 4, \quad r = 3$$

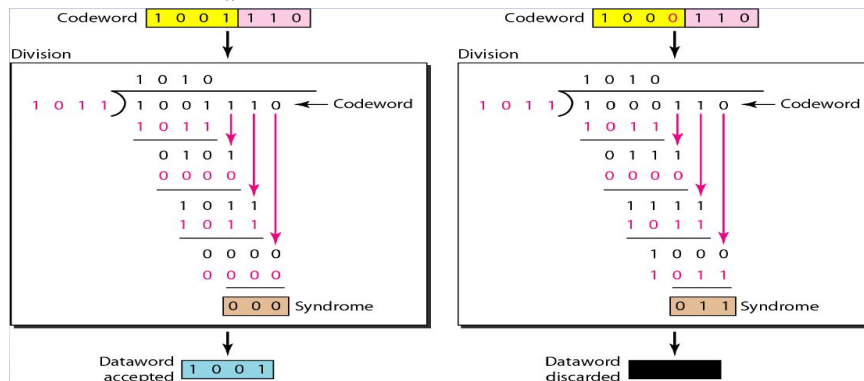
- نضيف 3bit من الاصفار على الداتا الأصلية  $\leftarrow 1001000$

- نقوم بعملية القسمة:

محتوى مجاني غير مخصص للبيع التجاري

Data to be sent 1001110<sub>CRC</sub>

- عند تلقي المستقبل للرسالة سيقوم بالتحقق منها ومحاولة كشف حدوث أخطاء الألية التالية :
- سيقوم بتقسيم الداتا المستلمة على ال *divisor* ويجب ان يكون باقي القسمة صفر وإلا يتم كشف حدوث خطأ



## Standards for G Values

يوجد لدينا أنواع من ال *generator* لتوليد ال *divisor* الذي يتم الاتفاق عليه بين المرسل والمستقبل :

8/12/16/32 bit generators/G

ويتم توليد ال *divisor* باستخدام خوارزمية معينة ويتم تمثيله على شكل كثير حدود (بحيث تهدف هذه الخوارزمية إلى توليد رقم يقبل القسمة على الداتا مع وجود باقي):

■ مثال عن ال  $GCRC - 32$

$GCRC - 32 = x^{32} + x^{26} + x^{23} + x^{22} + x^{16} + x^{12} + x^{11} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^5 + x^4 + x^2 + x^1 + 1$   
حيث ال (1) هي لأن ال *CRC* يزيد ب بت واحد عن ال *divisor* ويتم تمثيله الثنائي بحيث أن الحد الغير موجود يمثل (0) والحد الموجود يمثل (1) كالتالي:

$$GCRC - 32 = 1\ 0000\ 0100\ 1100\ 0001\ 0001\ 1101\ 1011\ 0111$$

## تلخيص

يجب ان تكون درجة معادلة G تساوي عدد بتات الباقي في قسم ال *CRC* ، هذا الباقي نقوم بإضافته إلى ال Data المرسل، وبعد أن تصل إلى المستقبل يقوم بقسمتها على G نفسها فإذا كان الباقي D فالإرسال صحيح وإلا هناك خطأ

**مثال عددي:**

$$G = x^3 + x^2 + 1$$

إن G من الدرجة الثالثة فيجب أن يكون باقي القسمة في عملية ال *CRC* مؤلف من 3bit  
كيف نخرج الرقم الذي سوف نقسم عليه؟ من المعادلة السابقة الدرجة 3 ، فكل حد من 3 إلى 0 إذا كان موجود نضع 1 وإذا كان غير موجود نضع 0 أي : 1101 تمثل المعادلة السابقة لعدم وجود x (من الدرجة الاولى)

■ الحد الأعلى والأدنى لطول ال Ethernet Frame:

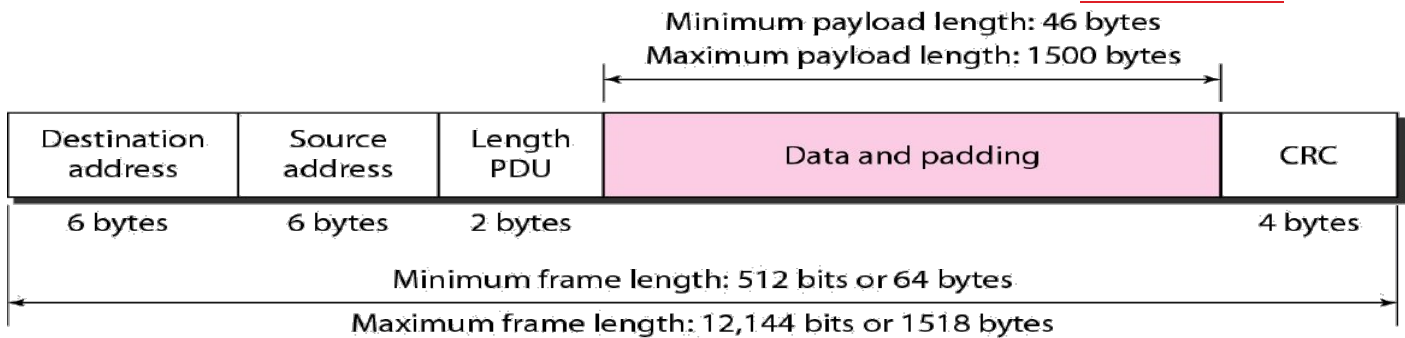
🔥 الحد الأدنى: 512 بت أو 64 بايت.

🔥 الحد الأعلى: 12.144 بت أو 1518 بايت.



وجود الحد الأدنى يضمن عمل تقنية الـ CSMA/CD بشكلها الصحيح، ووجود الحد الأعلى لتقليل الـ buffer size وتقاسم الوسط بكفاءة.

إذا كانت الداتا **أقل من 46 بايت** يتم حشو الداتا ببتات لا معنى (عشوائية) لها لتعويض الفرق.



■ عنوان الـ Ethernet:

وهو عبارة عن 6 بايت (48 بت)، يكتب بالنظام الشت عشري مع نقطتين بين كل بايتين، و موضح في الصورة أدناه:

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

6 bytes = 12 hex digits = 48 bits

## Unicast & Multicast Addresses

- Unicast: يحدد مستقبل واحد.
- Multicast: يحدد مجموعة من العناوين.
- Broadcast address: وهو حالة خاصة من الـ multicast بحيث المستقبلين هم جميع المحطات الموجودة على الشبكة LAN.

تذكرة:



يدعى البت هنا بـ: LSB (Least Significant bit)

## معرفة نوع الإرسال من خلال عنوان الـ Ethernet:

- في حال كان الـ LSB صفر، فإن الإرسال Unicast وإلا الإرسال multicast.
- وفي حال كانت جميع البتات واحدات فيكون الإرسال broadcast.

تمرين: حدد عناوين الوجهة التالية:

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

الحل: Unicast لأن A في النظام الثنائي تكتب: 1010

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

الحل: multicast لأن 7 في النظام الثنائي تكتب: 0111

3. FF : FF : FF : FF : FF : FF

الحل: Broadcast.

إرسال العنوان:

يتم إرسال العنوان بايت تلو بايت من اليسار إلى اليمين، وكل بايت يتم إرساله بت تلو بت من اليمين إلى اليسار.

11100010 00000100 11011000 01110100 00010000 01110111

## Ethernet evolution through four generation

تطور الايثرنت خلال أربعة أجيال:

بروتوكول الايثرنت كما ذكرنا في المحاضرات السابقة أنه أحد أهم البروتوكولات المستخدمة ضمن LAN، وقد تطور عبر الزمن فأصبح له مجموعة من الأجيال، ومن أسباب تطوره:

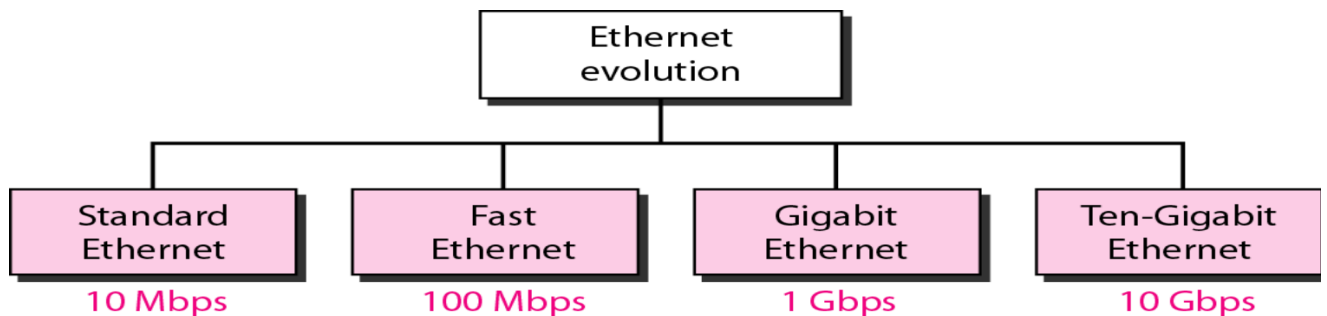
1. حجوم البيانات الكبيرة.

2. المتطلبات الجديدة في الشبكات الحديثة.

3. نقل البيانات على مسافات أطول.

والذي يسمح بحدوث هذا التطور هي التقنيات الأحدث (الكابلات الضوئية مثلاً والتي تسمح بنقل كمية ضخمة من البيانات وبسرعة أكبر، بالإضافة لتطور التقنيات المستخدمة ضمن الشبكات).

وهذه مخطط يوضح الأجيال الأربعة لـ Ethernet والفرق بينهم هو معدل نقل البيانات:



التسمية لمعايير بروتوكول Ethernet:

تم وضع معايير العديد من تقنيات Ethernet على مر السنين عبر معايير (IEEE 802.3):

أمثلة:

100 BASE-T	-	10 GBASE-T	-
10 GBASE-T	-	1000 BASE-LX	-
		10 BASE-2	-

## شرح التقسيمة:

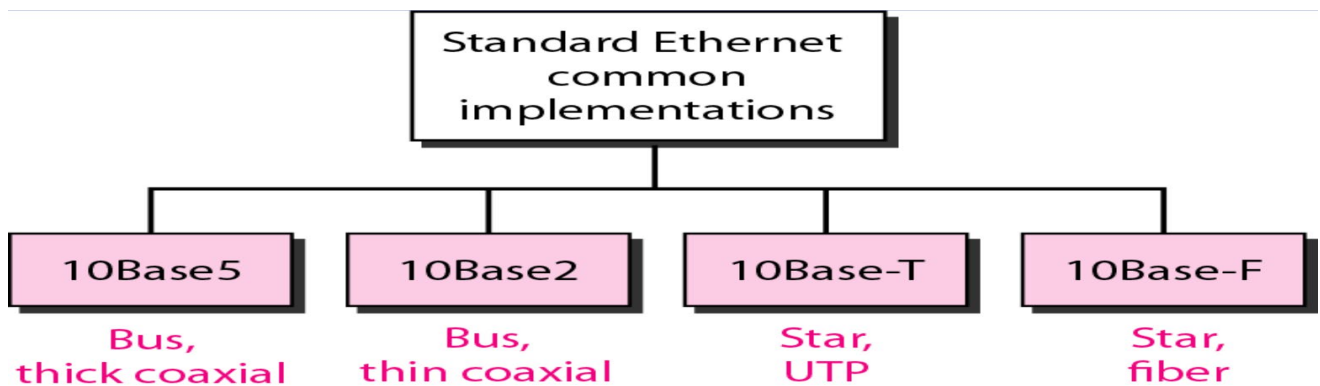
سرعة نقل البيانات، ويمكن أن تكون:  
1 GB أو 10, 100, 1000 MB

10 BASE-T

وتشير إلى base band  
للإيثرنت، والتي تعني أن  
البيانات الأساسية الوحيدة  
الموجودة على الوسط  
الفيزيائي.

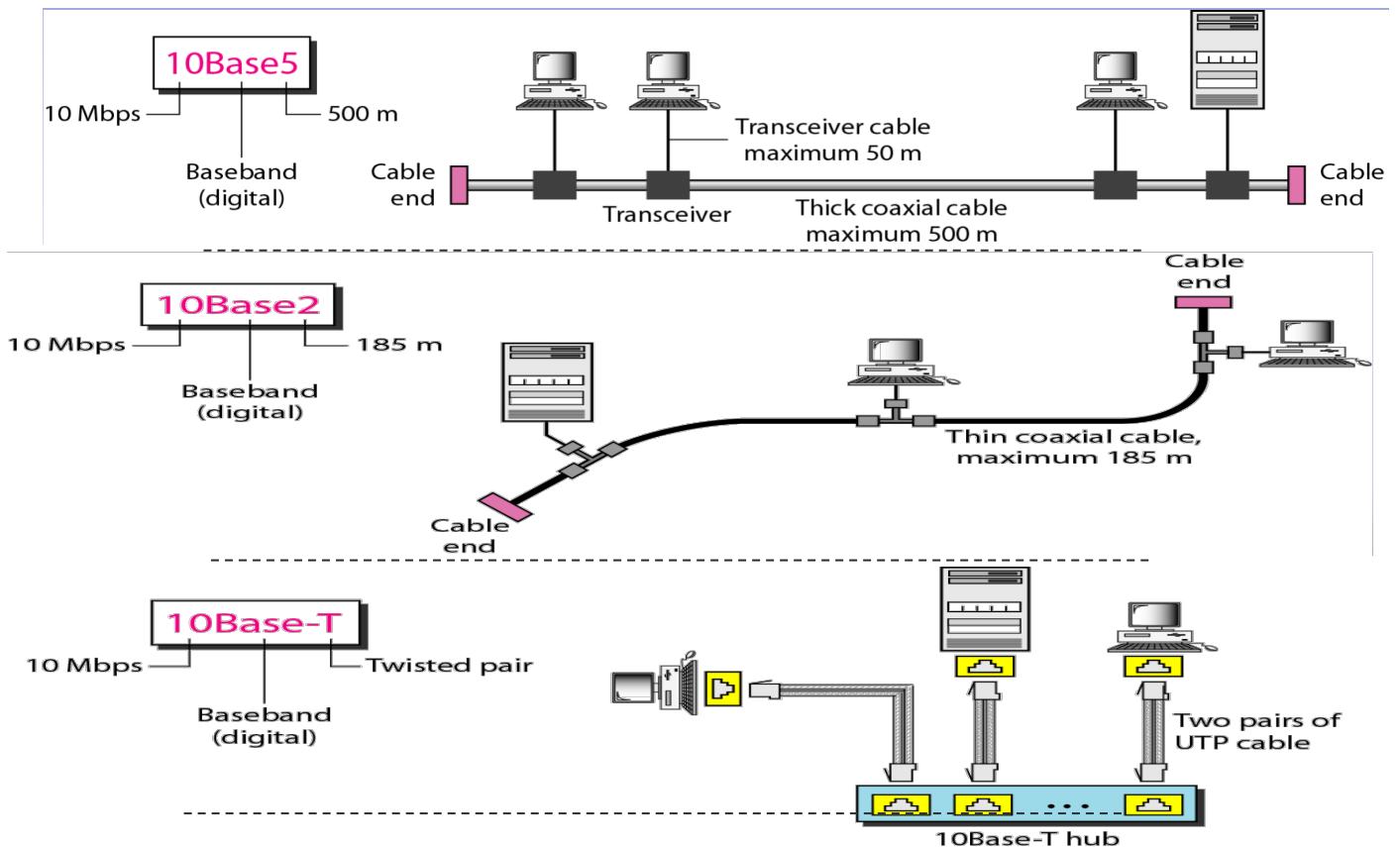
نوع الكابلات الفيزيائية،  
وفي مثالنا يعود الحرف T  
إلى الأسلاك النحاسية  
الملتوية  
Twisted Pair

## 1. الجيل الأول (standard Ethernet):



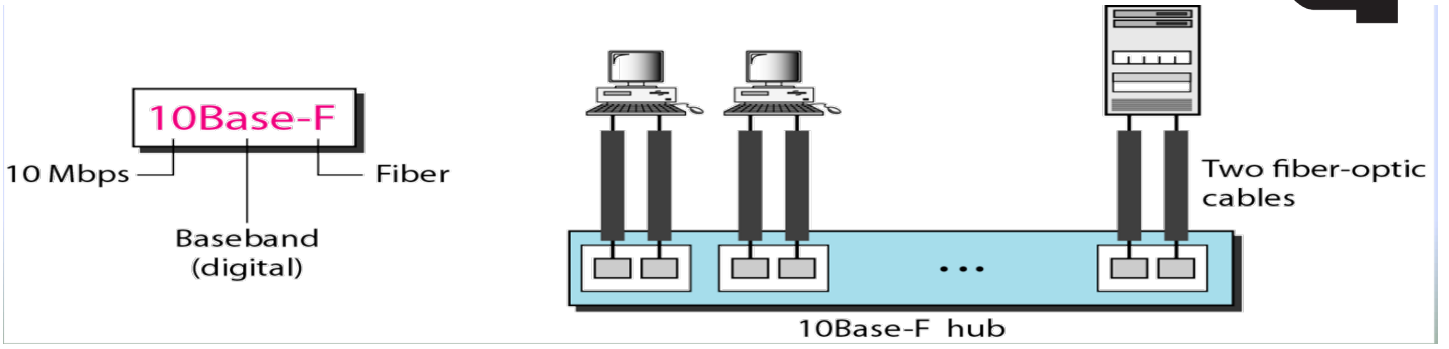
← UTP (Unshielded Twisted Pair): الغير محمي / الغير مغلف.

## توضيح لتنفيذ التطبيقات الشائعة في ال Standard Ethernet:



محتوى مجاني غير مخصص للبيع التجاري



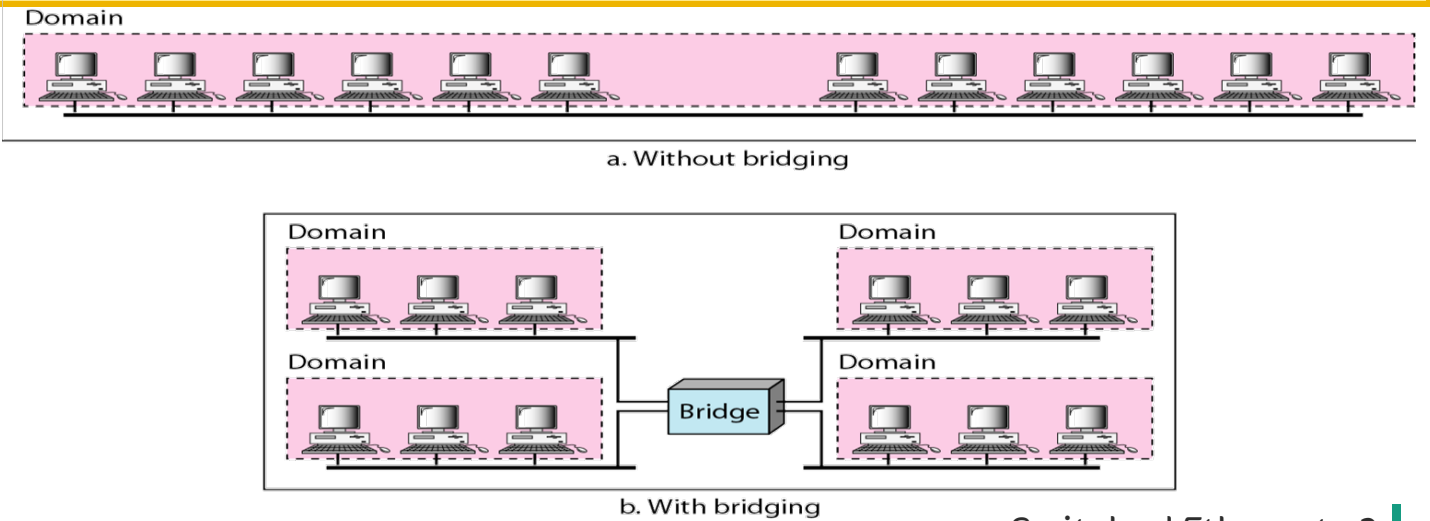


## طرق تقسيم الشبكات في Standard Ethernet

### 1. Bridged Ethernet:

- يقوم الـ bridge بتقسيم الشبكة لشبكتين أو أكثر، والهدف من التقسيم يكون في تحقيق الهدفين التاليين:
- انخفاض عدد الأجهزة التي تشترك في عرض النطاق الترددي (bandwidth).
  - فصل مجال التصادم (collision domain).

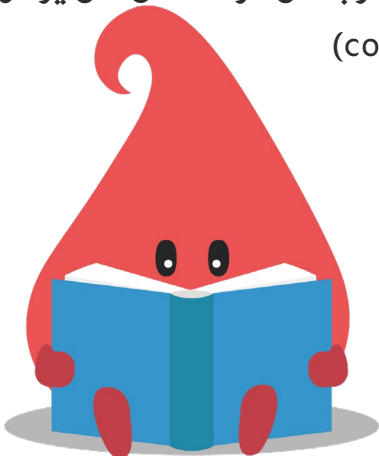
### آلية التقسيم عبر الـ bridge:

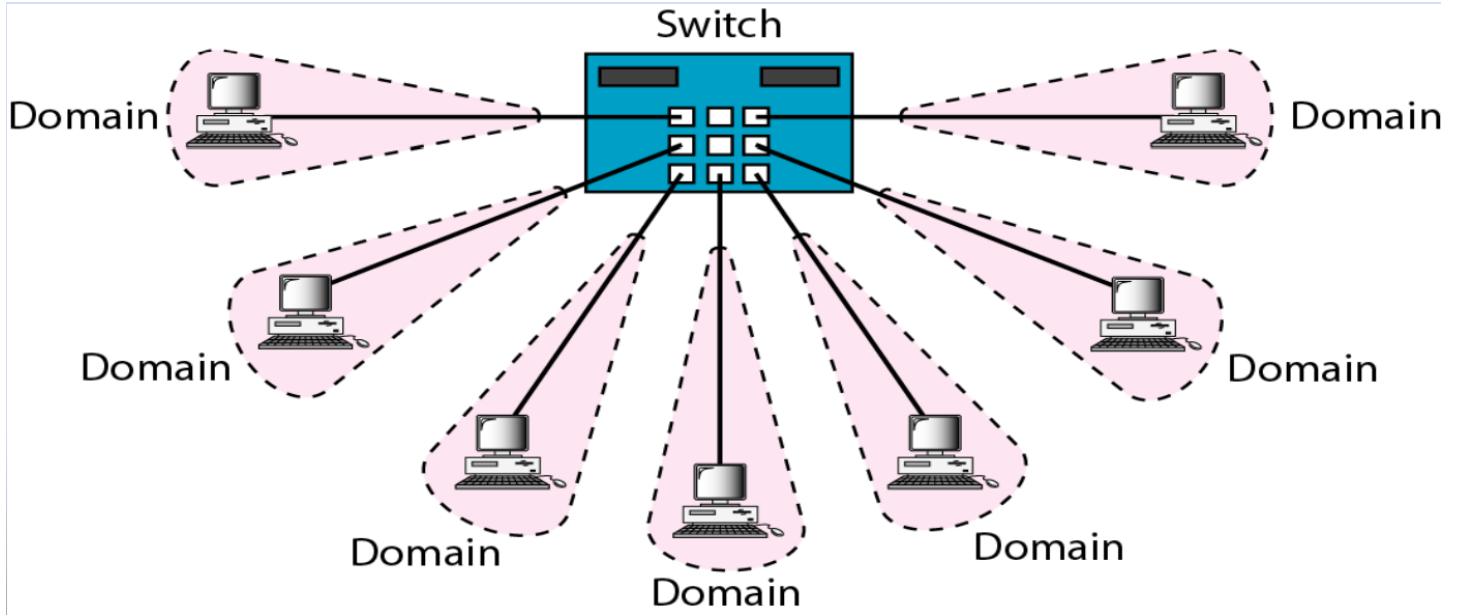


### 2. Switched Ethernet:

لها هدف الطريقة السابقة، ولكن بميزات أعلى و هي:

- تمتلك عدد أكبر من الـ Port.
  - طريقة التصحيح أفضل، فأصبح بالإمكان وصل كل جهاز بشكل مباشر مع الـ switch.
- التصادم الوحيد الذي سوف يتم هو إذا كان الـ port يرسل للجهاز بنفس الوقت الذي كان يرسل فيه الجهاز إلى الجهاز إلى الـ port (collision- domain between device & station)

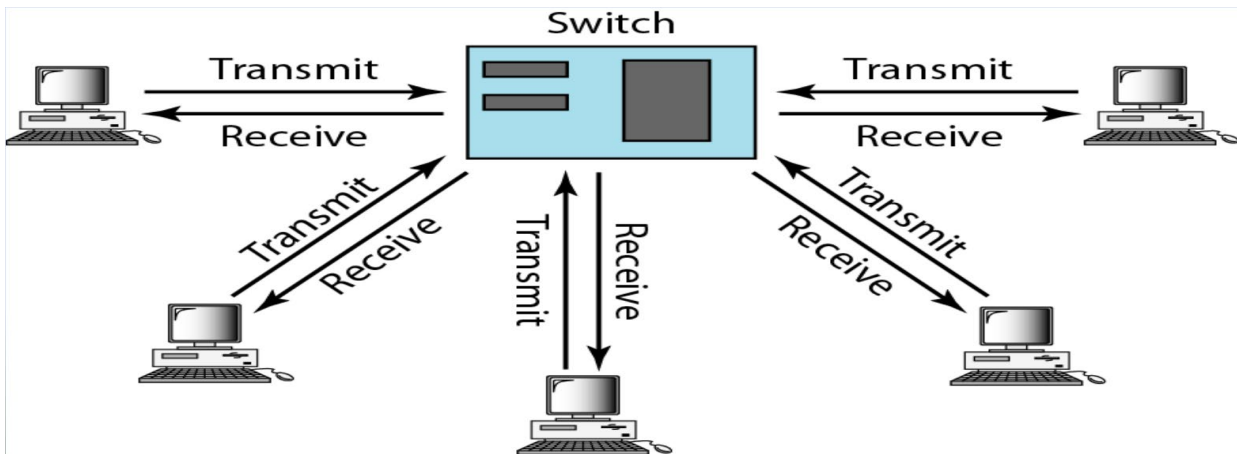




### 3. Full-duplex switched Ethernet

الإرسال بالاتجاهين عوضاً عن استخدام سلك واحد بين المحطة والـ switch  
نستخدم سلكين وبالتالي نحل مشاكل طرق تقسيم الشبكات الماضية، ونجمع الميزتان معاً:

- No collision
- No need for the CSMA/CD



### 2. الجيل الثاني (Fast Ethernet):

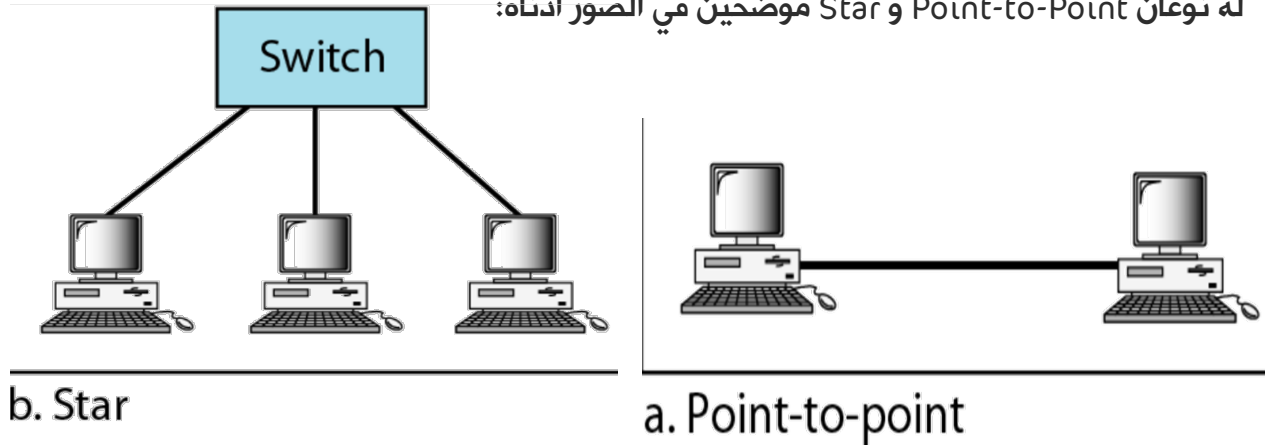
← الأهداف التطورية:

1. ترقية معدل نقل البيانات إلى 100M/s.
2. تحقيق التوافقية مع الـ Standard Ethernet.
3. استخدام نفس بنية العناوين (48 بت للعنوان).
4. الاحتفاظ بنفس تنسيق الإطار.
5. الاحتفاظ بنفس الحد الأدنى والأقصى لطول الإطار (frame).

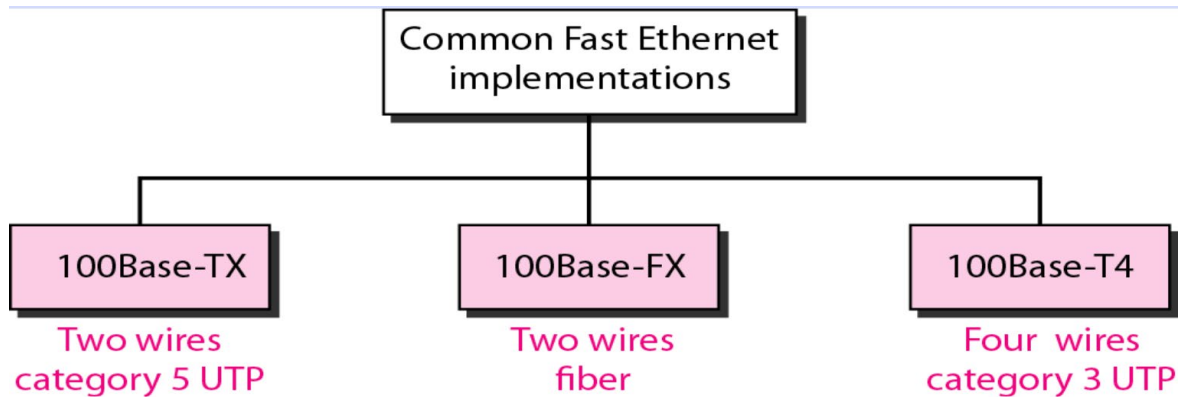
6. الـ auto-negotiation (التفاوض التلقائي): وهي ميزة جديدة أضيفت إلى هذه الجيل، حيث تتيح هذه الميزة لجهازين أن يحددا وضع التشغيل أو معدل البيانات عند النقل.

← طوبولوجيا الـ Fast Ethernet:

له نوعان Point-to-Point و Star موضحين في الصور أدناه:



← تطبيقات الـ Fast Ethernet:



**ملاحظة:** الحد الأقصى لطول الأسلاك في الانترنت السريع 100 m.

### 3. الجيل الثالث (Gigabit Ethernet):

← الأهداف التطورية:

1. ترقية معدل نقل البيانات إلى 1 Gb/s.
2. تحقيق التوافقية مع الـ Standard Ethernet و Fast Ethernet.
3. استخدام نفس بنية العناوين (48 بت للعنونة).
4. الاحتفاظ بنفس تنسيق الإطار.
5. الاحتفاظ بنفس الحد الأدنى والأقصى لطول الإطار (frame).
6. دعم ميزة التفاوض التلقائي (auto negotiation) كما هو محدد في الـ Fast Ethernet.

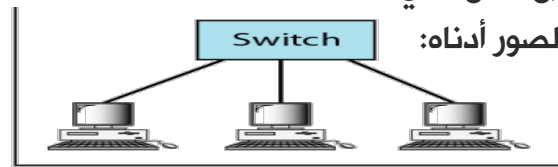
← طوبولوجيا الـ Gigabit Ethernet :

له أربع أنواع وهي: point-to-point و star و two star بالإضافة إلى Hierarchy of stars و جميعها موضحة

في الصور أدناه:



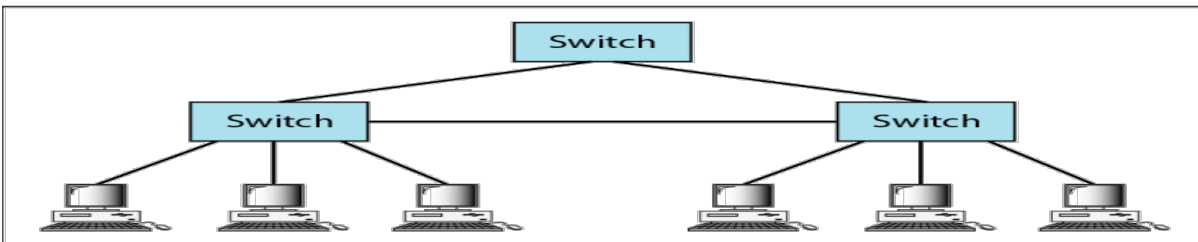
a. Point-to-point



b. Star

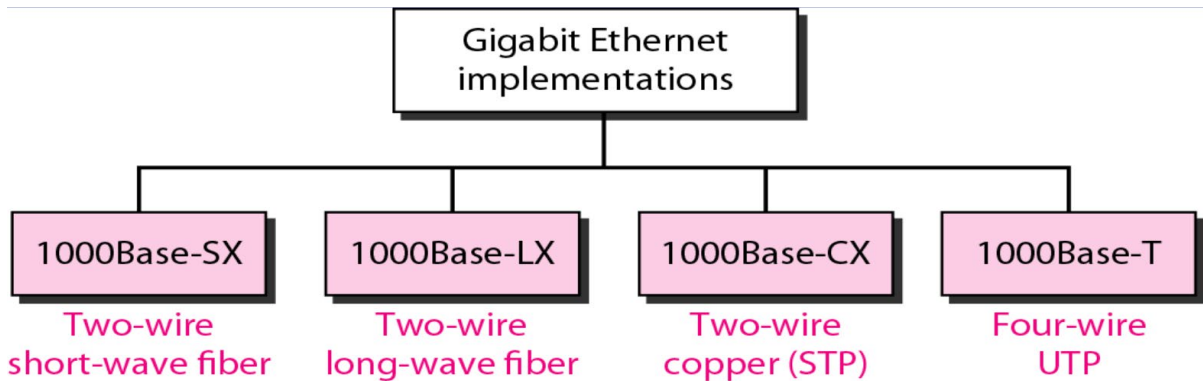


c. Two stars



d. Hierarchy of stars

← تطبيقات الـ Gigabit Ethernet :



حيث:

- STP: Shielded Twisted Pair مغلف \ محمي
- UTP: Un-shielded Twisted Pair غير مغلف

#### 4. الجيل الرابع (Ten-Gigabit Ethernet):

← الأهداف التطورية:

1. ترقية معدل نقل البيانات إلى 10 Gb/s.
2. تحقيق التوافقية مع الـ Standard Ethernet و Fast Ethernet و Gigabit Ethernet.
3. استخدام نفس بنية العناوين (48 بت للعنونة).
4. الاحتفاظ بنفس تنسيق الإطار.
5. الاحتفاظ بنفس الحد الأدنى والأقصى لطول الإطار (frame).
6. أصبح هناك توجه لاستخدام الانترنت في شبكات الـ WAN و الـ MAN.
7. تحقيق التوافقية مع التقنيات المستخدمة على مستوى الـ WAN مثل: ATM, Frame Relay.

Characteristics	10GBase-S	10GBase-L	10GBase-E
Media	Short-wave 850-nm multimode	Long-wave 1310-nm single mode	Extended 1550-nm single mode
Maximum length	300 m	10 km	40 km

Knowing is not enough; we must  
apply, Willing is not enough; we  
must do.

-Johann Von Goethe-

انتهت المحاضرة