

الشبكات الصناعية

Industrial Networks CEMC606

مدرس المقرر
د. مثنى علي القبيلي

العام الدراسي 2021-2022

الأربعاء 27/04/2022

الفصل الدراسي الثاني

<https://manara.edu.sy/>



CHAPTER 6

طبقة ربط البيانات
Data Link Layer

الغاية من المحاضرة السادسة:

1. Wired LANs.
2. Standard Ethernet.
3. Cyclic Redundancy Check (CRC)



وظيفة طبقة ربط البيانات

- تنظيم عملية الارسال على الوسائط المشتركة بين عدة أجهزة لضمان عدم تداخل الإشارات وبالتالي تجنب تداخل البيانات وضياعها
- إنشاء نظام عنوانة محلي /العناوين الفيزيائية/
- ✓ لكل بطاقة شبكة NIC عنوان فيزيائي فريد مكون من 48 bit بترميز ستعشري
- تنسيق تبادل الرسائل باستخدام الإطار frame



Wired LANs

- Project 802 by IEEE : معايير لتمكين الاتصالات بين التجهيزات
- طريقة لتحديد الوظائف الخاصة للطبقتين الفيزيائية وربط البيانات لبروتوكولات LAN الأساسية
- IEEE subdivided data link layer:
 - Logical Link Control (LLC), Media Access Control (MAC).

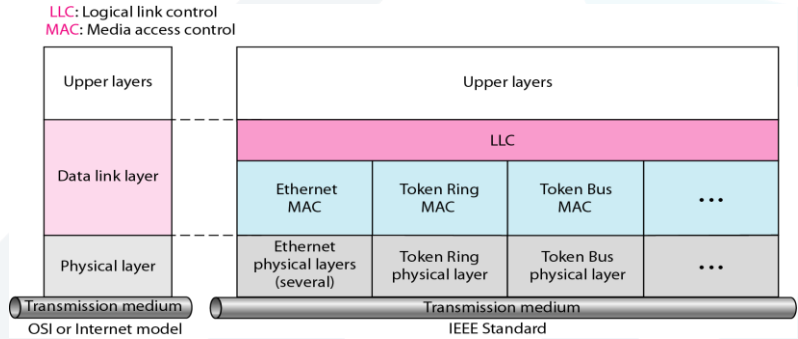


Wired LANs

- LLC provides one single data link control protocol for all IEEE LANs.
- MAC provides different protocols for different LANs.

MAC defines specific access method for each LAN:

- CSMA/CD for Ethernet LAN,
- Token passing for token ring,
- ...



5

<https://manara.edu.sy/>

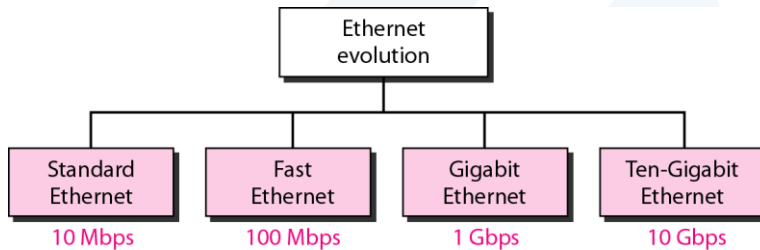


Wired LANs: Ethernet

- Ethernet LAN is defined by IEEE 802.3 standard, it uses I-persistent CSMA/CD as the access method.

الايترنت هو الأكثر استخداماً في شبكات المناطق المحلية LAN

- The MAC sublayer is responsible for the operation of the CSMA/CD.



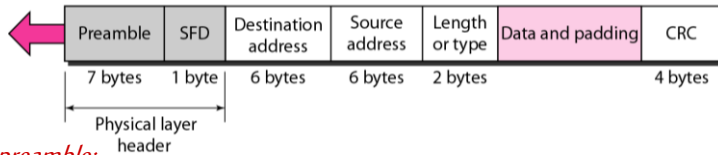
6

<https://manara.edu.sy/>



Wired LANs: Standard Ethernet

Standard Ethernet 802.3 frame format



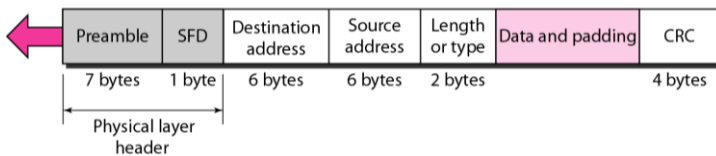
preamble:

- 7 bytes with pattern 10101010 followed by one byte with pattern 10101011
- used to synchronize receiver and sender clock rates

• لكل محطة/هدف عنوان فريد مكون من 48 bit مطبوع على بطاقة الشبكة الخاصة بها
Network Interface Card (NIC).



Wired LANs: Standard Ethernet



Example of an address in hexadecimal notation:

- Unicast: LSB of first byte 0
- Broadcast: All 1's
- Frame length: The minimum frame length is 64 bytes; the maximum is 1518 bytes.

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

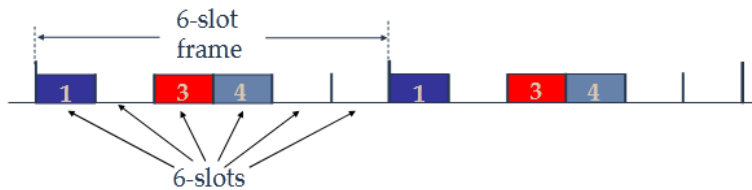
6 bytes = 12 hex digits = 48 bits



Channel Partitioning MAC Protocols: TDMA

TDMA: Time Division Multiple Access!

- يتم فيه الوصول إلى القناة في جولات! "rounds"
- تحصل كل محطة على حيز slot ذو طول ثابت (length = single frame transmission time) in each round!
- الحيزات غير المستخدمة تصبح خاملة!! idle
- Example: 6-station LAN; 1, 3, 4 have frames, slots 2, 5, 6 idle



9

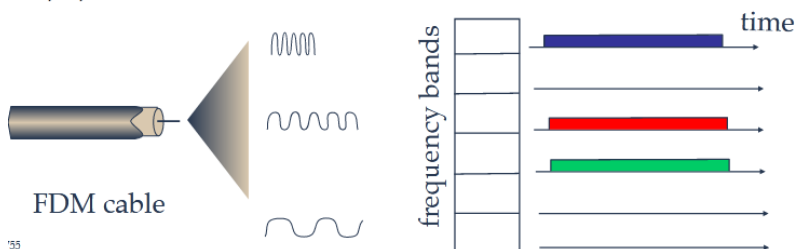
<https://manara.edu.sy/>



Channel Partitioning MAC Protocols: FDMA

FDMA: Frequency Division Multiple Access!

- ينقسم طيف القناة إلى نطاقات ترددية frequency bands
- تحصل كل محطة على نطاق ترددي ثابت
- زمن الإرسال غير المستخدم في النطاقات الترددية تصبح خاملة!! idle
- Example: 6-station LAN; 1, 3, 4 have frames, frequency bands 2, 5, 6 idle



155

10

<https://manara.edu.sy/>



Random Access Protocols

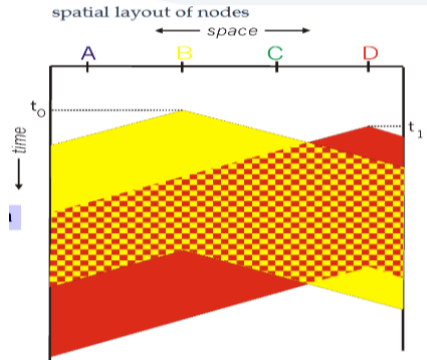
- عندما يكون لدى العقدة حزمة لإرسالها
- ✓ يتم الإرسال بمعدل نقل القناة الكاملة R
- ✓ لا يوجد أي تنسيق مسبق ما بين العقد
- عندما يحدث التصادم، يستمر في عملية إعادة الإرسال
- ✓ لا تقم بإعادة الإرسال مباشرةً، بل أرسل بعد تأخير زمني عشوائي
- يحدد بروتوكول MAC ذو الوصول العشوائي مايلي:
- ✓ كيف يتم كشف التصادمات
- ✓ كيف يتم تجنب التصادمات (من خلال تأخير عمليات إعادة الإرسال مثلاً)

□ Examples of random access MAC protocols:!

- slotted ALOHA!
- ALOHA!
- CSMA, CSMA/CD, CSMA/CA



CSMA collisions



- لا يزال من الممكن حصول التصادمات
- ✓ تأخير الانتشار يعني أن عقدين قد لا تسمعان إرسال بعضهما البعض!
- التصادم
- ✓ إهدار وقت إرسال الرزم بالكامل
- هناك دور للمسافة وتأخير الانتشار في تحديد احتمالية التصادم!



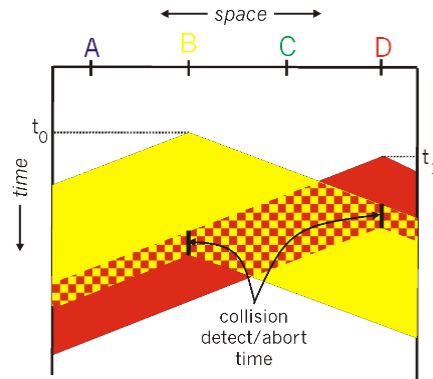
CSMA/CD (Collision Detection)

CSMA/CD: Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection!

- يستشعر الناقل ويؤجل الإرسال كما في CSMA ولكنه يستمع للقناة أثناء الإرسال
 - يتم اكتشاف الاصطدام خلال وقت قصير
 - يتم إيقاف عمليات الإرسال المتصاعدة بهدف تخفيض هدر القناة
 - اكتشاف التصادم **Collision Detection**
- ✓ سهل في شبكات LAN السلكية: يتم قياس قوة الإشارة ومقارنة الإشارات المرسلية والمستقبلة.
- ✓ صعبة في شبكات LAN اللاسلكية: قوة الإشارة المستقبلية يمكن أن تغمرها/تتجاوزها قوة الإشارة المرسلية



CSMA/CD (Collision Detection)





Cyclic Redundancy Check (CRC)

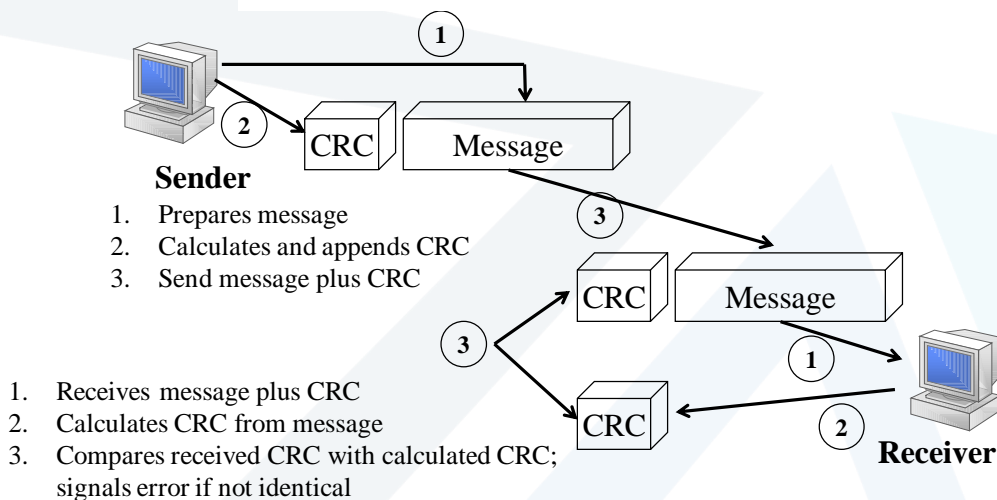
- The CRC error detection method treats the packet of data to be transmitted as a large polynomial.
- The transmitter takes the message polynomial and using polynomial arithmetic, **divides it** by a given generating polynomial.
- The **quotient** (نتيجة القسمة) is **discarded** but the **remainder is "attached" to the end of the message** (remainder (mod) arithmetic)
- The message (with the remainder) is transmitted to the receiver.
- The receiver divides the message and remainder by the same generating polynomial.
- If a **remainder not equal to zero results**, there was **an error** during transmission.
- If a **remainder of zero results**, there was **no error** during transmission.

15

<https://manara.edu.sy/>



Cyclic Redundancy Check (CRC)



16

<https://manara.edu.sy/>



Cyclic Redundancy Check (CRC)

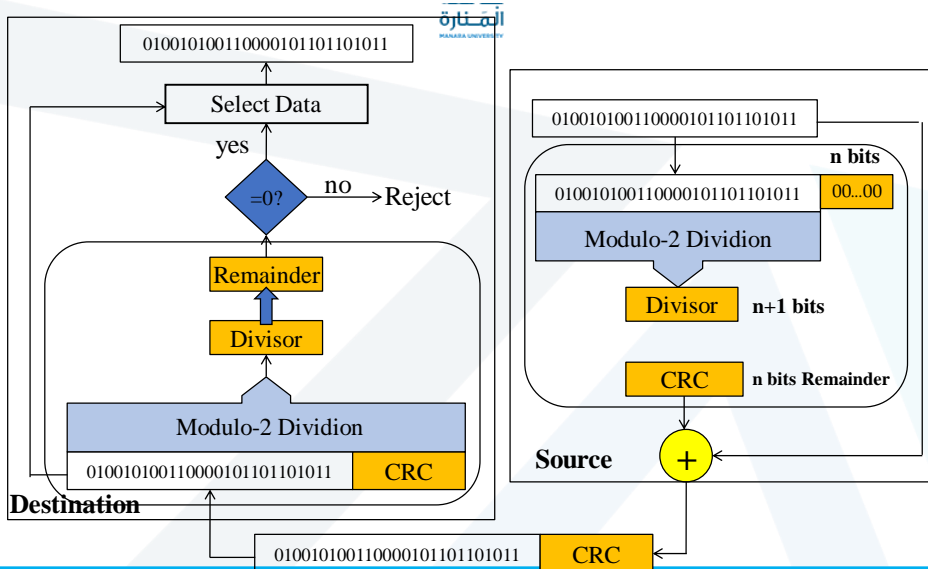
تعمل هذه الخوارزمية عند المرسل كما يلي:

- ✓ الحصول على الإطار السطري Get the raw frame
- ✓ تتم الإزاحة إلى اليسار للإطار السطري بمقدار n bits ويتم التقسيم على المولد
- ✓ يكون باقي القسمة هو FCS
- ✓ تتم إضافة/إلحاق باقي القسمة بالإطار السطري. فيكون الناتج هو الإطار الذي سيتم إرساله

عند المستقبل:

- ✓ يستقبل الإطار
- ✓ يتم التقسيم على المولد
- ✓ إذا لم يكن باقي القسمة هو صفر، إذاً يوجد خطأ في الإطار. وإلا فلا يوجد أخطاء في الإطار

Cyclic Redundancy Check (CRC)





Cyclic Redundancy Check (CRC)

- Given the *PDU* (i.e. a sequence of bits)
- Given a generator *G*:
 - This is a particular bit-sequence, it is part of the protocol (hence sending and receiving data-link protocol entity both know them)
 - Let *G* consist of $r+1$ bits (So, $r=G-1$)
- We add r 0-bits to the *PDU*, let this be *PDU'*
- Now divide the *PDU'* by *G* (so called **modulo-2 arithmetic** is used), this gives a rest *R*
- Now we calculate a bit-sequence *T* such that
$$T = PDU' + R.$$
 - *T* will be transmitted
 - It can be proven that *T* can always be divided by *G*!



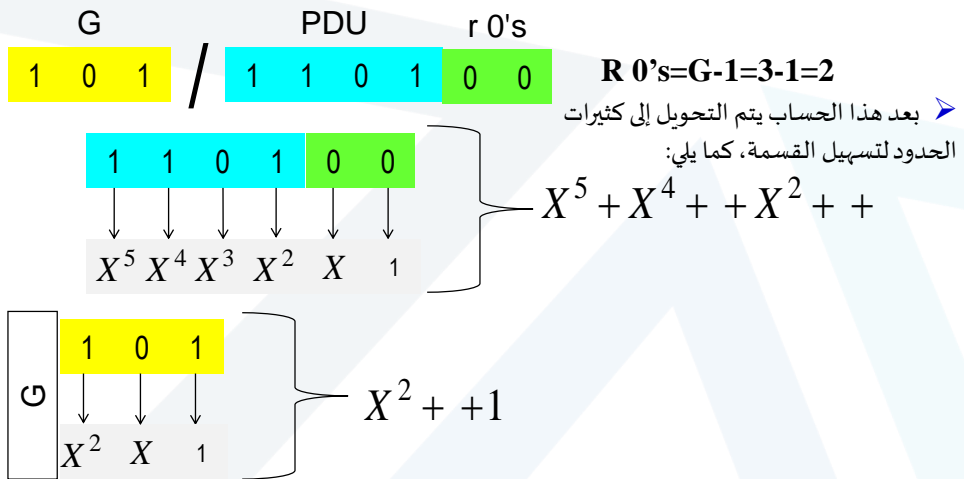
Cyclic Redundancy Check (CRC)

- Modulo 2 arithmetic:
 - Add:
 - $0+0=0$
 - $0+1=1$
 - $1+0=1$
 - $1+1=0$
 - **Subtract: (XOR Gate)**
 - $0-0=0$
 - $0-1=1$
 - $1-0=1$
 - $1-1=0$
- So Add and Subtract are the same!

- Multiplication:
 - $0*0=0$
 - $0*1=0$
 - $1*0=0$
 - $1*1=1$



Cyclic Redundancy Check (CRC)

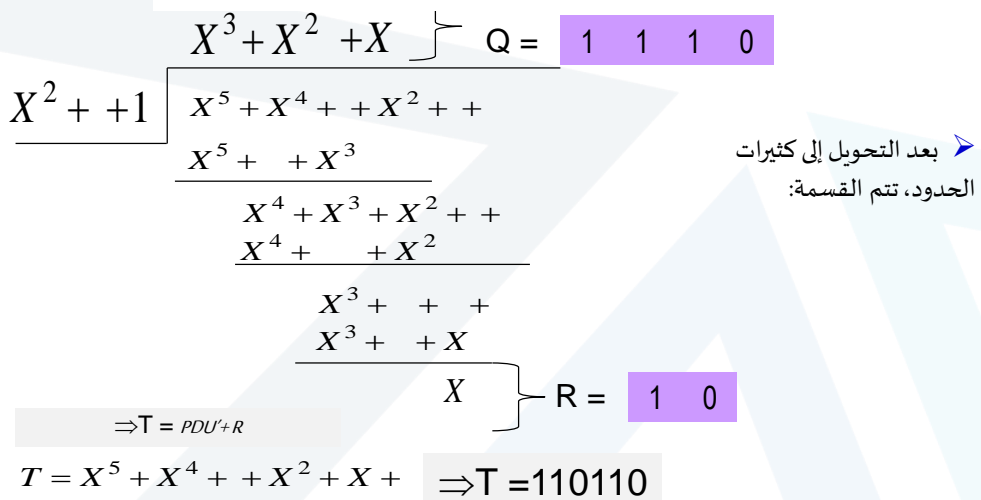


21

<https://manara.edu.sy/>



Cyclic Redundancy Check (CRC)



22

<https://manara.edu.sy/>



Cyclic Redundancy Check (CRC)

➤ ملاحظة: في حال وجود حدين موجودين في PDU و R لهما نفس الدرجة فإنهما يلغيان بعضهما

➤ مثال:

$$PDU = X^5 + X^4 + X^2 + X + 1$$

$$R = X^2 + X + 1$$

$$\Rightarrow T = PDU + R$$

$$T = X^5 + X^4 + X^2 + X^2 + X + 1 = X^5 + X^4 + X + 1$$

$$\Rightarrow T = 110010$$



Cyclic Redundancy Code - Generators

- CRC Generators are subject of design and standardization. The goal here is to let them have strong properties like:
 - Detect all single and double errors
 - Detect all burst of 16 bits and less
- Example generators are:

• CRC-8:	10000111
• CRC-10:	11000110011
• CRC-12:	110000000101
• CRC-16:	1100000000000101
• CRC-CCITT (ITU-T):	1001100000100001
• CRC-32:	1000010011000010001110110110111



Cyclic Redundancy Check (CRC)

$$\sum_0^n a.X^n; \quad a = \begin{cases} 0 \\ 1 \end{cases}$$

CRC-8 for ATM
$x^8 + x^2 + x + 1$
100000111

CRC-10
$x^{10} + x^9 + x^5 + x^4 + x + 1$
11000110011

CRC-CCITT
$x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$
10001000000100001

CRC-12
$x^{12} + x^{11} + x^3 + x^2 + x + 1$
110000001111

CRC-32 used in IEEE 802
$x^{32} + x^{26} + x^{23} + x^{22} + x^{16} + x^{12} + x^{11} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^5 + x^4 + x^2 + x + 1$
100000100110000010001110110110111



Cyclic Redundancy Check (CRC): Example

PDU= 100100

G= 1101

والمطلوب:

1- حساب الرسالة المرسله T؟

2- هل تحوي هذه الرسالة على أخطاء أم تم استقبالها بشكل صحيح؟