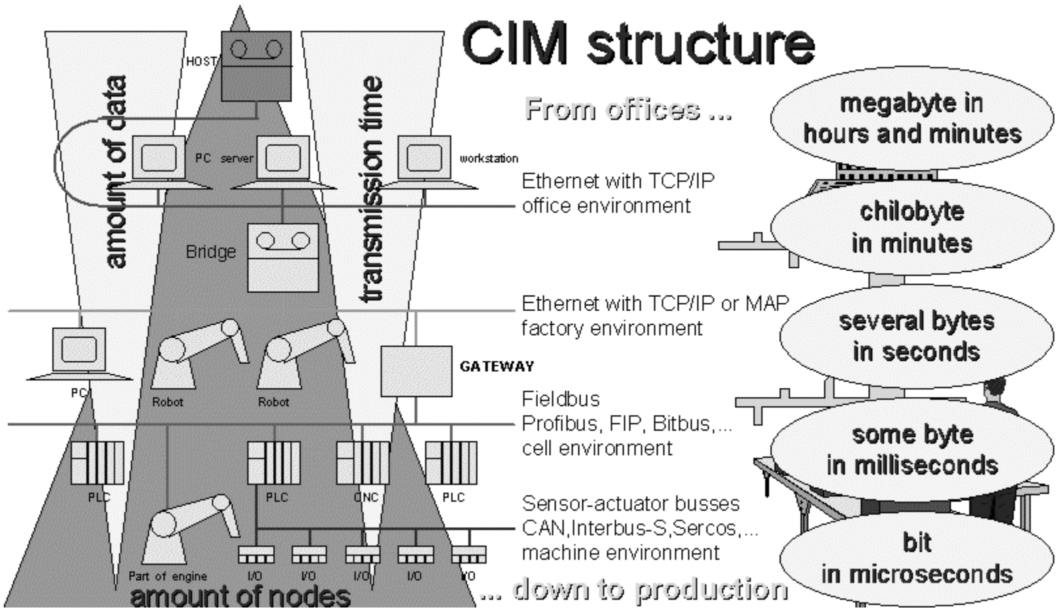
13 Industrijska omrežja

(Fieldbus, LON (Local Operating Networks))

- okolje, v katerem se uporabljajo
- pomen informacije, ki jo prenašajo
- naprave, ki jih povezujejo
- bistvena je odzivnost, bolj kot prepustnost
- prioritetno obravnavanje podatkov
- časovno kritični sistemi
- delovanje v realnem času

Predstavniki:

- Profibus (Process Field Bus)
- P-Net
- W-FIP
- LonWorks
- CAN, DeviceNet, ControlNet, SDS, CANopen
- i.t.d.



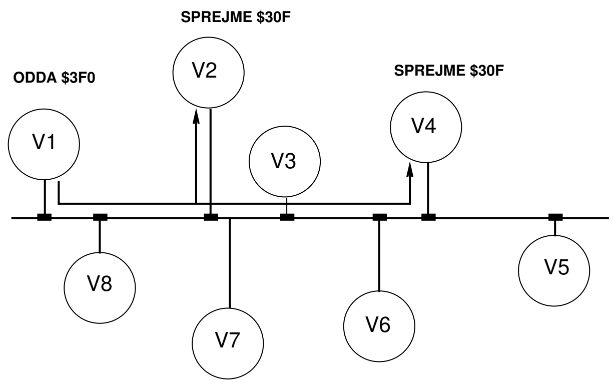
Komunikacijske tehnologije v računalniško integrirani proizvodnji.

Sensor-Actuator Bus (Bit-level)	Device Bus (Byte-level)	Fieldbus (Block-level)
CAN	CAN	IEC 1158/ISA SP50.02
AS-Interface	DeviceNet	FOUNDATION Fieldbus
InterBus Sensor Loop	SDS	Profibus-PA
Seriplex	CAL/CANopen	Profibus-FM
SERCOS	CAN Kingdom	WorldFIP
Sensoplex	InterBus-S	P-NET
	Device WorldFIP (DWF)	Measurement Bus
	FIP IO	Bitbus
	Profibus-DP	
	I/O Lightbus	
	SERCOS	
	MIL-STD-1553	
LonWorks		

Razvrstitev mrežnih tehnologij po področjih uporabe.

CAN (Controller Area Network)

- Razvoj podjetja Robert Bosch Gmbh
- Prvotni namen uporabe: avtomobilska industrija
- Topologija: vodilo
- Hitrost prenosa, dolžina: (1Mb/s, 50m), (500 Kb/s, 100m), i.t.d.
- Pokriva spodnja dva sloja modela OSI
- Deterministični dostop ?
- Prioritetno obravnavanje podatkov
- Delovanje v realnem času v časovno kritičnih sistemih



Topologija omrežja CAN in princip naslavljanja. Okvir je določen z razpoznavno številko. Vsa vozlišča, ki jih zanimajo podatki okvirja, lahko istočasno sprejmejo podatke.

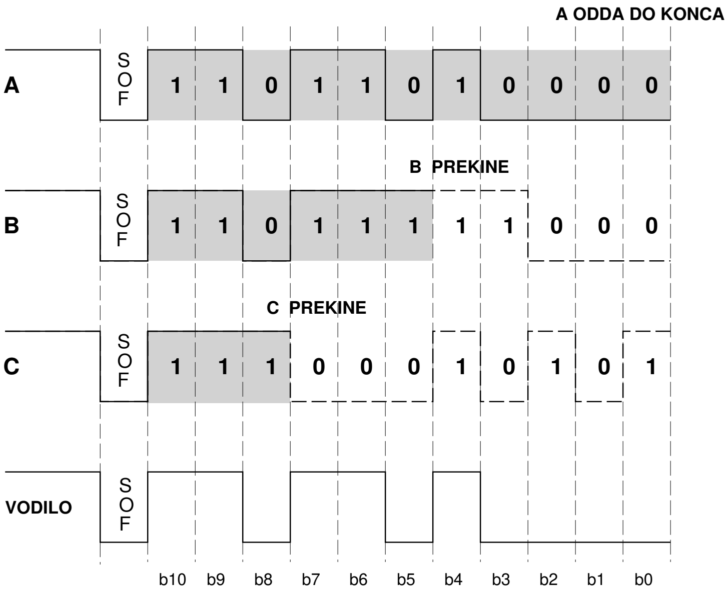
Dostop do kanala v omrežju CAN

- recesivna enica
- dominantna ničla

Vodilo deluje kot (krajevno) porazdeljena logična IN vrata

Primer:

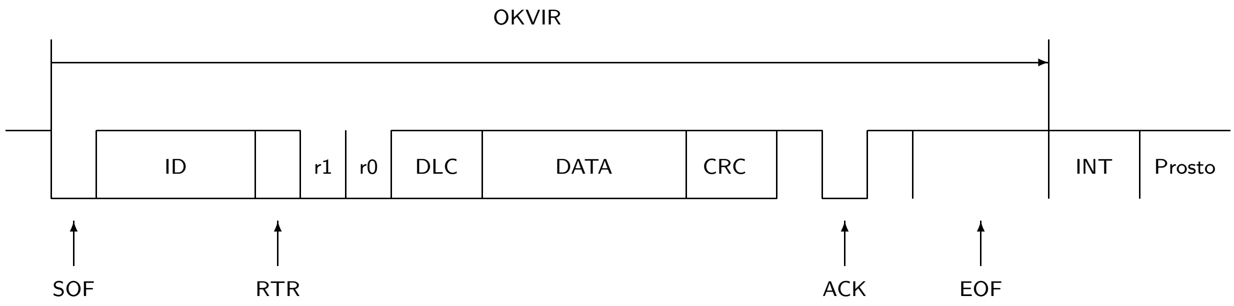
	b_{10}	b_9	b_8	b_7	b_6	b_5	b_4	b_3	b_2	b_1	b_0
Vozlišče A:	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0
Vozlišče B:	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0
Vozlišče C:	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1



V primeru sočasnosti prevlada okvir z najvišjo prioriteto

Oblika okvirja CAN

- standardni CAN (CAN 2.0A), 11 bitni ID
- “razširjeni” (CAN 2.0B), 29 bitni ID.



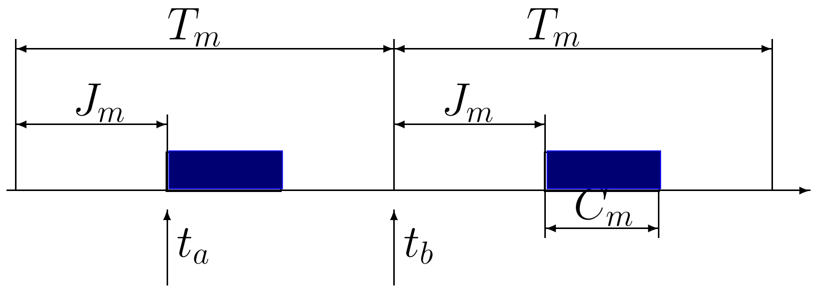
- SOF - Start Of Frame, dominantna ničla, začetek okvirja
- ID - identifikacija in prioriteta okvirja, nižja vrednost višja prioriteta
- RTR - Remote Transmission Request, zahteva za oddajo okvirja
- DLC - dolžina okvirja, 0 bo 8 bajtov
- (r1, r0) - dominantna rezervirana bita
- DATA - do 8 bajtov podatkov
- CRC - CRC ostanek

$$x^{15} + x^{14} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^4 + x^3 + 1$$

- ACK Slot - potrditev sprejema
- EOF - End Of Frame, sedem recesivnih enic

NRZ kodiranje signala z vrivanjem bitov na 5 enakih bitov.

Časovna analiza protokola CAN



- Množica sporočil urejenih po padajočih prioritetah

$$\text{množica sporočil } S = \{S_1, S_2, \ldots, S_m, \ldots, S_M\}.$$

- Množica trajanj sporočil

$$\text{množica trajanj } C = \{C_1, C_2, \ldots, C_m, \ldots, C_M\}.$$

- Ponovljivost

$$\text{množica period } T = \{T_1, T_2, \ldots, T_m, \ldots, T_M\}.$$

- Razvrstitvena negotovost

$$\text{množica negotovosti } J = \{J_1, J_2, \ldots, J_m, \ldots, J_M\}.$$

- Množica skrajnih rokov (angl. Deadline)

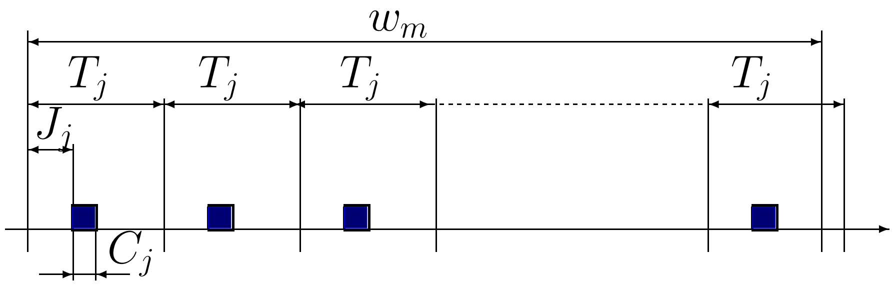
$$\text{množica rokov } D = \{D_1, D_2, \ldots, D_m, \ldots, D_M\}.$$

- Odzivnost

$$\text{množica odzivnih časov } R = \{R_1, R_2, \ldots, R_m, \ldots, R_M\}.$$

Zahteva za delovanje v realnem času (razvrstljivost):

$$R_m \leq \min\{(T_m - J_m), D_m\}, \quad (m = 1, 2, \ldots, M).$$



$$R_m = J_m + w_m + C_m.$$

Čakalni čas:

$$w_m = B_m + \sum_{\forall j \in hp(m)} n_j \times C_j,$$

B_m : blokada sporočila z nižjo prioriteto

Čakalni čas:

$$w_m = B_m + \sum_{\forall j \in hp(m)} \lceil \frac{w_m + J_j}{T_j} \rceil \times C_j,$$

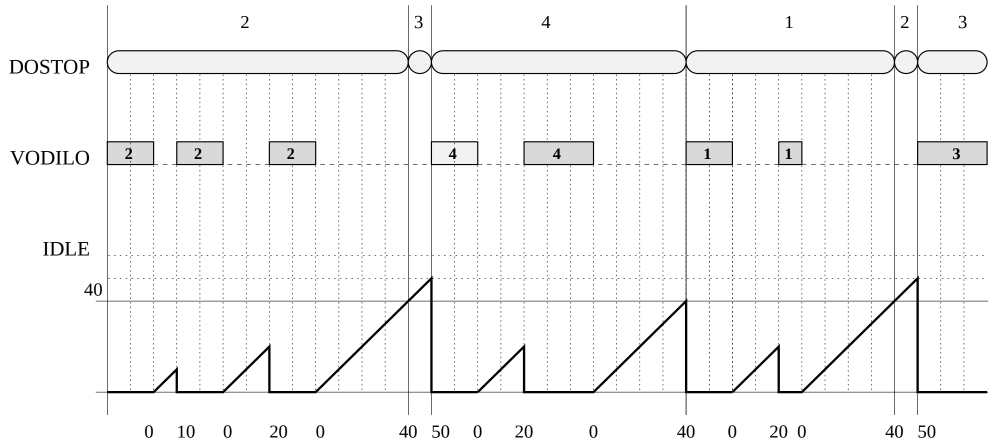
Iteracija:

$$w_m^{(k+1)} = B_m + \sum_{\forall j \in hp(m)} \lceil \frac{w_m^{(k)} + J_j}{T_j} \rceil \times C_j, \quad (k = 0, 1, 2, \ldots),$$

pri čemer za začetni približek $w_m^{(0)}$ vzamemo na primer nič.

P-Net

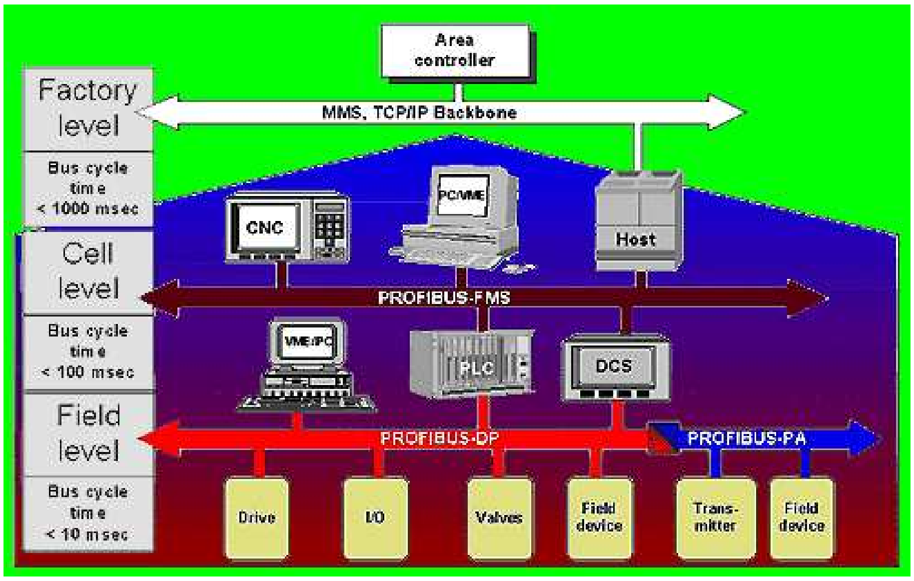
- Razvoj danske industrije osemdesitih let
- Evropski standard (EN 50 170 - 1.del), del svetovnega standarda IEC 61 158
- Vodilo, RS485, 76800 b/s, do 32 nadrejenih postaj
- Bistvo: podajanje virtualnega žetona
  - IDLE se resetira, ko nekdo zaseže vodilo
  - IDLE se povečuje s taktom oddajanja, ko postane (je) vodilo prosto
  - DOSTOP (naslovni števec) se poveča za ena po 50 taktih (IDLE = 50), nato pa vsakih 10 taktov
  - Ko se DSTOP izenači z naslovom postaje, ta ima žeton.



Načelo virtualnega žetona v omrežju P-Net.

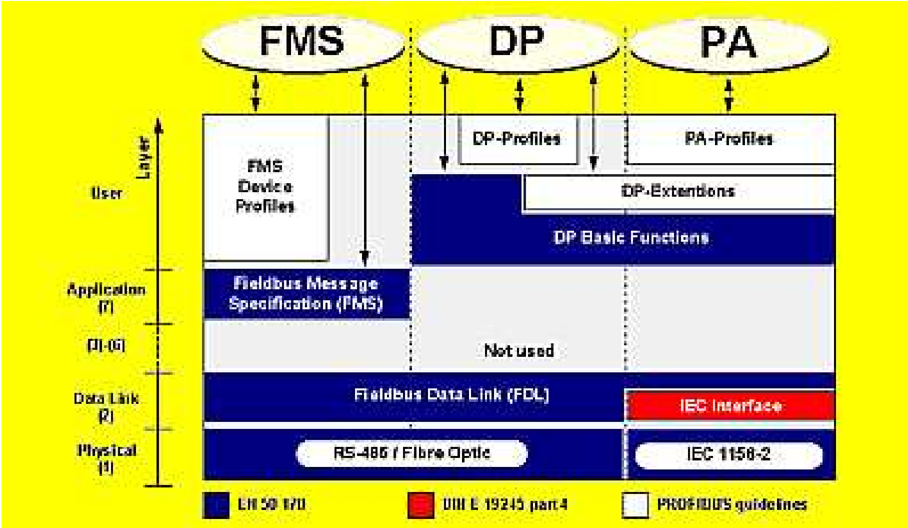
Profibus

- Razvoj nemške industrije
- Nemški (DIN 19 245), del evropskega (EN 50 179) in del svetovnega (IEC 61 158) standarda.
- Vodilo z žetonom in s pozivanjem

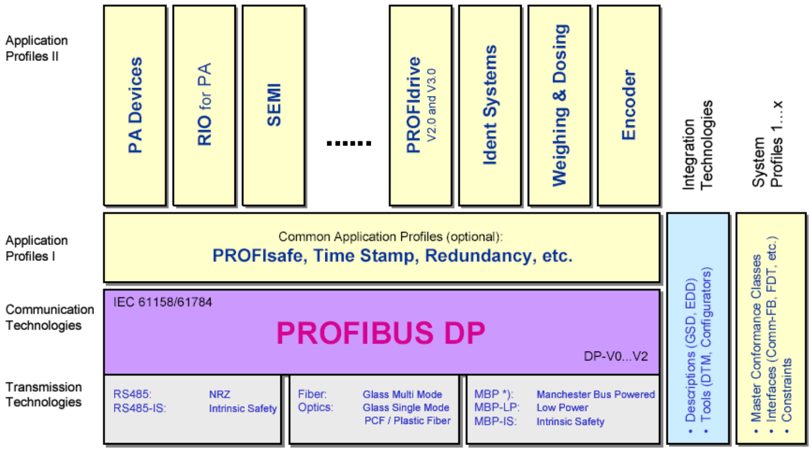


Profibus v sistemih integrirane proizvodnje (Povzeto po: M. Volz Profibus Technical Overview)

- Profibus je v zadnjih letih doživel kar precej sprememb.
- Profibus - FMS je praktično izginil → Profinet.
- Prevladal je Profibus - DP z enim upravljalcem (DPM1) vodila (monomaster).



Arhitektura Profibus in model OSI.
(Povzeto po: M. Volz Profibus Technical Overview)



IEC 61158 document	Contents	OSI layer
IEC 61158-1	Introduction	
IEC 61158-2	Physical layer specification and service definition	1
IEC 61158-3	Data-link service definition	2
IEC 61158-4	Data-link protocol specification	2
IEC 61158-5	Application layer service definition	7
IEC 61158-6	Application layer protocol specification	7

Prenosna sredstva:

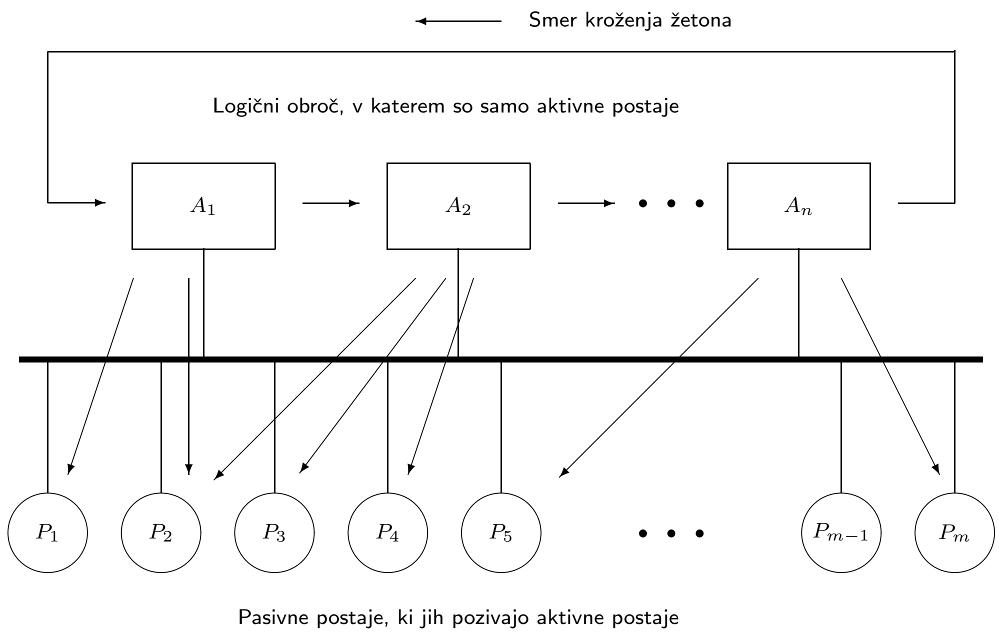
- Parica, do 12 Mb/s pri 100 m, 9600 b/s pri 1200 m.
- optična vlakna, večrodna do 3 Km, enorodna do 15 Km.
- prenos podatkov in napajanja po istem vodu.

Hitrost [Kb/s]	9.6	19.2	93.75	187.5	500	1500	12000
Razdalja [m]	1200	1200	1200	1000	400	200	100

Na en segment je lahko priključenih največ 32 postaj.

Dostop do prenosnega sredstva

- Profibus je po obliki vodilo.
- Dostop do prenosnega sredstva: žeton in pozivanje.



Prioritete

- Višja in nižja prioriteta podatkov.
  - Ko ima postaja žeton, lahko odda vsaj en okvir višje prioritete
  - Ko ima postaja žeton, lahko začne z oddajo okvirja nižje prioritete samo, če ji to dopušča (ostaja) čas.

- Ciljni obhodni čas žetona T_{TR} (Target Token Rotation Time)
- Dejanski obhodni čas žetona T_{RR} (Real Token Rotation Time).
- Ko postaja dobi žeton, postavi časovnik T_{RR} na nič, ki nato prosto teče.
- Ko postaja ponovno dobi žeton, sme vedno oddati eno sporočilo višje prioritete.
- Potem primerja dejanski obhodni čas T_{RR} z dovoljenim T_{TR}. Če je držalni čas žetona (Token Holding Time) $T_{TH} = T_{TR} - T_{RR} > 0$, sme čas T_{TH} oddajati druge okvirje, potem pa mora predati žeton.
- Najkrajši ciljni obhodni čas žetona T_{TRmin}

$$T_{TRmin} = n_a \times (T_{TC} + T_{MC-h}) + n_p \times T_{MC-l} + T_{MC-r}$$

- Število aktivnih postaj n_a,
- trajanje žeton T_{TC},
- trajanje okvirja z visoko prioriteto T_{MC-h},
- trajanje okvirja z nizko prioriteto T_{MC-l}

- število okvirjev z nizko prioriteto na en en obhod žetona n_p
- rezerva za ponovitve na obhod žetona T_{MC-r}.
- V splošnem si želimo, da bi bil čas T_{TR} čim krajši. Zato naj bi bilo aktivnih postaj kot tudi prioritetnih okvirjev malo, prioritetni okvirji pa kratki (npr. največ 20 bajtov podatkov).

Najpogostejša izvedba omrežja je Profibus - DP z enim upravljalcem (DPM1) in velikim številom podrejenih (pasivnih) postaj.

Upravljalec ciklično poziva podrejene postaje

- Osnovne funkcije: DP - V0: cikličen prenos podatkov s pozivanjem upravljalca,
  - upravljalec bere podatke podrejenih postaj,
  - upravljalec pošlje podatke podrejenim postajam,
  - osnovni cikel tipično pod 1 ms
    (pri 12 Mb/s izmenja 512 V/I med 32 podrejenimi postajami.
  - Možnost "zamrznitve" postavljenih vrednosti.
- DP - V1: poleg ciklične komunikacije podpira acikličen prenos (parametriranje, vzdrževanje) v "preostanku" osnovnega cikla (podobno kot W-FIP in Interbus-S).
- DP - V2:
  - omogoča direkten prenos podatkov med podrejenimi postajami ("naročniški" sistem, podobno kot W-FIP).
  - isohroni način, sinhronizirano delovanje znotraj 1 mikrosekunde.
  - sinhronizacija časa in časovno žigosanje znotraj 1 milisekunde.

Oblike okvirjev (“telegramov”)

- Žeton,
- okvirji s konstantno dolžino brez podatkov: zahteva, potrdilo, in kratko potrdilo,
- okvirji s konstantno dolžino s podatki: zahteva s podatki ali odziv s podatki, in
- okvirji s spremenljivo dolžino: zahteva s podatki in potrdilo s podatki.

SD1	DA	SA	FC	FCS	ED

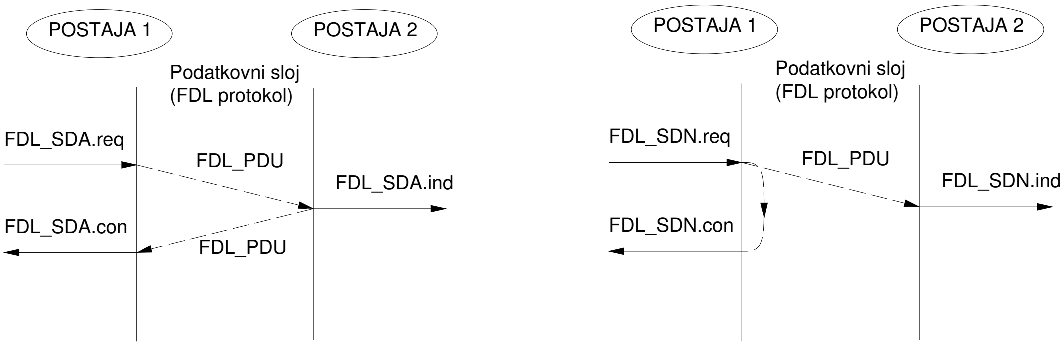
SD2	LE	LEr	SD2	DA	SA	FC	Podatki (LE bajtov)	FCS	ED

SD3	DA	SA	Podatki (8 bajtov)	FCS	ED

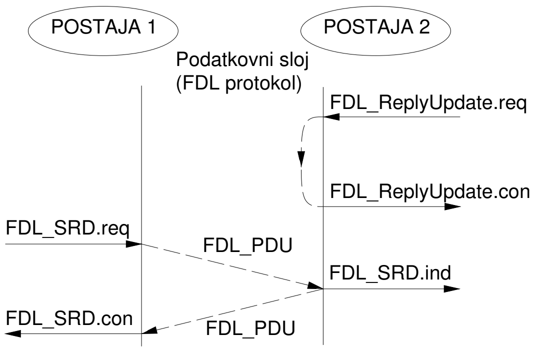
SD4	DA	SA

Storitve linijskega sloja FDL

- SDA (Send Data with Acknowledge) - pošlji podatke in zahtevaj potrditev,
- SDN (Send Data with no Acknowledge) - pošlji podatke brez zahteve za potrditev,
- SRD (Send and Request Data with Reply) - pošlji podatke in zahtevaj odgovor s podatki,



Storitvi SDA in SDN.



Storitev SRD.

- CSRD (Cyclic Send and Request Data with ciklično pošiljaj podatke in zahtevaj odgovor s podatki.