

Magistrala CAN

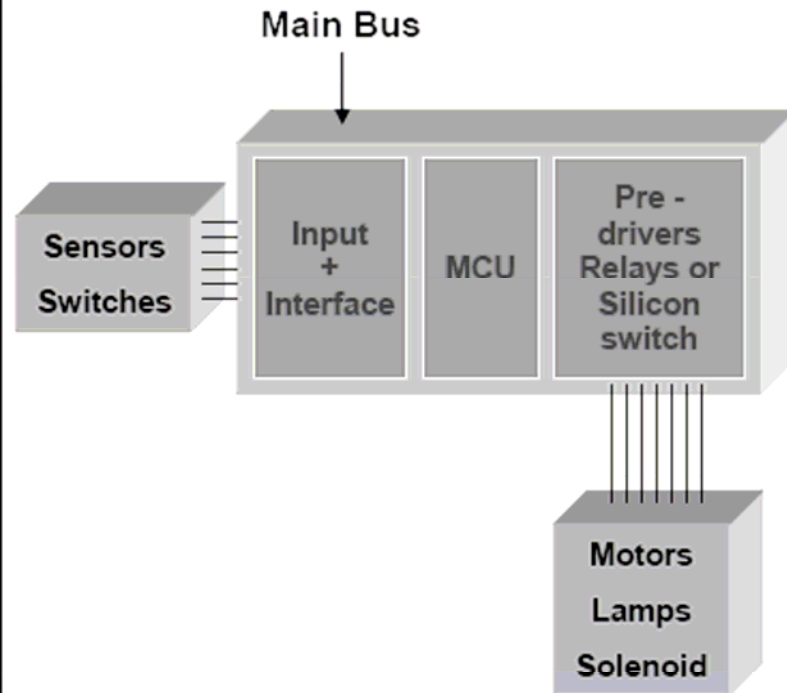
Czym jest CAN ?

- Controller Area Network
 - ✓ Opracowany przez Robert Bosch GmbH w 1980 do zastosowań motoryzacyjnych
 - ✓ Asynchroniczna magistrala szeregową
 - ✓ Prosta linia różnicowa
 - ✓ BRAK ADRESOWANIA WĘZŁÓW
 - Identyfikator ramki określa zawartość (i priorytet)
 - Najniższy numer identyfikatora -> najwyższy priorytet
 - ✓ Arbitraż bezstratny CSMA z detekcją kolizji
 - ✓ Multi-master / Broadcasting
 - ✓ Detekcja i obsługa błędów

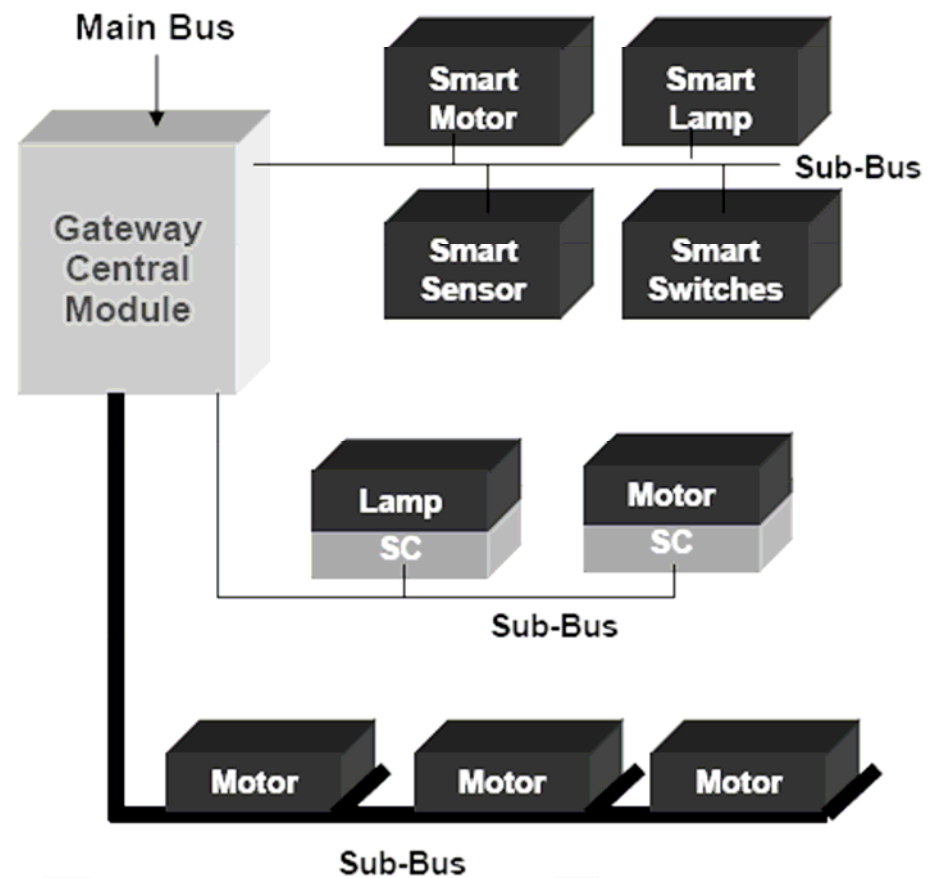
Dlaczego CAN ?

- Dojrzałość
 - ✓ CAN protocol znany od 16 lat
 - ✓ Liczne produkty i narzędzia CAN dostępne na rynku
- Sprzętowa implementacja protokołu
 - ✓ Połączenie obsługi błędów i tolerowanie uszkodzeń przy zapewnieniu dużej prędkości (do 1Mb/s)
- Proste medium transmisyjne
 - ✓ Standardowo skrętka (ale na jednym przewodzie też działa)
 - ✓ Inne media: światłowód lub łącze radiowe
- Doskonałe wykrywanie błędów
 - ✓ CRC
- Tolerancja uszkodzeń
 - ✓ Wbudowane funkcje wykluczające uszkodzony węzeł
- Najczęściej wykorzystywany protokół w motoryzacji i przemyśle

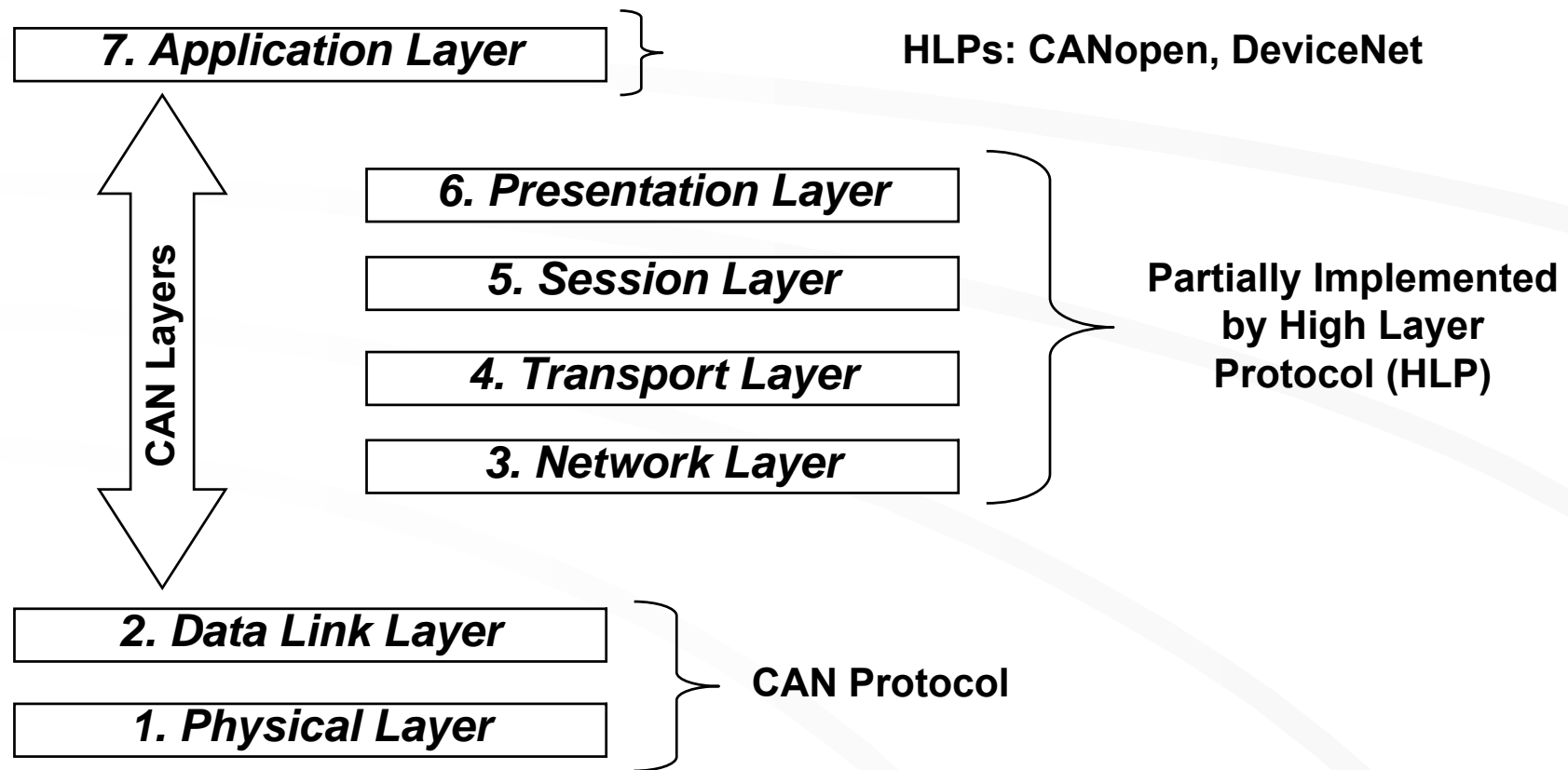
Centralized Architecture



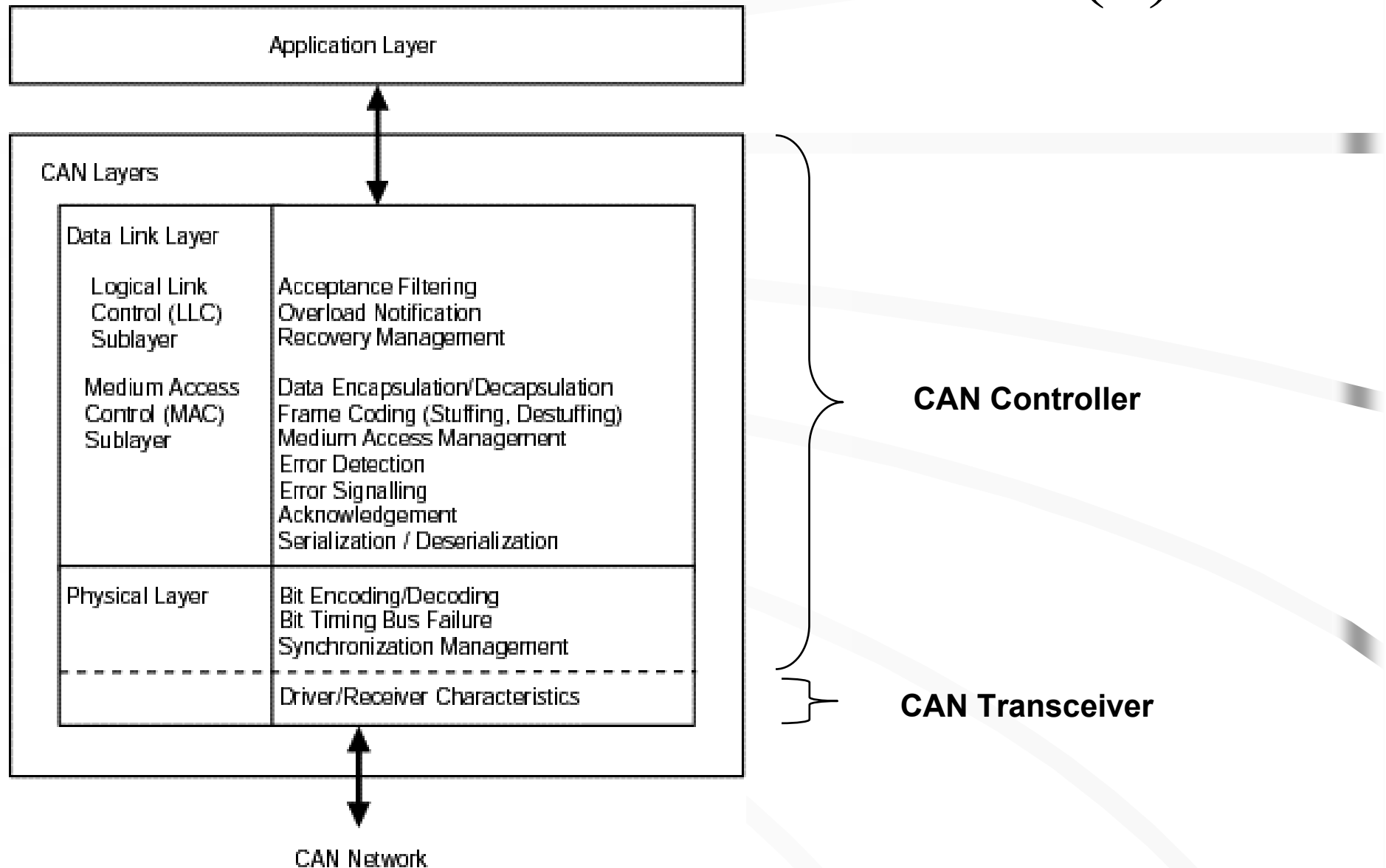
Distributed Scalable Architecture



ISO-OSI Reference Model

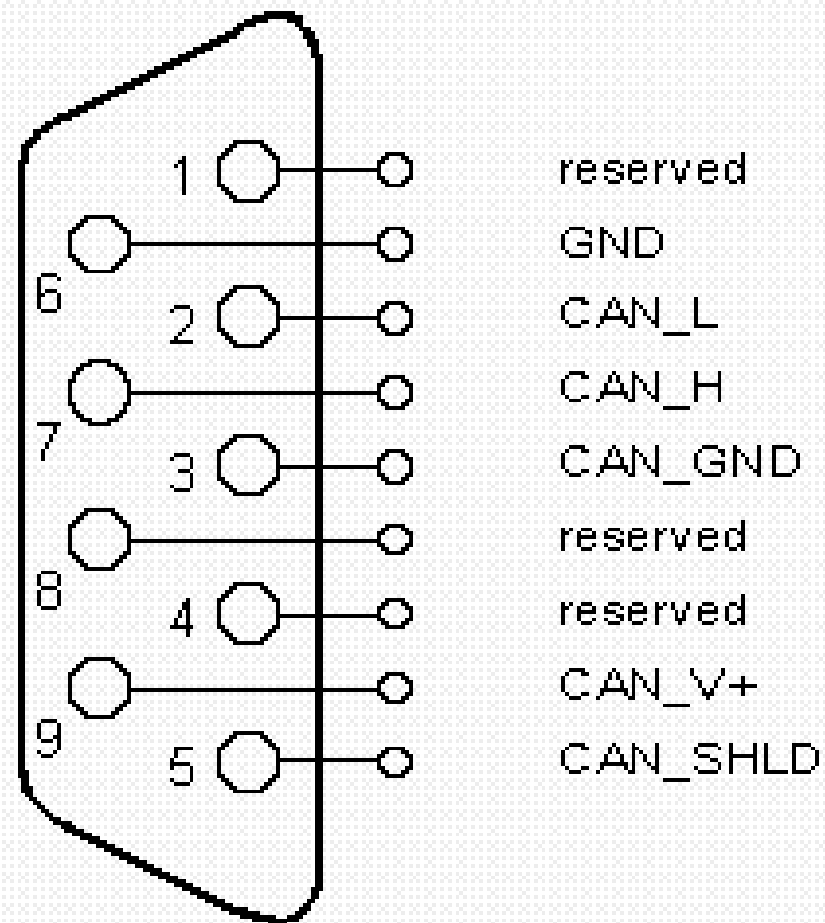


ISO-OSI Reference Model (2)



Przykładowe warstwy aplikacyjne CAN (Applications Layers)

- **CAL (CAN Application Layer)**
- **CANopen**
- **PCAL**
- **DeviceNetTM**
- **SDSTM (Smart Distributed System)**
- **CAN KingdomTM**



Pining of a 9-Pin D-Sub connector,
recommended by CiA Draft Standard 102 V2.0

DC Characteristics

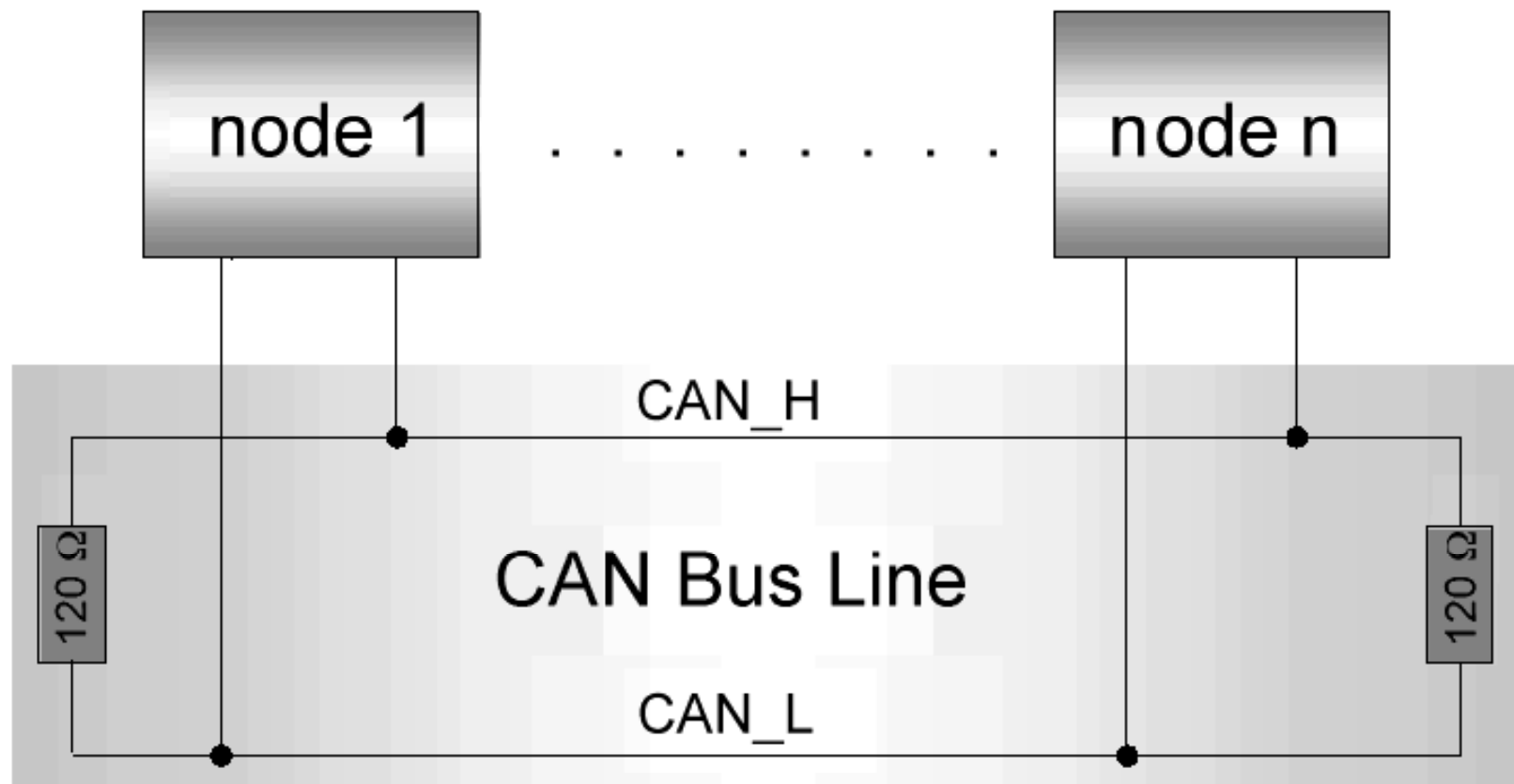
Bus Length	Bus Cable		Termination Resistance	Max. Baudrate
	Length-Related Resistance	Bus-Line Cross-Section		
0 .. 40 m	70 mΩ/m	0.25 mm ² .. 0.34 mm ² AWG23, AWG22	124 Ω (1%)	1 Mbit/s at 40 m
40 .. 300 m	<60 mΩ/m	0.34 mm ² .. 0.6 mm ² AWG22, AWG20	127 Ω (1%)	500 Kbit/s at 100 m
300 .. 600 m	<40 mΩ/m	0.5 mm ² .. 0.6 mm ² AWG20	150 Ω to 300 Ω	100 Kbit/s at 500 m
600 m .. 1 km	<26 mΩ/m	0.75 mm ² .. 0.8 mm ² AWG 18	150 Ω to 300 Ω	50 Kbit/s at 1k m

CAN Bus-Line Cross-Sections

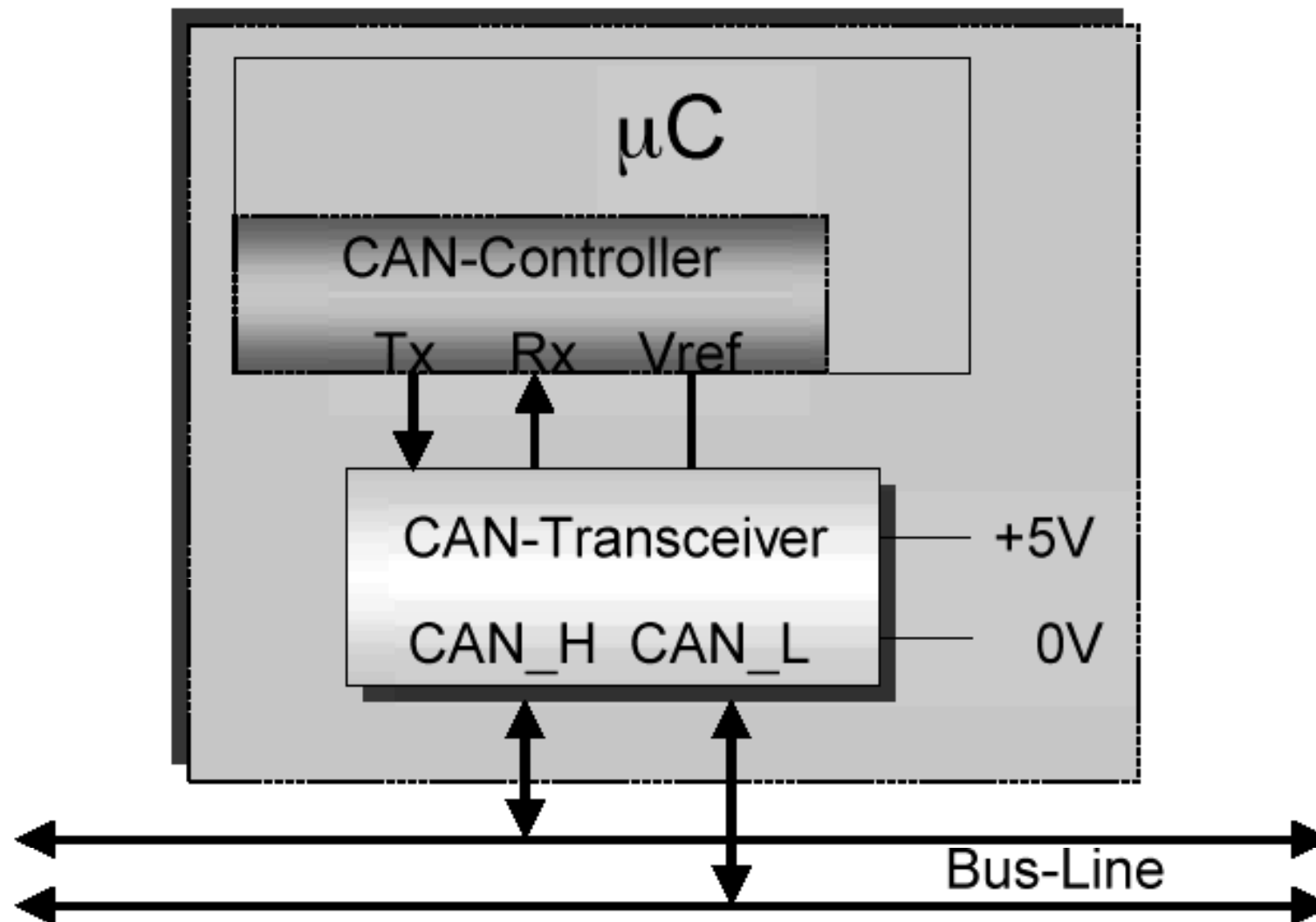
Length	32 nodes	64 nodes	100 nodes
100 m	0,25 mm ²	0,25 mm ²	0,25 mm ²
250 m	0,34 mm ²	0,50 mm ²	0,50 mm ²
500 m	0,75 mm ²	0,75 mm ²	1,00 mm ²

Wire resistance $R_w < 21 \, \Omega$ (32 nodes), $< 18,5 \, \Omega$ (64 nodes), $16 \, \Omega$ (100 nodes),

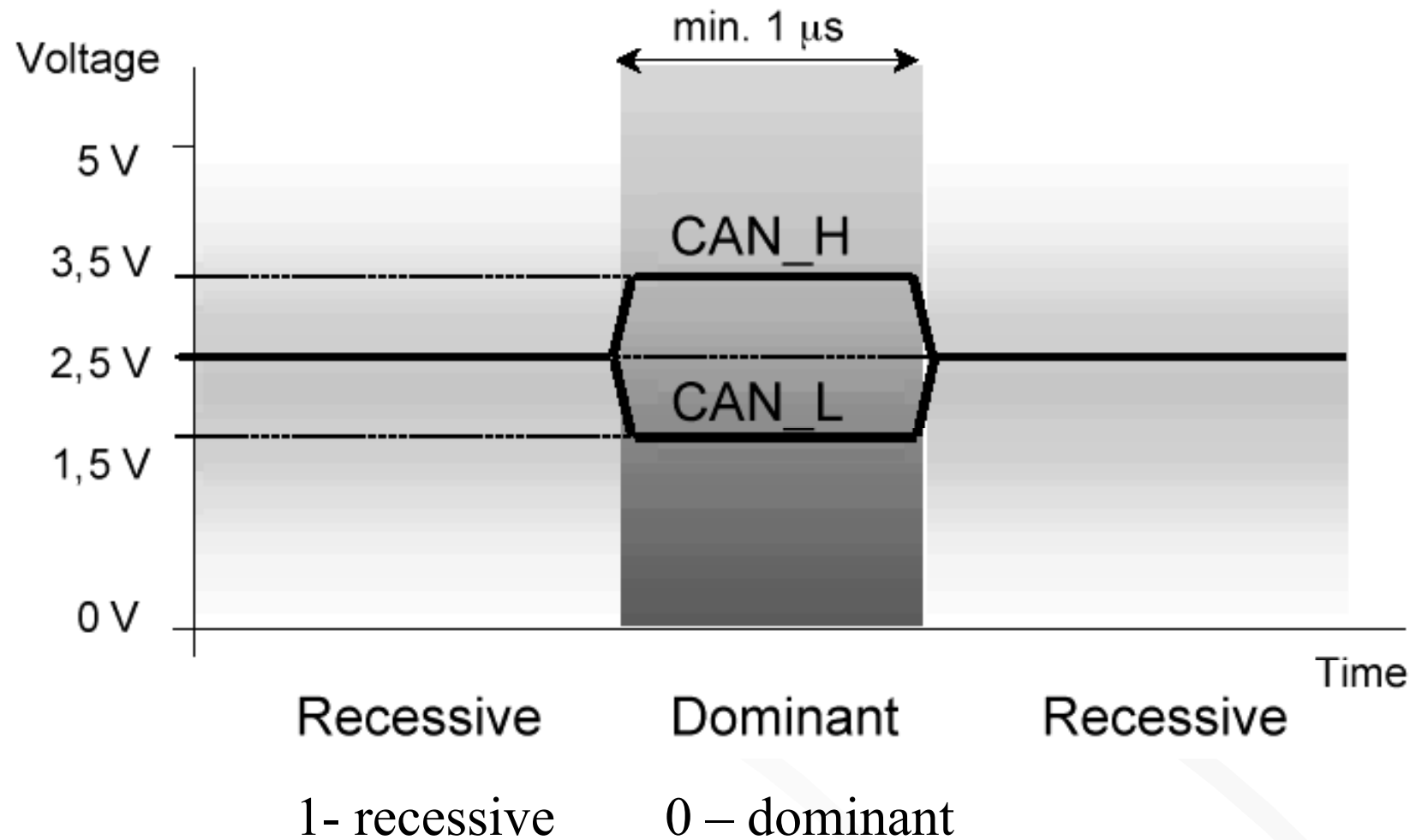
ISO 11898-2 Network Setup



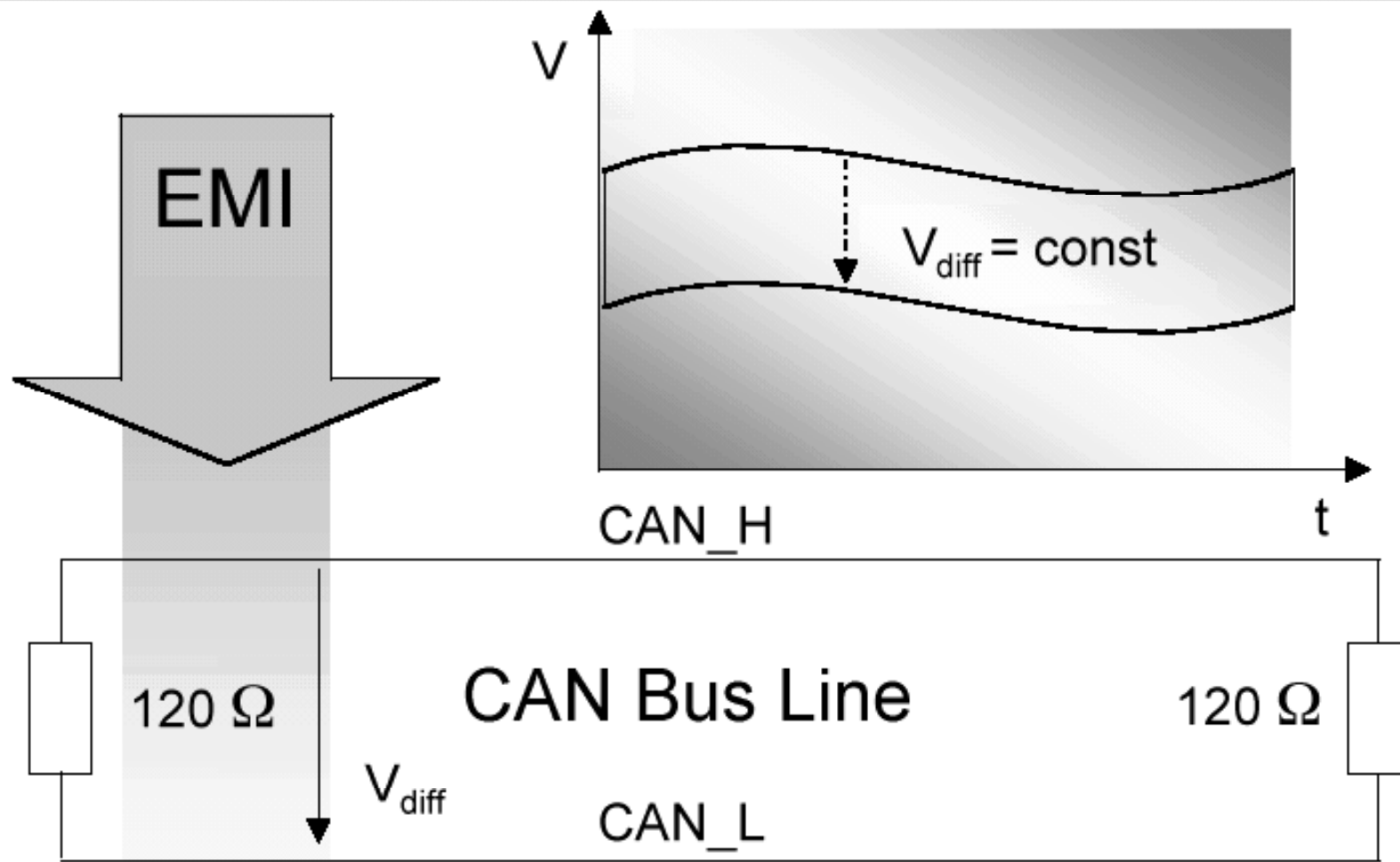
ISO 11898-2 Node



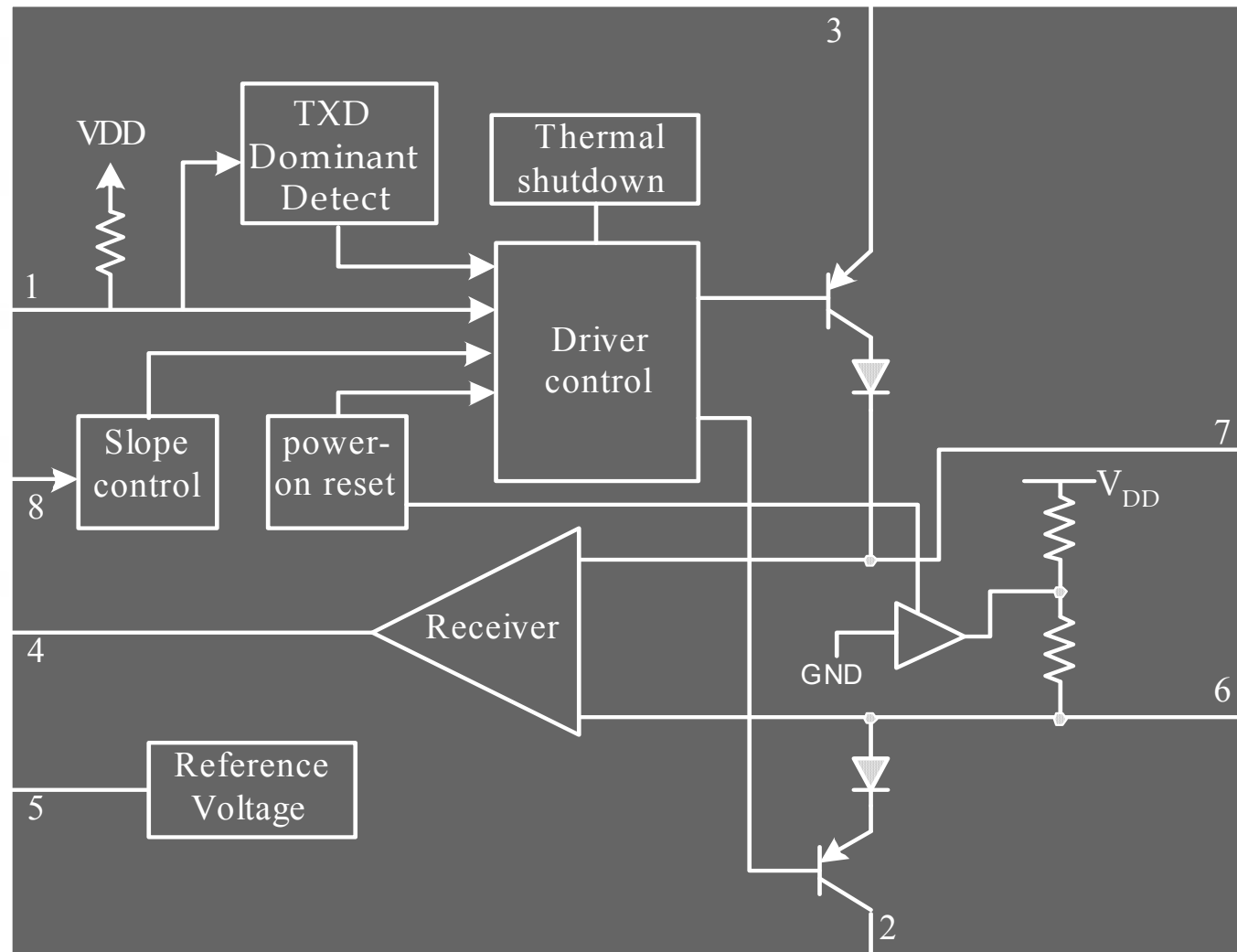
Nominal Bus Levels



Electromagnetic Interference

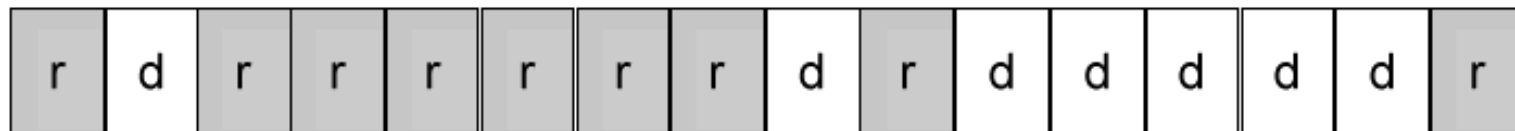


MCP2551 CAN Bus Transceiver

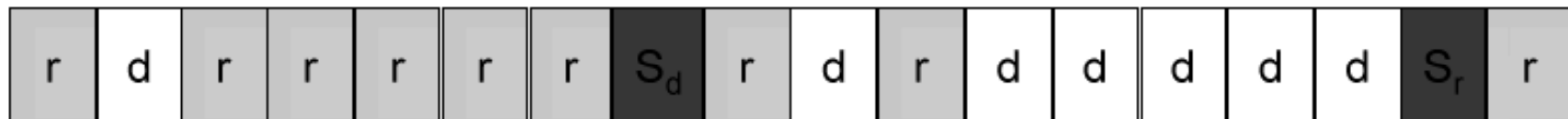


Bit-Stuffing Rule

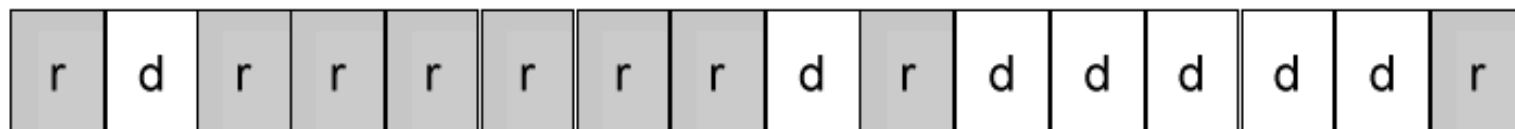
bit-sequence to be transmitted



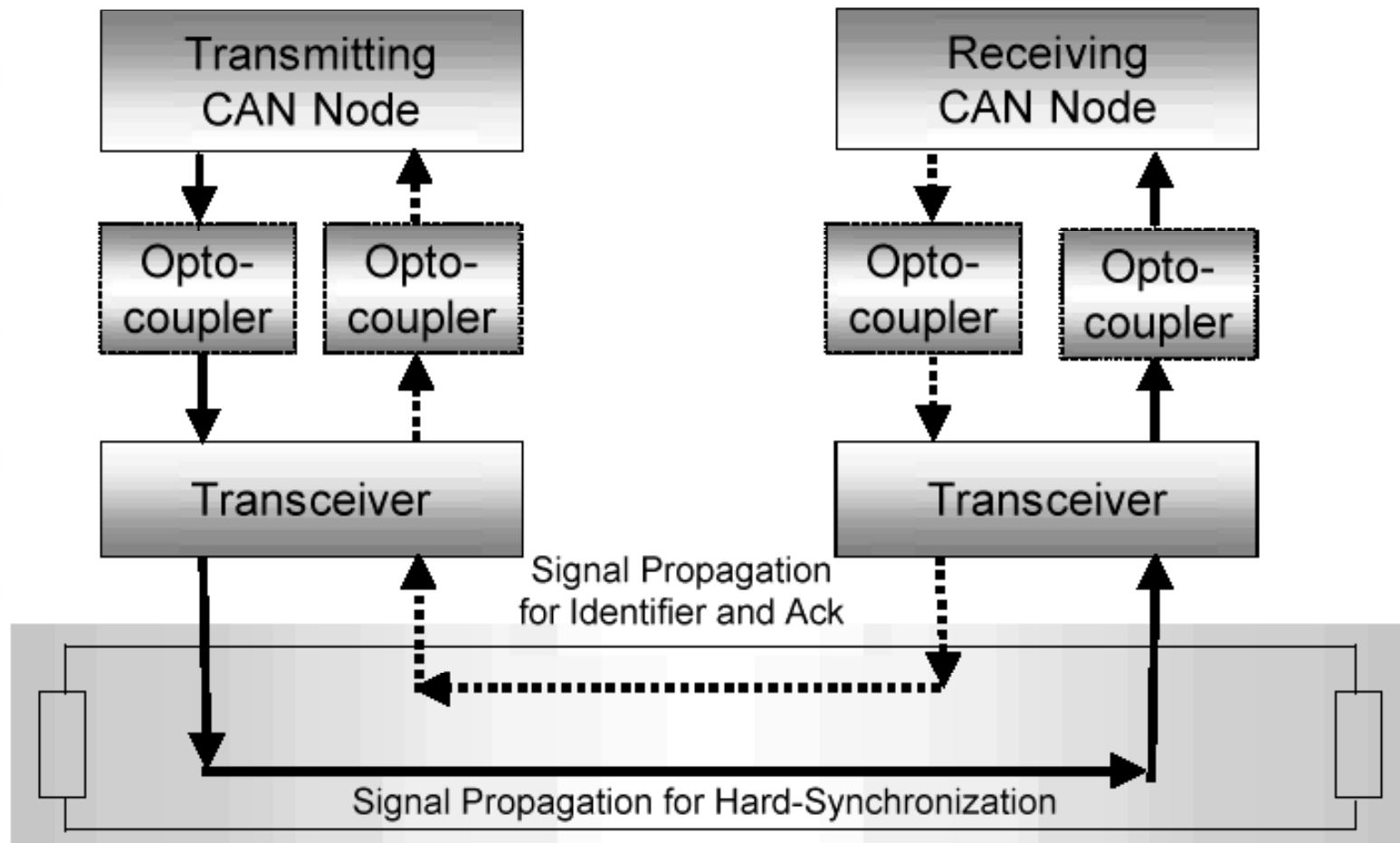
stuffed bit-sequence



de-stuffed bit-sequence received

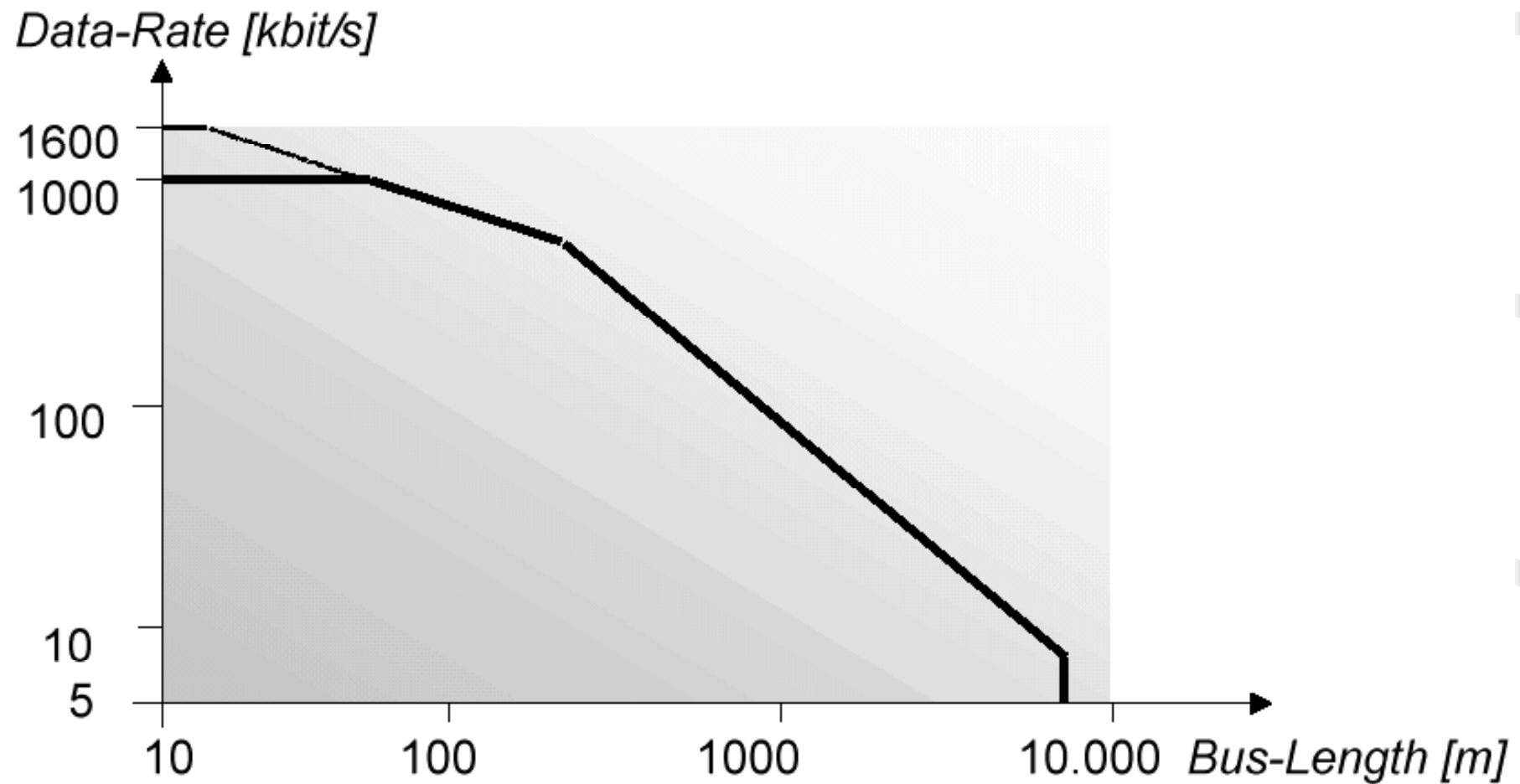


Signal Propagation



$$t_{\text{propagation}} = 2 (t_{\text{cable}} + t_{\text{controller}} + t_{\text{optocoupler}} + t_{\text{transceiver}})$$

Data-Rate/Bus-Length Ratio



Practical Bus Length

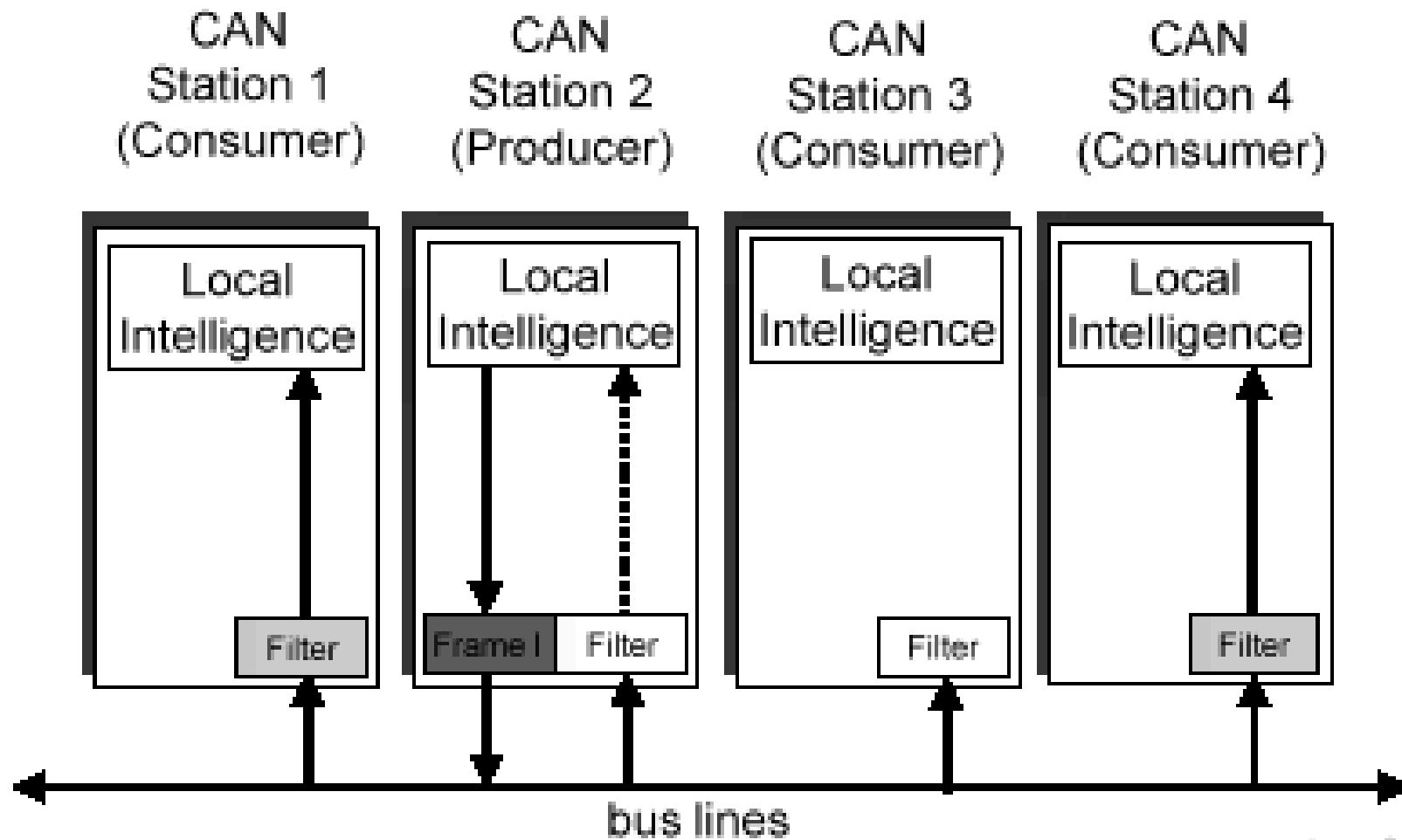
Bit Rate	Bus Length	Nominal Bit-Time
1 Mbit/s	30 m	1 μ s
800 kbit/s	50 m	1,25 μ s
500 kbit/s	100 m	2 μ s
250 kbit/s	250 m	4 μ s
125 kbit/s	500 m	8 μ s
62,5 kbit/s	1000 m	20 μ s
20 kbit/s	2500 m	50 μ s
10 kbit/s	5000 m	100 μ s

Nominal Bit Time

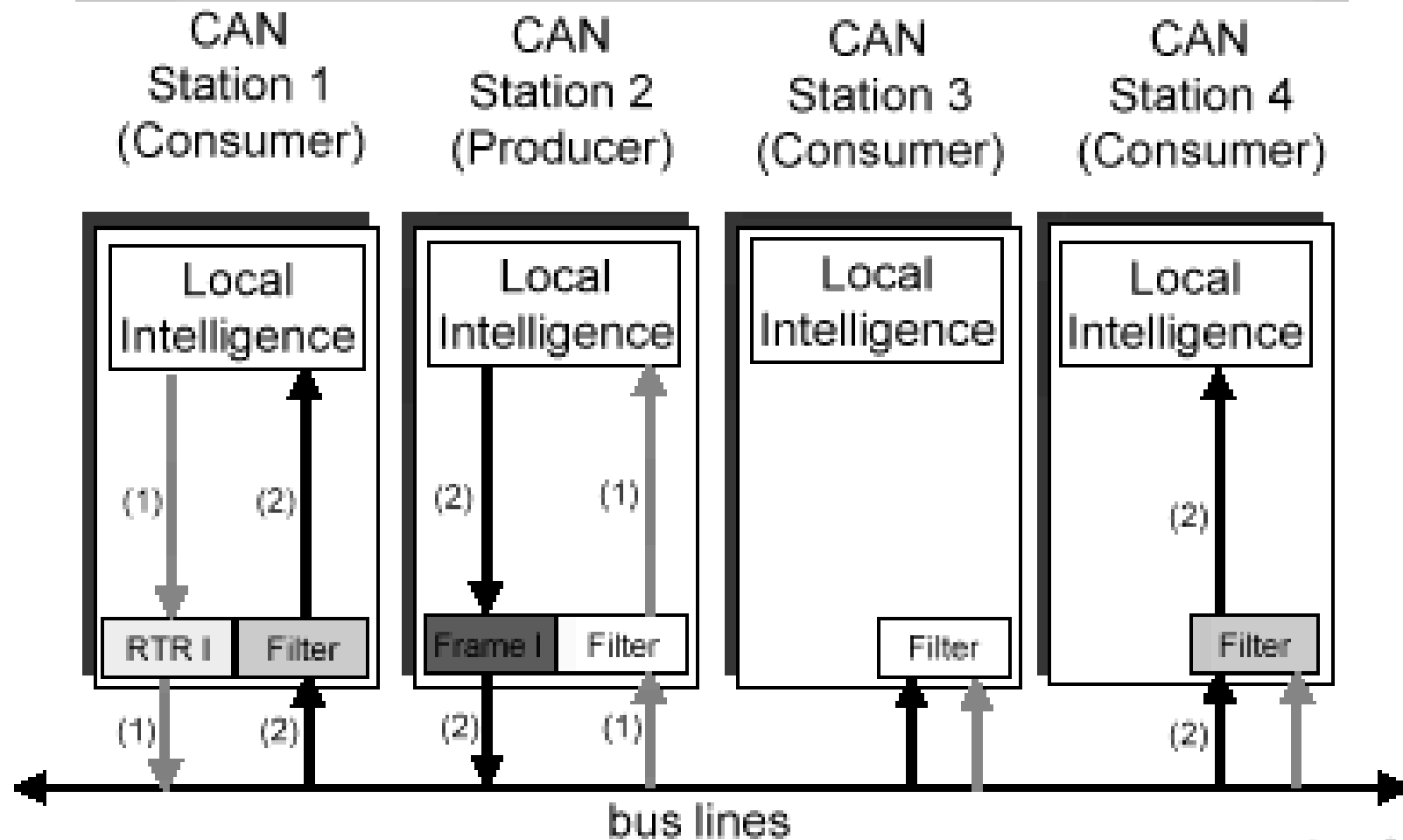
- Odwrotność bit rate \rightarrow nominal bit time.
- Składa się z 4 faz.



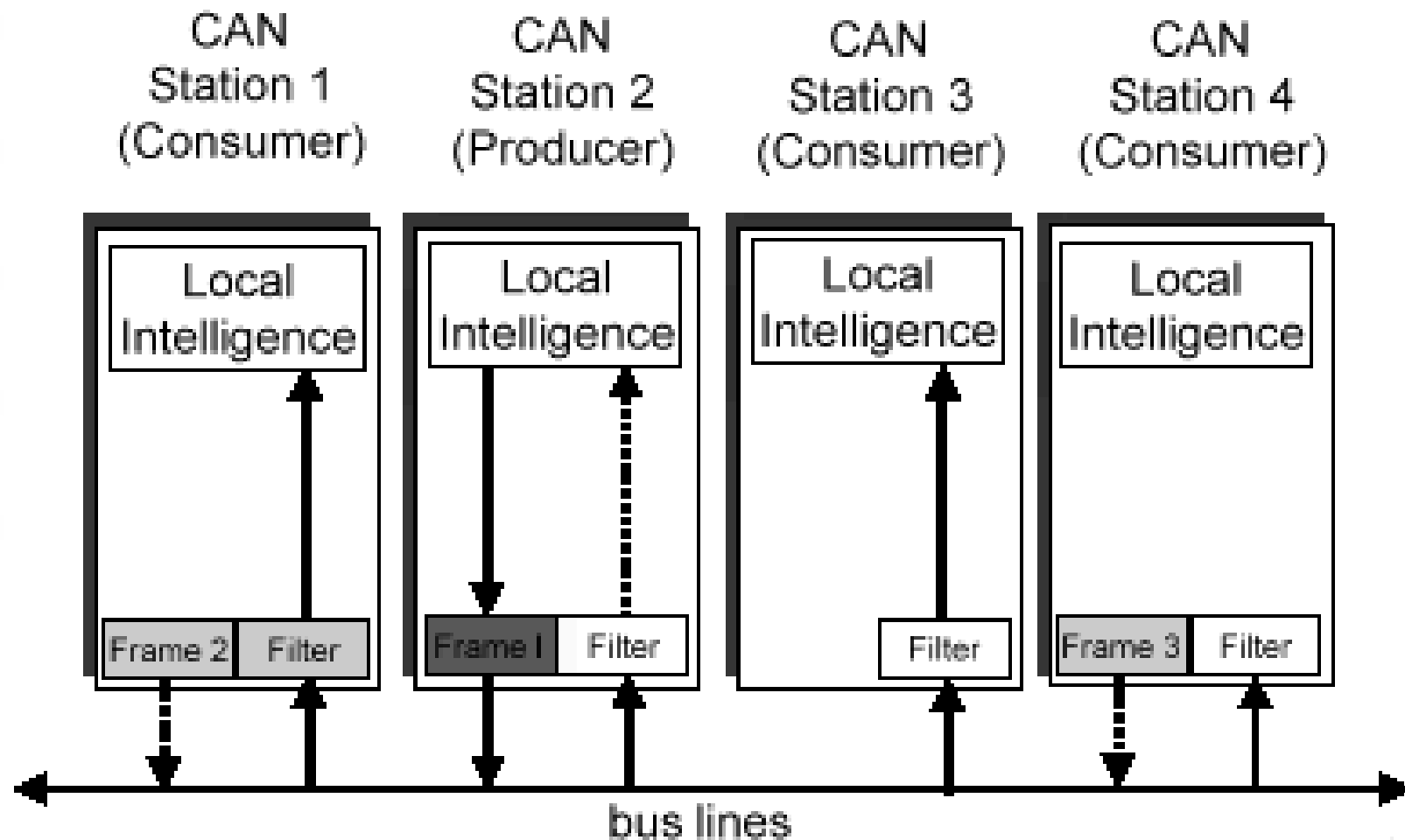
Broadcast Communication



Remote Request



Multiple Bus Access



Typy ramek (messages) CAN

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

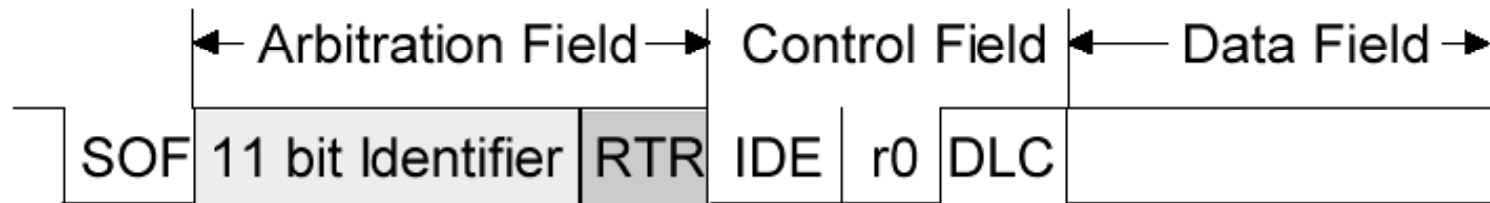
Ramka danych (Data Frame)

- Ramka danych zawiera 7 pól:
start-of-frame, arbitration, control, data,
CRC, ACK, and end-of-frame.

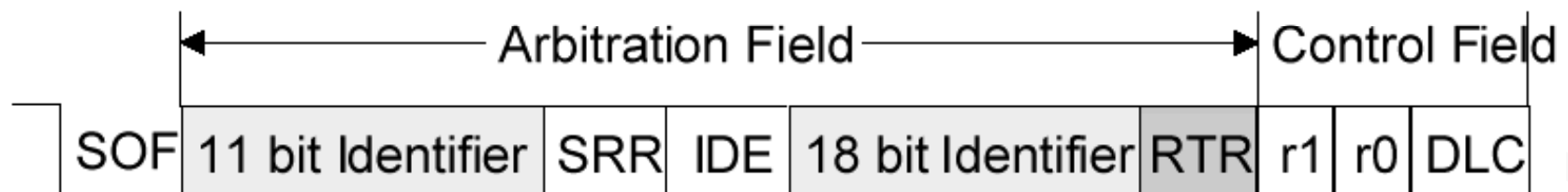


Arbitration Field

Standard Frame Format

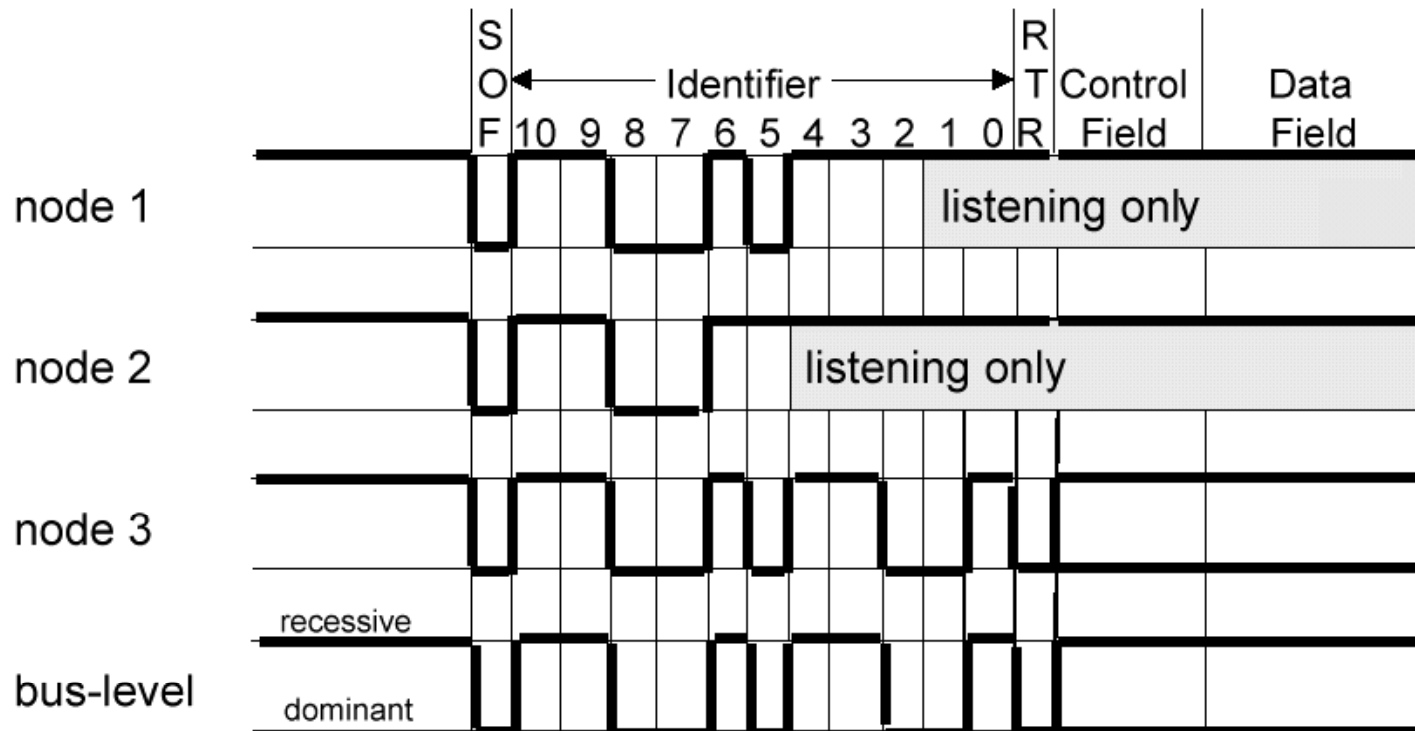


Extended Frame Format



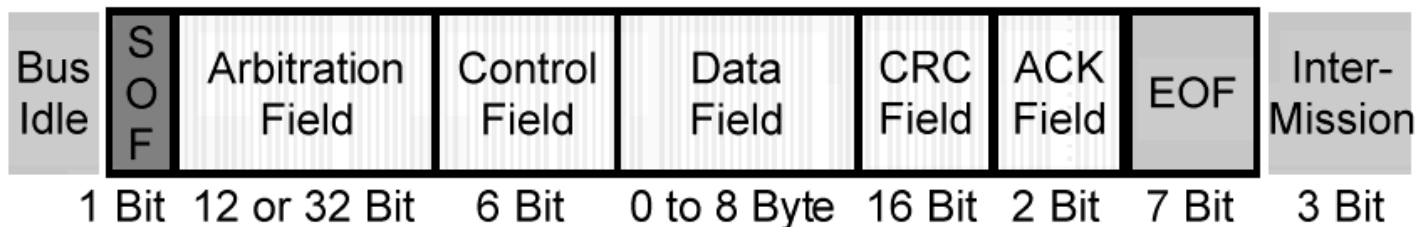
- Identyfikator standardowy współgra z base ID w rozszerzonym formacie.
- Bit RTR jest żądaniem zdalnym transmisji i musi być 0 (dominant) w ramce danych.
- Bit SRR jest odpowiednikiem RTR i musi być recesywny.
- Pole IDE rozróżnia czy identyfikator jest rozszerzony i powinien być recesywny w ramce ext

Bus Arbitration Method



Node 3 wins arbitration and transmits his data.

CAN Data Frame



Control field

RTR	IDE/r1	r0	DLC3	DLC2	DLC1	DLC0	Data/CRC
-----	--------	----	------	------	------	------	----------

No. of Data Bytes	Data Length Code (DLC)			
	DLC3	DLC2	DLC1	DLC0
0	d	d	d	d
1	d	d	d	r
2	d	d	r	d
3	d	d	r	r
4	d	r	d	d
5	d	r	d	r
6	d	r	r	d
7	d	r	r	r
8	r	d/r	d/r	d/r

CRC Field

- Zawiera 16-bitową sumę CRC i CRC delimiter.
- CRC delimiter to pojedynczy bit **recessive**.

Pole ACK

- Składa się z dwu bitów
- Pierwszy bit to **acknowledgement bit**.
 - Nadawany jako recesywny przez transmitter, ale wymuszany jako dominant jeśli odbiorca potwierdza data frame.
- Drugi bit to **ACK delimiter** - recesywny.

Ramka Remote

- Wysyła ją węzeł aby spowodować wysłanie przez inne węzły określonej informacji
- Ma 6 pól
 - Identyczne jak w ramce danych z wyjątkiem bitu RTR bit który jest **recessive**.

Ramka błędu (Error Frame)

- Składa się z dwu pól.
 - Pierwsze jest superpozycją flag błędów z różnych węzłów.
 - Drugie to error delimiter.
- Error flag może być active-error flag lub passive-error flag.
 - Active error flag składa się z 6 kolejnych bitów dominujących.
 - Passive error flag składa się z 6 kolejnych bitów recesywnych.
- Error delimiter to 8 bitów recesywnych.

Overload Frame

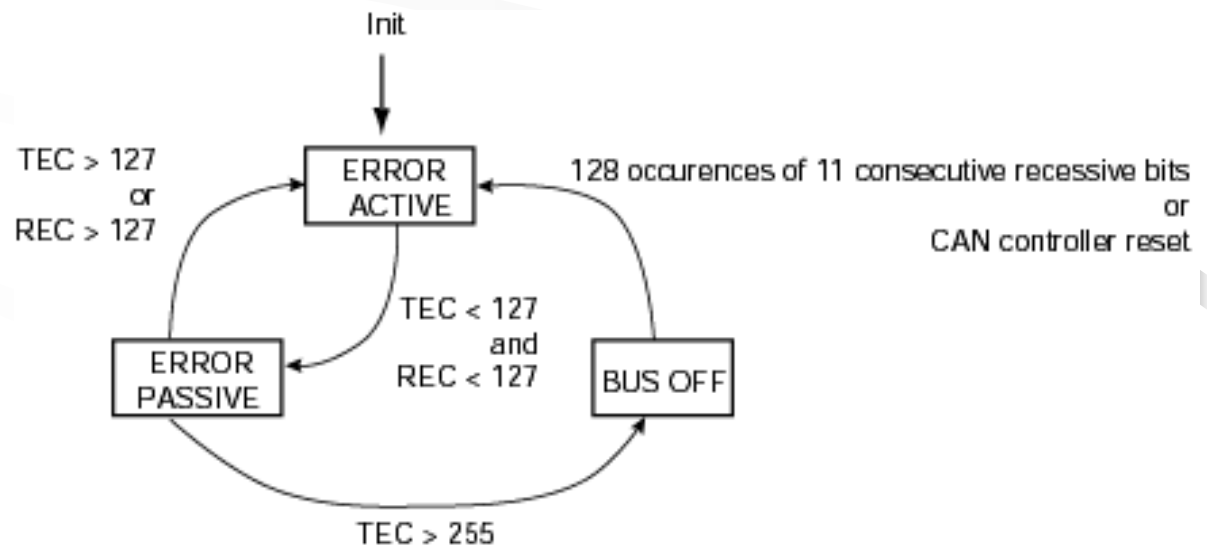
- Składa się z: overload flag i overload delimiter
- 3 przyczyny transmisji overload frame:
 - Wewnętrzne uwarunkowania odbiornika wymagają opóźnienia kolejnej ramki data frame lub remote frame.
 - Przynajmniej jeden węzeł wykrywa bit dominujący podczas intermission.
 - Węzeł CAN wykrywa dominant bit w 8 (ostatnim) bicie pól error delimiter lub overload delimiter.
- Overload flag -> 6 dominant bits.
- Overload delimiter -> 8 recessive bits.

Errors

- Rodzaje błędów.
 - Bit error (nadawca sprawdza czy to co nadaje jest na magistrali, jeśli nie – stwierdza błąd – z wyjątkiem pola arbitrażu i ACK;
 - Stuff error - 6 (lub więcej) bitów recesywnych/dominujących pojawia się w ramce
 - CRC error – niezgodność sumy w polu CRC i obliczonej przez odbiorcę
 - Frame error – niezgodność kształtu ramki
 - Acknowledgement error – brak potwierdzenia w polu ACK
- Error Signaling
 - Węzeł który stwierdza błąd sygnalizuje go wysyłając error flag
 - An error-active node will transmit an active-error flag.
 - An error-passive node will transmit a passive-error flag.

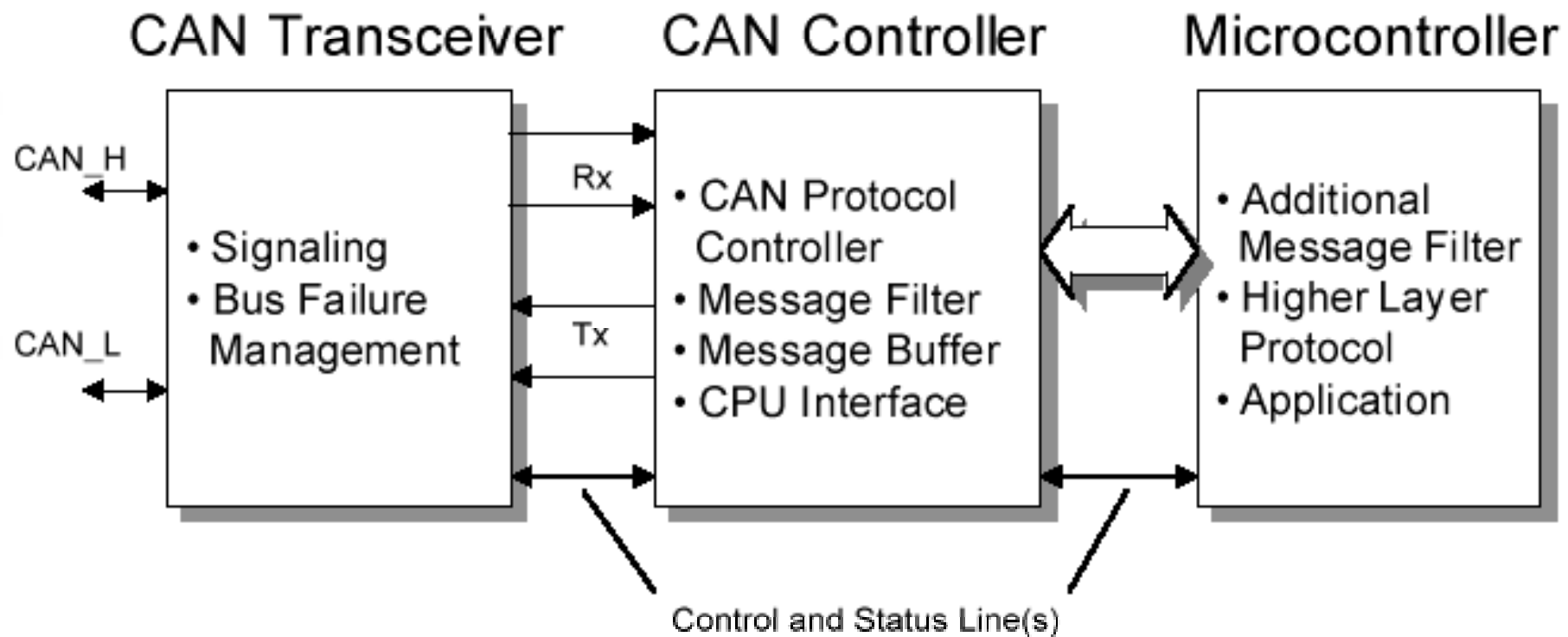
Fault Confinement

- CAN Node Error States:
 - ✓ Error Active: Normal state, node can send all frames (error frames included)
 - ✓ Error passive: Node can send all frames excluding error frames
 - ✓ Bus off: Node is isolated from bus
- Internal Counters: TEC & REC
 - ✓ TEC: Transmit Error Counter
 - ✓ REC: Receive Error Counter

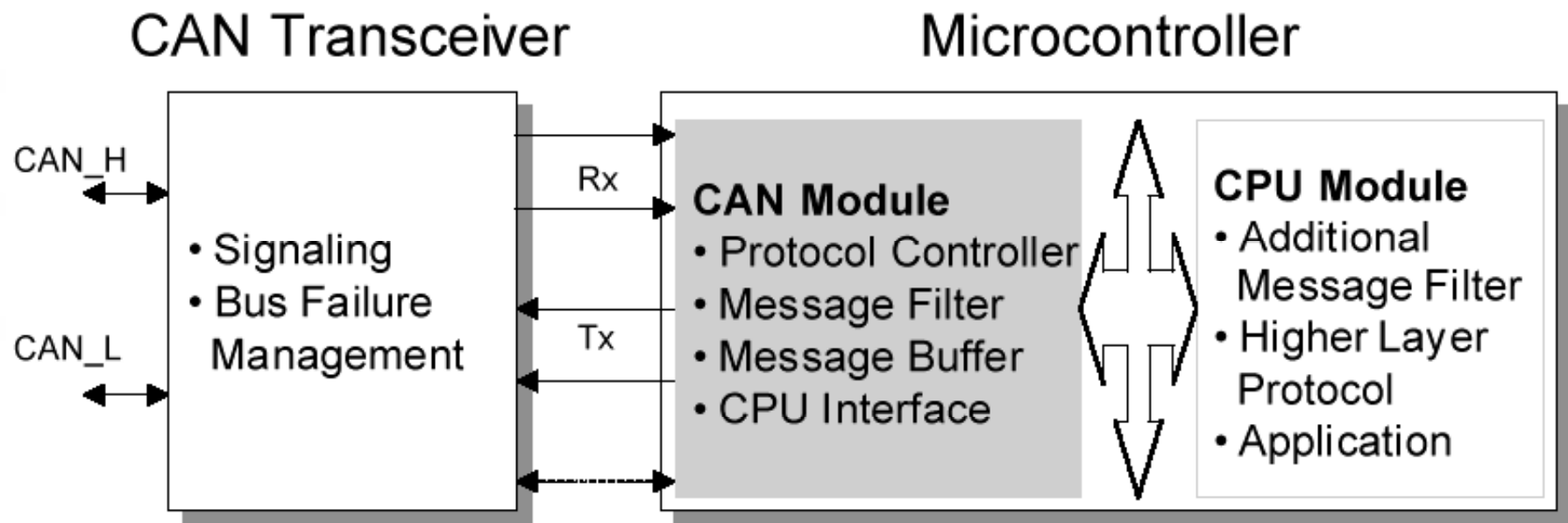


Liczniki TEC i REC pozwalają wyłączać wadliwe węzły

Stand-Alone CAN Controller

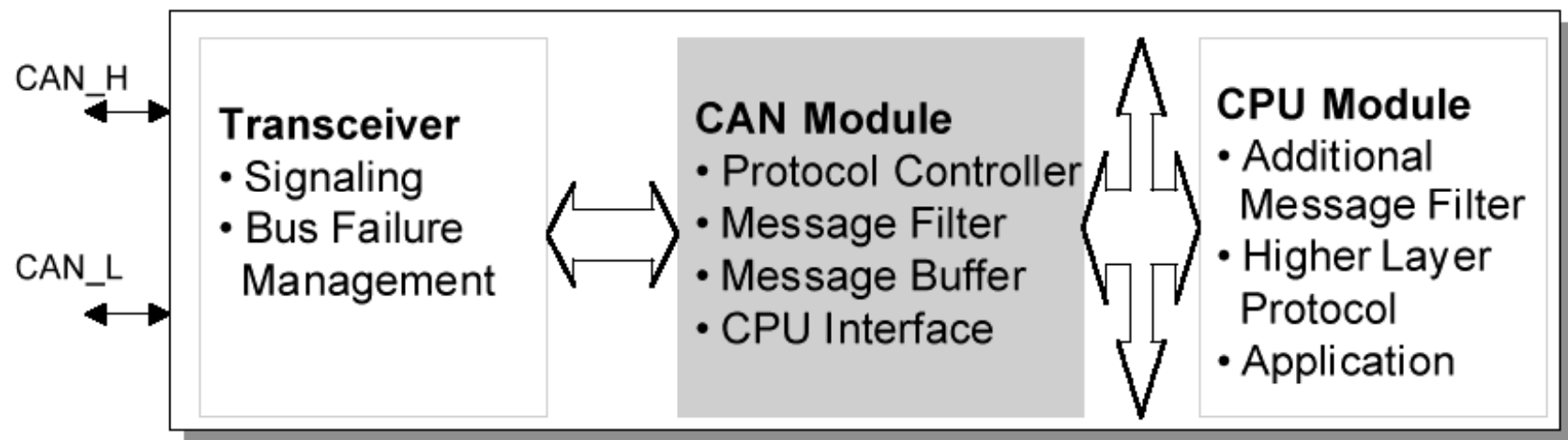


Integrated CAN Controller

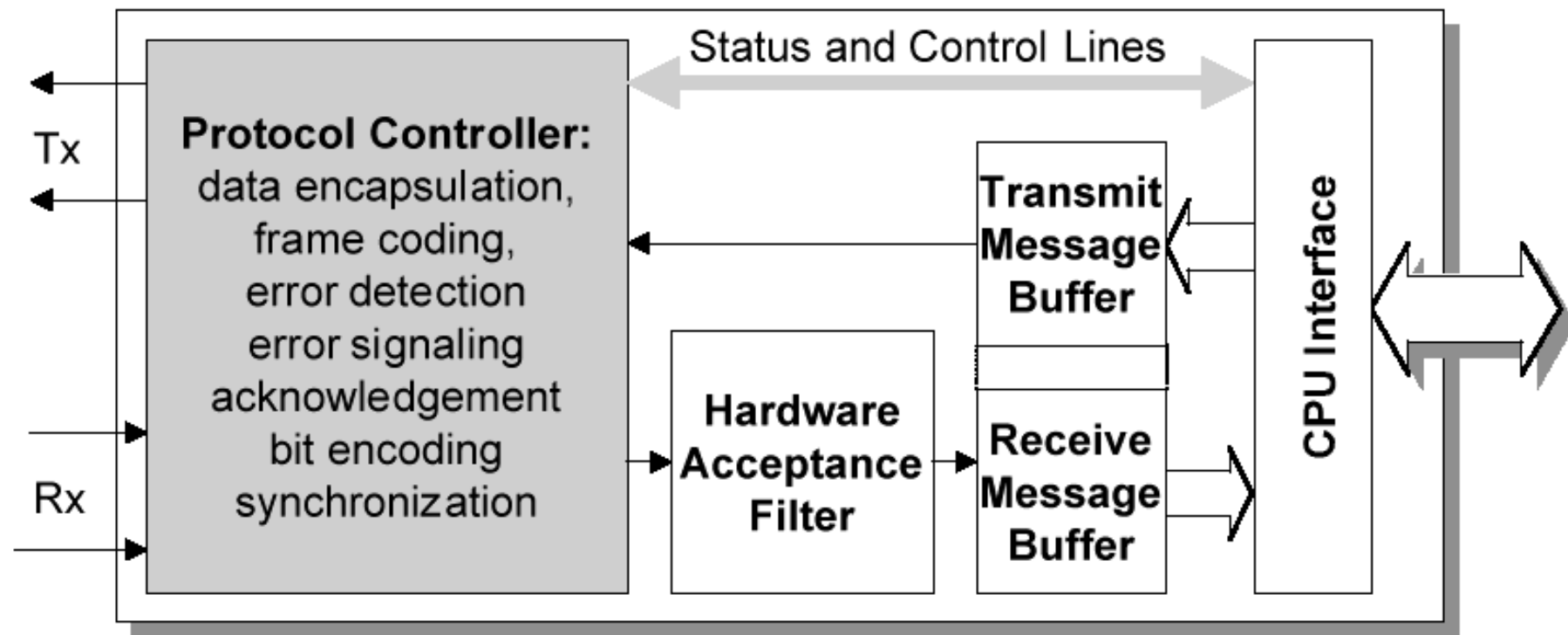


Single-Chip CAN Node

Microcontroller



CAN Controller Architecture



Dual-CAN Architectures

