



BME
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

HAUT
Közlekedésautomatikai Tanszék



Járműfedélzeti rendszerek II.

7. előadás

Dr. Aradi Szilárd

A CAN hálózat

- Az első szabványos autóiipari kommunikációs hálózat
- Bosch fejlesztés, 1986 SAE (Society of Automotive Engineers) congress
- 1991: CAN 2.0 specification
- 1992: megalakult a CAN in Automation (CiA) felhasználói és gyártói csoport
 - Vezeték, csatlakozó, transceiver ajánlások
 - CAN Application Layer (CAL)
- 1993: ISO 11898, fizikai réteg és standard üzenetformátum
- 1995: kiegészítették a szabványt a 2.0-ás specifikációval
 - ISO 11898-1: adatkapcsolati réteg
 - ISO 11898-2: nagysebességű fizikai réteg,
 - ISO 11898-3: alacsony sebességű, hibatűrő fizikai réteg
- 2012: szabvány kiegészítése a CAN FD-vel

A CAN hálózat

- A CAN hálózatot leíró szabványok a fizikai és az adatkapcsolati réteget írják le, erős hangsúlyt fektetve ez utóbbira, melyet további alrétegekre bontanak:
 - MAC (Media Access Control: Közeg hozzáférés vezérlés)
 - LLC (Logical Link Control: Logikai kapcsolatvezérlés)

Adatkapcsolati réteg

- MAC (korábban Transfer Layer)
 - Keretek előállítása
 - Arbitráció
 - Hibaérzékelés és –jelzés
 - Üzenetek ellenőrzése és nyugtázása
 - Hibás csomópontok elszigetelése (fault confinement)
 - Átviteli sebesség, időzítés
- LLC (korábban Object Layer)
 - Üzenetek szűrése
 - Üzenetek és státuszuk kezelése

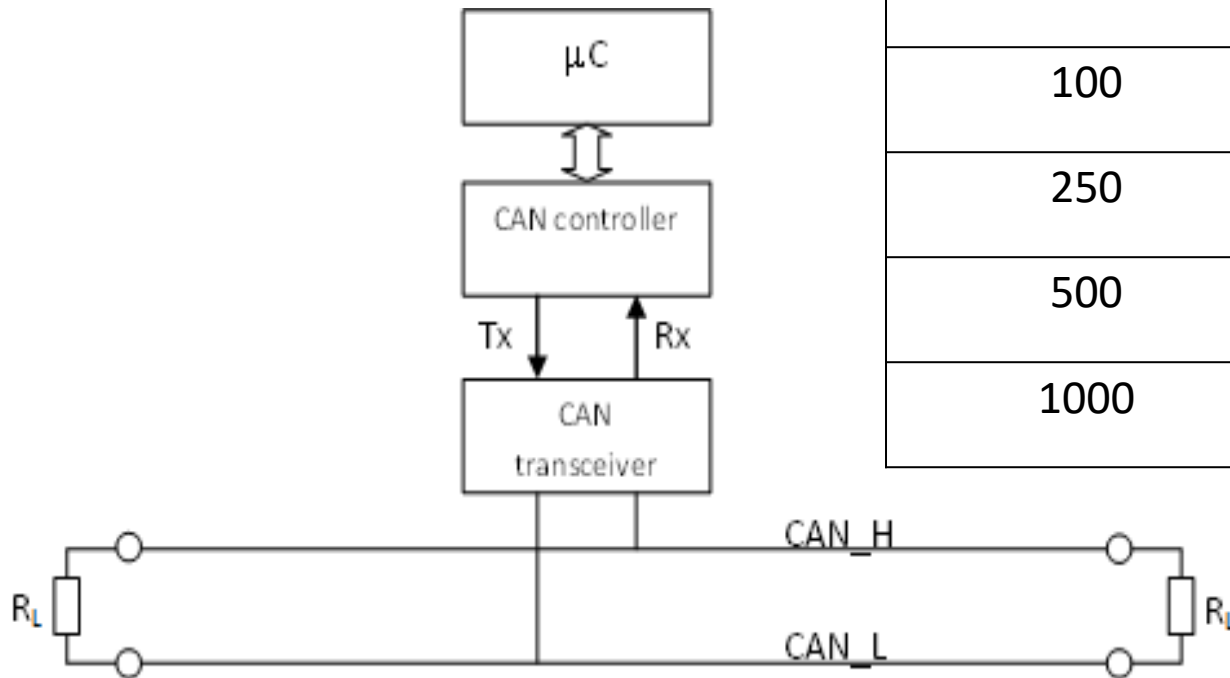
Fizikai réteg általános jellemzői I.

- Kétvezetékes, differenciális jelátvitelt alkalmazó busz
- A vezeték sodort érpár, mely lehet árnyékolt vagy árnyékolatlan is
- A CAN kontrollert egy adóvevő (transceiver) áramkör illeszti a buszra, mely a controller TTL szintű jeleit alakítja át a busz differenciális jeleire
- A buszon lévő állomások között huzalozott ÉS kapcsolat áll fent

Fizikai réteg általános jellemzői II.

- A busz impedancia-illesztéséről lezárásokkal kell gondoskodni
- Ennek szabványos értéke $R_L = 120\Omega$
- Ez a fizikai felépítés legfeljebb 1Mbit/s adatátviteli sebességet tesz lehetővé
- Az adott rendszer sebességét természetesen korlátozza a busz hossza és a transceiverek késleltetése
- ISO11898 specifikálja

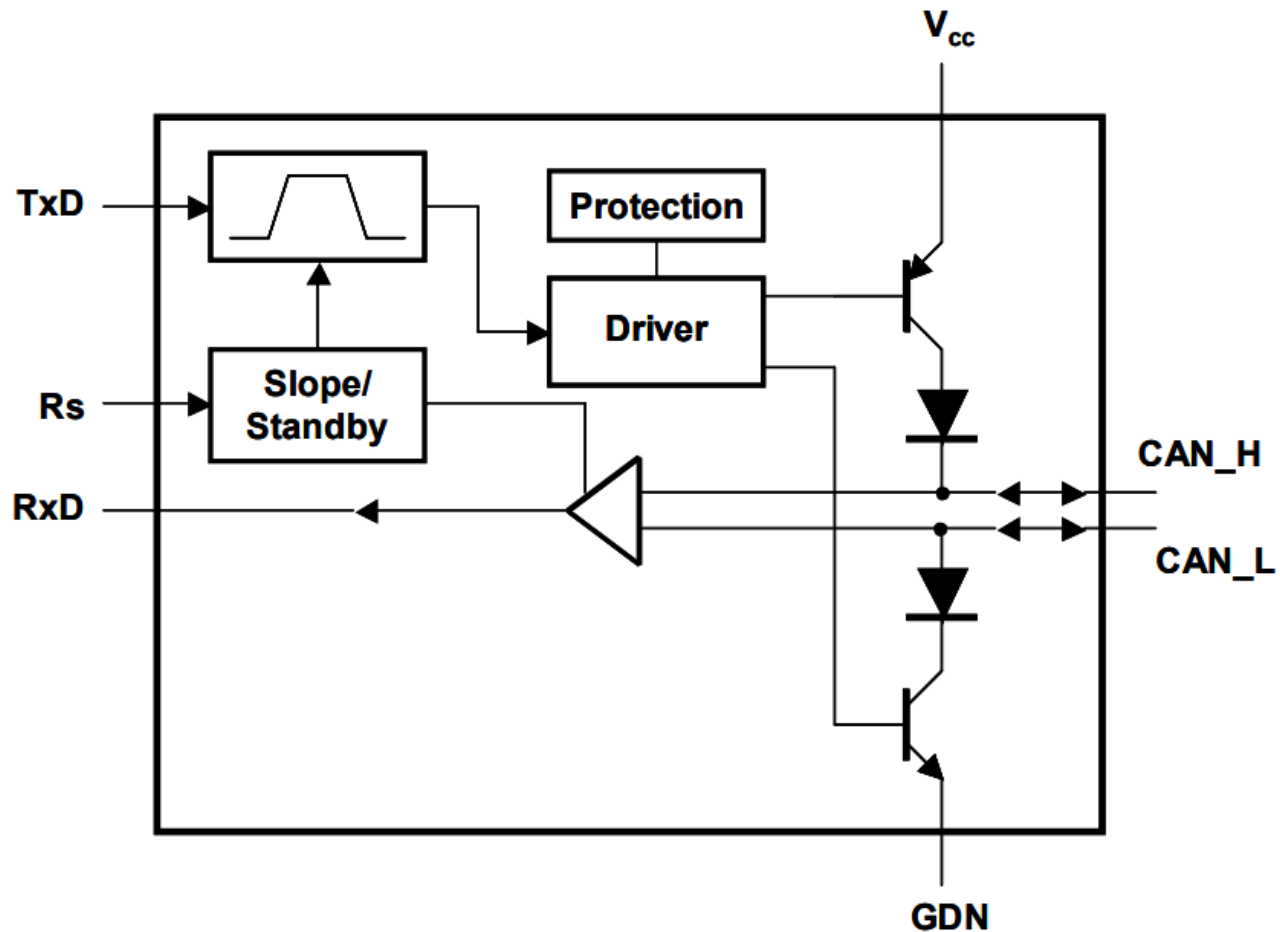
Fizikai réteg (Architektúra)



Kábelhossz (m)	Adatátviteli sebesség (kbit/s)
30	1000
100	500
250	250
500	125
1000	62,5

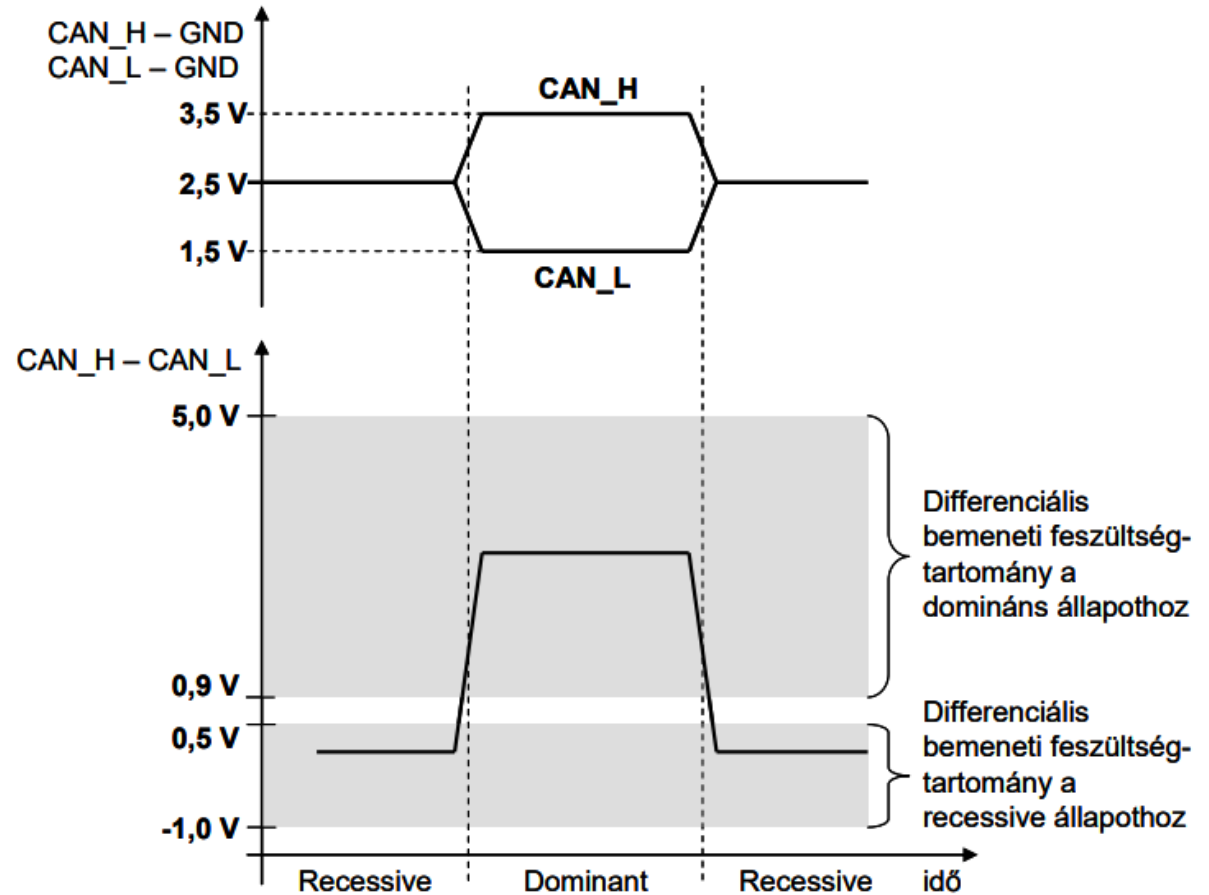
Fizikai réteg (Transceiver)

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Közlekedésautomatikai Tanszék



Fizikai réteg (Jelszintek)

- Domináns (0) jelszint
 - CAN High = 3,5 V
 - CAN Low = 1,5 V
- Recesszív (1) jelszint
 - CAN High = 2,5 V
 - CAN Low = 2,5 V



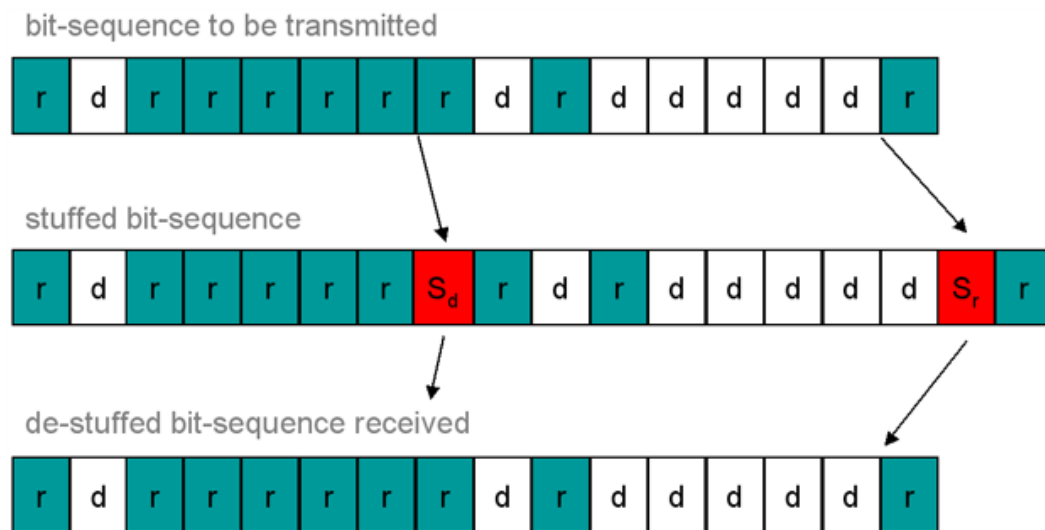
Nem szabványos lezárás mérések

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Közlekedésautomatikai Tanszék

Hossz	Lezárás	Baud		Kábeltípus
10m	-/-	250K	Ok	UTP Cat. 5
10m	-/-	500K	Nok	UTP Cat. 5
20m	-/-	125K	Ok	UTP Cat. 5
20m	-/-	250K	Nok	UTP Cat. 5
20m	120/-	1M	Ok	UTP Cat. 5
40m	-/-	100K	Ok	UTP Cat. 5
40m	-/-	125K	Nok	UTP Cat. 5
40m	120/-	500K	Ok	UTP Cat. 5
40m	120/-	1M	Nok	UTP Cat. 5
40m	120/120	1M	1517/10000	UTP Cat. 5
80m	-/-	50K	ok	FTP Cat. 6
80m	-/-	100K	Nok	FTP Cat. 6
80m	120/-	250K	Ok	FTP Cat. 6
80m	120/-	500K	ok+15 errorframe	FTP Cat. 6
80m	120/120	500K	Ok	FTP Cat. 6
80m	120/120	1M	Nok	FTP Cat. 6
80m	1500/-	100K	Ok	FTP Cat. 6
80m	1500/-	125K	Nok	FTP Cat. 6
80m	1500/1500	125K	Ok	FTP Cat. 6
80m	1500/1500	250K	Nok	FTP Cat. 6

Kódolás és bitbeszúrás

- „Non-return to Zero” kódolás, a jel teljes tartamában a megadott szinten van
- Nincs jelenkénti él, ami a szinkronizációt nehezíti
- Öt azonos jelszintenként egy ellentétes jel beszúrása (stuffing)
- A vevő ezt kiveszi (destuffing)
- Teljes üzenetre érvényes (kivéve EOF)

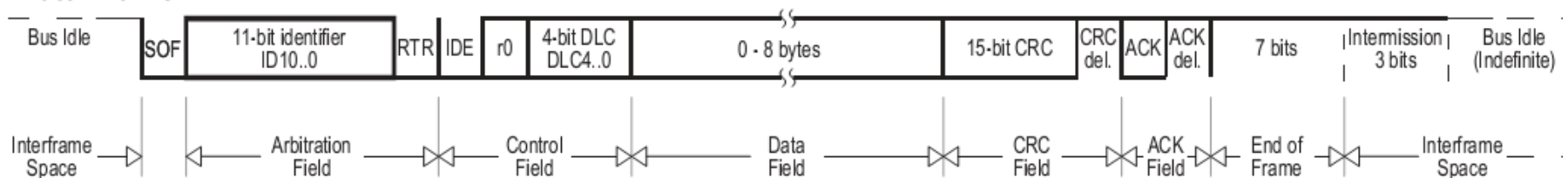


Üzenetformák és működés

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Közlekedésautomatikai Tanszék

- BUS Idle
- SOF – Start of Frame
- Arbitration Field
- Control Field
- Data Field
- CRC Field
- ACK Field
- EOF End of Frame
- Interframe Space

Data Frame



SOF

Start of Frame

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Közlekedésautomatikai Tanszék

- A busz alaphelyzetben magas (1) szinten van
- Amennyiben valamelyik résztvevő használni kívánja, a vonalat alacsony szintre húzza
- Erre a többiek elkezdik figyelni az adást, és szinkronizálják az órájukat a lefutó élre. (Az órajelet mindenki magának állítja elő, az üzenet olvasás közben folyamatos szinkronizálás folyik)

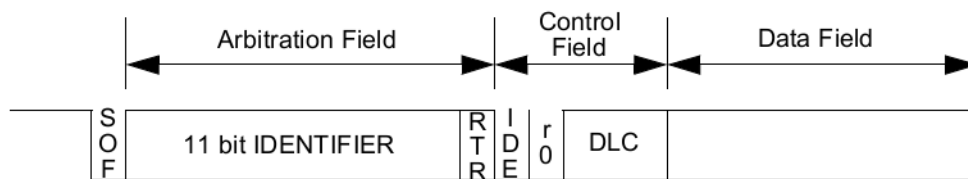
Arbitration Field

- Mivel a buszon **ütközésfigyeléses, osztott közeghozzáférés** vezérlés van előfordulhat, hogy egyszerre több szereplő próbál kommunikálni.
- Prioritása nem a résztvevőknek, hanem az üzeneteknek van.
- A hozzáférés eldöntésére szolgál az arbitrációs mező

Arbitration Field

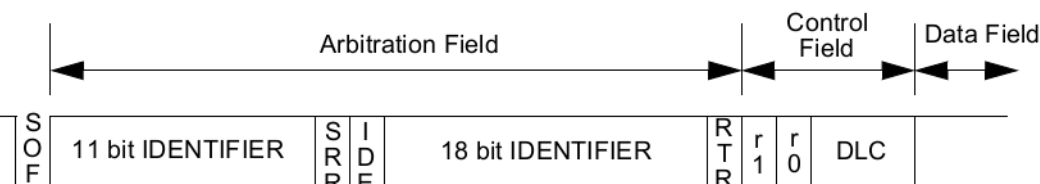
- 11+1 bit (CAN 2.0A), vagy 11+2+18+1 bit (CAN 2.0B) értéke dönti el a jogosultságot,
- minél kisebb ez a számérték, annál nagyobb a buszhasználati prioritás

Standard Format



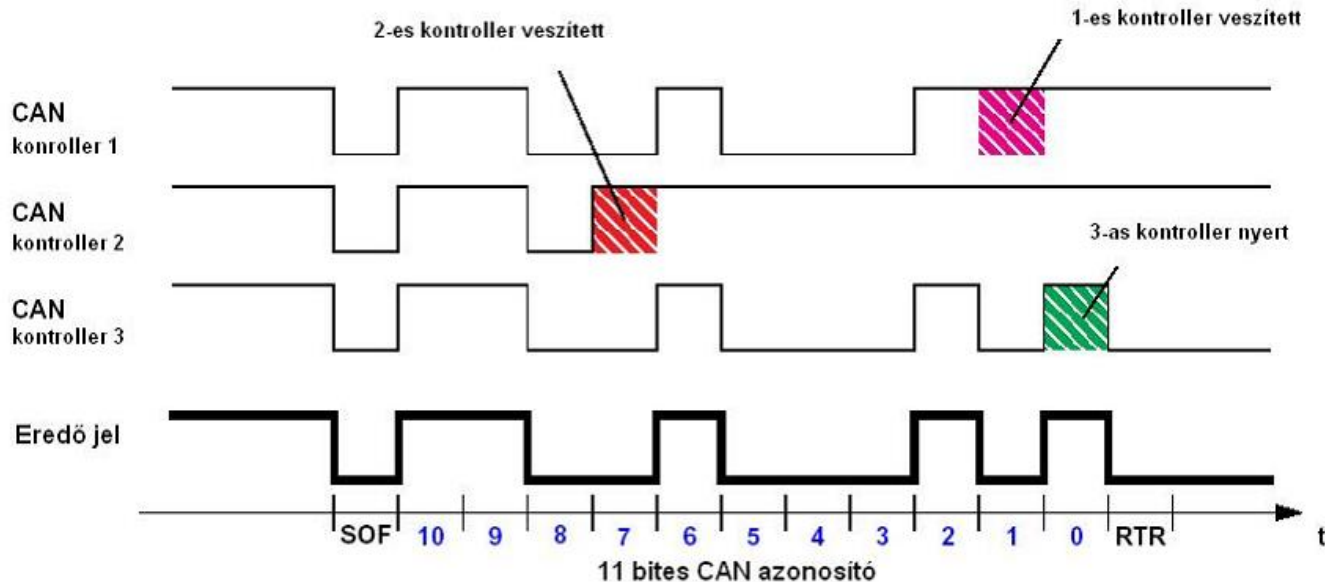
- **RTR** - Remote Transmission Request
- **IDE** - Identifier Extension
- **r0,r1** - Reserved (0,1)
- **SRR** – Substitute Remote request

Extended Format



Az arbitráció folyamata

- Három egyidejűleg adni kívánó controller esetén
- A legkisebb azonosító nyer (korábban megjelenő domináns jelszint)



Control Field

- 6 bit – [IDE, r0, 4*DLC], vagy [r0,r1,4*DLC]
- Az első bit alapján eldönthető, hogy extended, vagy standard mező.
- A DLC (Data Length Counter) megmondja, hogy milyen hosszú adatmező követi.
- Szerepe van a hibafelismerésben.

Data Field, CRC, EOF, Interframe

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Közlekedésautomatikai Tanszék

- Adatok 0-8 byte
- CRC 15 (15 bit+1 bit lezáró)
- 6 Hamming távolság
- 5 bit hibát észlel
- Nem hibajavító
- EOF – 7 recesszív bit (bitstuffing nélkül)
- Interframe Space (legalább 3 bit)

Keret Típusok

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Közlekedésautomatikai Tanszék

- Data Frame
- Remote Frame
- Error Frame
- Overload frame

Data Frame/Remote frame

CAN Standard Frames

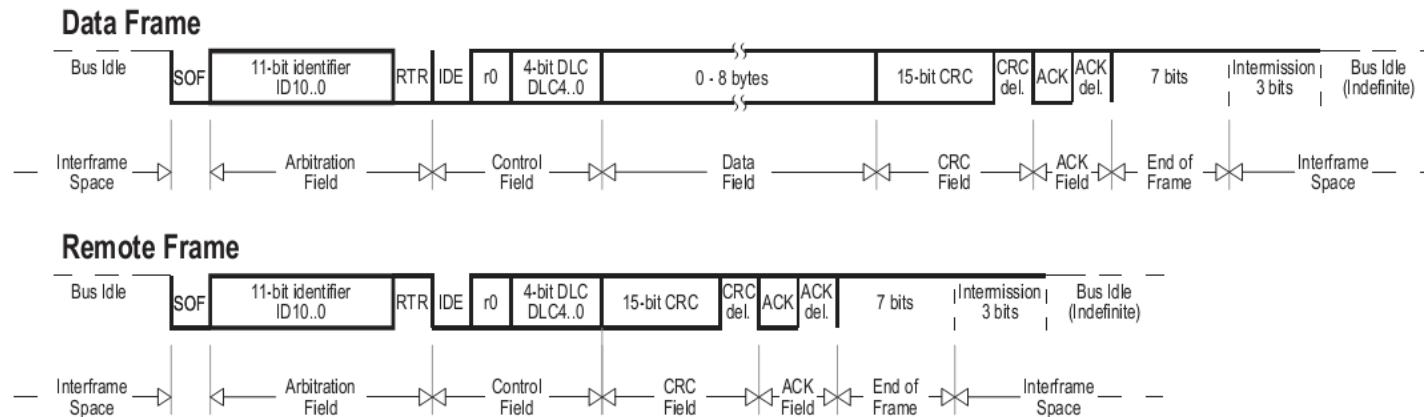
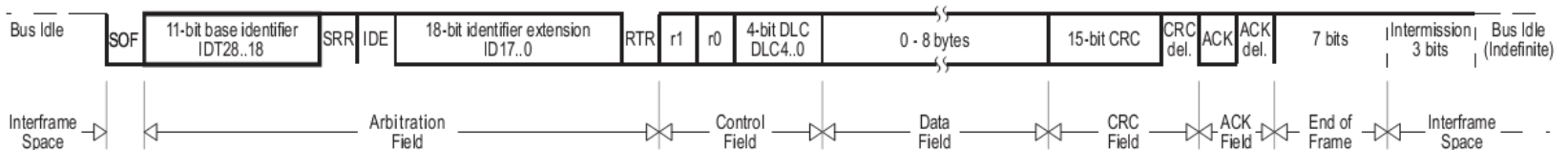
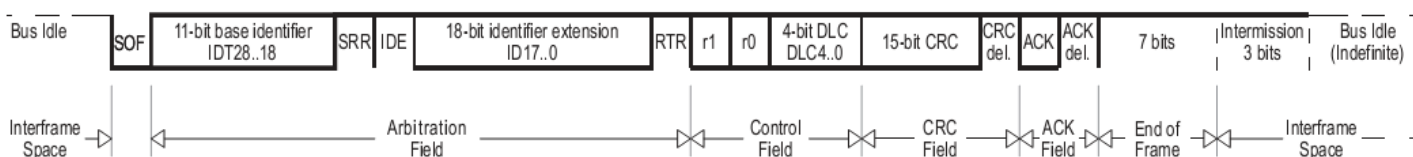


Figure 19-2. CAN Extended Frames

Data Frame



Remote Frame

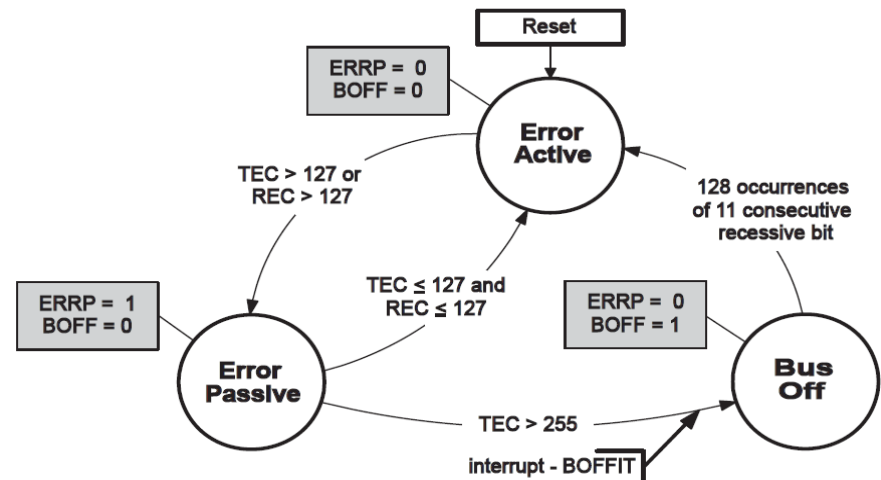


Data Frame/Remote Frame

- Az üzenetek adat keretekben közlekednek, de előfordulhat, hogy az egyik fél adatokat kér egy másiktól, ekkor ún. Remote Frame-et küld, aminek azonosítója megegyezik a Data Frame-el.
- Az „ütközést” ilyenkor az RTR bit küszöböli ki:
 - 0 domináns data frame-ben
 - 1 recesszív remote frame-ben
- Ütközés esetén tehát a remote frame küldő csomópont érzékeli, hogy azonos dataframe „jön”.

Hibakezelés

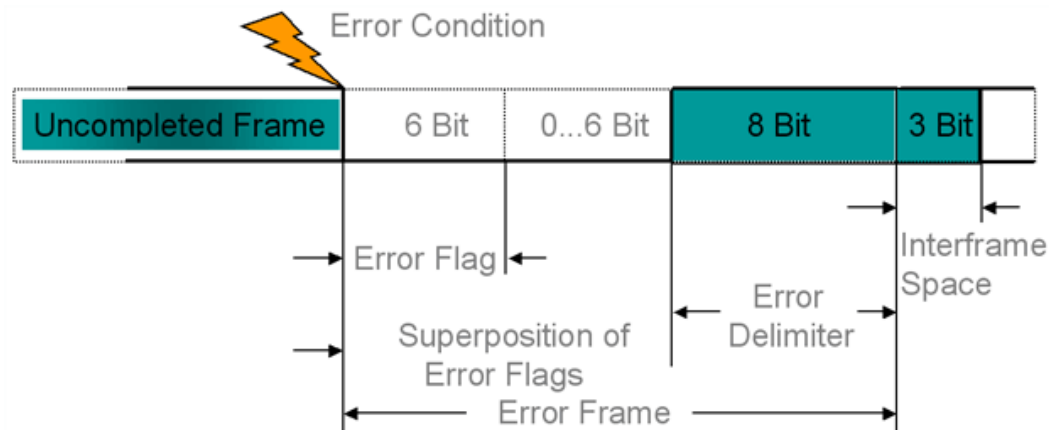
- „Fault confinement”, hibás csomópontok elszigetelése
 - Hiba aktív állapot: részt vehet a buszon történő kommunikációban, hiba esetén aktív hibajelzést küld.
 - Hiba passzív állapot: részt vehet a kommunikációban, de csak passzív hibajelzést küldhet a buszra.
 - „Bus off”: nem vehet részt a kommunikációban
- Vételi és küldési hibaszámlálók alapján vált állapotot
- A számlálók mindkét irányban változhatnak, így az átmeneti hibák megszűnése után nullázódhatnak.



Aktív hibakeret (active error frame)

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Közlekedésautomatikai Tanszék

- Hiba észlelése esetén az érzékelő csomópont
 - 6 domináns bitet küld a hálózatra (bit stuffing nélkül)
 - Ezt a vevők érzékelik, így tovább 0-6 bitnyi (domináns) error flag keletkezik a hálózaton
 - Ezt 8 bitnyi recesszív hiba lezáró bit követi



Passzív hibakeret (passive error frame)

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Közlekedésautomatikai Tanszék

- A hiba passzív állapotban lévő csomópont nem küldhet aktív hibakeretet.
- Hiba észlelése esetén a passzív hibakeretet küld
 - 6 recesszív bit, így nem zavarja az esetleges kommunikációt
 - Ki kell várnia, hogy a 6 recesszív bit érvényre jusson
 - Ezt 8 bitnyi recesszív hiba lezáró bit követi

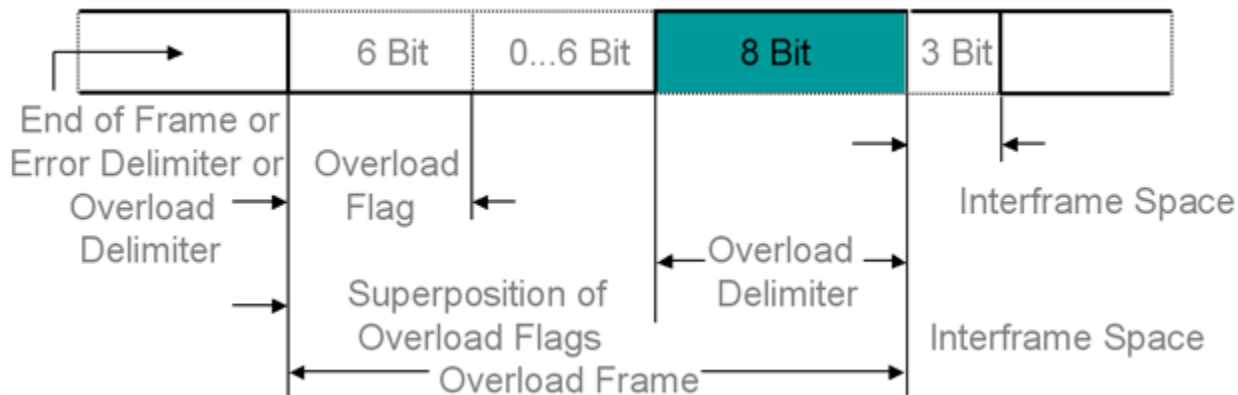
Hibafajták

- **BERR:** Bit error – a kiküldött bit nem egyezik a visszaolvasottal
 - Kivétel: Arbitráció, error frame
- **SERR:** Stuff Error – Több mint 5 azonos bit észlelése
- **CERR:** CRC Error – (RX)
- **FERR:** Form error – (CRC del., ACK del., EOF, Error del., overload del.)
- **AERR:** Acknowledgment error

Túlterheléses keret (overload frame)

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Közlekedésautomatikai Tanszék

- Megegyezik az error frame-el, de csak az Interframe space-ben küldhető
- Késlelteti a következő üzenetet túlterhelés esetén
 - Valamelyik vevő nem tudta elég gyorsan feldolgozni az üzenetet, ezért időt kér.



A DBC file rövid ismertetése (Data Base for CAN)

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Közlekedésautomatikai Tanszék

- Általánosan használt CAN hálózat leíró
- Üzenetek leírása négyféle sortípussal:
 - BO_ - Message/Üzenet leíró,
 - SG_ - Signal/Jel leíró és
 - CM_ Comment leíró sorok.
 - SIG_VALTYPE_ - speciális signal
- Teljesség igénye nélkül egyéb sortípusok:
 - BU_ - Hálózati csomópontok felsorolása,
 - VAL_ - Értéktábla
 - BA – Attribútum sor

Csomópontok definiálása

A Hálózati csomópontok definiálása a BU_ sorral történhet meg, a csomópontok neveinek felsorolásával:

BU_: #Node1 #Node2 #Noden

Például:

BU_ Node1 Node2

Az egyes elemek tartalma a következő:

Elem	Formátum	Tartalom
#NodeX	String	Csomópont azonosító

Üzenet definiálása

Egy Message leíró sor formátuma a következő:

BO_ #Canid #Name: #DLC #Node

Például:

BO_ 2298429457 New_Message_7: 7 Vector_XXX

Az egyes elemek tartalma a következő:

Elem	Formátum	Tartalom
#Canid	U32	CAN ID azonosító
#Name	String	Az üzenet neve
#DLC	U8	DLC
#Node	String	Csomópont azonosítója ('Vector__XXX'- unassigned)

Jelek definiálása

A message leíró sor után következnek az üzenethez tartozó „Signalok” felsorolása.

Egy Signal formátuma a következő:

```
SG_ #Name : #Startbit|#Length@#Byteorder#Valuetype (#Factor,#Offset) [#Min|#Max] "#Unit" Vector_XXX
```

Például

```
SG_ New_Signal_13 : 32|1@1- (1.1,0.1) [-1|0] "" Vector_XXX
```

Az egyes elemek tartalma a következő:

Elem	Formátum	Tartalom
#Name	String	A Signal neve
#Startbit	U8	A Signal Kezdő bit pozíciója
#Length	U8	A Signal hossza bitben
#Byteorder	(0/1)	Endianness (1-Intel, 0-Motorola)
#Valuetype	(+-)	Előjel (+ előjel nélküli, - előjeles)
#Factor	Float	Erősítés
#Offset	Float	Eltolás
#Min	Float	Minimumérték
#Max	Float	Maximumérték
#Unit	String	Mértékegység

Vége

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Közlekedésautomatikai Tanszék

Köszönöm a figyelmet!