جامعة المنارة الخاصة
كلية الهندسة
هندسة ميكاترونيكس

الشبكات الصناعية

Industrial Networks CEMC606

مدرس المقرر
د. مثنى علي القبيلي

الفصل الدراسي الثاني | الأربعاء 1/06/2022 | العام الدراسي 2021-2022

CHAPTER 8

CAN

Controller Area Network

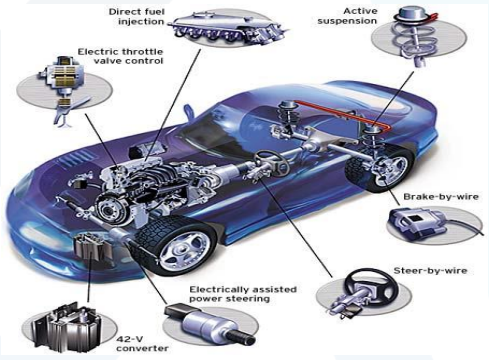
الغاية من المحاضرة الثامنة :

1. Introduction
2. CAN bus concept
3. CAN basic details
4. CAN Architecture
5. IP Multicast

Controller Area Network (CAN) - Origins / background

- Developed by **Robert Bosch GmbH**, specifically for Automotive control systems (now also used in e.g. industrial automation and medical equipment).
- تم تصميم CAN لتمكين مكونات السيارة مثل إدارة المحرك، ومجموعة نقل الحركة، والمكابح، والتوجيه، والأضواء والمؤشرات، والتحكم في المناخ، وأنظمة الأمان وما إلى ذلك لتكون مترابطة بواسطة ناقل الشبكة - مما يتيح لوحدات التحكم الإلكترونية (ECU) التواصل مع بعضهم البعض.

- Auto-motive industry
- Factory Automation
- Machine Control
- Medical Equipment and devices
- And more....



Controller Area Network (CAN) - Origins / background

- The CAN 1.2 protocol was released in 1986 ('Standard').
- CAN controller chips, produced by Intel and Philips, introduced in 1987.
- The CAN 2.0 specification was published in 1991 ('Extended').

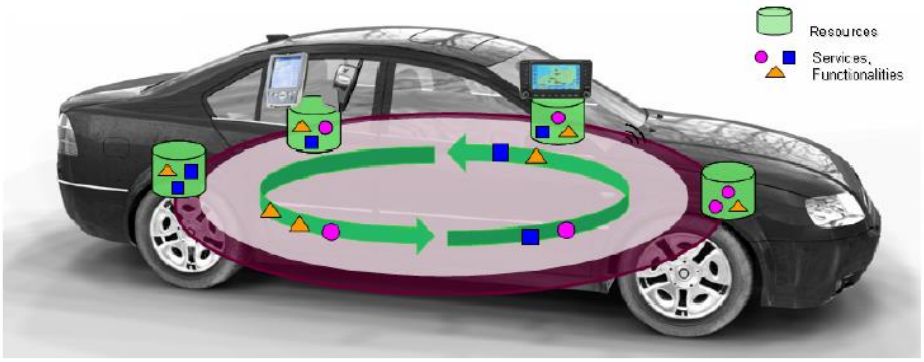
- CAN has some specific features:
  - It is fault-tolerant
  - It allows message prioritisation
  - It operates in multicast manner
  - It uses message-filtering in place of traditional addressing
  - It uses very short messages which are well-suited to *sensing* and *control* applications but not suited to data-intensive applications.

CANBUS Timeline

- 1983 : First CANBUS project at Bosch
- 1986 : CAN protocol introduced
- 1987 : First CAN controller chips sold
- 1991 : CAN 2.0A specification published
- 1992 : Mercedes-Benz used CAN network
- 1993 : ISO 11898 standard
- 1995 : ISO 11898 amendment
- Present : The majority of vehicles use CAN bus.

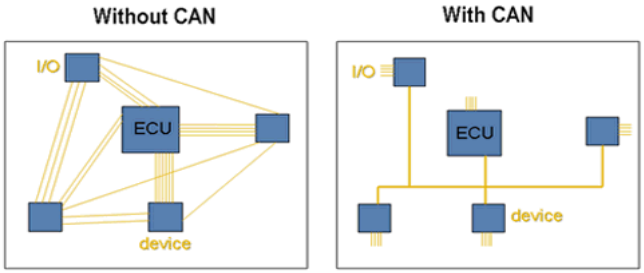
CAN bus concept – automotive example

- ❑ تربط شبكة CAN الأنظمة الفرعية المختلفة في نظام أكبر.
- ❑ عادة ما تكون الأنظمة الفرعية عبارة عن متحكمات دقيقة مدمجة مع تطبيقات استشعار / تحكم محددة.
- ❑ في شبكة CAN، ليس هناك حاجة إلى جهاز كمبيوتر مركزي أو منسق.



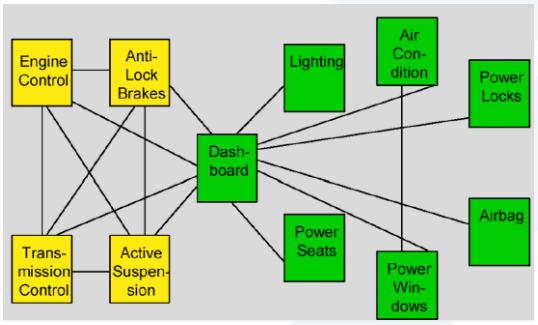
CAN basic details

- CANهو نظام اتصال تسلسلي غير محدد.
- يمكن لشبكات CAN أن يكون لها هيئة الناقل.
- تعمل بمعدلات نقل تصل إلى 1 ميجابت / ثانية (طول الناقل أقل من 40 مترًا) ، ويمكن تحقيق مسافات أطول للشبكة بمعدلات نقل أقل (على سبيل المثال، 500 متر بمعدل 125 كيلوبت / ثانية).

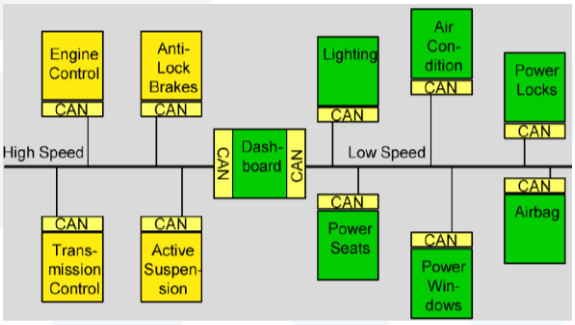


CAN basic details

Before CAN



With CAN



CAN basic details

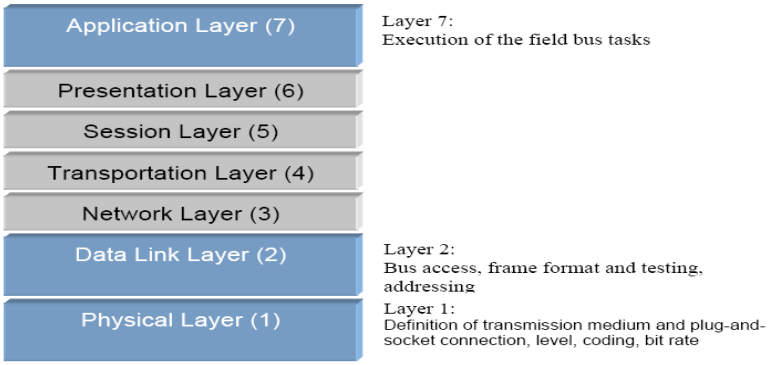
- The CAN data link layer protocol is standardized in ISO 11898-1 (2003). describes mainly the **data link layer** (**LLC** sublayer and **MAC** sublayer) and some aspects of the **physical layer** of the OSI reference model.
- The other protocol layers are selected by the network designer.

Basic message frame format

Field name	Length (bits)	Purpose
Start-of-frame	1	Denotes the start of frame transmission
Identifier	11	A (unique) identifier for the data
Remote transmission request (RTR)	1	Must be dominant (0)
Identifier extension bit (IDE)	1	Must be dominant (0)
Reserved bit (r0)	1	Reserved bit (it must be set to dominant (0), but accepted as either dominant or recessive)
Data length code (DLC)	4	Number of bytes of data (0-8 bytes)
Data field	0-8 bytes	Data to be transmitted (length dictated by DLC field)
CRC	15	Cyclic redundancy check
CRC delimiter	1	Must be recessive (1)
ACK slot	1	Transmitter sends recessive (1) and any receiver can assert a dominant (0)
ACK delimiter	1	Must be recessive (1)
End-of-frame (EOF)	7	Must be recessive (1)

CAN basic details

- There are two CAN modes of operation:
  - ✓ Standard – uses 11-bit Identifier
  - ✓ Extended – uses 29-bit Identifier
- **CAN is a three-layer technology** - {Object, Transfer, Physical} layers.



CAN Architecture

- CAN's three layers are equivalent to the Physical and Data-Link layers of the OSI model.
- The *Application layer* sits above the **CAN Object layer**. **The *Application layer* can be hardware and software** that comprise a specific component (usually an embedded system) within the wider network.
- The main role of the **CAN Object layer** is *message filtering* which determines which messages are passed up to the *Application layer* and which messages are ignored.
- The **CAN Transfer layer** is the core of the CAN protocol. It performs **MAC functions** such as *message framing, conflict detection and arbitration, and error detection*.
- The **CAN Physical layer** is not defined as part of the CAN protocol specification – this allows the transmission medium and signal levels to be optimised for particular implementations.

CAN mapped onto ISO OSI 7-layer model

CAN Object layer
- Message filtering
- Message and status handling

Logical Link Control (LLC) Sub-Layer

OSI Data Link Layer

CAN Transfer layer
- Fault confinement
- Error detection and signalling
- Message validation
- Acknowledgement
- Arbitration
- Message Framing
- Transfer rate and timing

Media Access Control (MAC) Sub-Layer

OSI Physical Layer

CAN Physical layer
- Signal level and bit representation
- Transmission medium

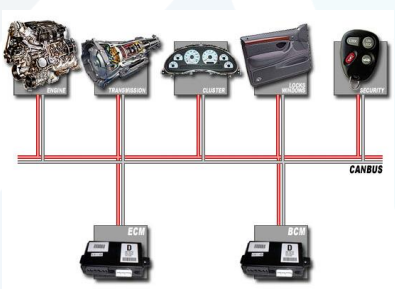
CANBUS Physical Layer

- Physical medium – two wires terminated at both ends by resistors.
- Differential signal - better noise immunity.
- Benefits:
  - Reduced weight, Reduced cost
  - Fewer wires = Increased reliability

Conventional multi-wire looms

vs.

CAN bus network



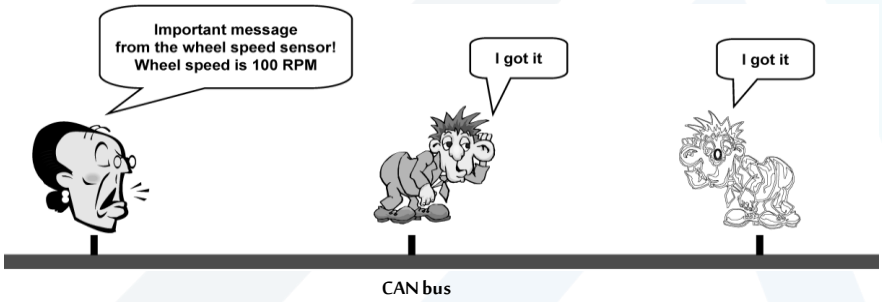
Frame Types and Fields and Spacing - Overview

- **Frames contain an Identifier**

- **Data Frame**: يحمل البيانات من المرسل إلى المستقبل.
- **Remote Frame**: يتم إرساله لطلب Data Frame
- The remote Frame and subsequent Data Frame contain **the same Identifier**.
- **Error Frame**: يتم إرساله من قبل أي مكوّن UNITعند اكتشاف خطأ نقل
- **Overload Frame**: يوفر تباعداً إضافياً بين إطارات Data Frames or Remote Frames السابقة واللاحقة

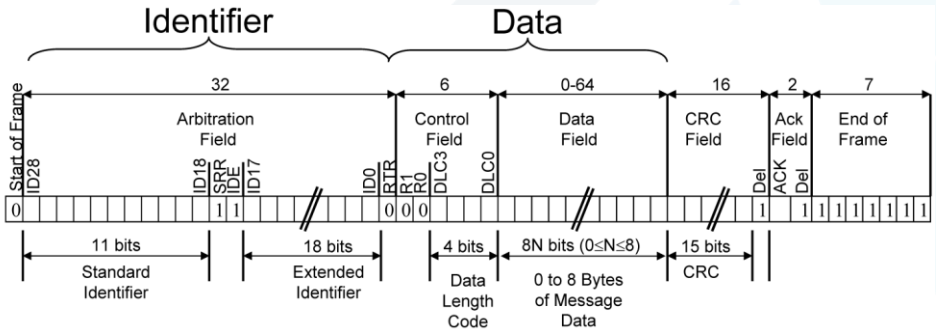
Message Oriented Transmission Protocol

- Each node – receiver & transmitter
- A sender of information transmits to all devices on the bus
- All nodes read message, then decide if it is relevant to them
- All nodes verify reception was error-free
- All nodes acknowledge reception



Message Format

- Each message has an ID, Data and overhead.
- Data –8 bytes max
- Overhead – start, end, CRC, ACK

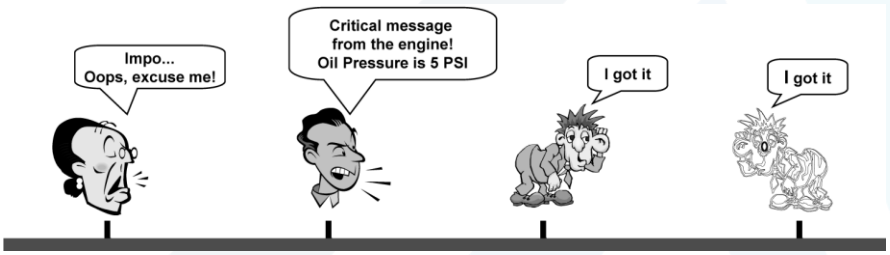


Example of Message Transaction

	ID	Data
▪ Instrument panel ECU says "can anyone tell me what the block temperature is?	400	
▪ Block ECU sees this message and issues a message "block temperature is 76 Celsius"	400	076
▪ Instrument panel ECU sees block temperature message and displays it on console		

Bus Arbitration

- Arbitration – needed when multiple nodes try to transmit at the same time
- Only one transmitter is allowed to transmit at a time.
- A node waits for bus to become idle
- Nodes with more important messages continue transmitting



CAN protocol

- يتم إرسال المعلومات على شكل عدد من التنسيقات المختلفة (الإطارات).
- عندما يتم اكتشاف أن الخط الناقل Bus خالي، يمكن لأي وحدة متصلة أن تبدأ في إرسال رسالة
- يجب على المرسل مراقبة الناقل أثناء إرساله، بت واحد في واحدة الزمن- يتم اكتشاف الخطأ بسبب التعارض/التصادم بشكل فوري، استنادًا إلى اختلاف بت واحد بين ما يتم إرساله وما يتم سماعه في الناقل. يتم كشف التعارضات فقط أثناء "مجال التحكيم arbitration field".
- العقدة التي تفقد التحكيم تتوقف عن الإرسال، يستمر الفائز في إرسال رسالته

- لا يستخدم CAN عناوين المحطات لإرسال البيانات، وإنما يستخدم أسلوب البث المجموعاتي **Multicast**
- يتم تسمية محتوى الرسالة بواسطة المعرف Identifier. وهو وسيلة لوصف نوع أو معنى البيانات. ولا يشير إلى وجهة الرسالة.
- يتم إرسال رسالة باستخدام المعرف الخاص بها كوسيلة للترشيح عند العقد المستقبلة. فقط العقد المهتمة بالمعرف تستقبل الرسالة وتتعامل معها.
- بشكل فعال هذه شبكة اشتراك للنشر publish-subscribe network
  - ✓ يمكن إضافة العقد إلى النظام دون تغيير التكوين الحالي للبرامج أو الأجهزة.

مفهوم البث المجموعاتي Multicast

لماذا شبكات البث المجموعاتي

- استثمار عرض الحزمة بطريقة فعالة
- منع حصول التزاحم في الشبكة
- تخفيض الحمل عن الوحدات
- منع وصول نسخ مكررة إلى الوحدات

العناوين في شبكات البث المجموعاتي

- تمتد العناوين بين 224.0.0.0 حتى 239.255.255.255
- يتم تعريف كل مجموعة في شبكات البث المجموعاتي بعنوان من الصنف D
  - ✓ يعرف كل عنوان من الصنف D مجموعة من المحطات
  - ✓ في العنوان من الصنف D، هناك 28 بت متاحة لتعريف المجموعات
    - من الممكن تواجد أكثر من 250 مليون مجموعة في وقت واحد

Multicast Packet Format

- Source is ALWAYS a unicast address
- Destination is a multicast group address
- Packet payload is typically UDP
- Need to map multicast group IP addresses to Layer 2 multicast MAC addresses
- Sender does NOT need to be a member of the group

Multicast Groups

- Groups may be of any size
- Group members may be located anywhere in the Internet
- Hosts can join and leave groups at will
- There is no list of group members

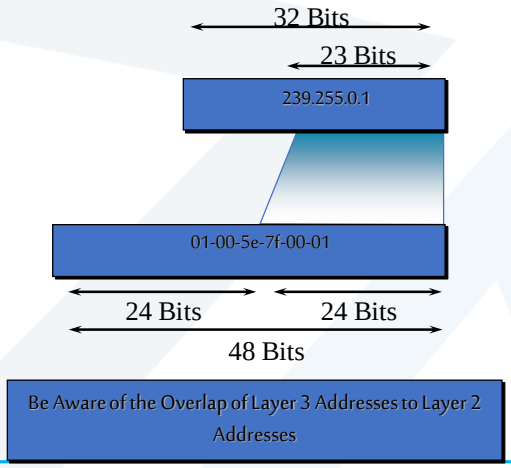
➢ A sender cannot tell who (or if anyone) received any message

➢ Hosts can always send and receive locally generated multicast packets by themselves

➢ To receive multicast packets from the outside, a multicast router must be present

Layer 2 Multicast Addressing—(Ethernet)

A Layer 3 IPmc Address Maps to a Layer 2 Multicast Address:



Ethernet Multicast Addressing

- IANA has defined that all Ethernet multicast addresses always begin with the hex values 01 00 5E in the first three bytes
  - **The next bit of the address is 0**
  - That takes car of **25 of the 48 bits** in the Ethernet MAC address
  - The remaining **23 bits** are derived from the lowest order 23 bits from the IP multicast address
  - Here is an example of how this multicast-addressing scheme works. For the multicast address 224.0.1.1, the resulting Ethernet MAC address is derived as follows:

224.0.1.12=1110 0000.0**000 0000.0000 0001.0000 1100**

lowest 23 bits =000 0000.0000 0001.0000 1100

Ethernet MAC address =**01-00-5E-0**000 0000.0000 0001.0000 1100

= 01-00-5E-00-01-0C

Ethernet Multicast Addressing

IP address 32 bits

224	65	10	154
1110 0000	0100 0001	0000 1010	1001 1010

E 0	4 1	0 A	9 A

Ethernet MAC address 48 bits

01	00	5E	00	00	00
0000 0001	0000 0000	0101 1110	0000 0000	0000 0000	0000 0000

Result Ethernet MAC address 48 bits

0000 0001	0000 0000	0101 1110	**0**100 0001	0000 1010	1001 1010
01	00	5E	41	0A	9A