

# **SIECI KOMPUTEROWE**

## **wykład dla kierunku informatyka**

### **semestr 4 i 5**

**dr inż. Michał Sajkowski**

Instytut Informatyki PP

pok. 227G PON PAN, Wieniawskiego 17/19

[Michal.Sajkowski@cs.put.poznan.pl](mailto:Michal.Sajkowski@cs.put.poznan.pl)

tel. +48 (61) 8 582 100

<http://www.man.poznan.pl/~michal/>

**sieci komputerowe**  
**wykład 6**  
**rozległe sieci komputerowe**

# literatura uzupełniająca

wykład prawie w całości przygotowany na podstawie  
tekstu i rysunków z książek:

R.W. McCarty, Jr. (red.), „Cisco WAN od podstaw”,  
Mikom, Warszawa 2001

J. Walrand, P. Varaiya, “High-Performance Communi-  
cation Networks”, 2nd ed., Morgan Kaufmann  
Publishers, San Francisco 1999

„Vademecum teleinformatyka”, IDG Poland, Warszawa  
1999

# zakres wykładu

- rys historyczny
- X.25
- frame relay
- SMDS
- ATM (omówiony: wykład trzeci, część druga)
- ISDN
- PPP

# rys historyczny

- sieć pakietowa (RAND Corporation 1964)
- sieć Arpanet (1968 -1975) - łączy dzierżawione
- wydzielono MILNET 1983
- pozostała sieć pakietowa DARPA  $\Rightarrow$  Internet
- komercyjne rozległe sieci pakietowe:  
Telenet, Datapac, Cyclades, Euronet ... (lata 70-te)

# sieci rozległe - protokoły w warstwach

- warstwa fizyczna:
  - interfejs szeregowy asynchroniczny: EIA/TIA-232 (RS232C)
  - interfejs szeregowy synchroniczny: X.21, EIA/TIA-449, V.35, HSSI, G.703, EIA-530 ...
- warstwa poziomu łącza: HDLC, LAPB (X.25), SDLC, PPP, SLIP, LAPD (ISDN), LAPF (frame relay)
- warstwa sieci: PLP (X.25)

# sieci rozległe - urządzenia

- ruter
- komutator szerokopasmowy WAN
- modem
- serwer komunikacyjny (koncentratory ruchu wchodzącego i wychodzącego)
- DTE (terminal, komputer (PC), ruter)
- DCE (modem, komutator WAN)
- zapewniają:
  - obsługę na dużym obszarze
  - dostęp na interfejsach szeregowych z małymi szybkościami

# sieci rozległe - technologie

- **komutacja kanałów** - POTS (plain old telephone service - tradycyjna usługa telefoniczna), ISDN
- **komutacja pakietów** - X25, frame relay
- **komutacja komórek** - ATM, SMDS
- **dedykowane usługi cyfrowe:**
  - wąskopasmowe T1,T3, szerokopasmowe E1,E3
  - xDSL - modemy synchroniczne
  - SONET - synchroniczna sieć optyczna
- **inne:**
  - modemy z wybieranym połączeniem, 56kb/s
  - modemy telewizji kablowej, 10Mb/s
  - bezprzewodowe: naziemne 11Mb/s i satelitarne



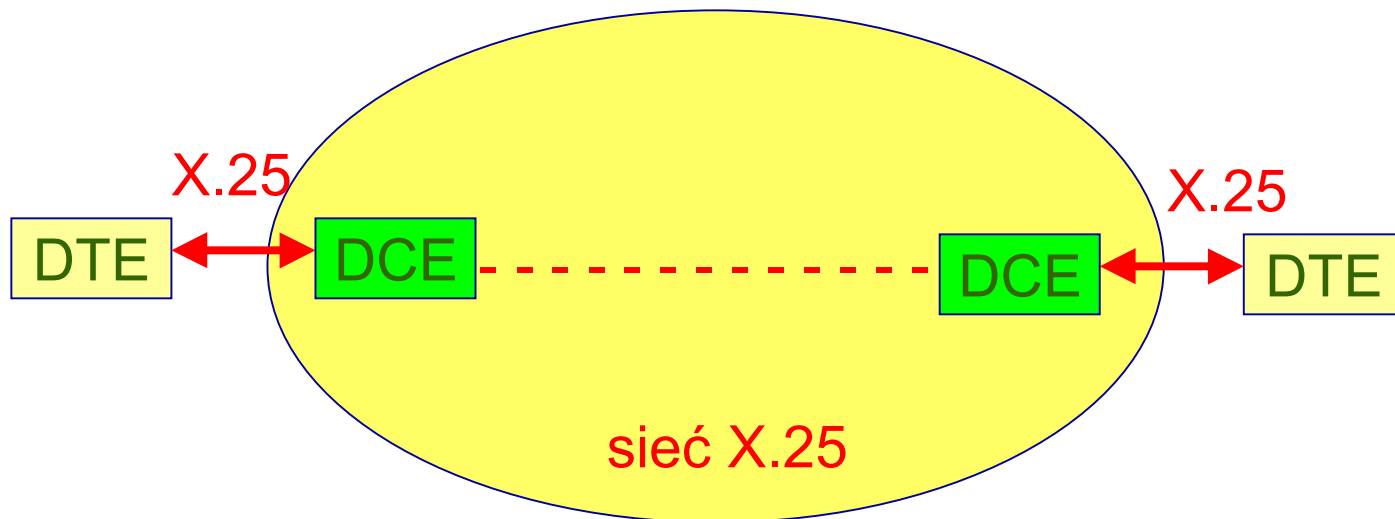
# sieć X.25

- 1974 (CCITT, Europa)
- zawodne łącza 64 kb/s do 2Mb/s (w 1993)
- warstwa fizyczna X.21 lub RS232C
- protokół poziomego łącza: LAPB
  - wykrywanie błędów i odnowa po błędzie
  - sterowanie przepływem z oknem od 8 do 128
- warstwa sieci: PLP (Packet Level Protocol)
  - do 4096 kanałów wirtualnych na łączu fizycznym ( $2^{12}$ )
  - sterowanie przepływem od końca do końca na kanale wirtualnym (niezależnie od LAPB)
  - pakiet o dł. 16, 32,..., 4096 bajtów (zwykle 128, 256)

# sieć X.25

[www.cis.ohio-state.edu/~jain/cis777-99/](http://www.cis.ohio-state.edu/~jain/cis777-99/)

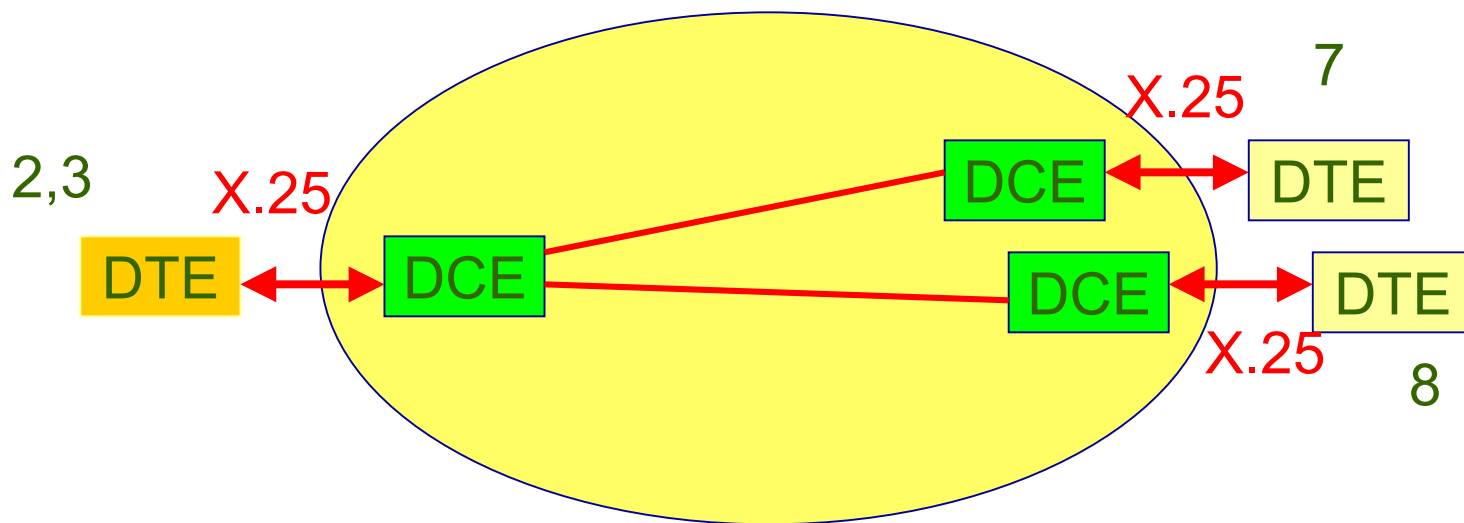
- DTE - urządzenie końcowe danych - Data Terminal Equipment
- DCE - urządzenie łączy danych - Data Communication Equipment
- interfejs DTE/DCE - norma X.25



# kanały wirtualne

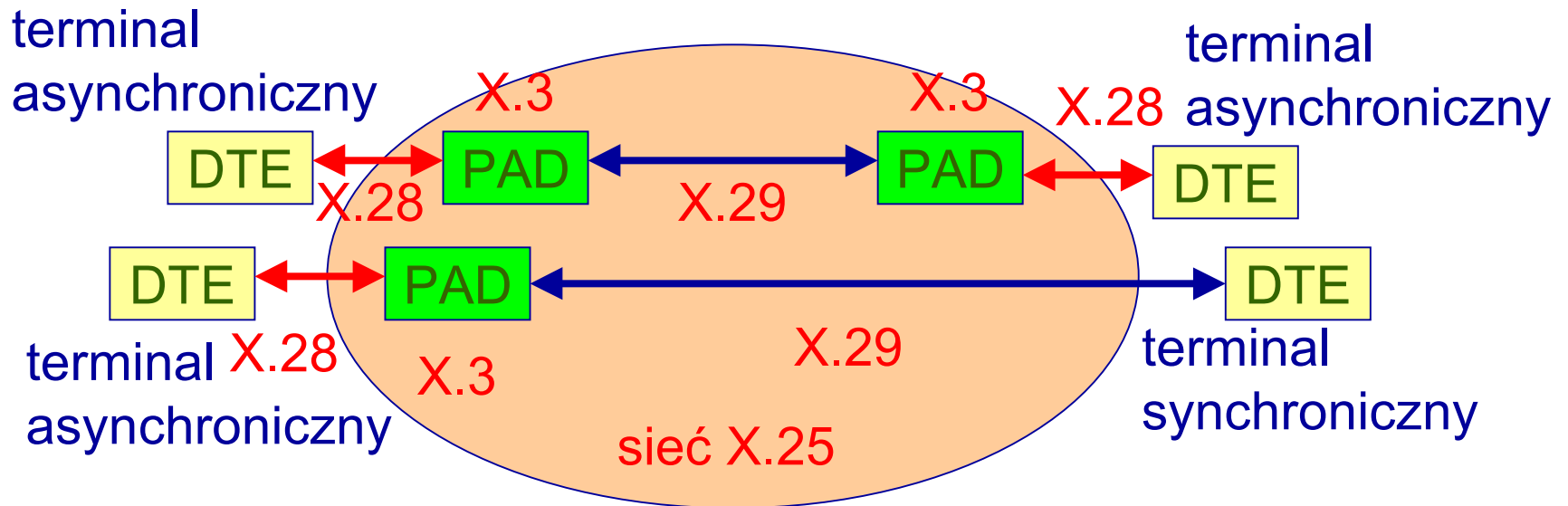
[www.cis.ohio-state.edu/~jain/cis777-99/](http://www.cis.ohio-state.edu/~jain/cis777-99/)

- kanały wirtualne (VC):
  - komutowane (SVC) - zestawiane na “czas rozmowy”
  - stałe (PVC) - dzierżawione, zestawiane na stałe



# dołączenie terminali asynchronicznych do sieci pakietowej X.25

- X.3 - multiplexer PAD (Packet Assembler/Disassembler)
- X.28 - protokół PAD - asynchroniczne DTE
- X.29 - protokół PAD - PAD albo  
protokół PAD - synchroniczne DTE przez sieć X.25



## rodzaje pakietów X.25 (trzeci bajt)

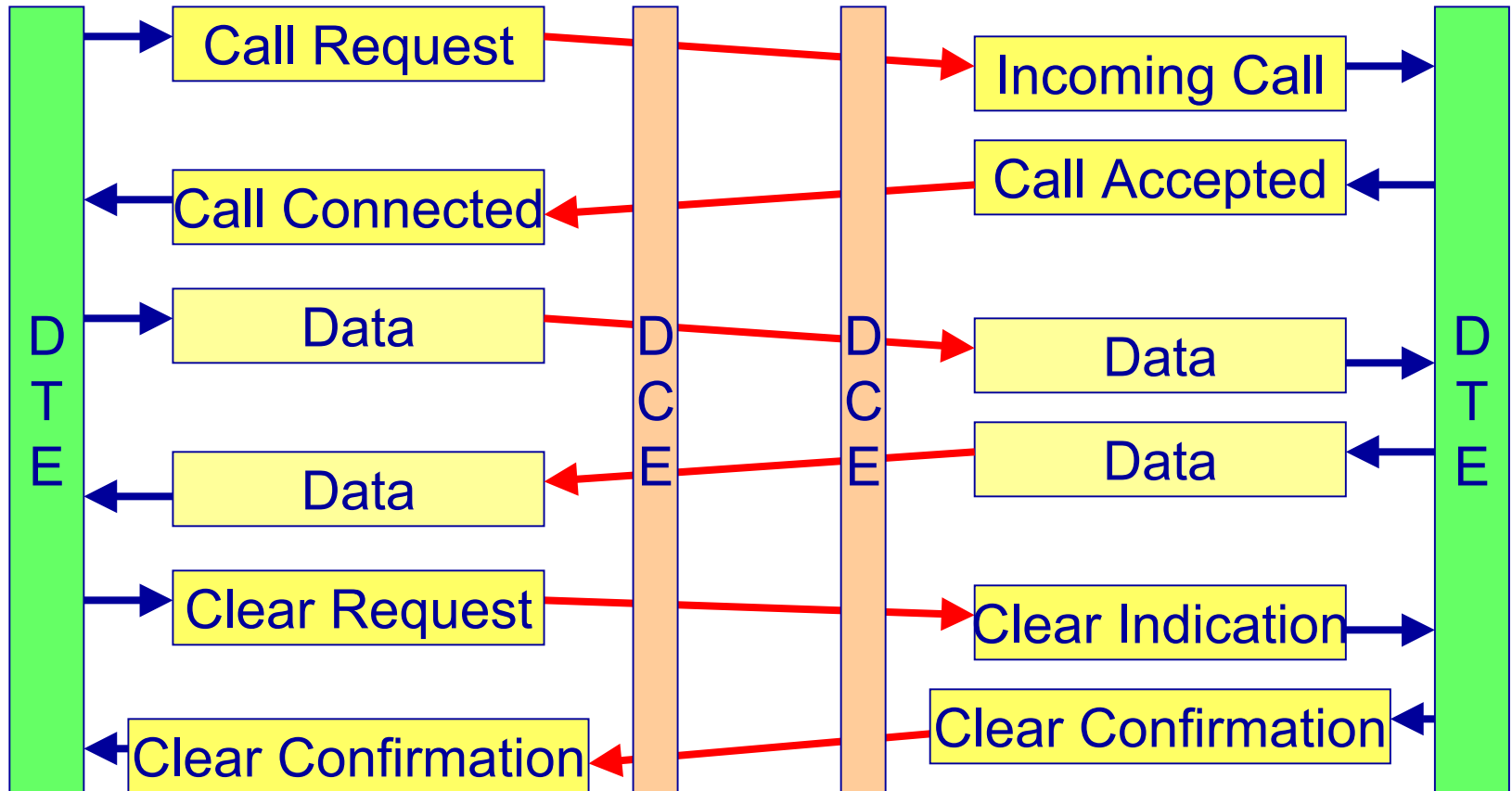
- Call Request 00001011, Call Accepted 00001111
- Data PPPMSS0
- Clear Request 00010011, Clear Confirmation 00010111
- Interrupt 00100011, Interrupt Confirmation 00100111
- Receive Ready PPP00001, Receive Not Ready PPP01001
- Reject PPP01001, Reject Request 00011011
- Reset Request 00011011 , Reset Confirmation 00011111
- Restart Request 11111011, Restart Confirmation 11111111
- Diagnostic 11110001 (PPP piggyback, S seq, M more)

# format pakietu Call Request

1            2            3            4            5            6            7            8

0001		grupa	
kanał			
typ (00001011)		Ster(1)	
dł. adresu wywołującego		dł. adresu wywoływanego	
		adres wywołujący adres wywoływany	
00	dł. opcji		
opcje			
dane użytkownika			

# protokół X.25



# frame relay

- połączeniowa usługa transportowa dla publicznych sieci z komutacją pakietów (1984, popularna 1991)
- wiadomość do 8k bajtów
- usługa FR łączy segmenty sieci lokalnych
- połączenia 56 kb/s, 384kb/s, 1,5 Mb/s do 44,736Mb/s
- skrętka, światłowód
- szybsza od X.25 - nie ma wykrywania błędów i odnowy na poziomie łącza
- szerokie zastosowanie (USA), niski koszt (niższy od ATM), Fast Packet Switching od 1993
- warstwy 1 i 2 modelu ISO/OSI

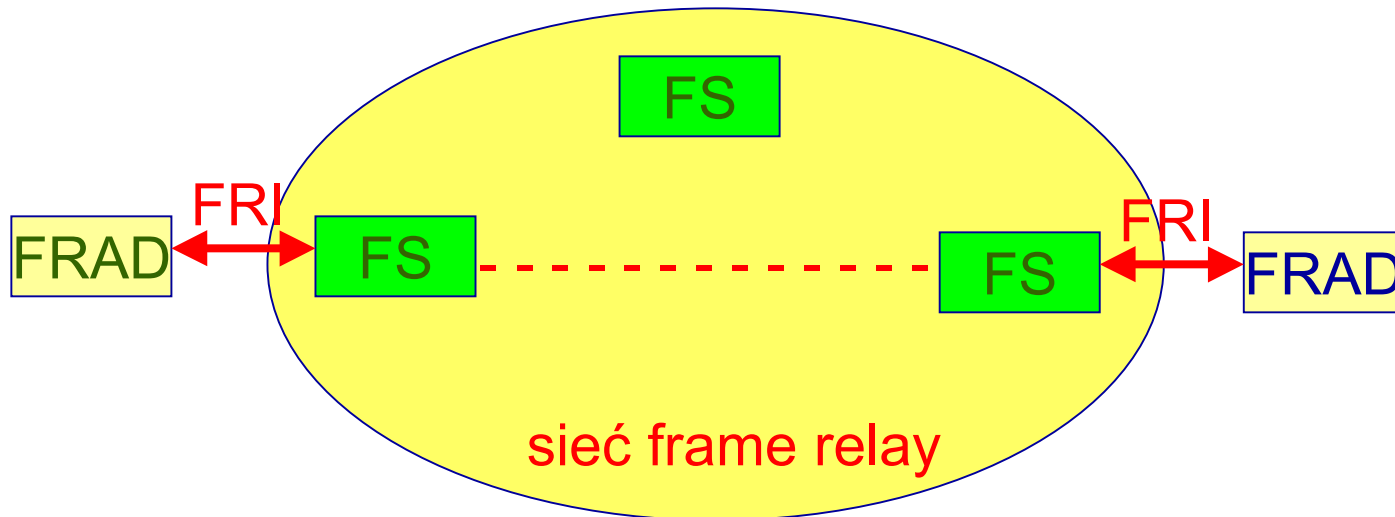


# frame relay

- pochodzi od X.25
- wykorzystuje niski poziom błędów transmisji cyfrowej T1/E1, T3/E3 i światłowodów
- stałe kanały wirtualne PVC
- komutowane kanały wirtualne SVC
- negocjacja parametrów transmisji (jakość usługi):
  - CIR - gwarantowana przepływność minimalna
  - EIR - nie gwarantowana i nieprzekraczalna przepływność maksymalna
- sterowanie przeciążeniem sieci (komutatora ramek):
  - FECN wskaźnik informuje odbiorcę o przeciążeniu
  - BECN wskaźnik informuje nadawcę o przeciążeniu

# sieć frame relay

- DTE - urządzenie końcowe danych - Data Terminal Equipment - FRAD - urządzenie dostępu do FR
- DCE - urządzenie łączy danych - Data Communication Equipment - komutator ramek FS
- interfejs DTE/DCE - FRI (frame relay interface)



# format ramki frame relay

the figure from: <http://www.mkp.com/> Walrand&Varaiya, High-Performance Communication Networks, 2nd ed., Morgan Kaufmann Publishers 1999

**DLCI** - identyfikator połączenia łączy danych (10bitów)

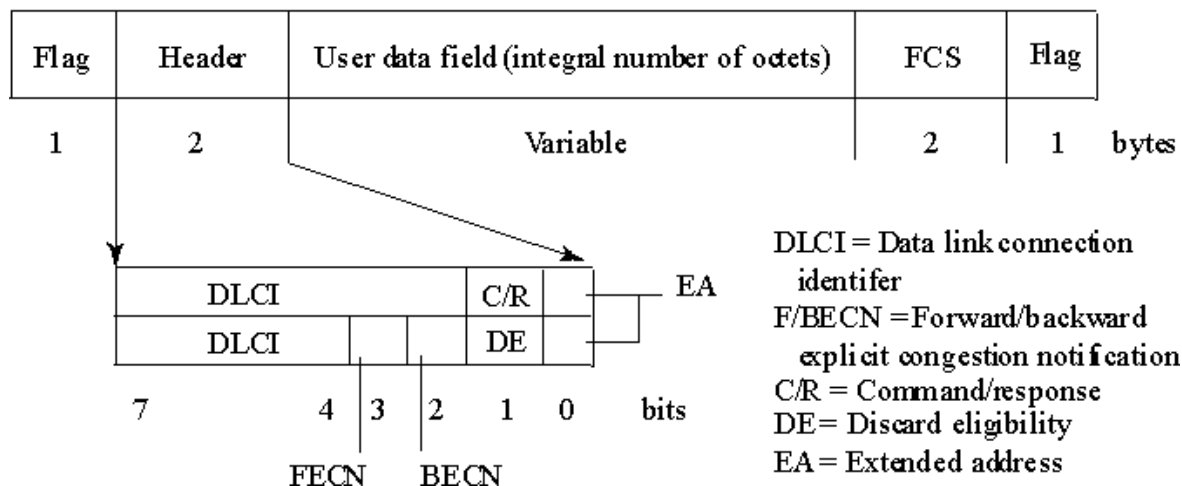
**C/R** - polecenie/odpowieź (nie używany)

**FECN/BECN** wskazanie przeciążenia wprzód / wstecz

**DE** - prawo odrzucenia, **DE=1** ramka odrzucana

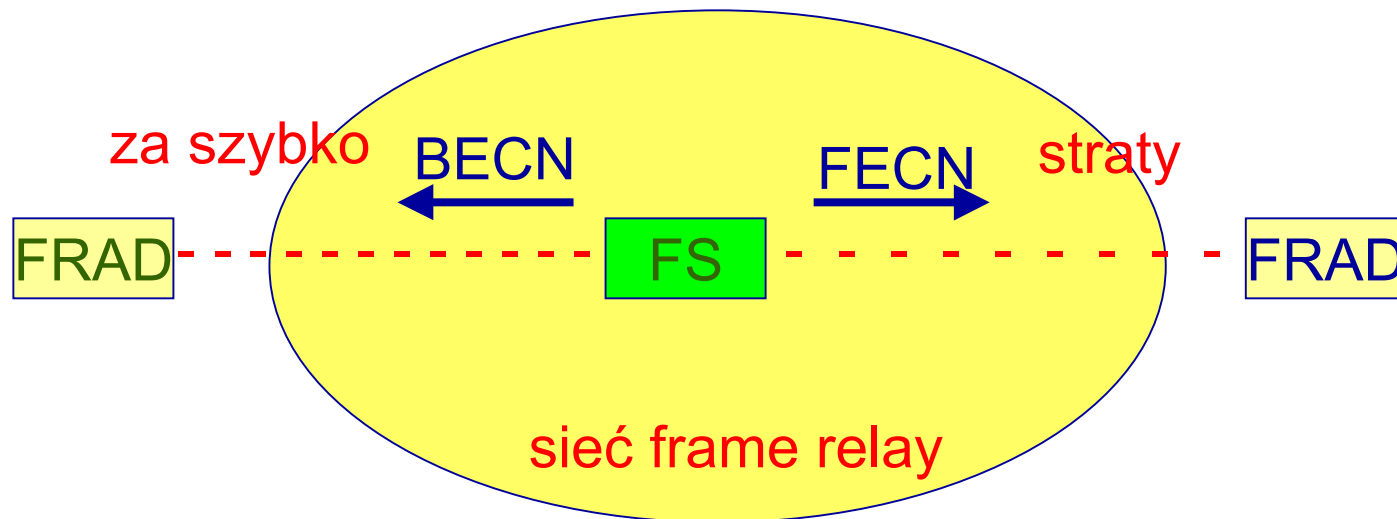
**EA** - adres rozszerzony, **EA=1** koniec nagłówków

Frame structure



# sterowanie przeciążeniem sieci frame relay

- BECN - jawne wskazanie przeciążenia wstecz
- FECN - jawne wskazanie przeciążenia wprzód



# SMDS

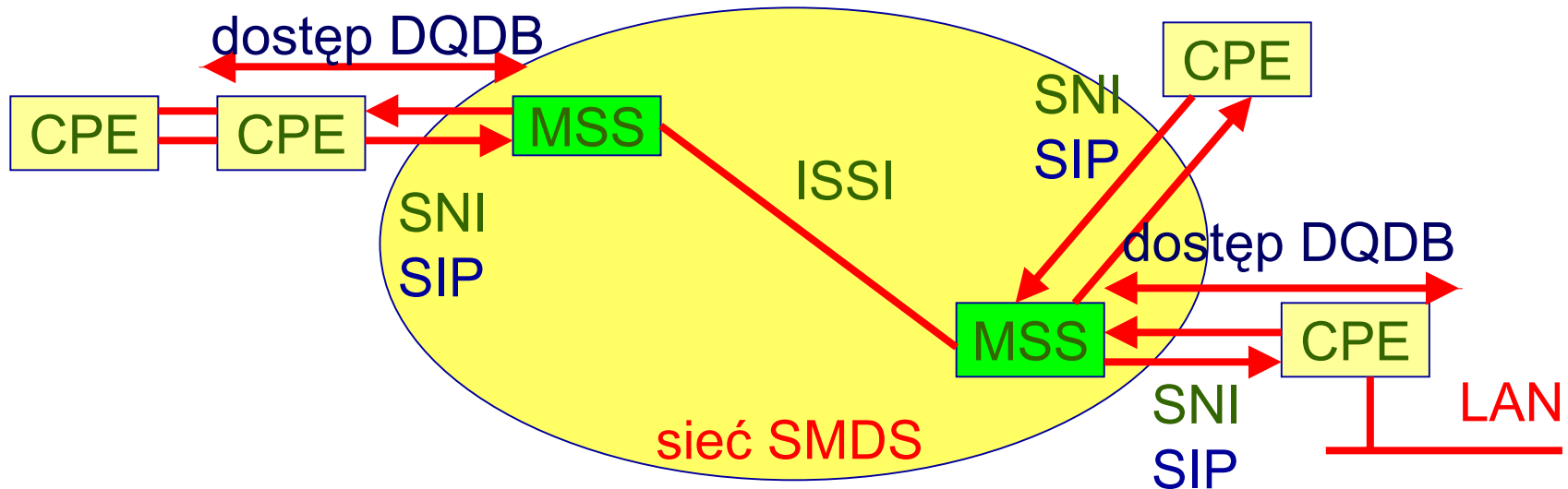
- multimegabitowa usługa przesyłania danych za pomocą komutatorów (Switched Multi-megabit Data Service), BellCore 1989
- szybkie sieci pakietowe
- usługa bezpołączeniowa
- pakiety z błędami z założenia odrzucane
- metoda dostępu DQDB
- najważniejszy protokół - interfejs SIP
- szybkość: 1.5, 4, 10, 16, 25, 34, 45 i 140 Mb/s
- sprawdzanie adresów źródłowych
- przesyłanie adresów źródłowych i docelowych

# SMDS

- wsparcie protokołu SNMP
- mały nagłówek, dane 9188 bajtów
- wysoka dostępność usług 0,999
- średni czas transferu danych 10ms
- de facto ATM dla sieci MAN
- w Europie CBDS (Connectionless Broadband Data Service) - Siemens

# architektura SMDS

- CPE (Customer Premises Equipment) - urządzenie abonenta (komputer, terminal) i węzły pośrednie (ruter, modem, multiplekser)
- MSS (MAN Switching System) - szybki komutator WAN
- SNI - interfejs CPE/MSS, adresowany zgodnie z E.164
- ISSI - wewnętrzny interfejs SMDS



# protokół **SIP** (SMDS Interface Protocol)

- bezpołączeniowy protokół komunikacyjny
- działa między **CPE** a komutatorem sieci
- 3 dolne warstwy **ISO/OSI**:
  - **SIP L3**: warstwa sieciowa, pakiety (segmenty) 9188B
  - **SIP L2**: warstwa łączy danych, komórki 53B z CRC łącznie
  - **SIP L1**: warstwa fizyczna, łączy **DS-1** (2,048Mb/s), **DS-3** (8,448 Mb/s)



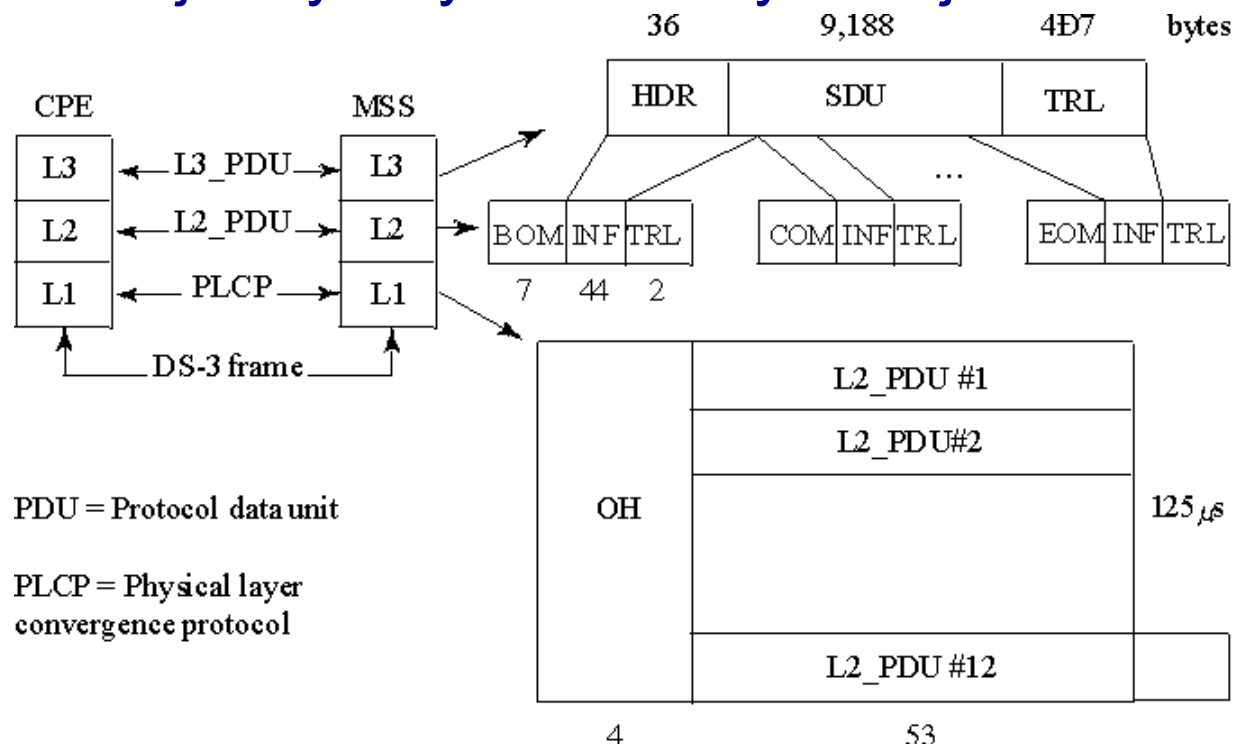
# stos protokołu i format ramki SMDS

the figure from: <http://www.mkp.com/> Walrand&Varaiya, High-Performance Communication Networks, 2nd ed., Morgan Kaufmann Publishers 1999

poziom 3 - adresacja i wybór trasy

poziom 2 - komórki ATM + korekcja błędów

poziom 1 - interfejs fizyczny do sieci cyfrowej



PDU = Protocol data unit

PLCP = Physical layer  
convergence protocol

# dostęp do SMDS

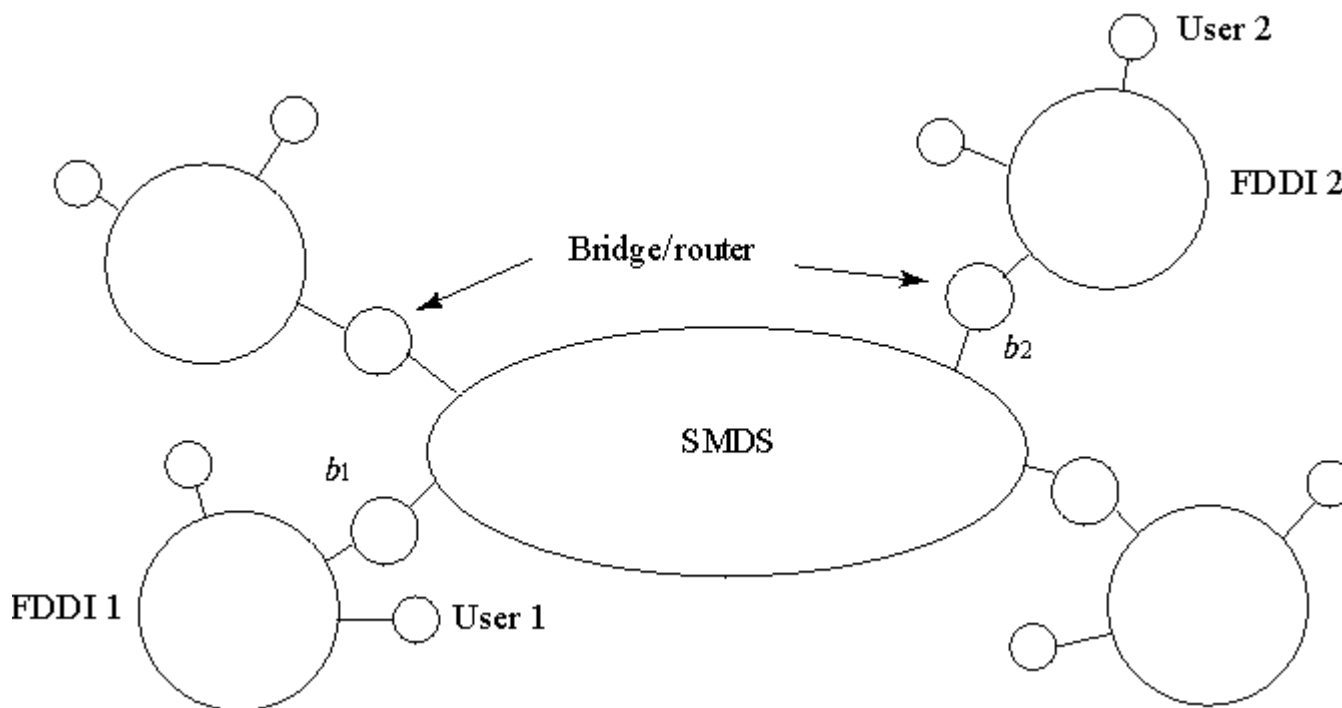
- podsieć DQDB:

protokół IEEE 802.6 DQDB Distributed Queue Dual Bus

- architektura dwu jednokierunkowych szyn sterowanych przeciwbieżnie
- metoda dostępu - cykliczne generowanie w magistrali ciągów pustych ramek (szczelin), w których węzły umieszczają 53 bajtowe komórki
- najprostsza podsieć dostępową: CPE i komutator SMDS połączone szyną DQDB
- DQDB: podwarstwa MAC + warstwa fizyczna

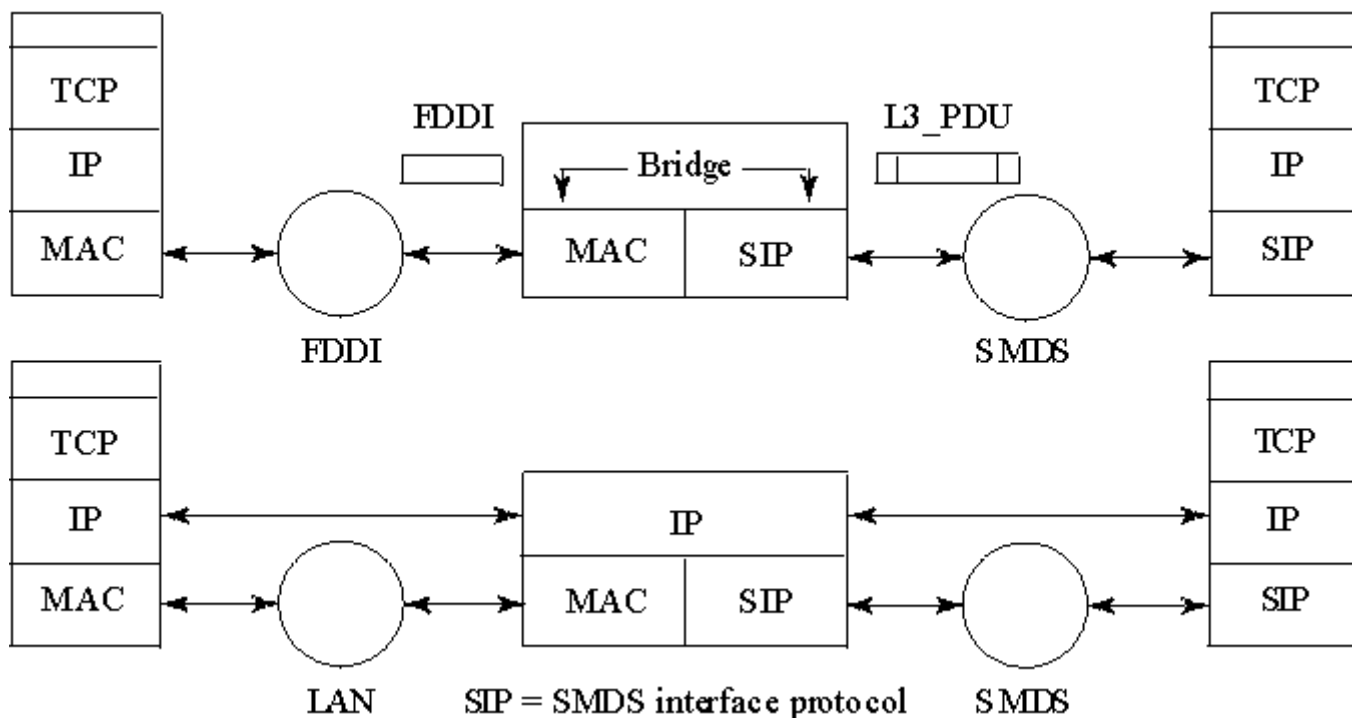
# łączenie w intersieć za pomocą SMDS

the figure from: <http://www.mkp.com/> Walrand&Varaiya, High-Performance Communication Networks, 2nd ed., Morgan Kaufmann Publishers 1999



# łączenie w intersieć za pomocą SMDS

the figure from: <http://www.mkp.com/> Walrand&Varaiya, High-Performance Communication Networks, 2nd ed., Morgan Kaufmann Publishers 1999



# ISDN

- Integrated Service Data Network
- komutacja kanałów
- sieć cyfrowa z integracją usług, wąskopasmowa
- przekaz głosu, grafiki, obrazów ruchomych
- typ dostępu:
  - BRA ISDN - przez kanał podstawowy o strukturze  $2B+D_{16}$ , 128/144 kb/s
  - PRA ISDN - w kanale pierwotno-grupowym o strukturze  $30B+D_{64}$  (2 Mb/s)
- podstawa szerokopasmowych sieci BISDN (Broadband ISDN), >2 Mb/s, zwykle 155 Mb/s

# dostęp do sieci ISDN

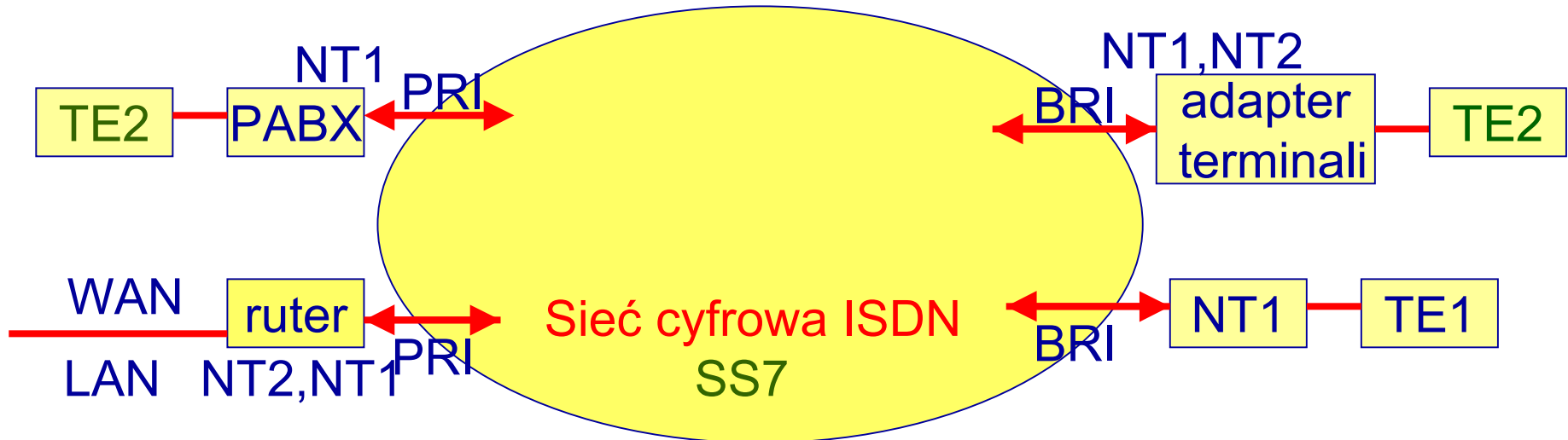
- BRA ISDN: (Basic Rate Access ISDN) dostęp przez interfejs cyfrowy 2B+D,  $2 \times 64 + 16$  kb/s
  - dostęp z jednego lub kilku terminali
  - kanał informacyjny B (Bearer): głos, faks
  - kanał sygnalizacyjny D (Delta): konfiguracja terminali, nadzór nad transmisją w kanałach B, informacje serwisowe, przekaz pakietów
- PRA ISDN: (Primary Rate Access ISDN) dostęp przez interfejs cyfrowy 30B+D,  $30 \times 64 + 64 = 1984$  kb/s, wraz z bitami technicznymi 1 kanał 2048 kb/s
  - dostęp z sieci lokalnej, centrali PABX, serwera
  - agregacja kanałów informacyjnych: kanały H

# elementy sieci ISDN

- wyposażenie abonenta CPE
- systemy komutacji (centrale, rutery, komutatory)
- kanały komunikacyjne:  
informacyjne B, sygnalizacyjne D
- protokoły UNI, na interfejsie BRI i PRI
- sygnalizacja abonencka DSS1 i sygnalizacja między centralami SS7

# architektura ISDN

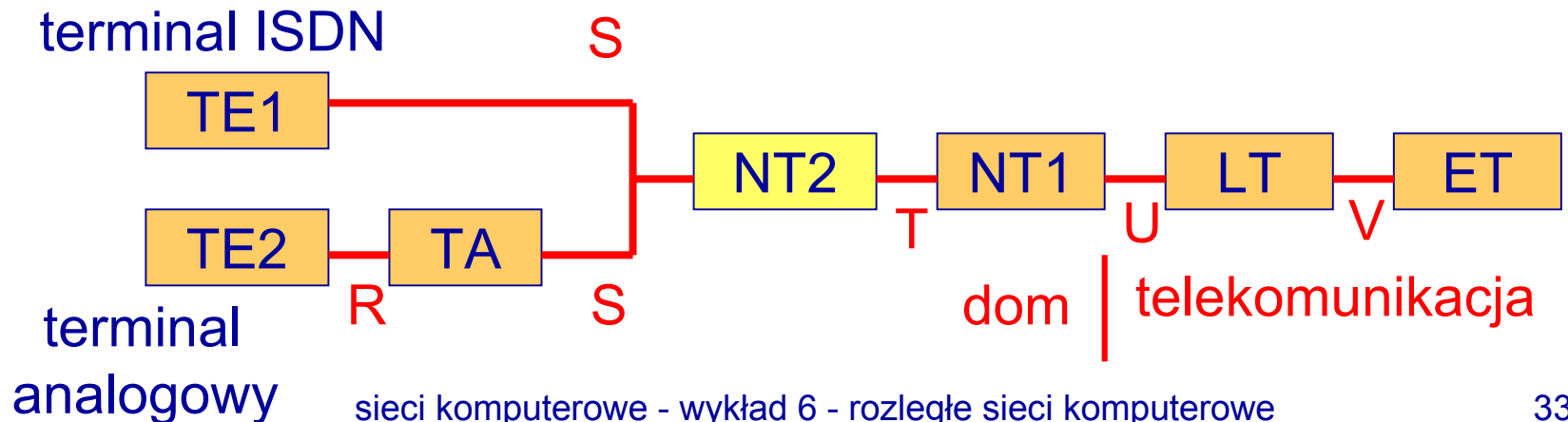
- TE1 - terminal ISDN: telefon ISDN, komputer, fax ISDN (cokolwiek podłączone do linii ISDN)
- TE2 - terminal analogowy: telefon analogowy, modem, fax (cokolwiek podłączone do linii analogowej)
- PABX - lokalny automatyczny system komutacji (**Private Automatic Branch Exchange**), centrala abonencka





# podstawowy model dostępu

- NT2 - zakończenie magistralowe, koncentrator
- NT1 - zakończenie sieciowe u abonenta
- LT - zakończenie linii
- ET - centrala telefoniczna
- TA - adapter terminali



# protokół PPP

- obsługa połączeń dwupunktowych przez linie szeregowo: protokół **SLIP** tylko datagramy **IP** (maks. 1006 bajtów) kapsułkowane w ramach przez łącza synchroniczne albo asynchroniczne, protokół **PPP**: **IP**, **Decnet**, **IPX**, **AppleTalk**, **OSI CNLP**
- **protokół PPP**:
- warstwa fizyczna: **RS232C**, **RS422**, **RS423**
- warstwa łącza danych: **HDLC + LCP**
- **LCP** (**Link Control Protocol**): konfigurowanie łącza, utrzymanie łącza, negocjacja współpracy z warstwą sieci, zakończenie połączenia