

Systemy i sieci SDH

◆ SDH - *Synchronous Digital Hierarchy*

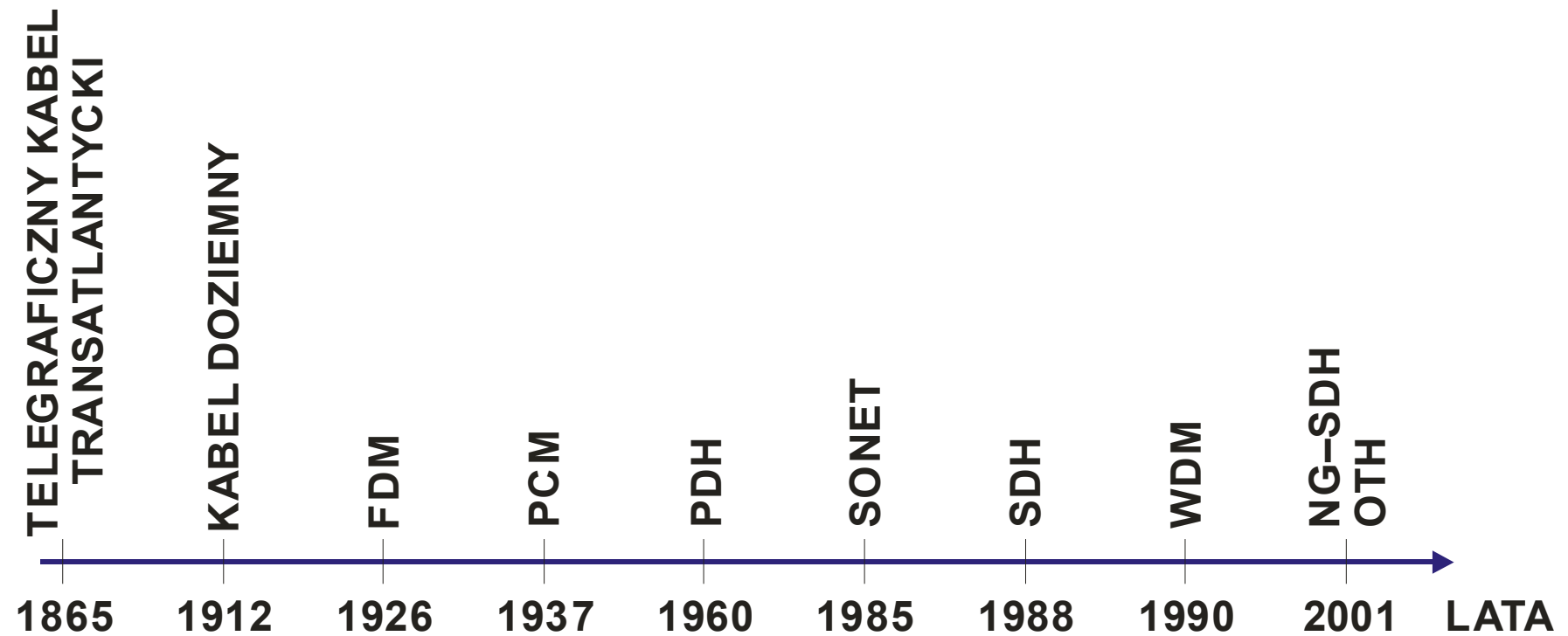
Sieci ze zwielokrotnieniem synchronicznym

Literatura:

Sławomir Kula: *Systemy teletransmisyjne*

WKŁ 2004

Rozwój systemów transmisyjnych



Systemy PDH

Plesiochronous Digital Hierarchy

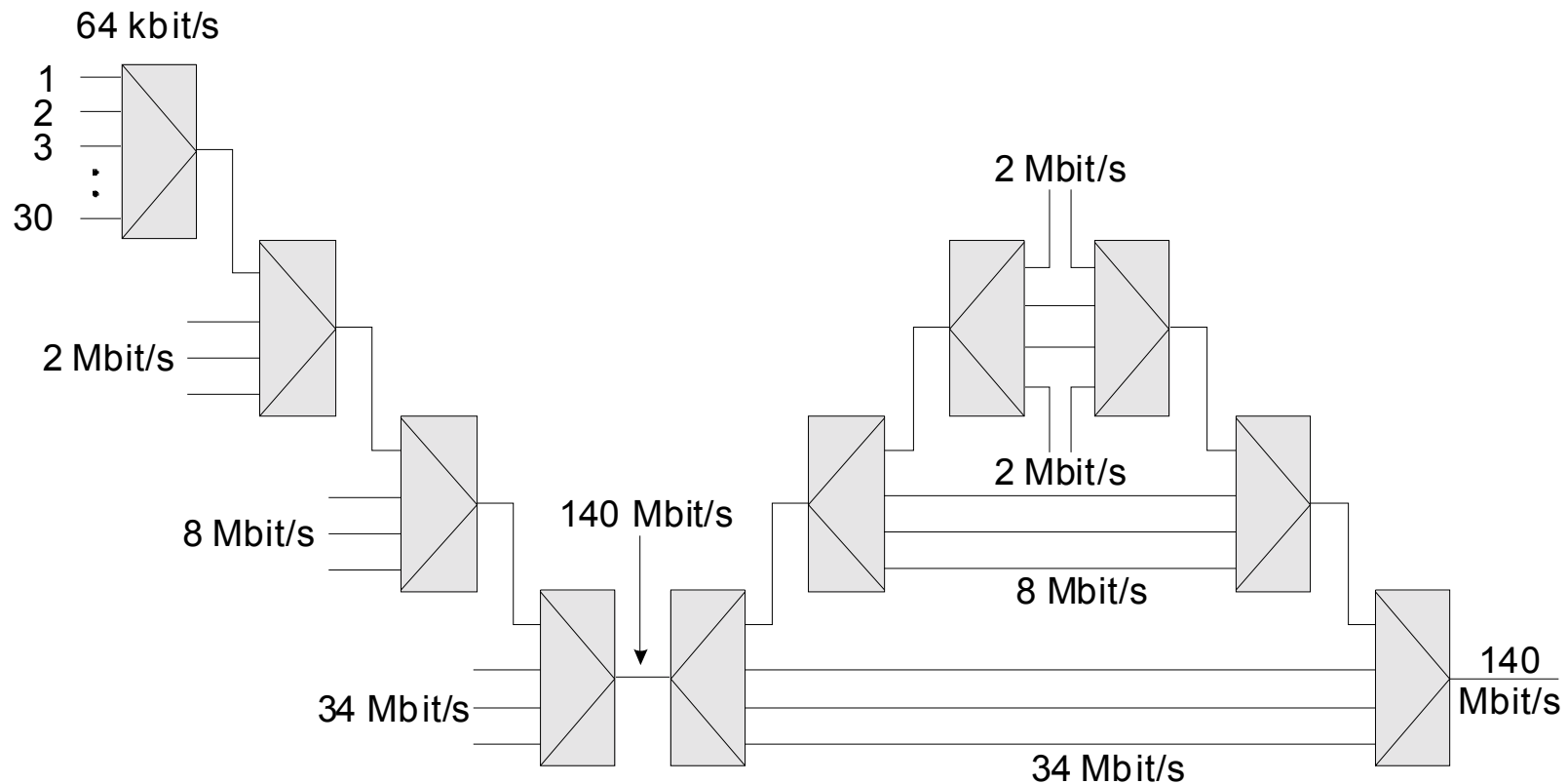
- ◆ Format ramki sygnału cyfrowego jest inny dla każdej przepustowości, bity dopełnienia;
- ◆ zwielokrotnienie bitowe (zamiast bajtowego) - konieczność demultipleksacji do poziomu 2 Mbit/s przed wprowadzeniem do cyfrowych pól komutacyjnych;
- ◆ dostęp do kanału cyfrowego o niższych przepływnościach jest możliwy po demultipleksacji wszystkich strumieni wyższych rzędów;
- ◆ brak standaryzacji systemów o przepływności powyżej 140 Mbit/s,
- ◆ Trzy różne standardy systemów PDH na świecie.

Systemy PDH na świecie

Szybkość transmisji [kbit/s]

Poziom	Europa	Ameryka Płn.	Japonia
0	64	64	64
1	2 048	1 544	1 544
2	8 448	6 312	6 312
3	34 368	44 736	32 036
4	139 624	274 176	97 728
5	564 992		

Systemy PDH w Europie zwielokrotnienie



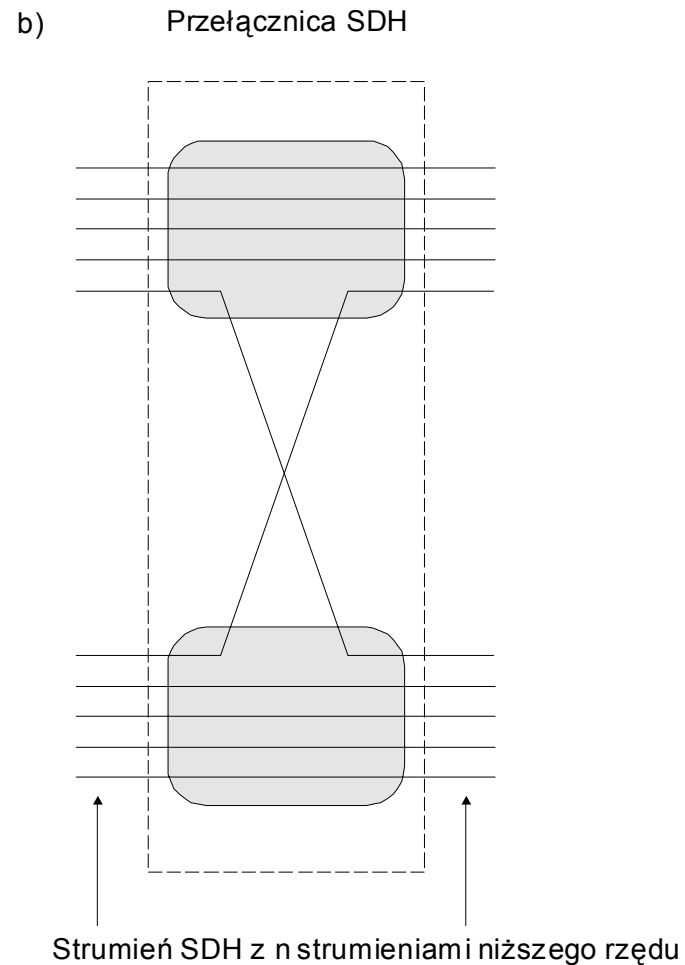
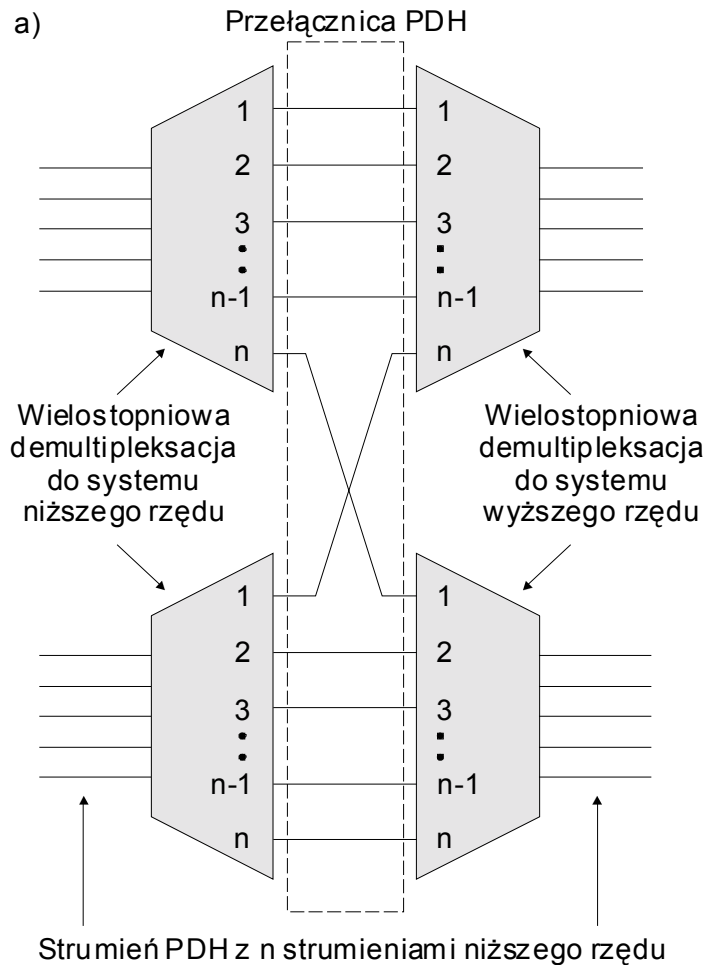
Przepływności systemów SDH

- ◆ **STM-1:** 155,520 Mbit/s
- ◆ **STM-4:** 622,080 Mbit/s
- ◆ **STM-16:** 2 488,320 Mbit/s
- ◆ **STM-64:** 9 953,280 Mbit/s
- ◆ **STM-256** 39 813,120 Mbit/s (~40 Gbit/s !!!)

STM – *Synchronous Transport Module* **synchroniczny moduł transportowy**

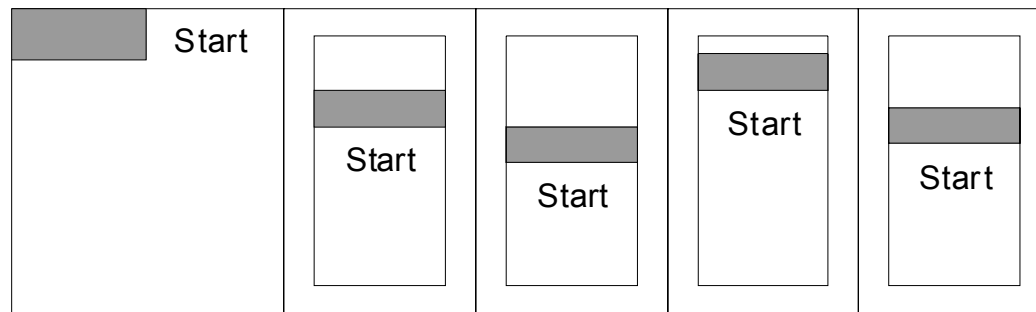
- **Synchroniczna praca urządzeń (jedno źródło taktowania)**
- **Ew. różne źródła taktowania, spełniające dodatkowe warunki**
- **Sygnal (informacja) umieszczany w kontenerach o znormalizowanych rozmiarach i transportowane przez sieć bez rozpakowywania**

Przełączanie skróśne strumieni niższego rzędu



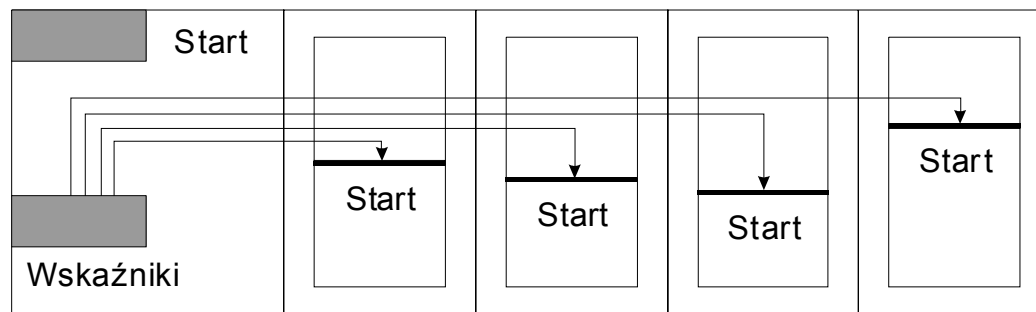
Struktura logiczna ramek PDH i SDH

Ramka PDH

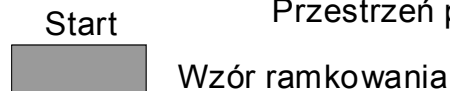


Przestrzeń przypisana strumieniom niższego rzędu

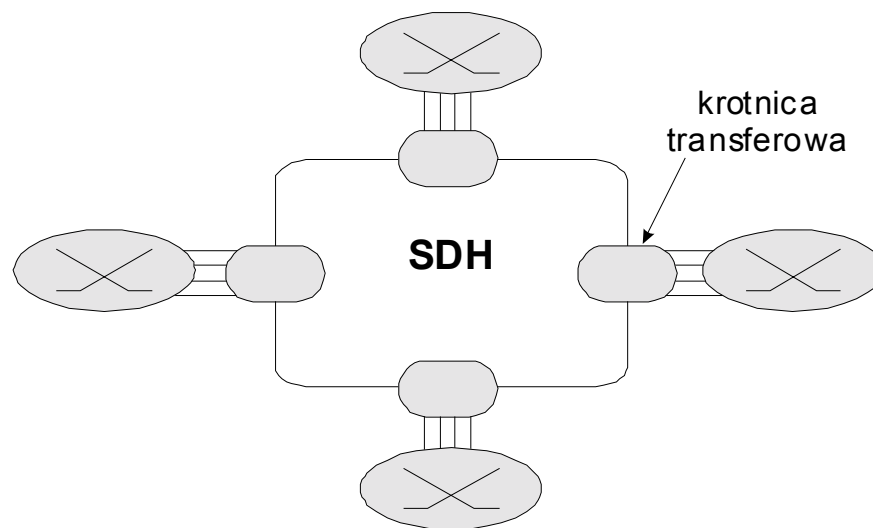
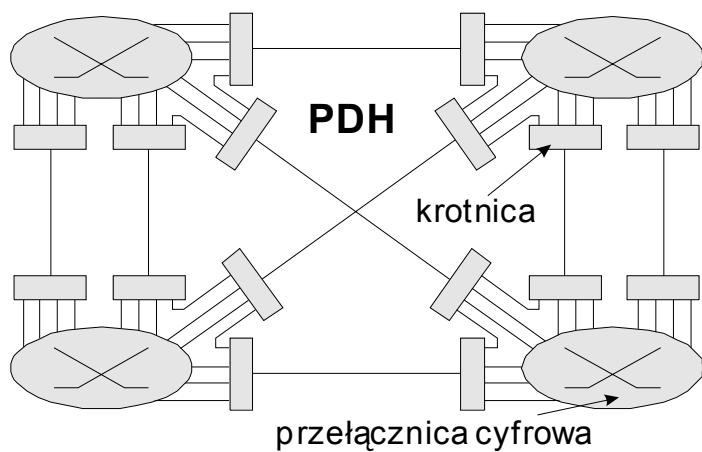
Ramka SDH



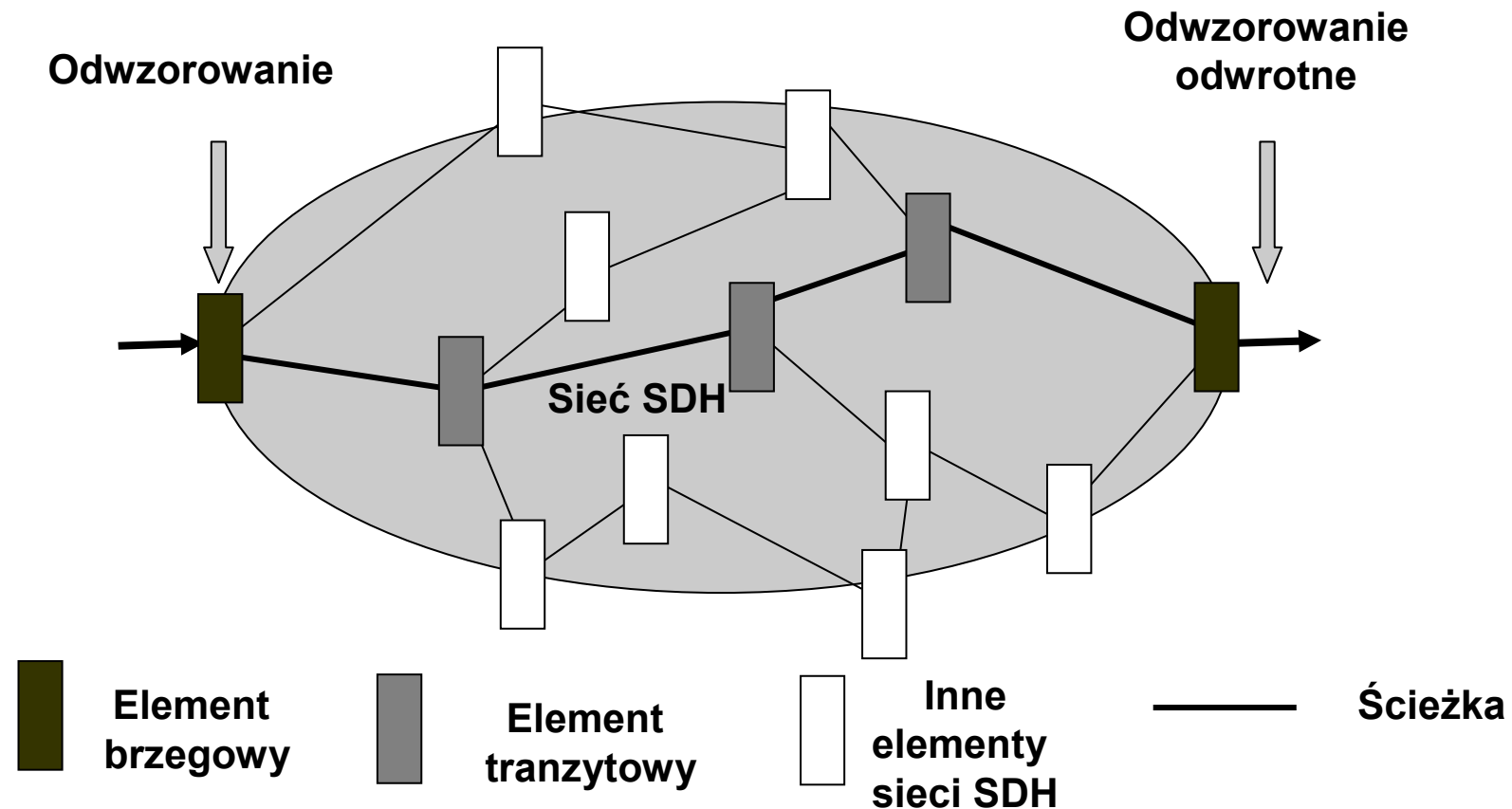
Przestrzeń przypisana strumieniom niższego rzędu



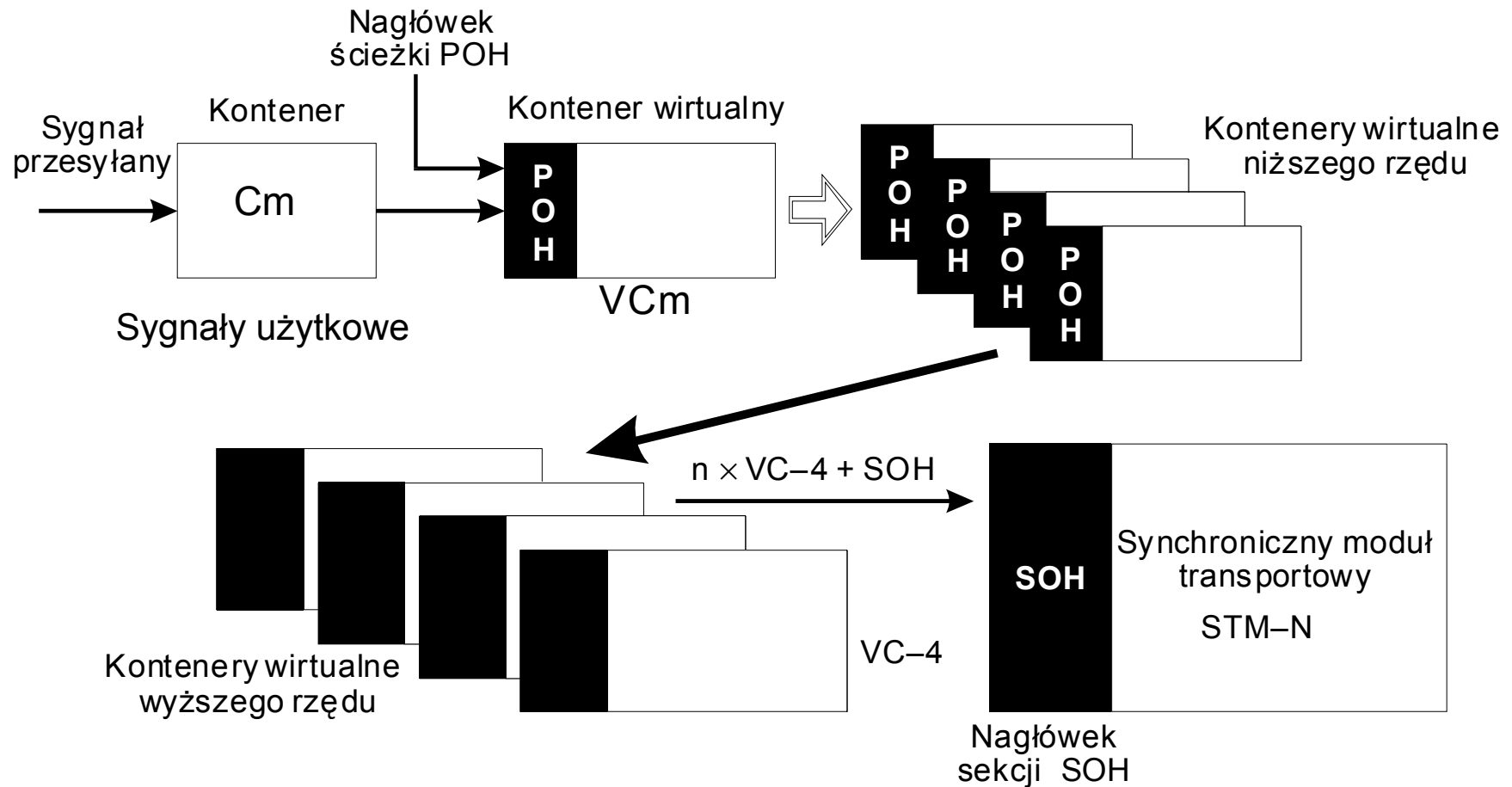
Typowe struktury sieci PDH i SDH



Przykładowa struktura sieci SDH



Graficzna prezentacja zwielokrotnienia SDH



Podstawowe pojęcia i określenia dotyczące systemów SDH (1)

- ◆ **Sekcja** - odcinek toru pomiędzy dwoma sąsiednimi urządzeniami, w których przeprowadza się regenerację lub zwielokrotnienie;
- ◆ **Ścieżka** - kanał wirtualny pomiędzy węzłem wejściowym a wyjściowym, utworzony w celu transmisji kontenera wirtualnego;
- ◆ Sygnały wejściowo/wyjściowe - sygnały transportowane za pomocą sieci, np.: sygnały PDH, z sieci MAN, ATM itp..

Podstawowe pojęcia i określenia dotyczące systemów SDH (2)

- ◆ **Odwzorowanie** (odwzorowanie odwrotne) - adaptacja sygnału o pewnej przepływności do przepływności SDH; powstają kontenery wypełnione bitami z sygnału wejściowego oraz bity uzupełniające;
- ◆ **Kontener** - Ciąg ściśle określonej liczby bajtów pochodzących z sygnału wejściowego oraz bajtów wypełnienia; **czas trwania kontenera - 125 μ s** (oznaczany jako **C-m, C-n**)
- ◆ Kontener wirtualny - kontener opatrzony nagłówkiem (ozn. **VC-m,m VC-n**);

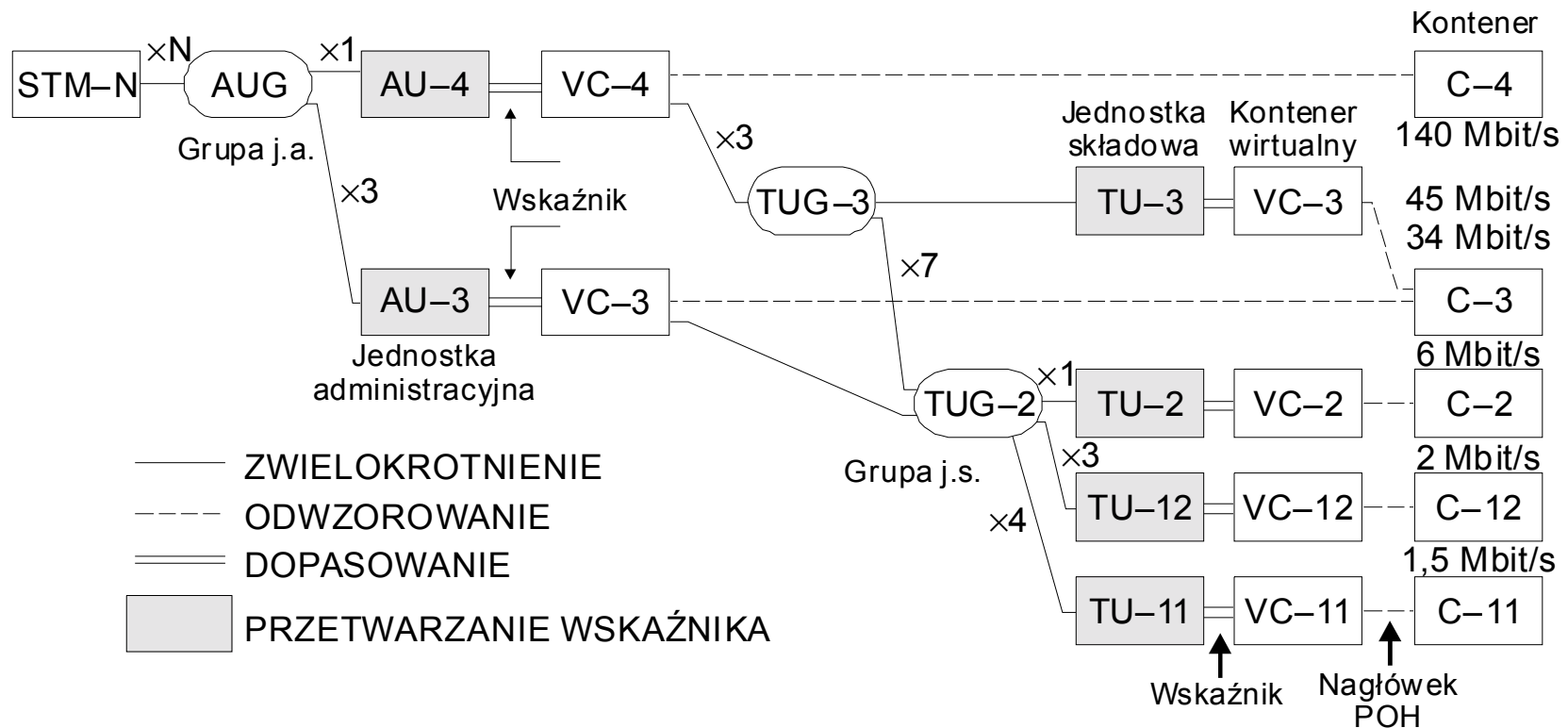
Podstawowe pojęcia i określenia dotyczące systemów SDH (3)

- ◆ **Jednostka składowa**- pole użytkowe (kontenery wirtualne niższego rzędu); zawiera kontener wirtualny oraz wskaźnik- **TU-m**;
- ◆ **Jednostka administracyjna**- struktura informacyjna zawierająca kontener wirtualny wyższego rzędu i wskaźnika - **AU-n**;
- ◆ **grupa jednostek administracyjnych AUG**
- ◆ **Synchroniczny moduł transportowy**- struktura informacyjna złożona z nagłówka, pola wskaźnika i pola użytkowego- **STM-N**;

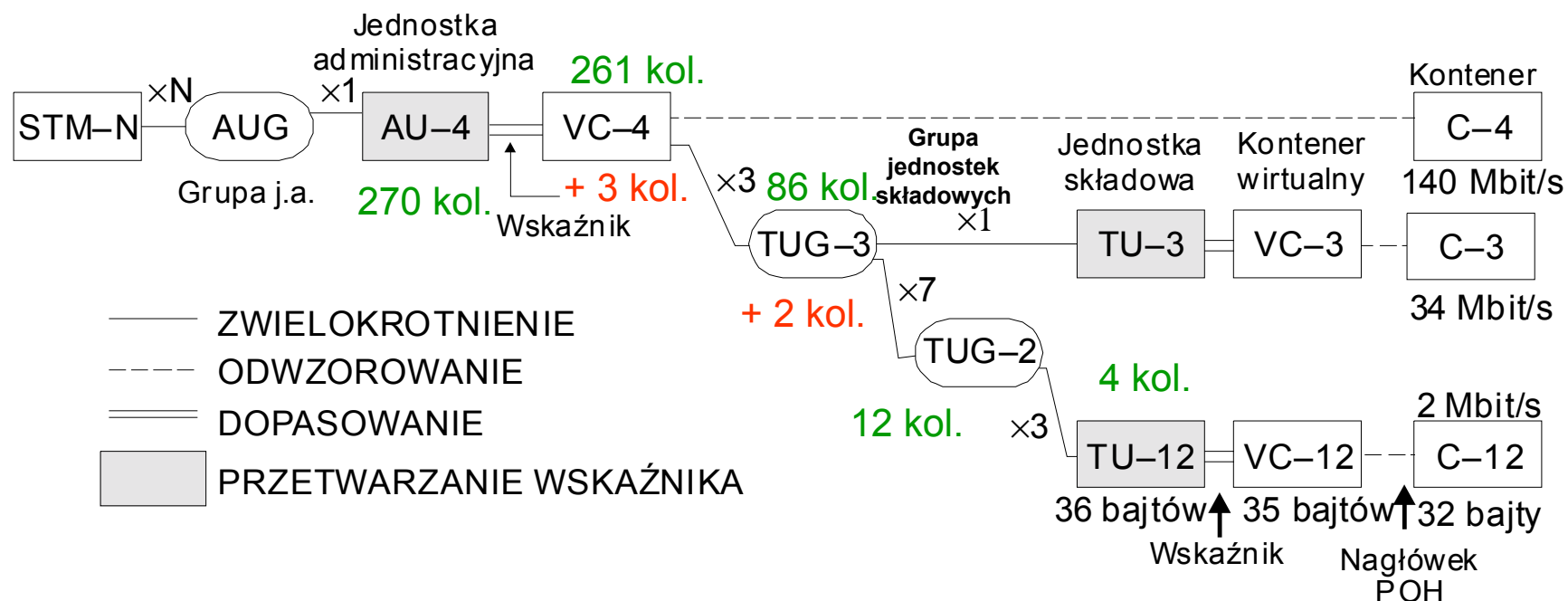
Podstawowe pojęcia i określenia dotyczące systemów SDH (4)

- ◆ **Wskaźnik** - adres pierwszego bajtu kontenera wirtualnego, bajty dopełnienia, bajty sterowania procesem dopasowania;
- ◆ Zwielokrotnienie, Łączenie;
- ◆ **Nagłówek sekcji**- pole informacyjne w module transportowym, dotyczące zarządzania, utrzymania zwielokrotnienia i regeneracji- **SOH**;
- ◆ **Nagłówek ścieżki**- informacje dot. zarządzania i utrzymania ścieżki wyższego lub niższego rzędu- **POH**

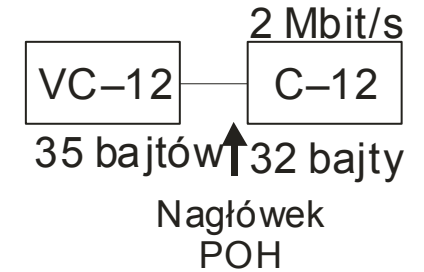
Struktura zwielokrotnienia SDH - ITU



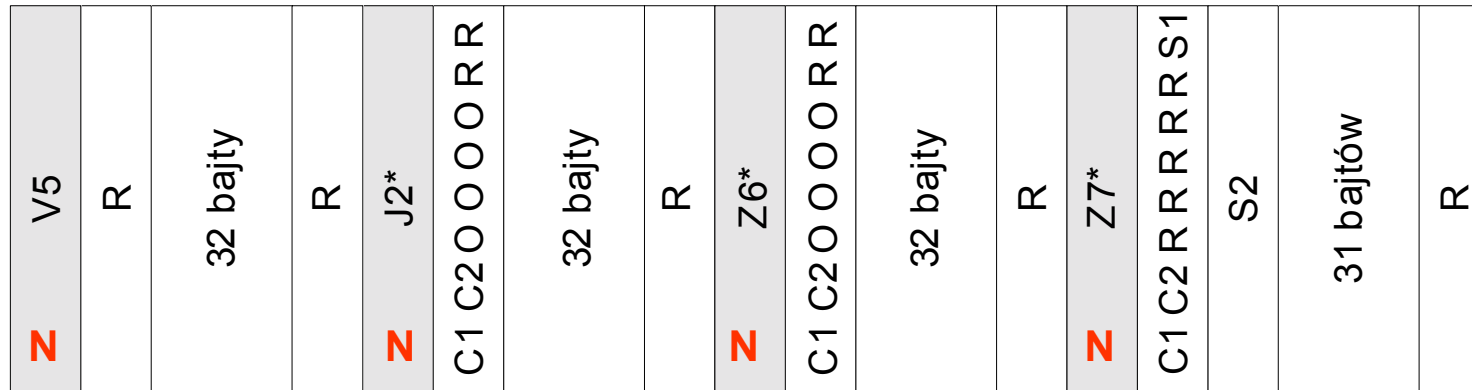
Struktura zwielokrotnienia SDH - ITU (przyjęta w Polsce)



Procedury odwzorowania VC-12 - tryb asynchroniczny



VC-12



140 bajtów = 500 μs

4 ramki 2048

O – bity nadmiarowe

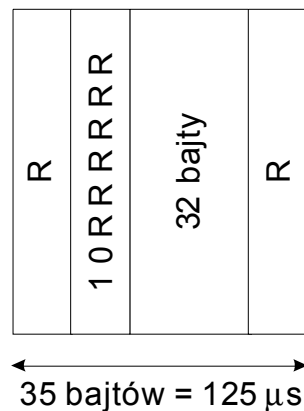
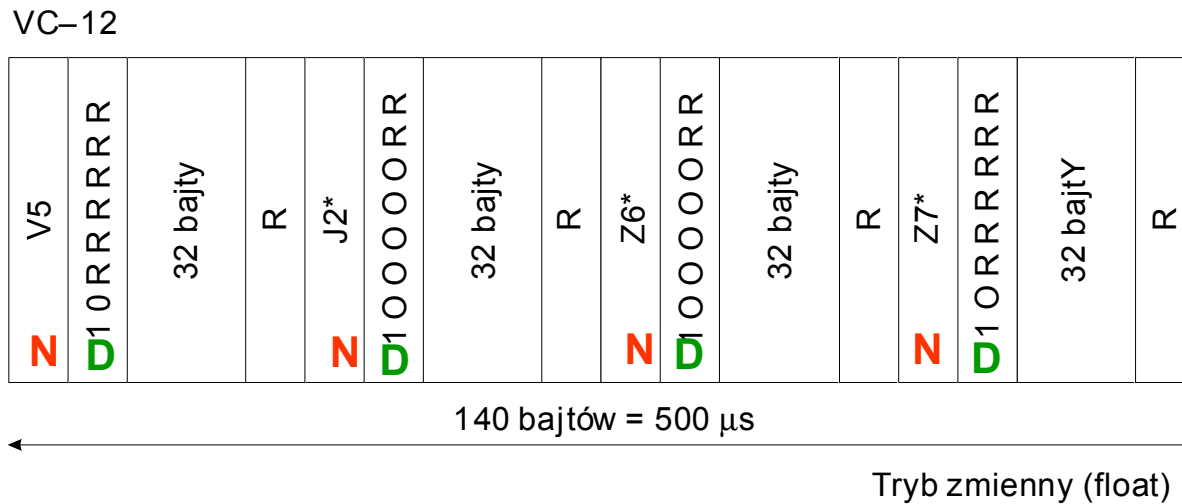
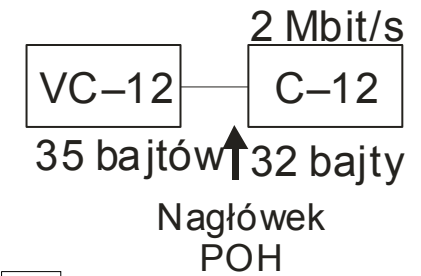
R – stałe dopełnienie

S – bity dopełnienia

J2, Z6, Z7 – położenie tymczasowe

C – sterowanie dopełnieniem +
|

Procedury odwzorowania VC-12 - tryb bitowy



Tryb stały (lock)

O – bity nadmiarowe
R – stałe dopełnienie

Położenie VC-12 ustalone
brak nagłówka

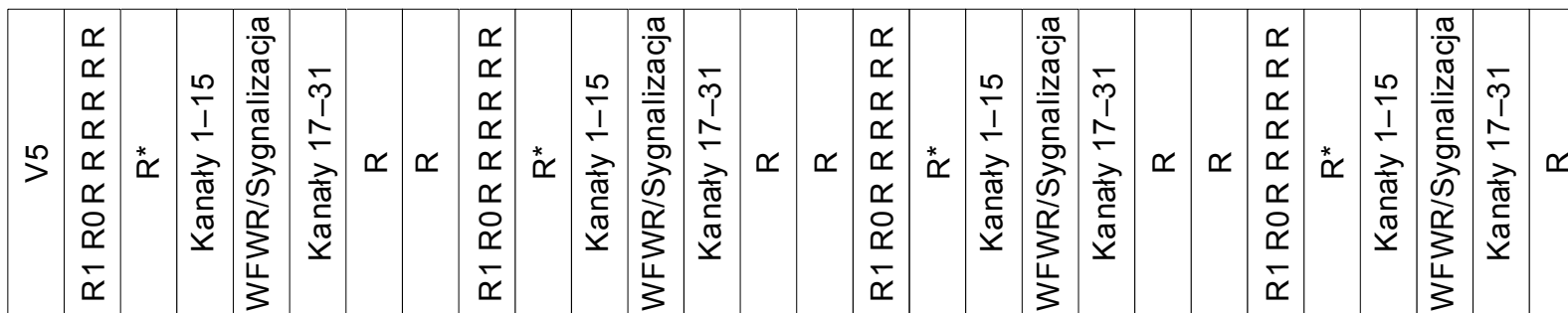
D – stałe dopełnienie

Położenie VC-12 względem kontenera
wyższego rzędu może się zmieniać

Procedury odwzorowania VC-12 - tryb synchroniczny, bajtowy CAS

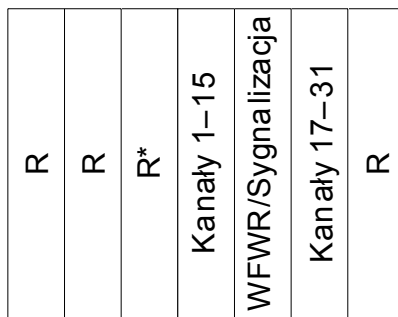
VC-12

(skojarzony kanał sygnalizacyjny)



140 bajtów = 500 μs

Tryb zmienny (float)



Tryb stały (lock)

35 bajtów = 125 μs

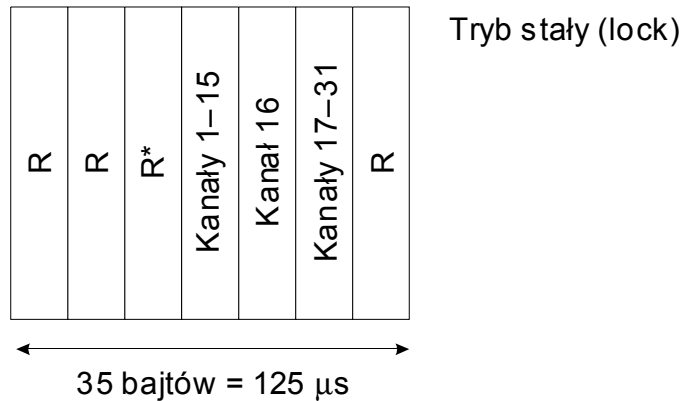
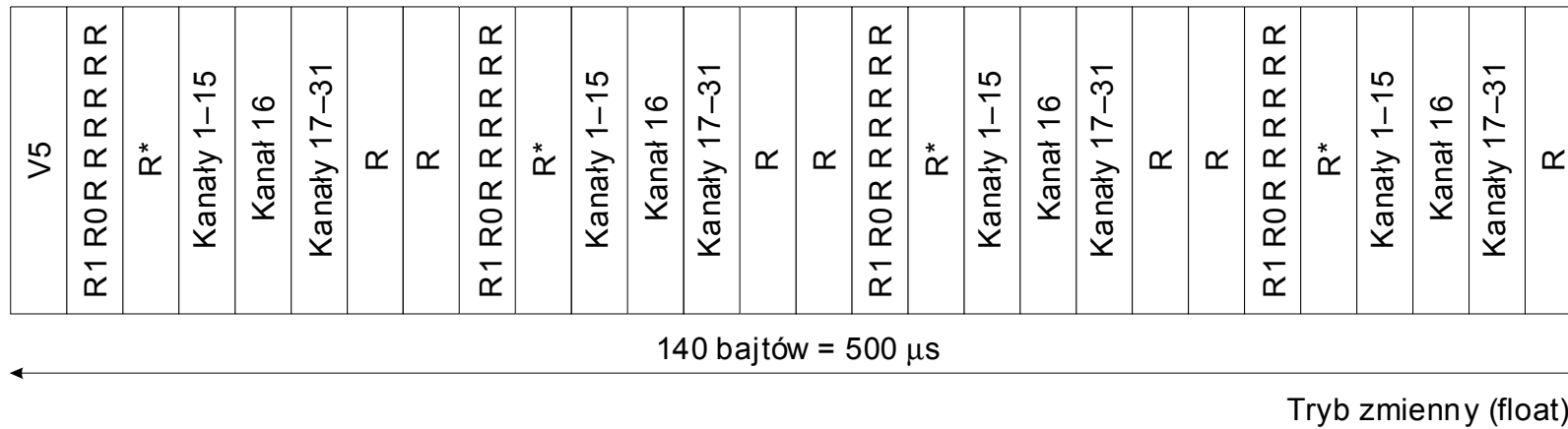
R* – stałe dopełnienie lub szczelina nr 0

WFWR – wzór fazowania wieloramki

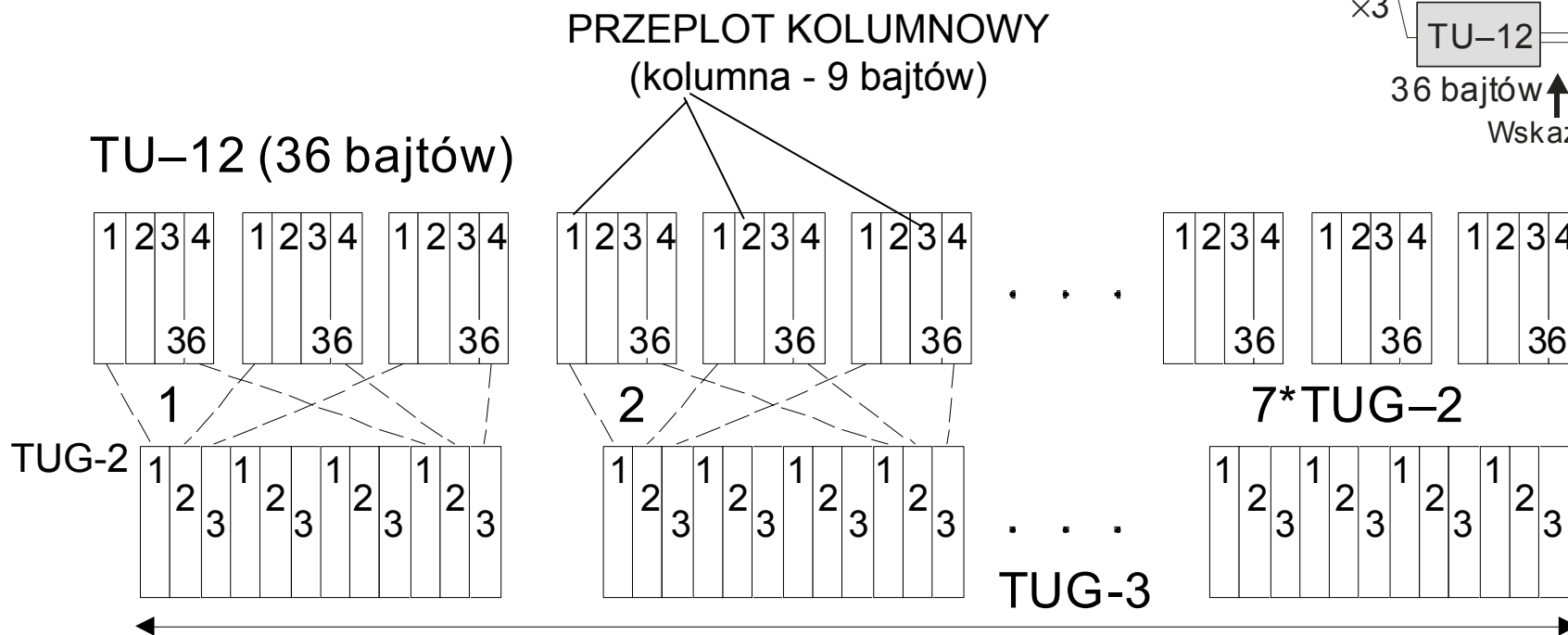
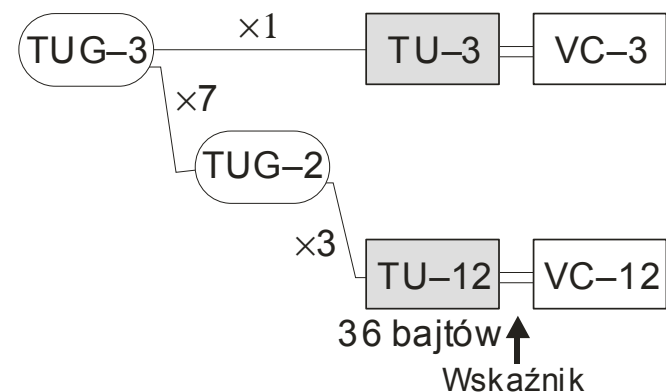
Procedury odwzorowania VC-12 - tryb synchroniczny, bajtowy CSS

(wspólny kanał sygnalizacyjny)

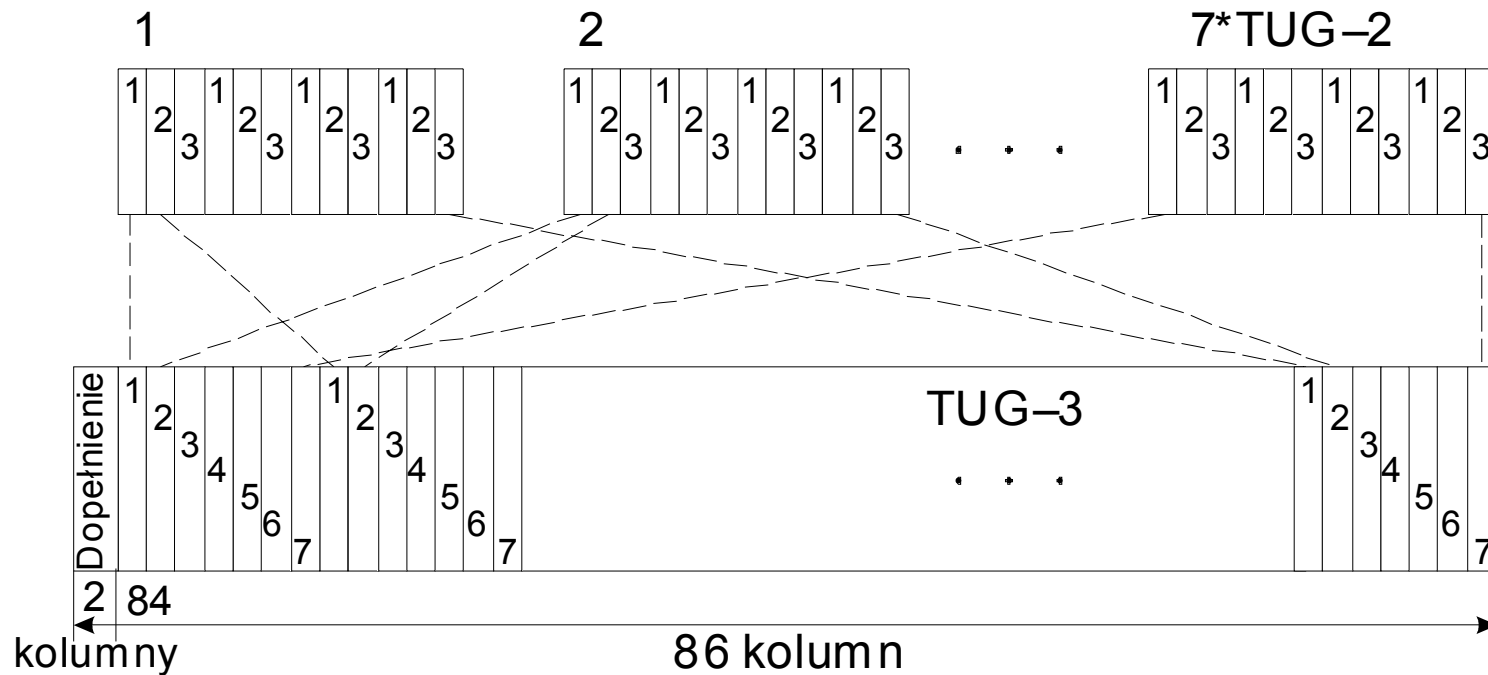
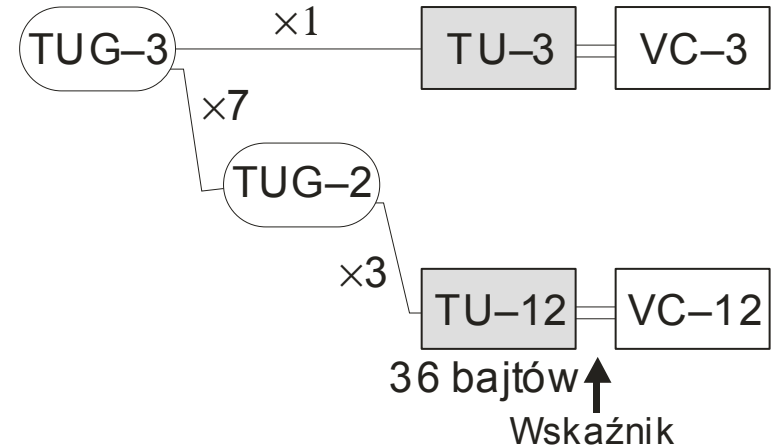
VC-12



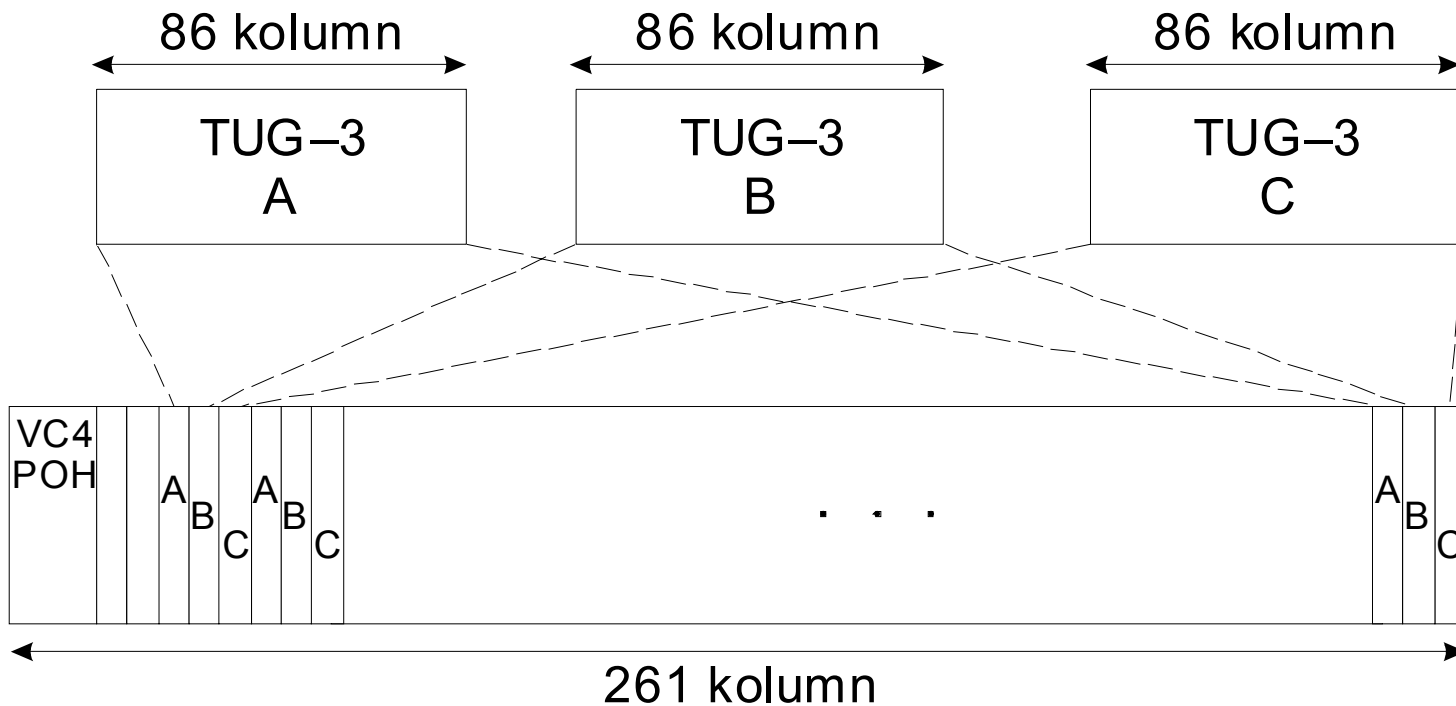
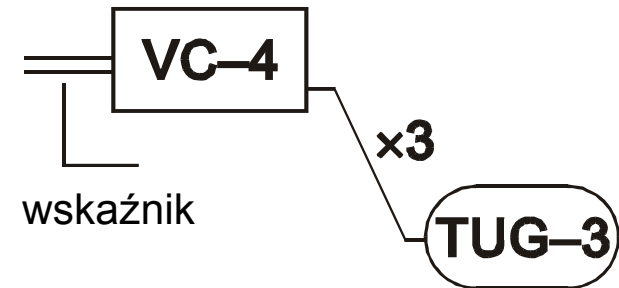
Procedury zwielokrotnienia TU-12 \Rightarrow TUG-2



Procedury zwielokrotnienia TU-2 \Rightarrow TUG-3

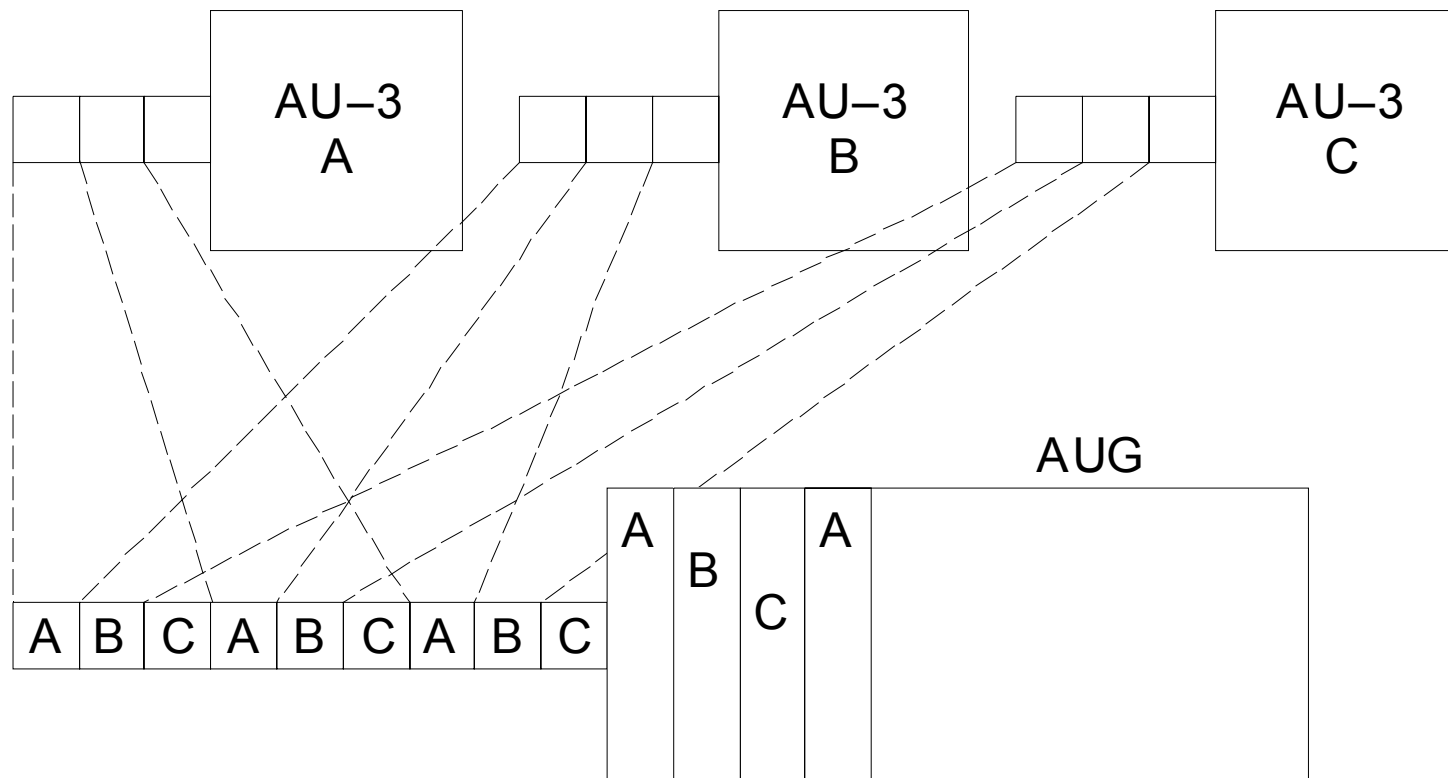


Procedury zwielokrotnienia TUG-3 \Rightarrow VC-4

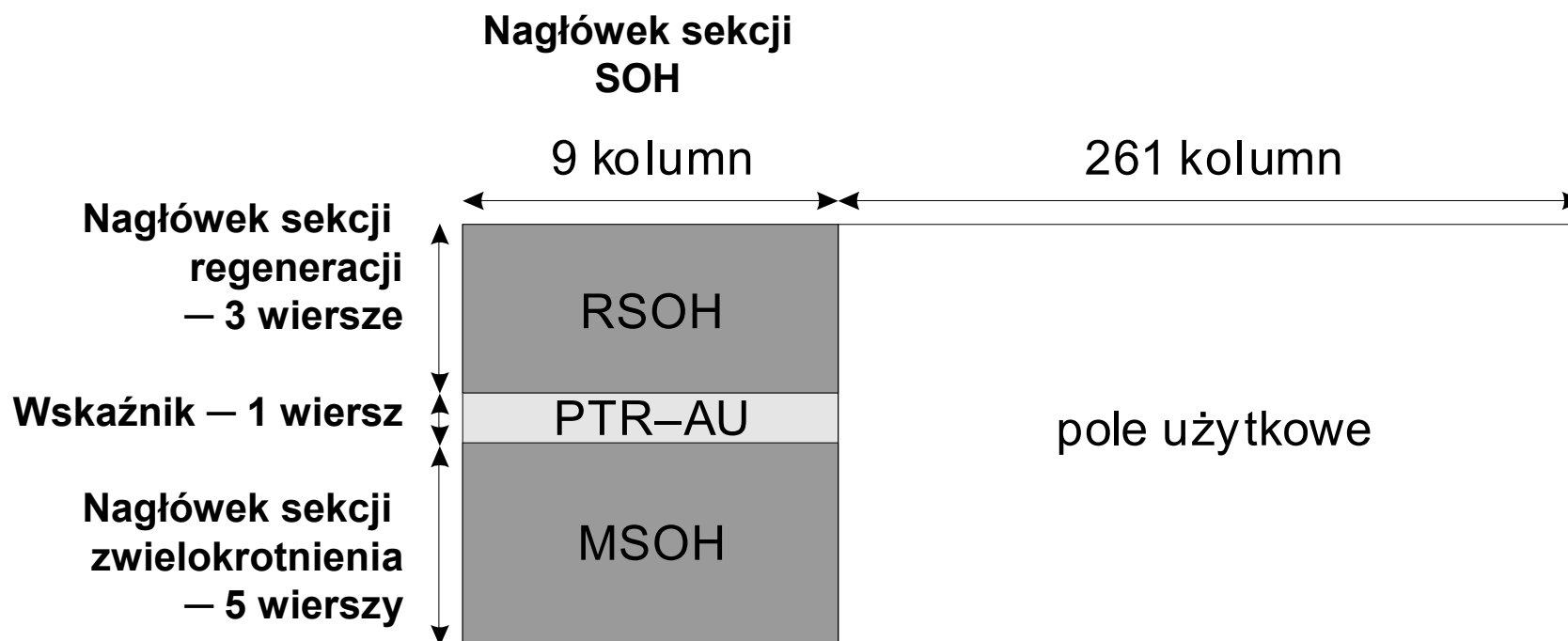


Tworzenie grup

AU-3 \Rightarrow AUG (dla VC-3)



Struktura STM-1



$9w \times 270 k = 2430 \text{ bajtów} = 19\,440 \text{ bitów}$ w czasie $125 \mu\text{s}$

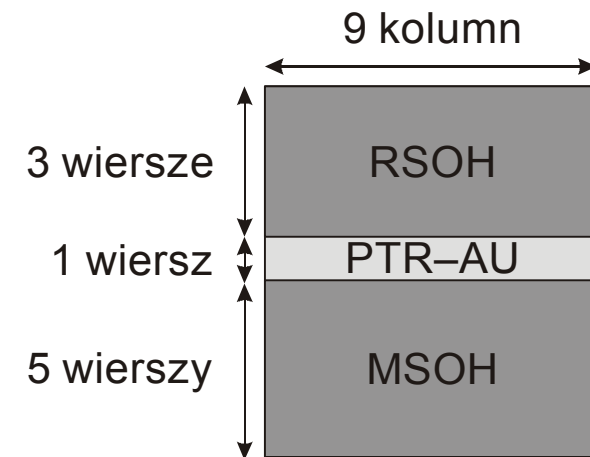
155 520 kbit/s

Nagłówek sekcji SOH

9kolumn x 9 bajtów = 81 bajtów

- informacje niezbędne do odzyskania pierwotnej postaci sygnału w elemencie odbiorczym
- informacje monitorowania jakości transmisji
- informacje i sygnały operatora
- informacje utrzymania ciągłości transmisji
- informacje i sygnały systemu zarządzania i nadzoru oraz synchronizacji
- Informacje o położeniu sygnałów niższego rzędu

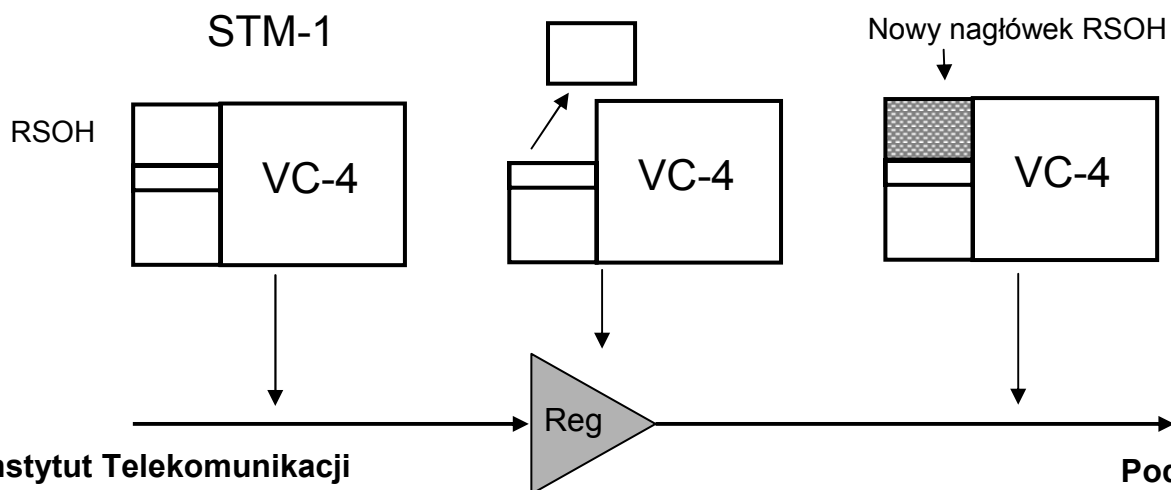
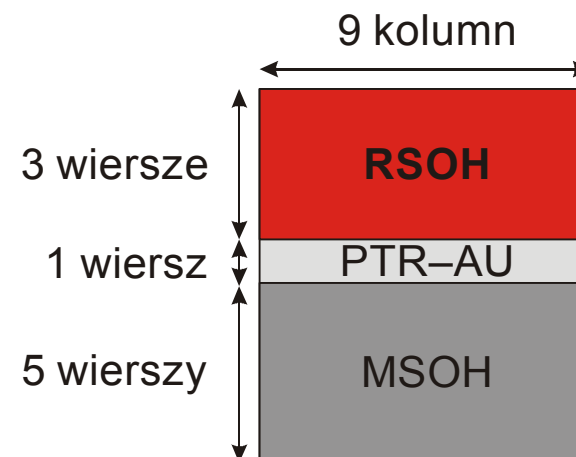
- PTR-AU - wskaźnik



Nagłówek sekcji regeneracji RSOH

- Fazowanie ramki
- Identyfikator dostępu do nagłówka sekcji regeneracji
- Kanały transmisyjne operatora
- Rodzaj medium transmisyjnego
- Łączność służbowa
- Kanał użytkownika (64 kbit/s) – cele utrzymaniowe
- Kanał transmisji danych – sieć zarządzania

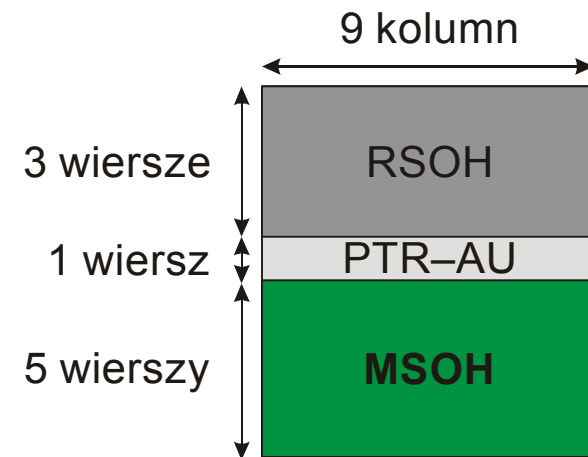
27 bajtów



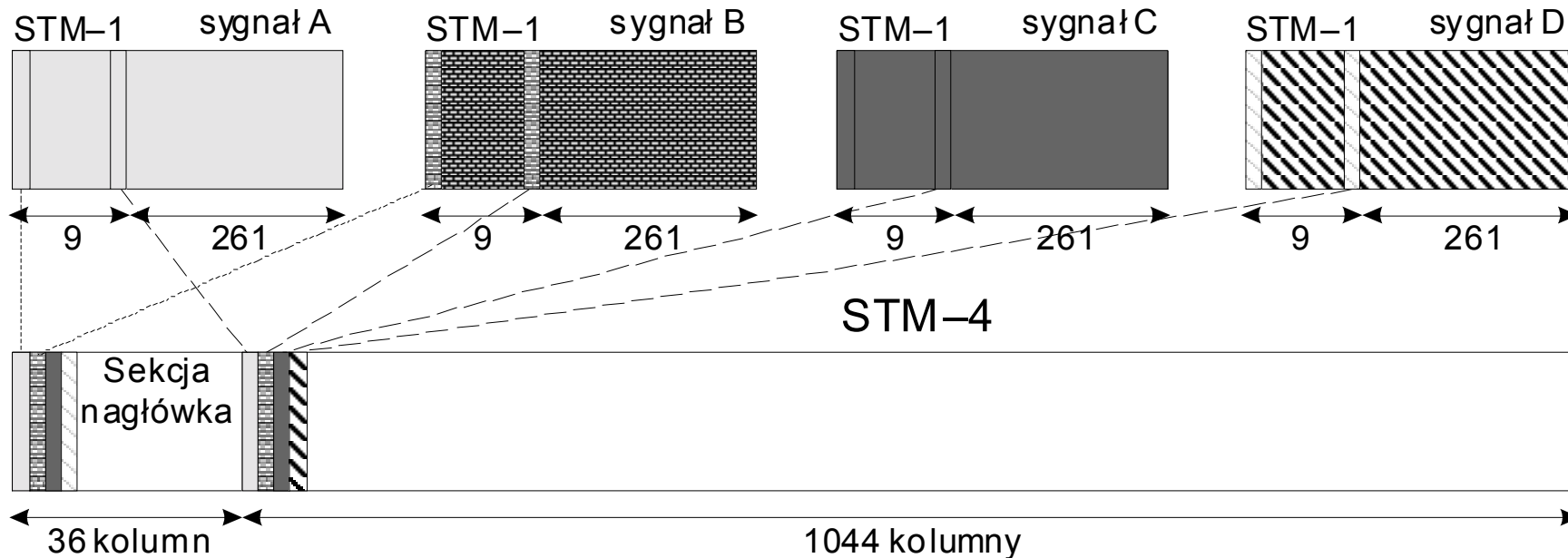
Nagłówek sekcji zwielokrotnienia MSOH

45 bajtów

- Wykrywanie błędów transmisji
- Automatyczne przełączanie na rezerwę
- Kanał transmisji danych – sieć zarządzania
- Informacje o jakości zegara synchronizującego
- Informacja o błędach blokowych
- Łączność służbowa



Tworzenie modułu transportowego STM-4



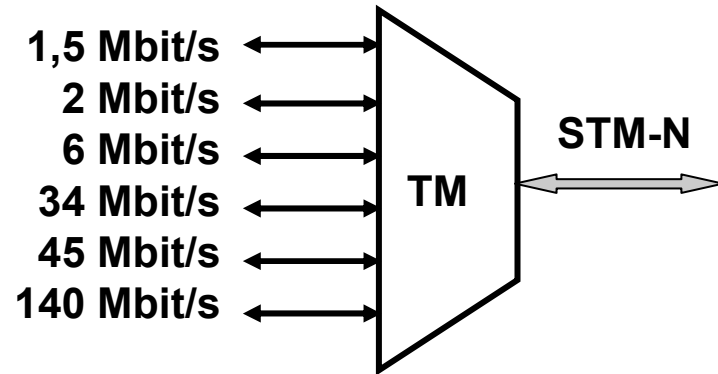
Objętości modułów transportowych SDH

	STM-1		STM-4		STM-16	
	bajty	bity	bajty	bity	bajty	bity
RSOH	27	216	108	864	432	3456
MSOH	45	360	180	1440	720	5760
Wskaźnik	9	72	36	288	144	1152
Pole użytkowe	2349	18792	9396	75168	37584	300672
Razem	2430	19440	9720	77760	38880	311040

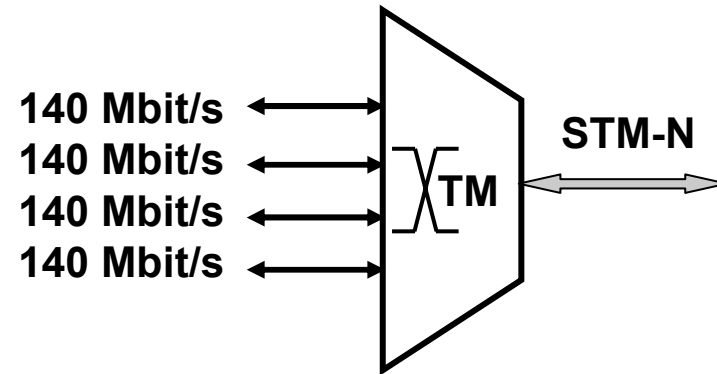
Urządzenia SDH

- ◆ Krotnice
- ◆ regeneratory
- ◆ przełącznice cyfrowe
- ◆ krotnice transferowe ADM (*Add Drop Multiplexer*)

Multiplekser końcowy TM

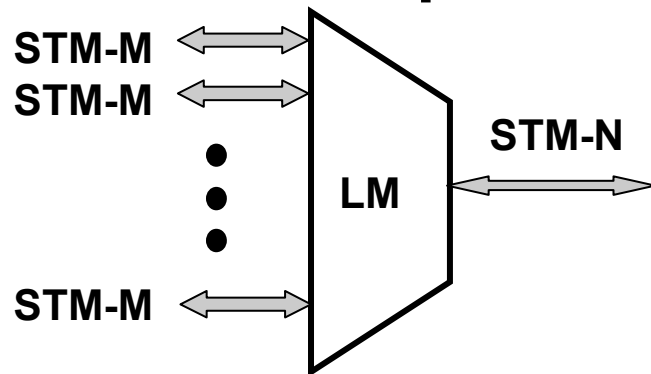


Bez możliwości przełączania

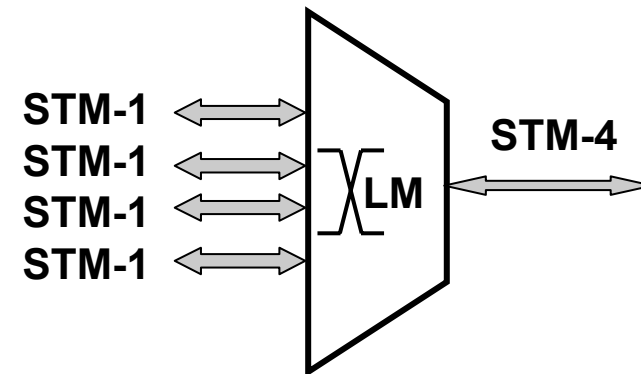


Z możliwością przełączania

Multiplekser liniowy LM

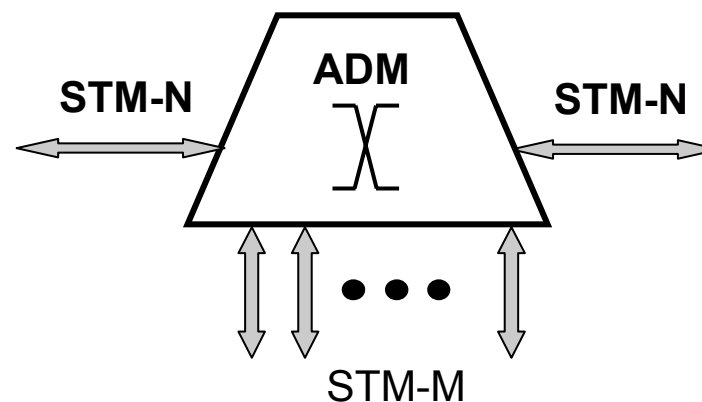
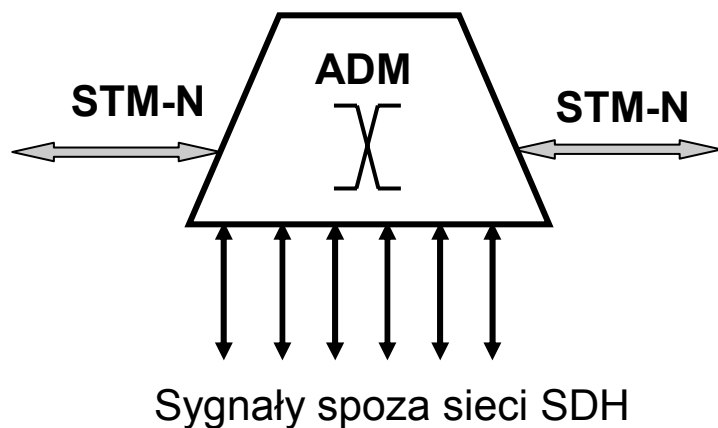


Bez możliwości przełączania

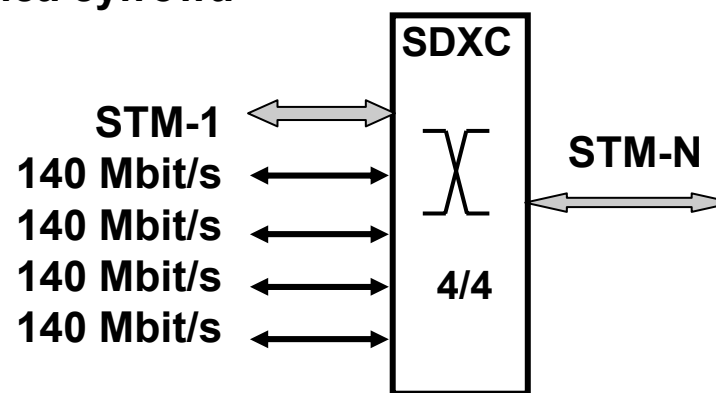
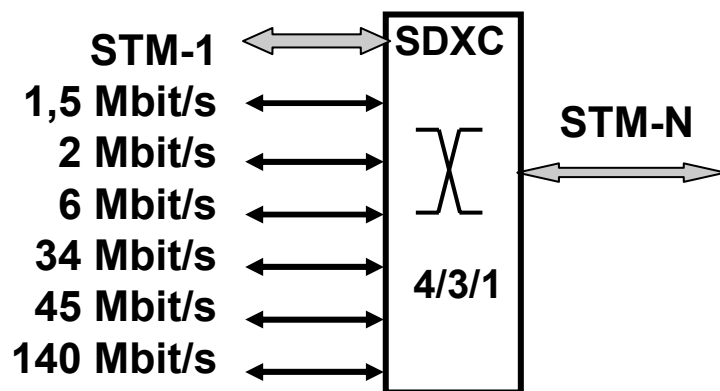


Z możliwością przełączania

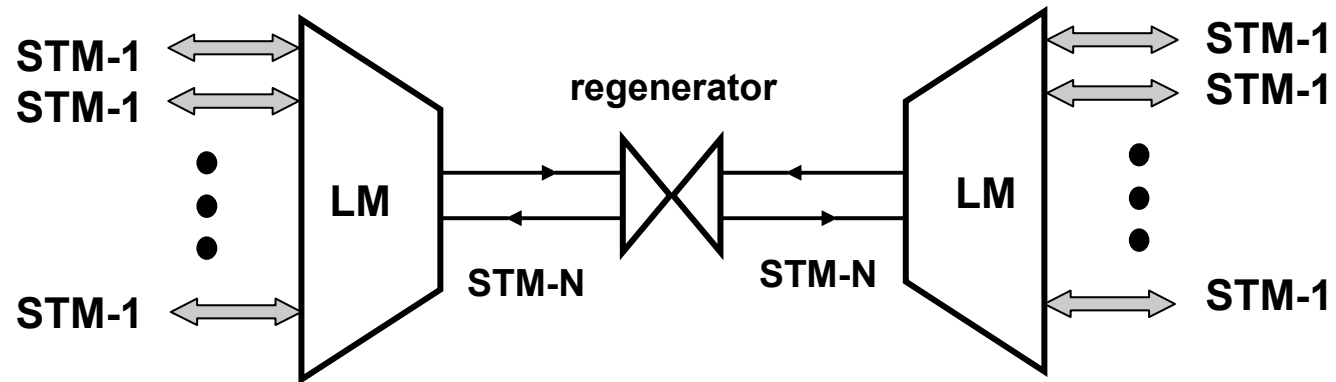
Dwa rodzaje krotnic transferowych ADM (*Add Drop Multiplexer*)



Synchroniczna przełącznica cyfrowa

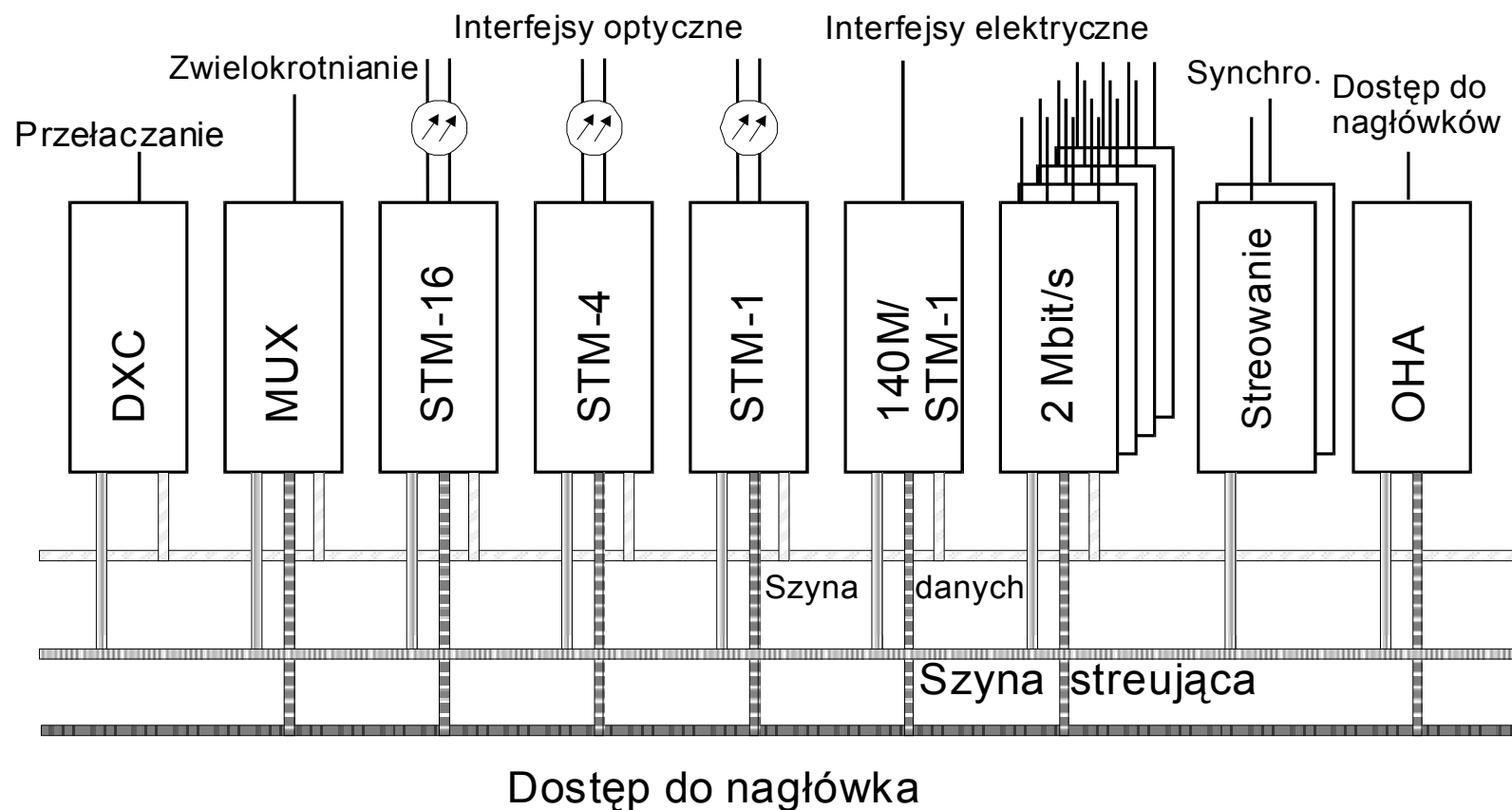


Połączenie typu punkt-punkt



Urządzenia SDH

- typowa konstrukcja modułowa



Urządzenia dla sieci SDH

- ◆ Urządzenia współpracy systemów transmisyjnych PDH z modułem transportowym STM 1 (ISM 2000, OLC 2000)
- ◆ Urządzenia transmisyjne pracujące na poziomach STM 1, STM 4 i STM 16 (SLM- 2000)
- ◆ programowane przełącznice kanałów cyfrowych i kontenerów typu DACS V, DACS VI oraz scentralizowany system nadzoru DACScan

Urządzenia dla sieci SDH

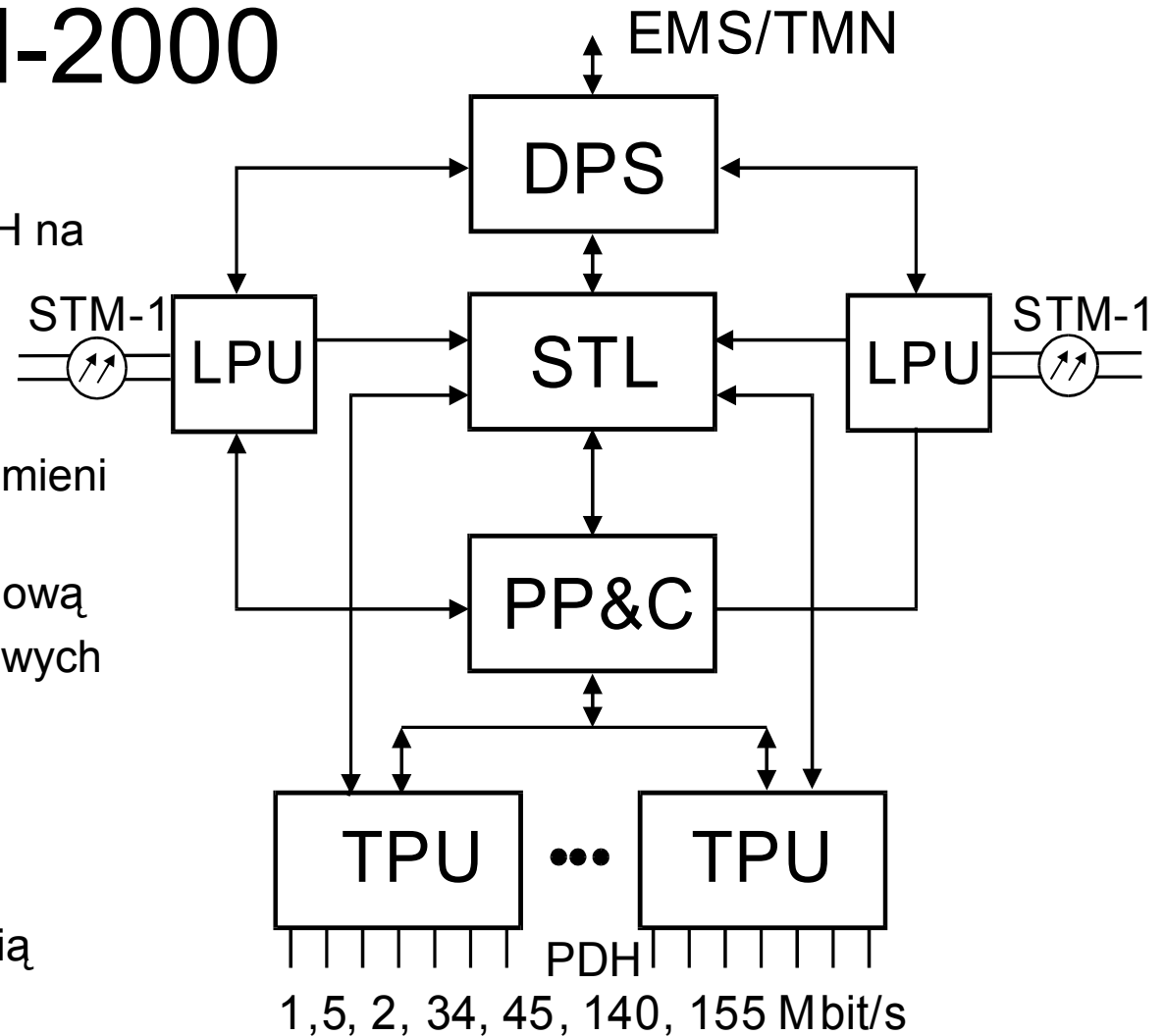
System	PDH				SDH		
Moduł transporowy					STM-1	STM-4	STM-16
Przepływność [Mbit/s]	0,064	2	34 (45)	140	155	622	2500
OLS-2000	WE	WE	WE		WY		
ISM-2000		WE	WE		WY		
DR-2000				WE	WE/WY		
SLM-2000-4				WE	WE	WY	
SLM-2000-16				WE	WE	WE	WY
DACS VI-2000		X	X	X	X	X	
DACS V-2000				X	X	X	X

Struktura ISM-2000

- ◆ Przekształcanie strumieni PDH na sygnał modułu SDH - STM-1

Możliwości:

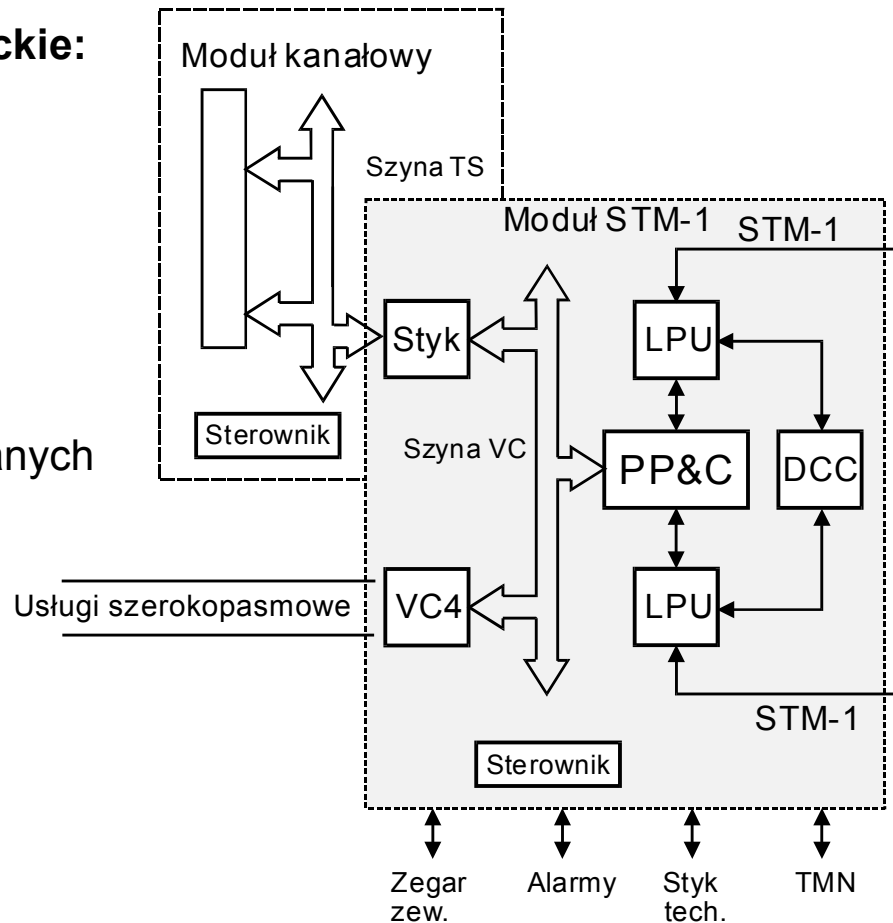
- ◆ Elastyczne tranzytowanie strumieni PDH (*add/drop*)
- ◆ Współpraca z linią światłowodową
- ◆ Fazowanie sygnałów dopływowych
- ◆ Niezawodność (1+1)
- ◆ Współpraca z urządzeniami diagnostycznymi EMS w scentralizowanym systemie utrzymania i zarządzania siecią



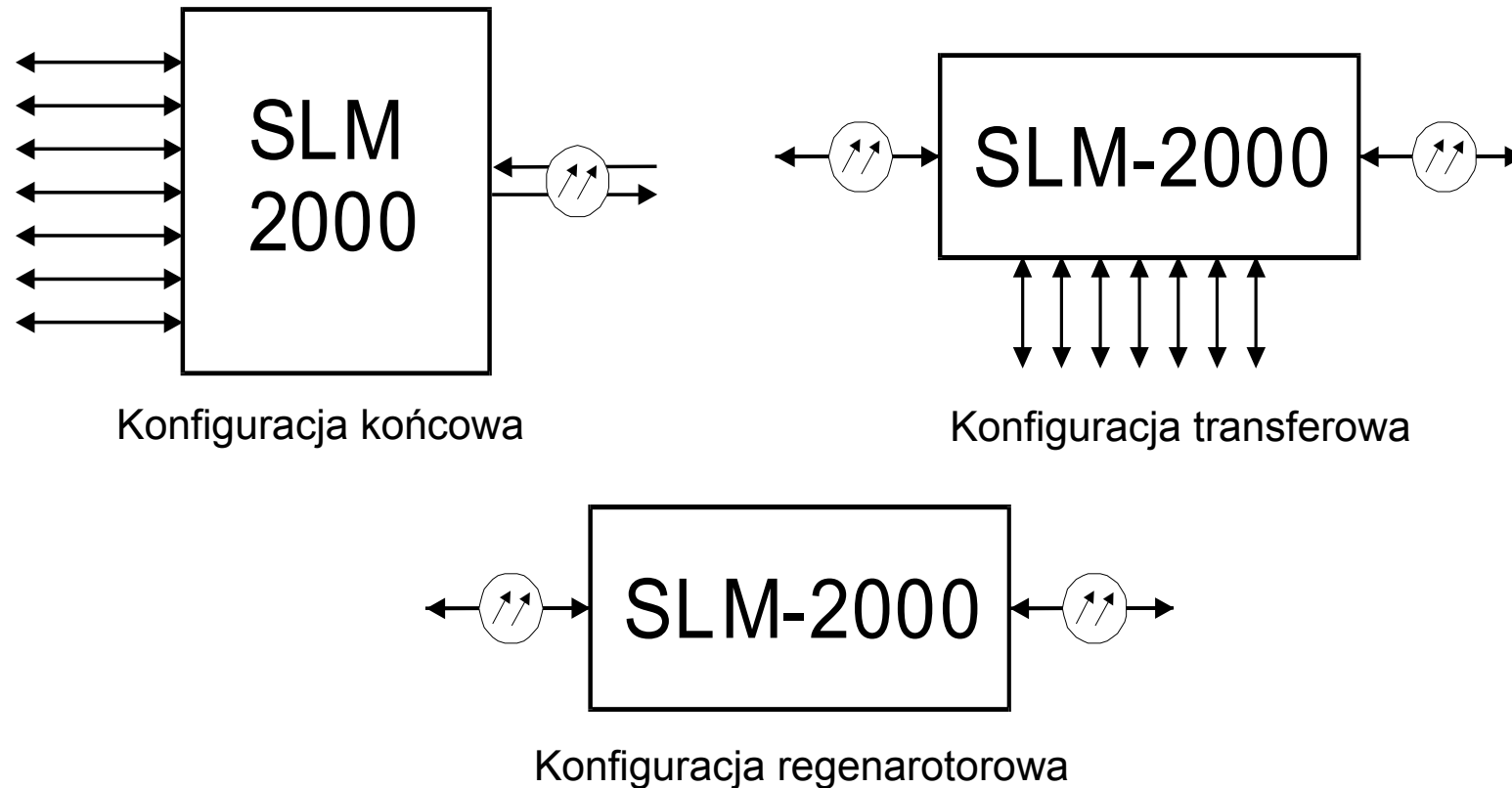
System dostępu abonenckiego OLC-2000

Styki abonenckie:

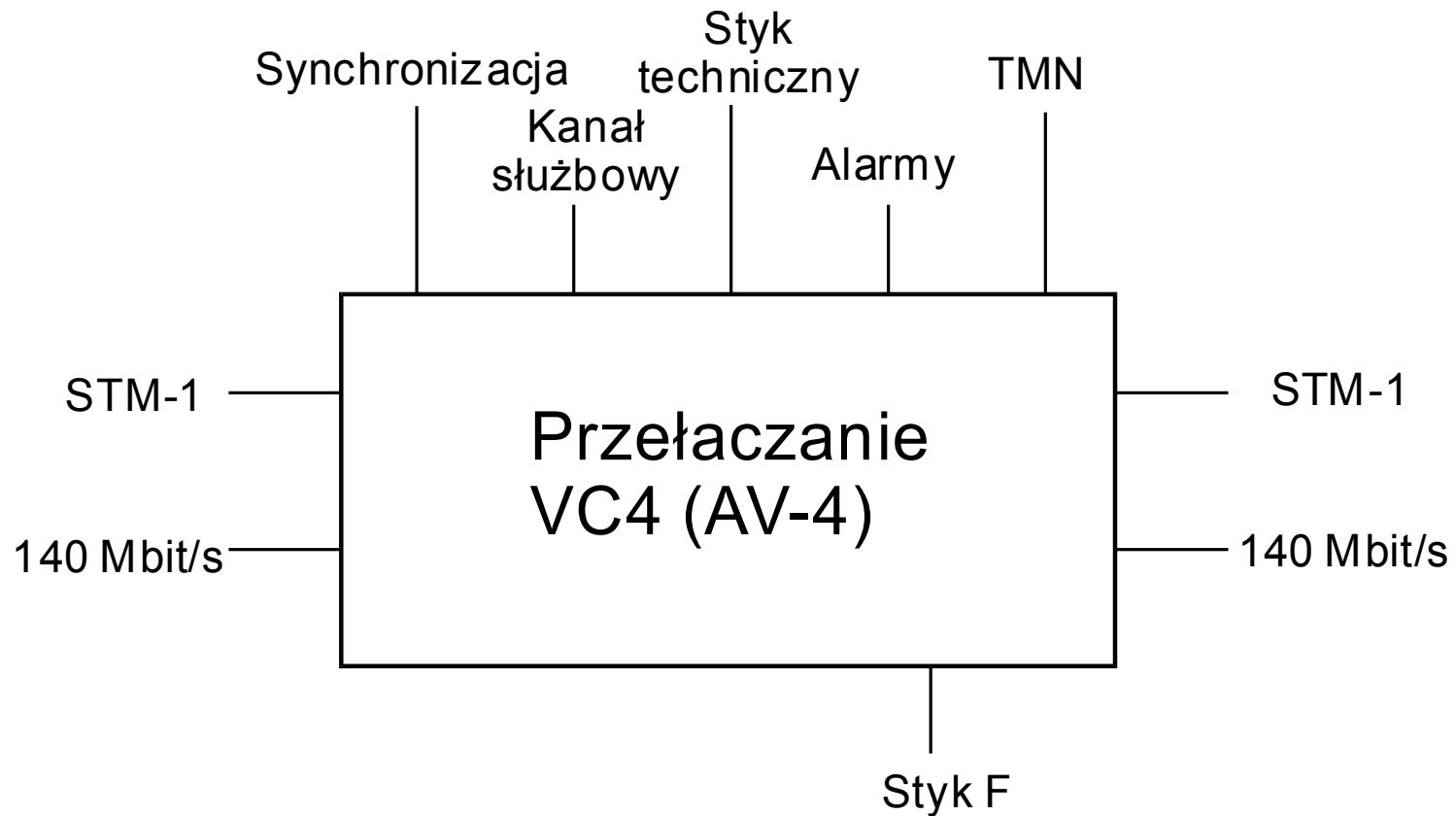
- telefonia
- PABX
- 2 Mbit/s
- 1,5 Mbit/s
- 34 Mbit/s
- 45 Mbit/s
- ISDN
- transmisja danych
- LAN



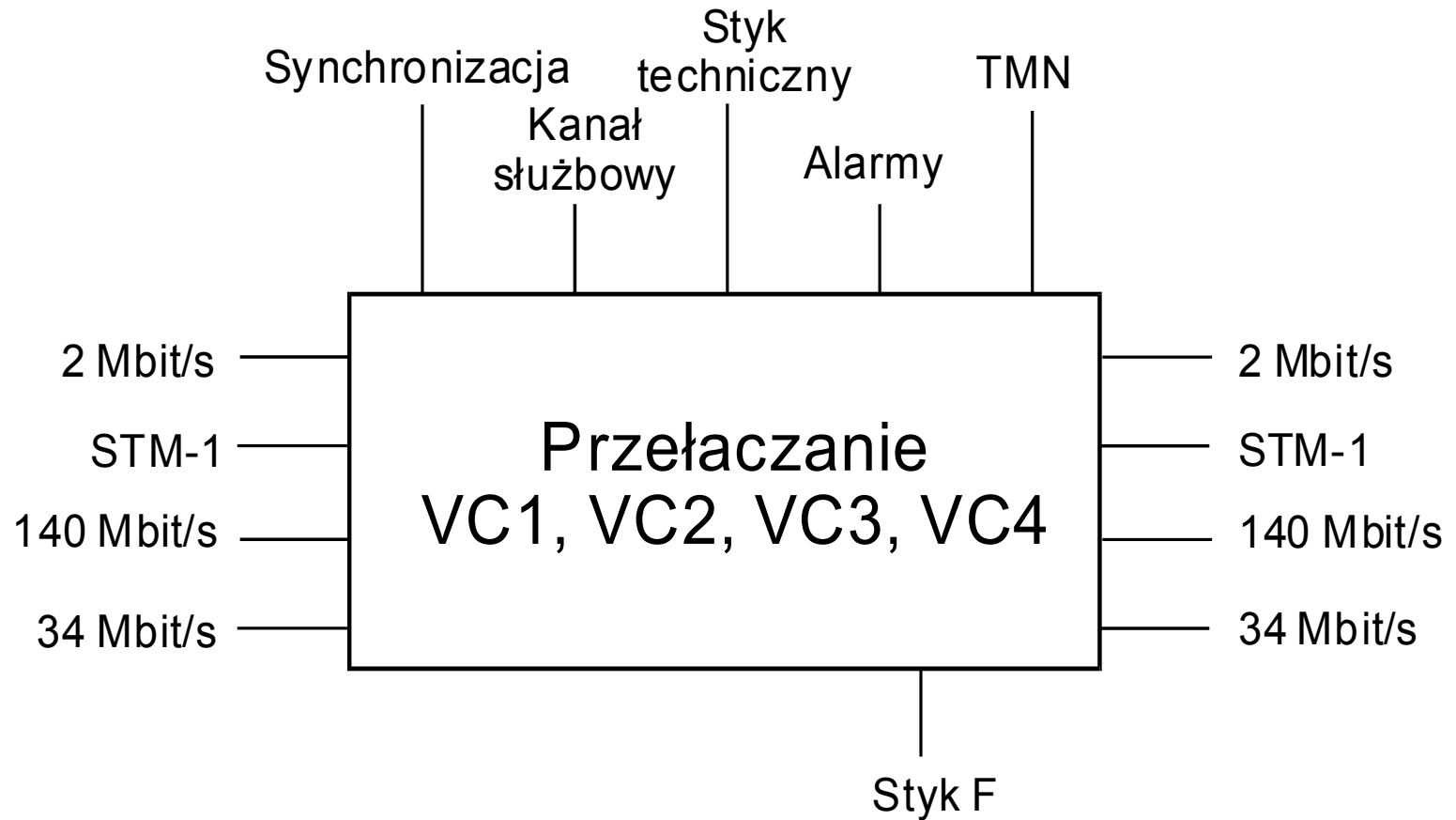
Multiplekser liniowy SLM-2000



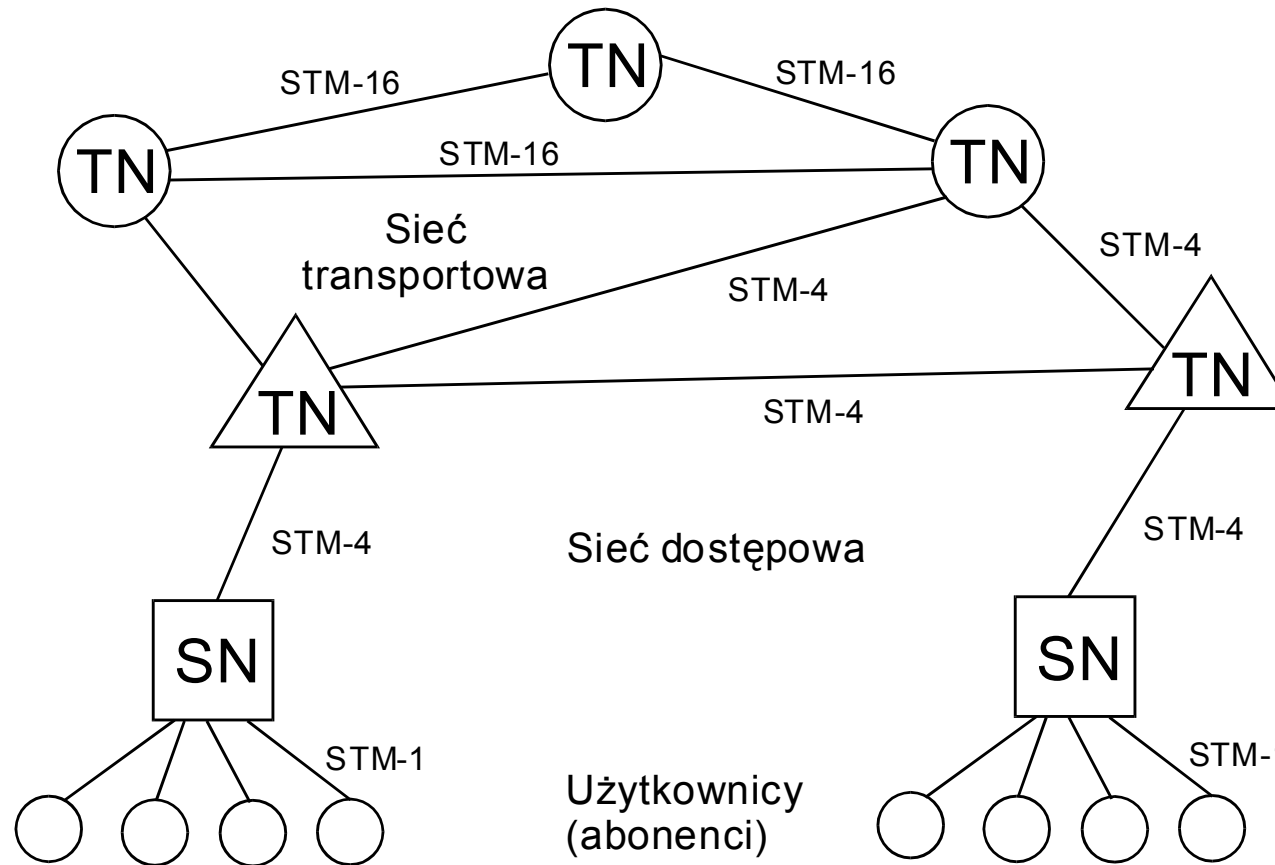
Przełącznica DACS V-2000



Przełącznica DACS VI-2000



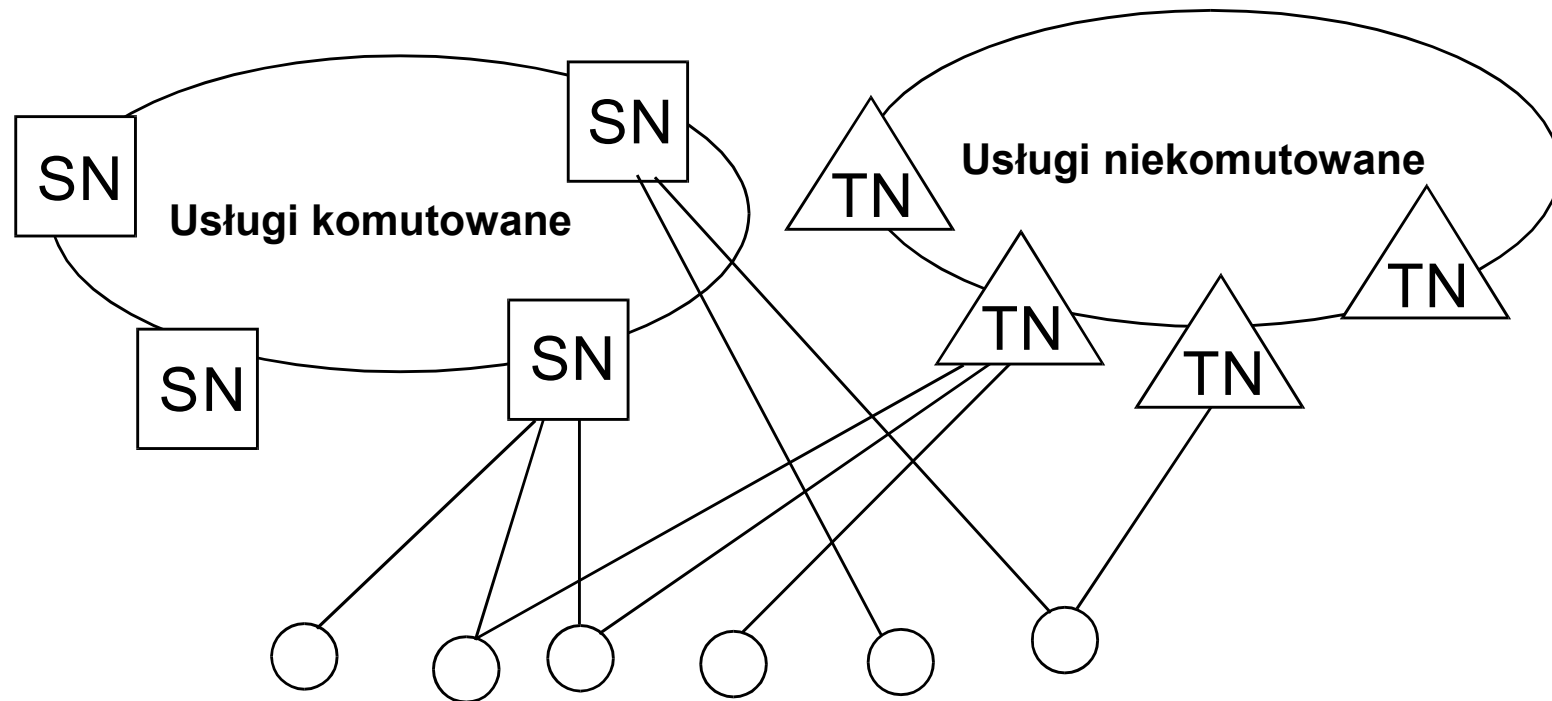
Ewolucja sieci SDH (1)



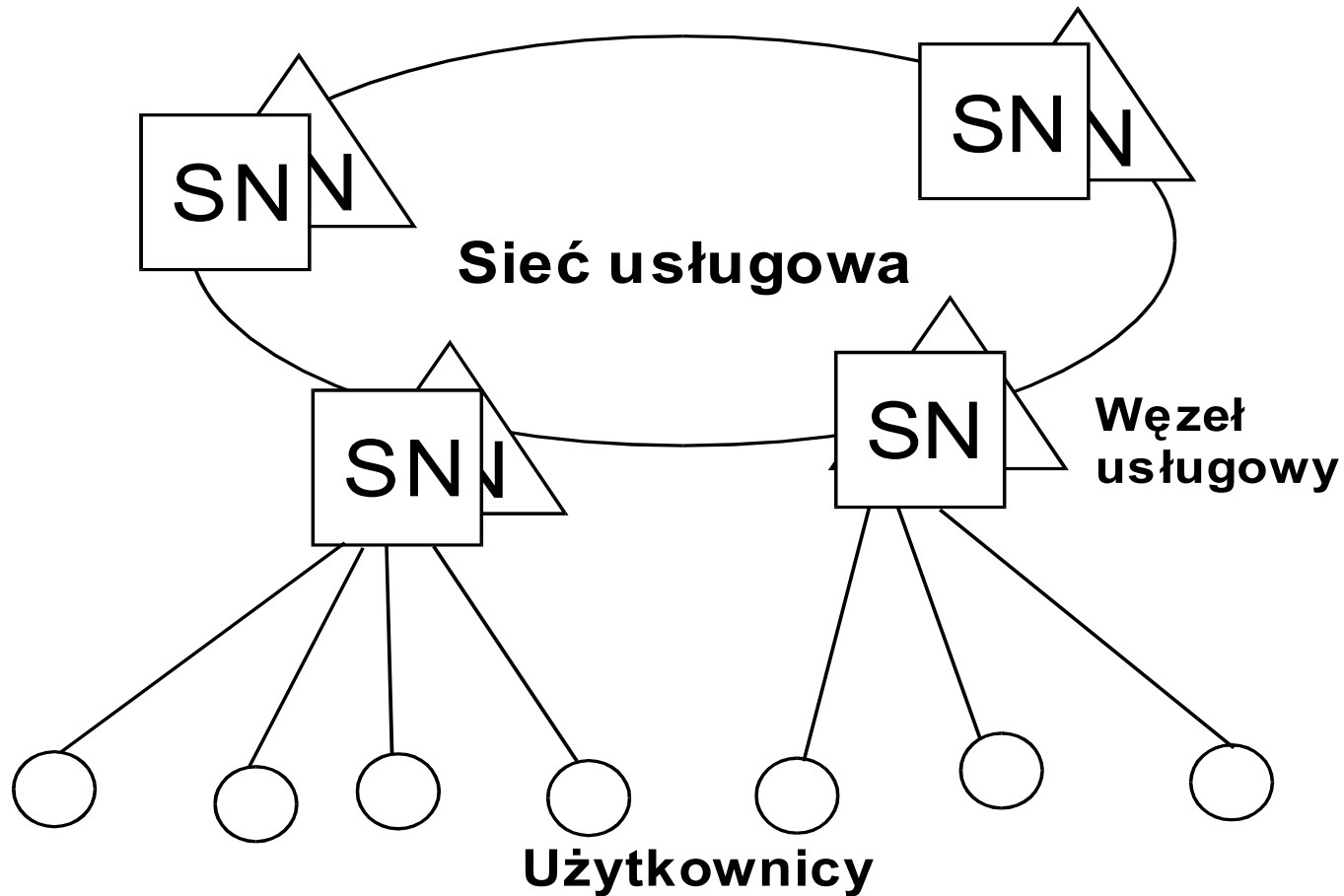
Ewolucja sieci SDH (2)



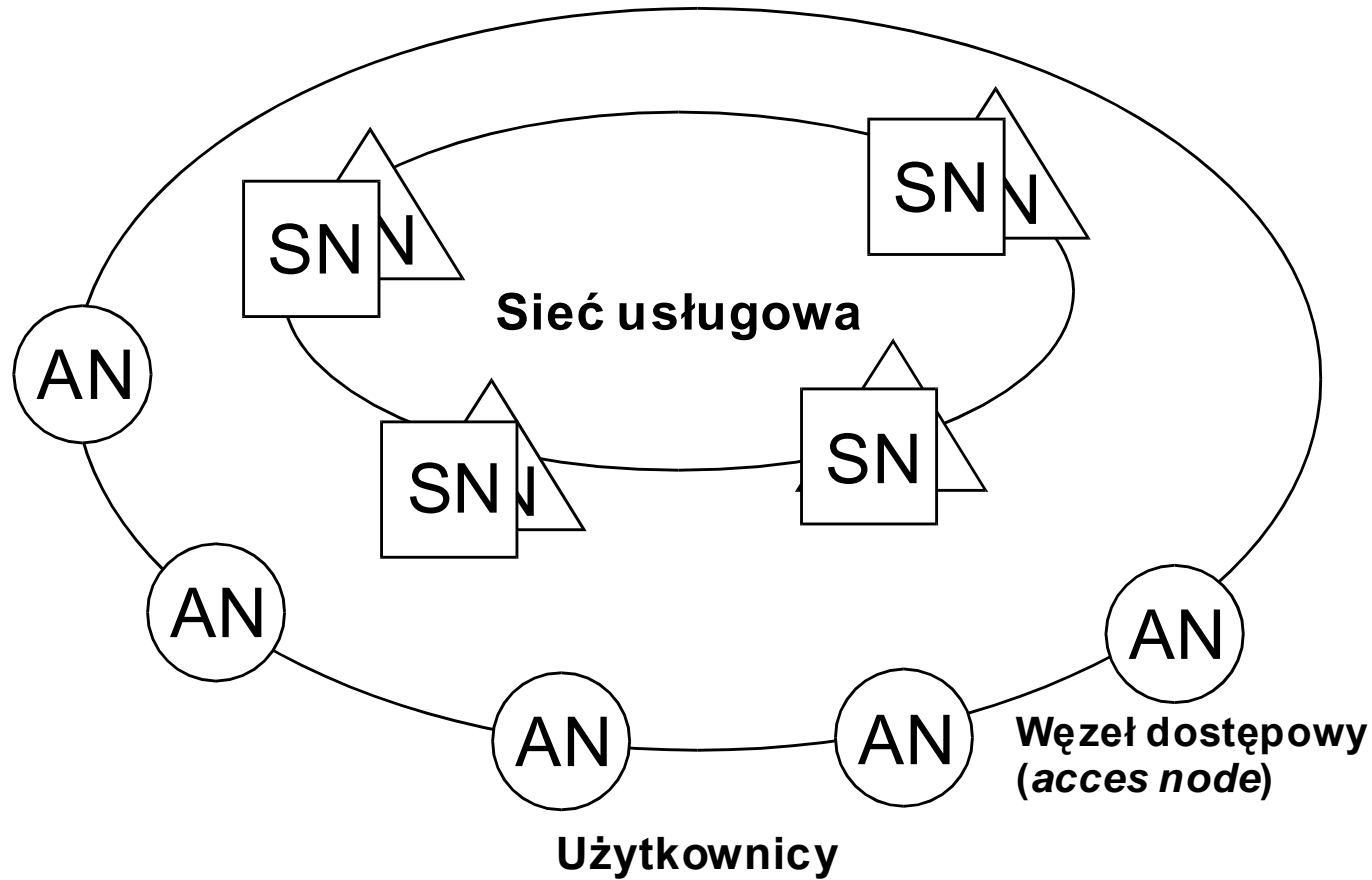
Ewolucja sieci SDH (3)



Ewolucja sieci SDH (4)



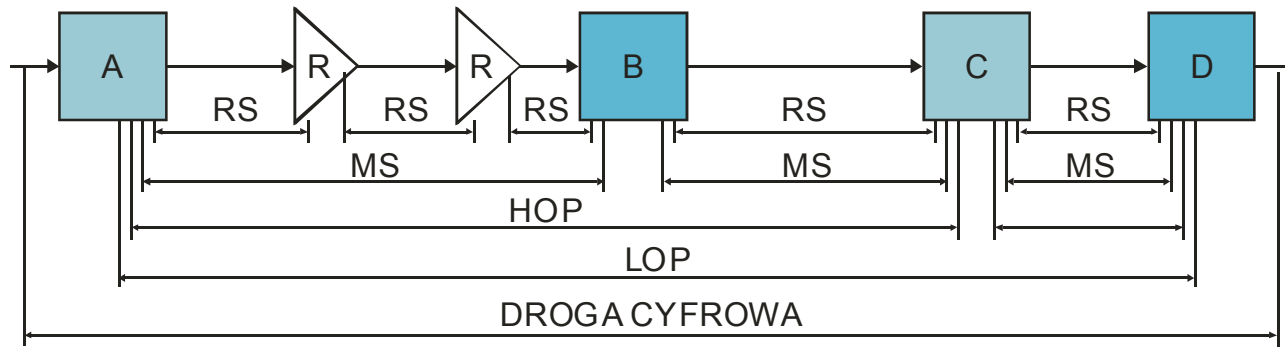
Ewolucja sieci SDH (5)



Sieci transportowe SDH i OTH

OTH - *Optical Transport Hierarchy*

SDH



R- REGENERATORY

MS - SEKCJA MULTIPLEKSACJI

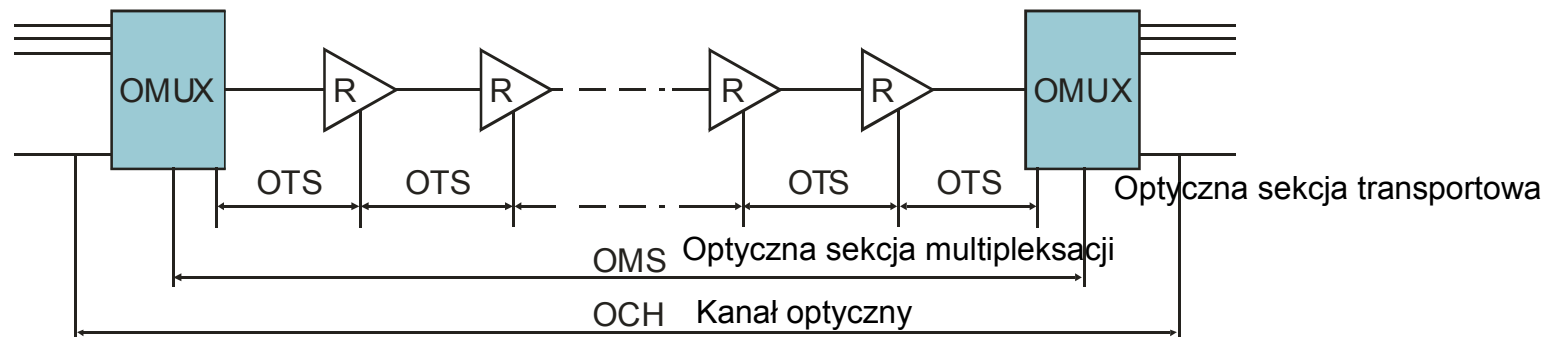
LOP- ŚCIEŻKA NIŻSZE GO RZĘDU

A, B, C, D - KROTNICE LUB PRZEŁĄCZNICIE

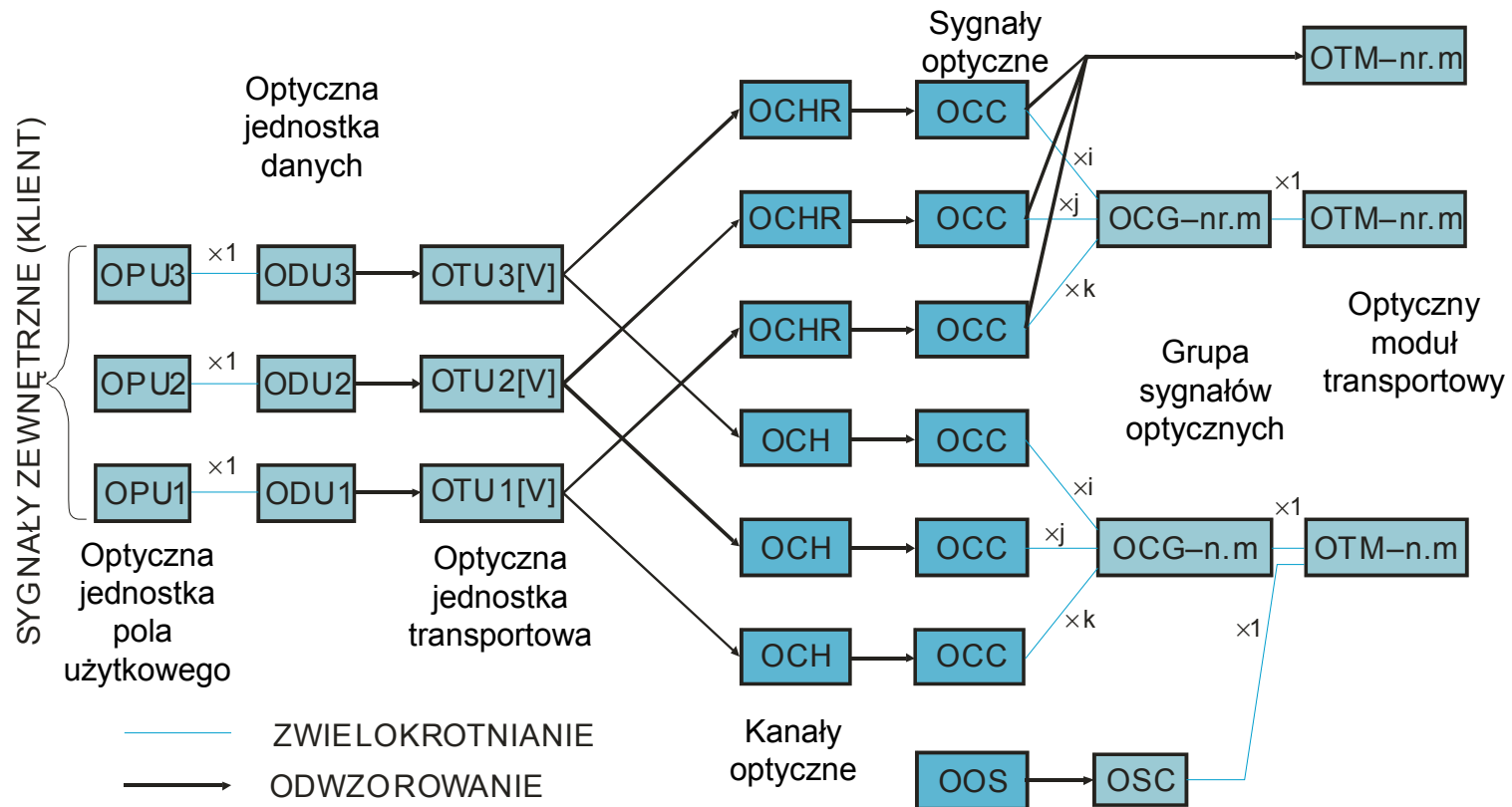
RS - SEKCJA REGENERACJI

HOP - ŚCIEŻKA WYŻSZEGO RZĘDU

OTH



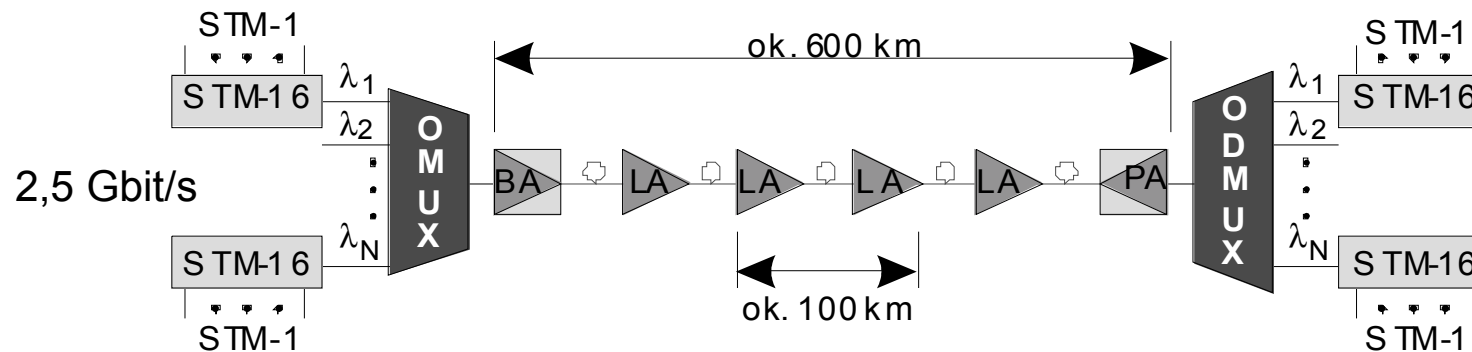
Struktura zwielokrotnienia OTH



Sieci transportowe SDH

WDM - (Wavelength Division Multiplexing)
- zwielokrotnienie z podziałem długości fali optycznej

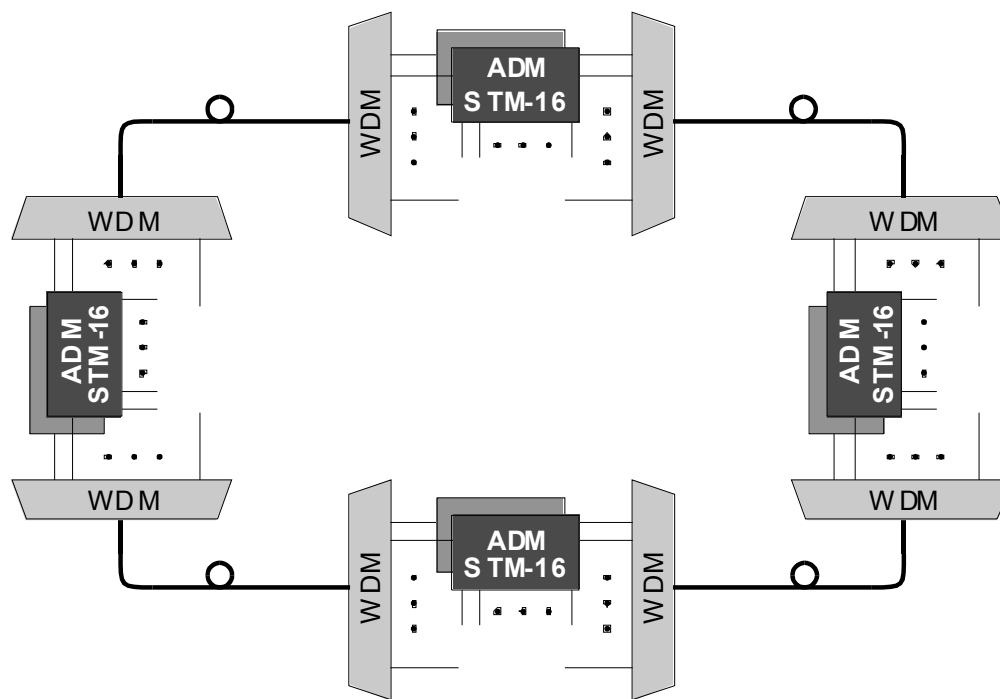
Połączenia punkt-punkt na poziomie STM-16



BA - optyczny wzmacniacz nadawczy, LA - optyczny wzmacniacz liniowy, PA- optyczny wzmacniacz odbiorczy, OMUX/ODMUX - optyczny multiplexer/demultiplexer

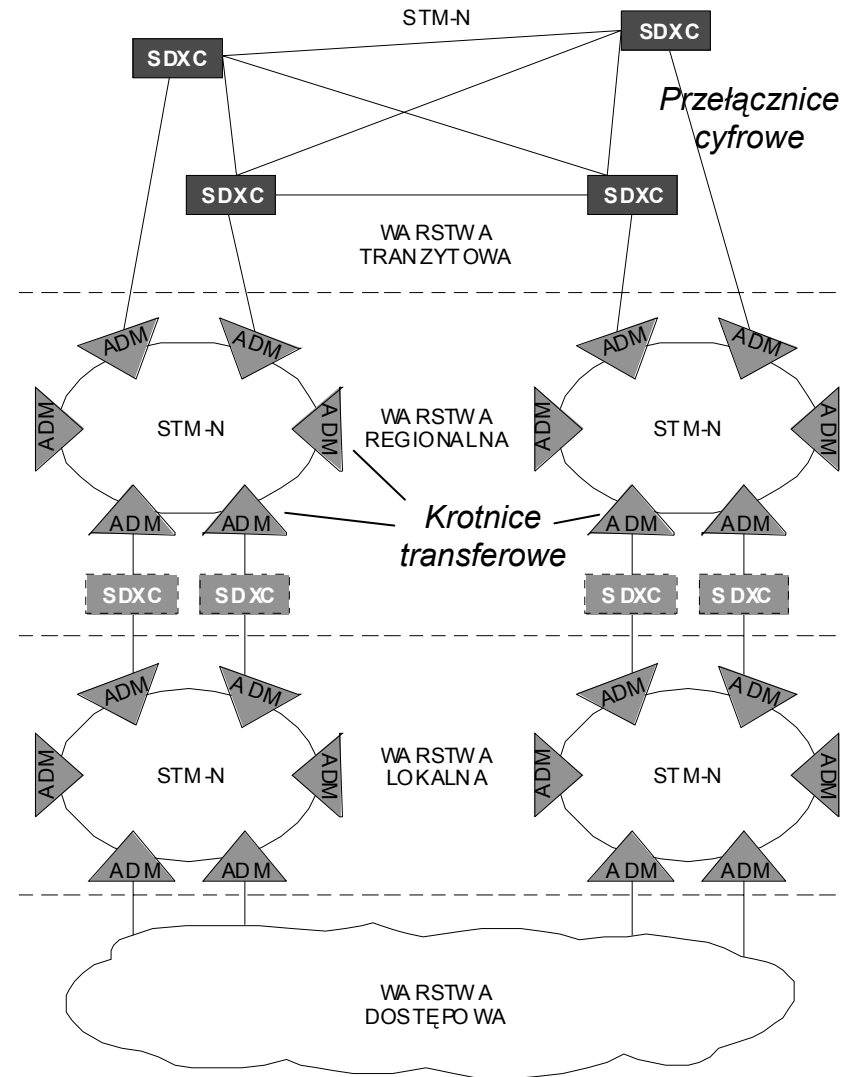
Sieci transportowe SDH

Zastosowanie WDM w strukturach pierścieniowych



ADM - krotnica transferowa

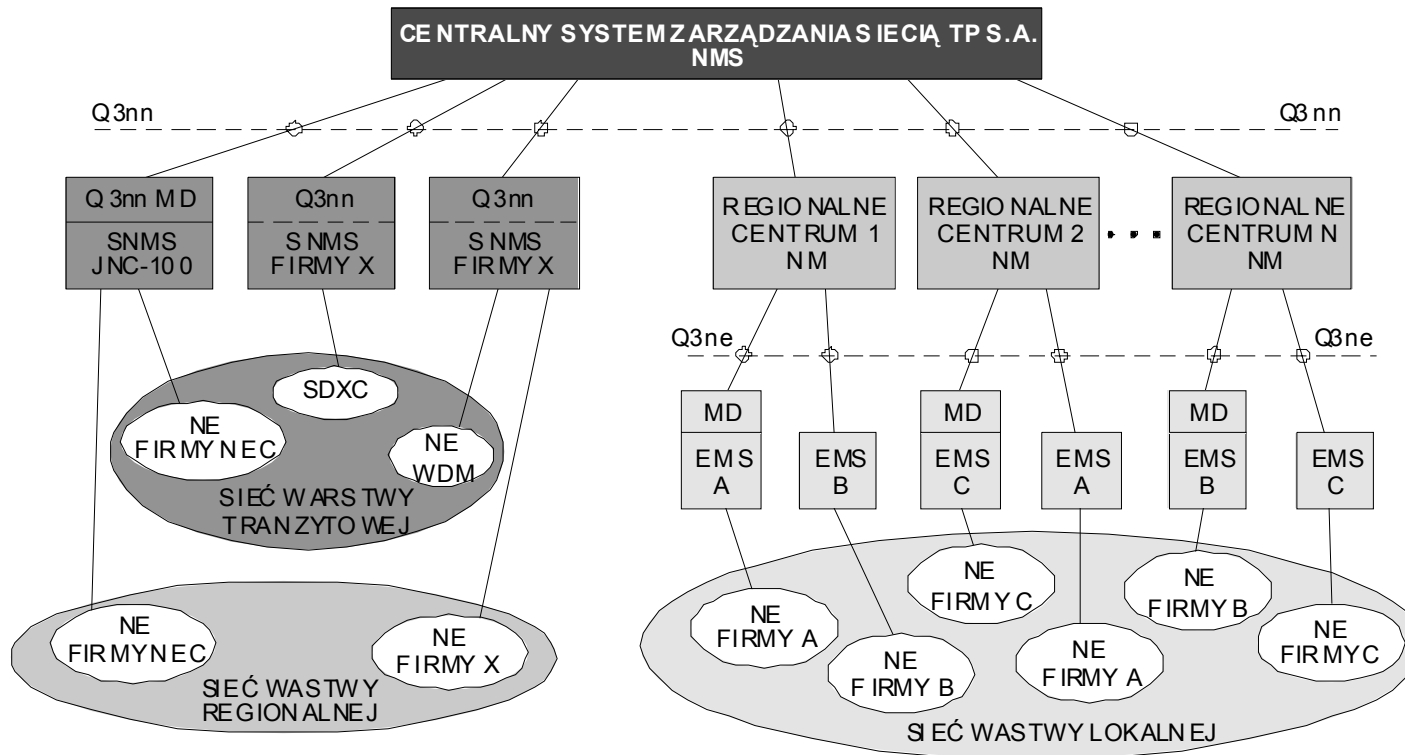
Docelowa struktura sieci SDH - TP S.A.



Międzymiastowa sieć SDH

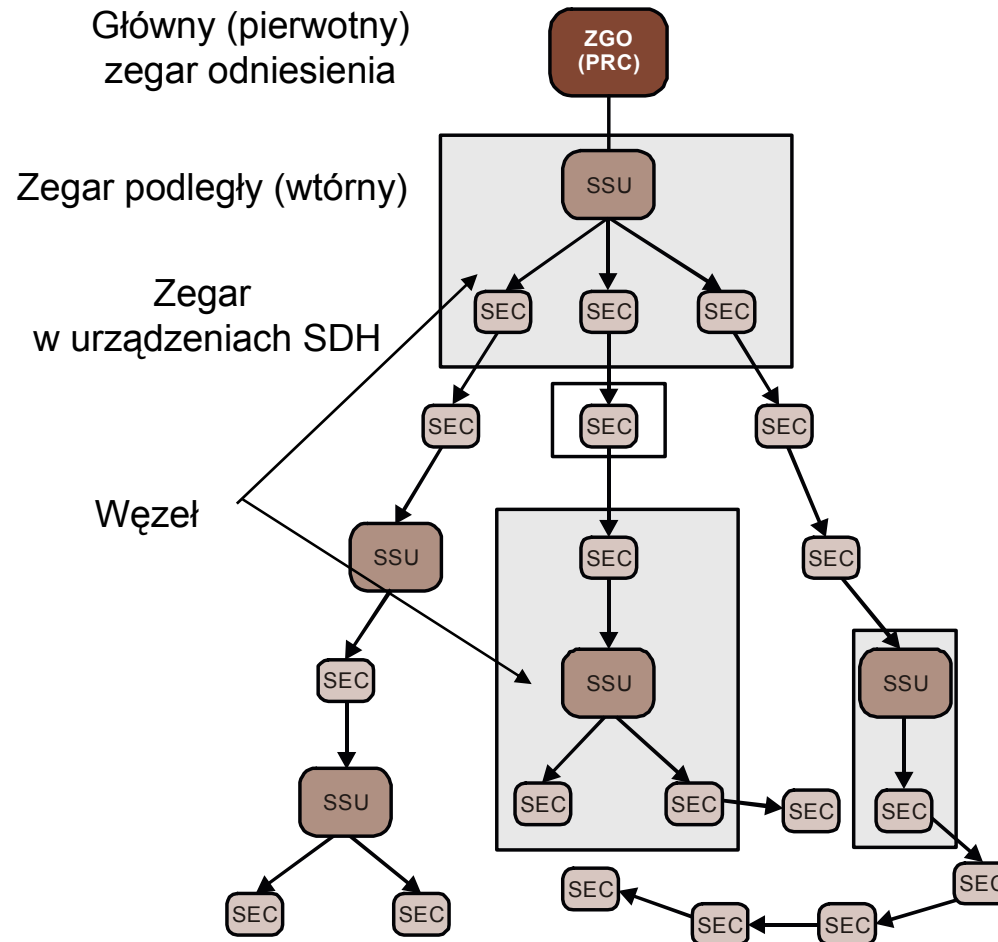


Struktura zarządzania siecią SDH TP S.A.

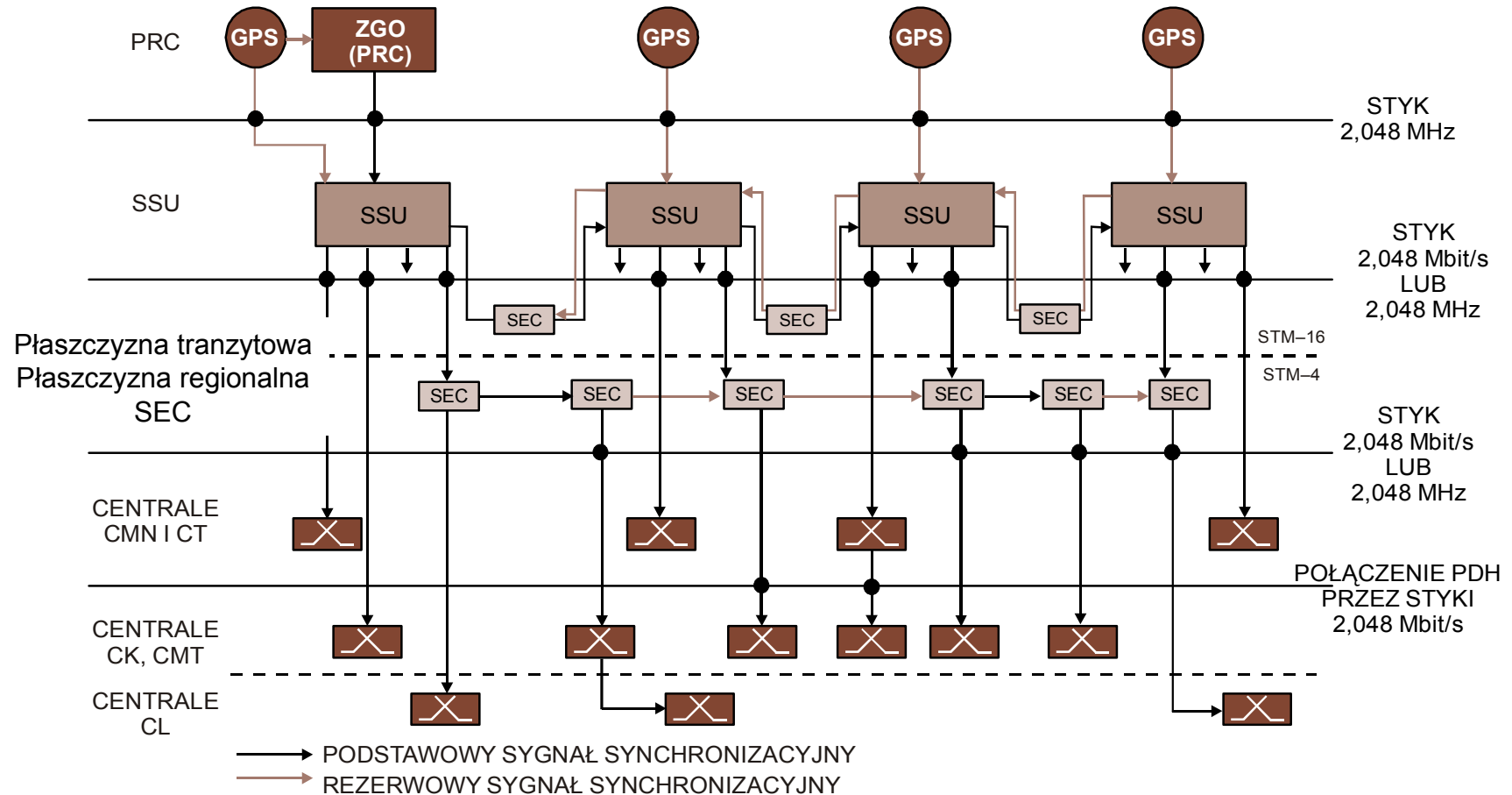


Synchronizacja sieci telekomunikacyjnej - zasady ogólne (PTiWT, 11/2001)

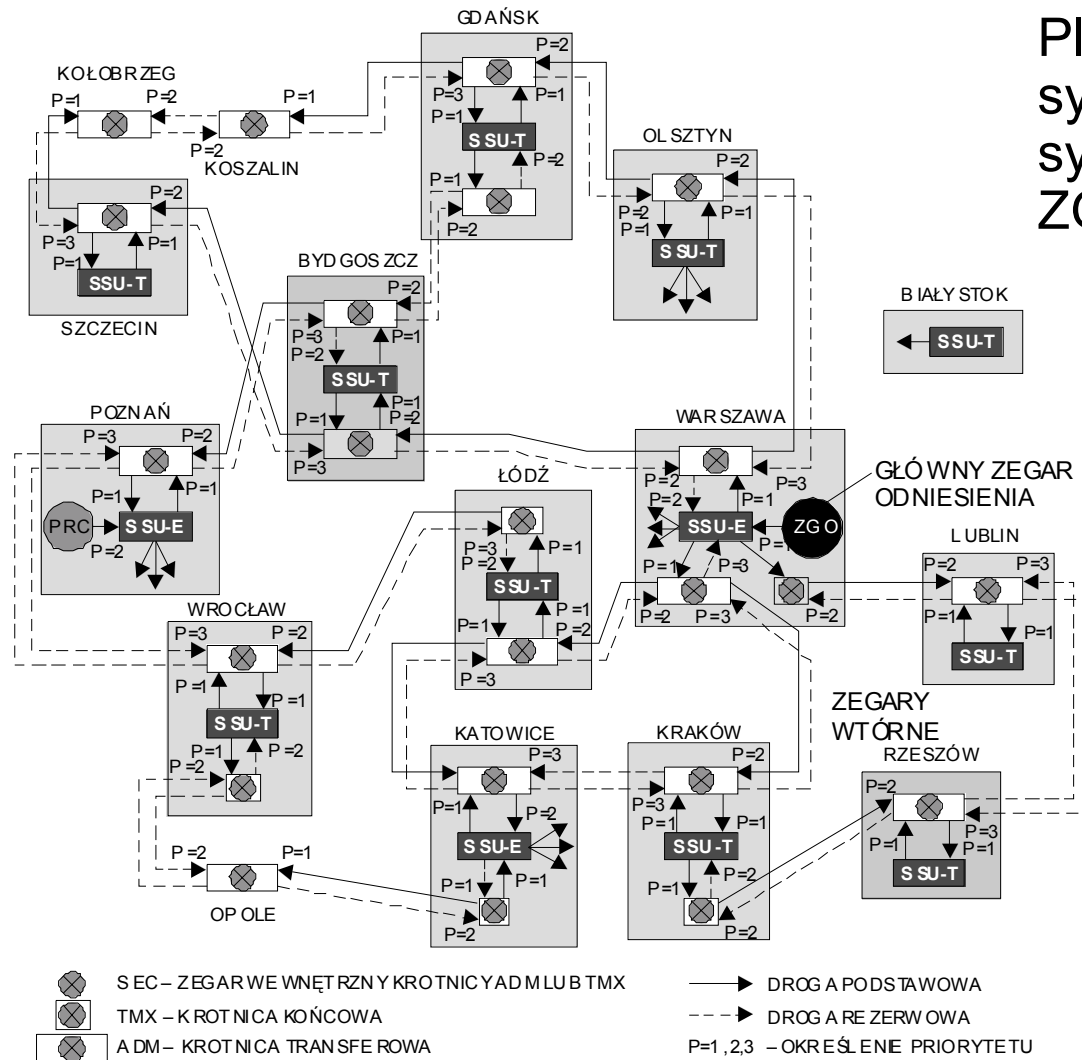
ZGO (PRC) – zegar o
niedokładności
częstotliwości
mniejszej niż 1×10^{-11}
Poślizg 1 raz na 70 dni



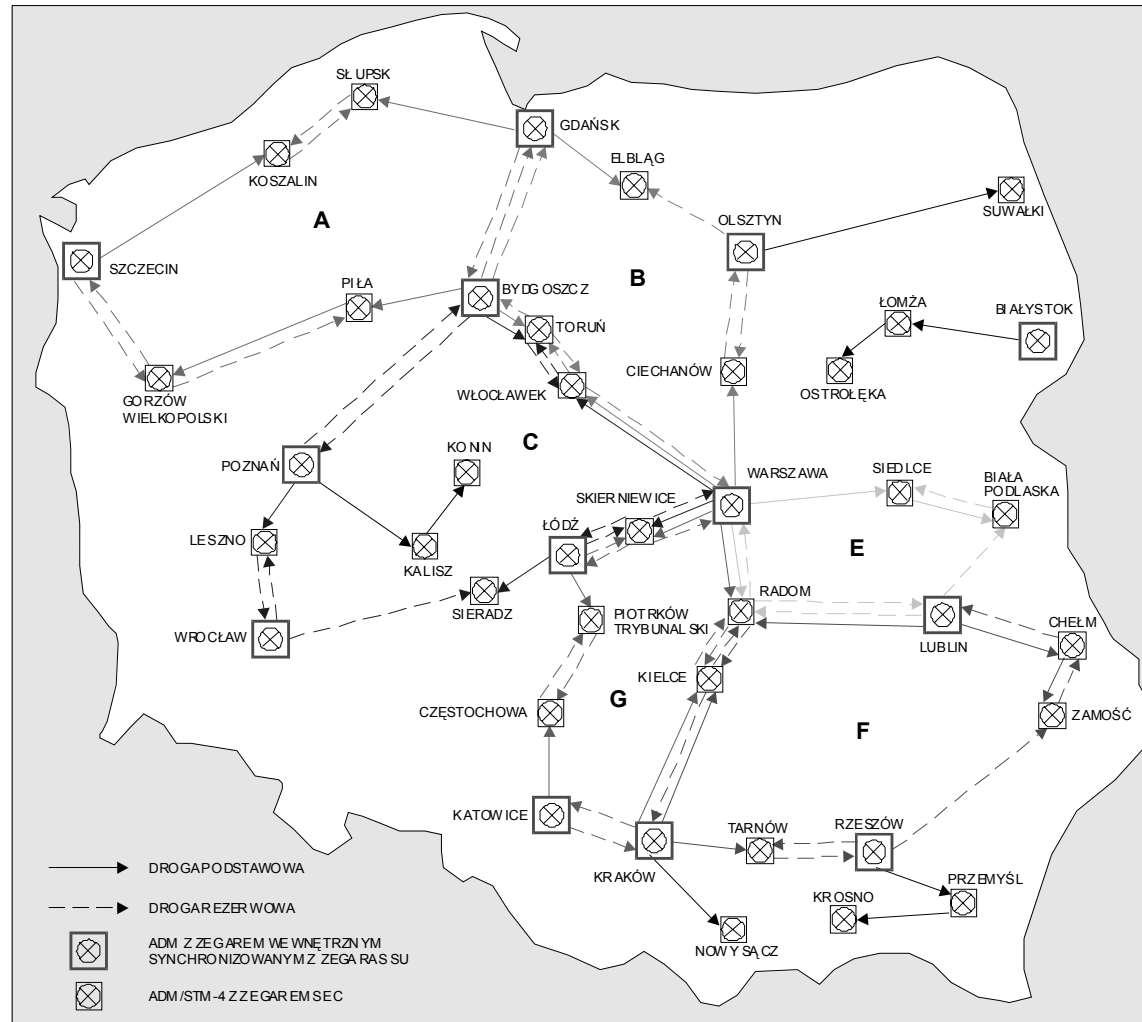
Model synchronizacji węzłów (TP S.A.)



Plan rozprowadzania sygnałów synchronizacyjnych ZGO



Plan synchronizacji pętli regionalnych



Światłowodowa sieć Tel-Energo

Linie światłowodowe rozpięte na liniach energetycznych 400kV, 220kV, 110kV

8500 km kabli zainstalowanych z wykorzystaniem linki odgromowej

(podwieszanie kabli)

Przepływność: 155 Mbit/s, 622 Mbit/s, 2,5 Gbit/s;

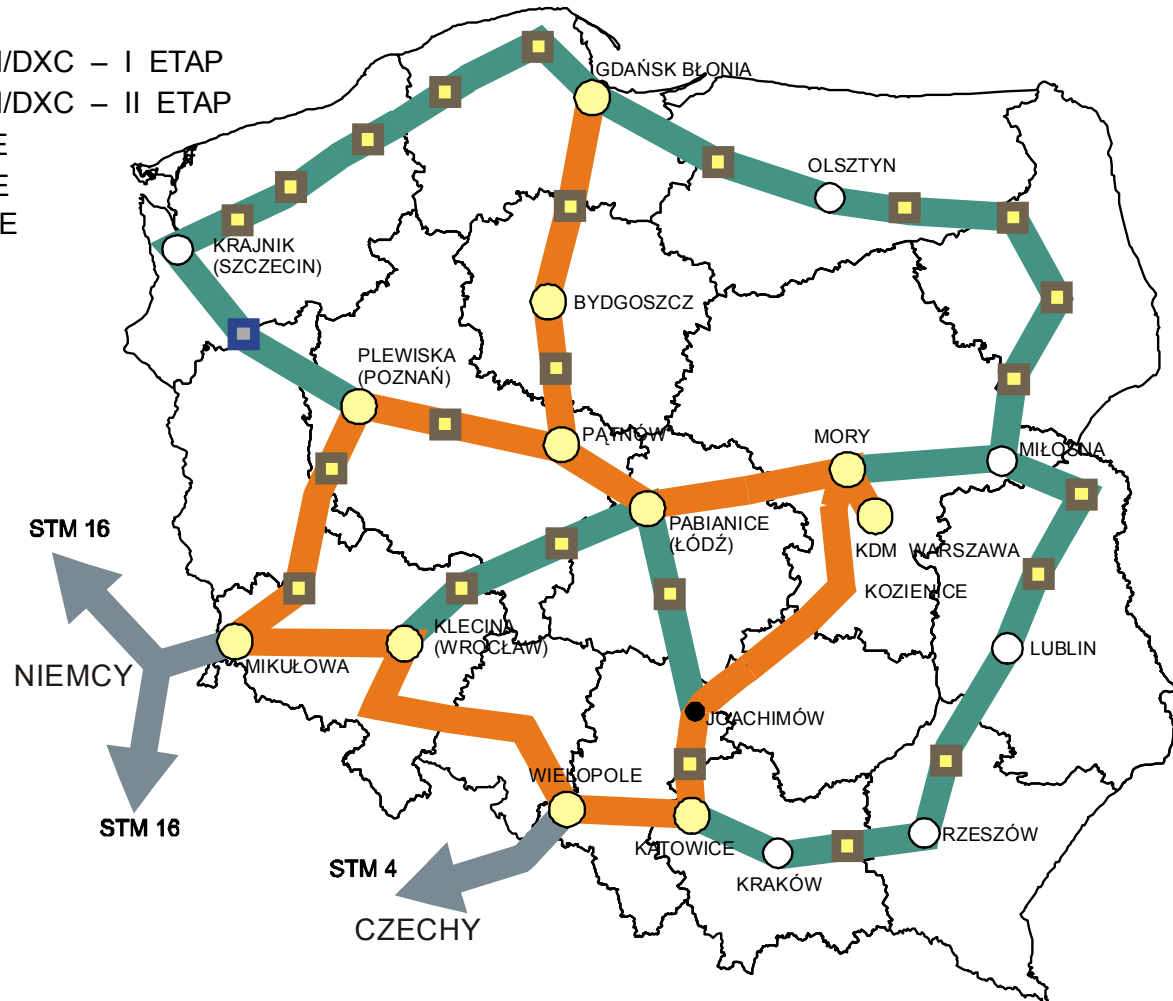
W planach – 10 Gbit/s



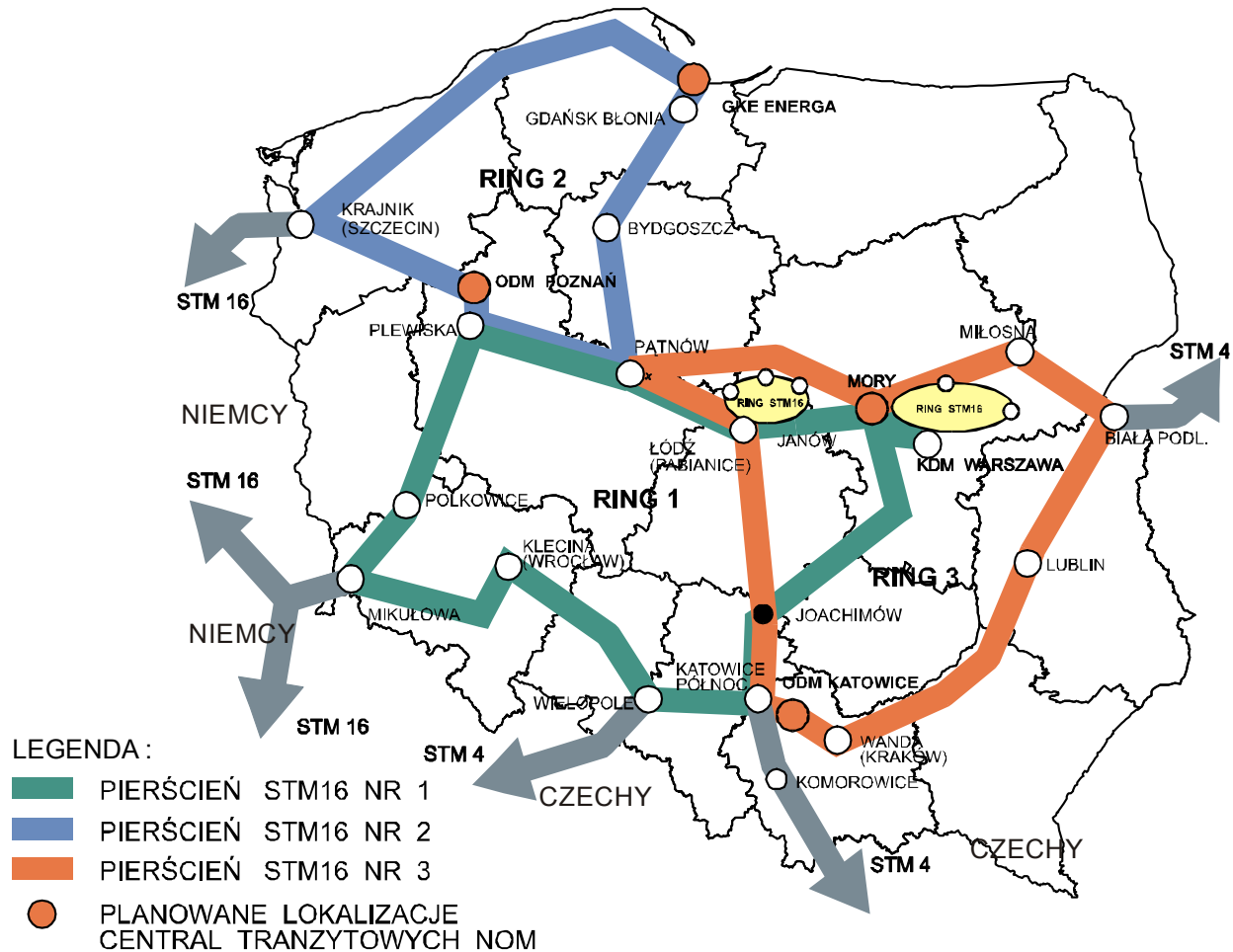
Warstwa transportowa DWDM+ DXC

LEGENDA :

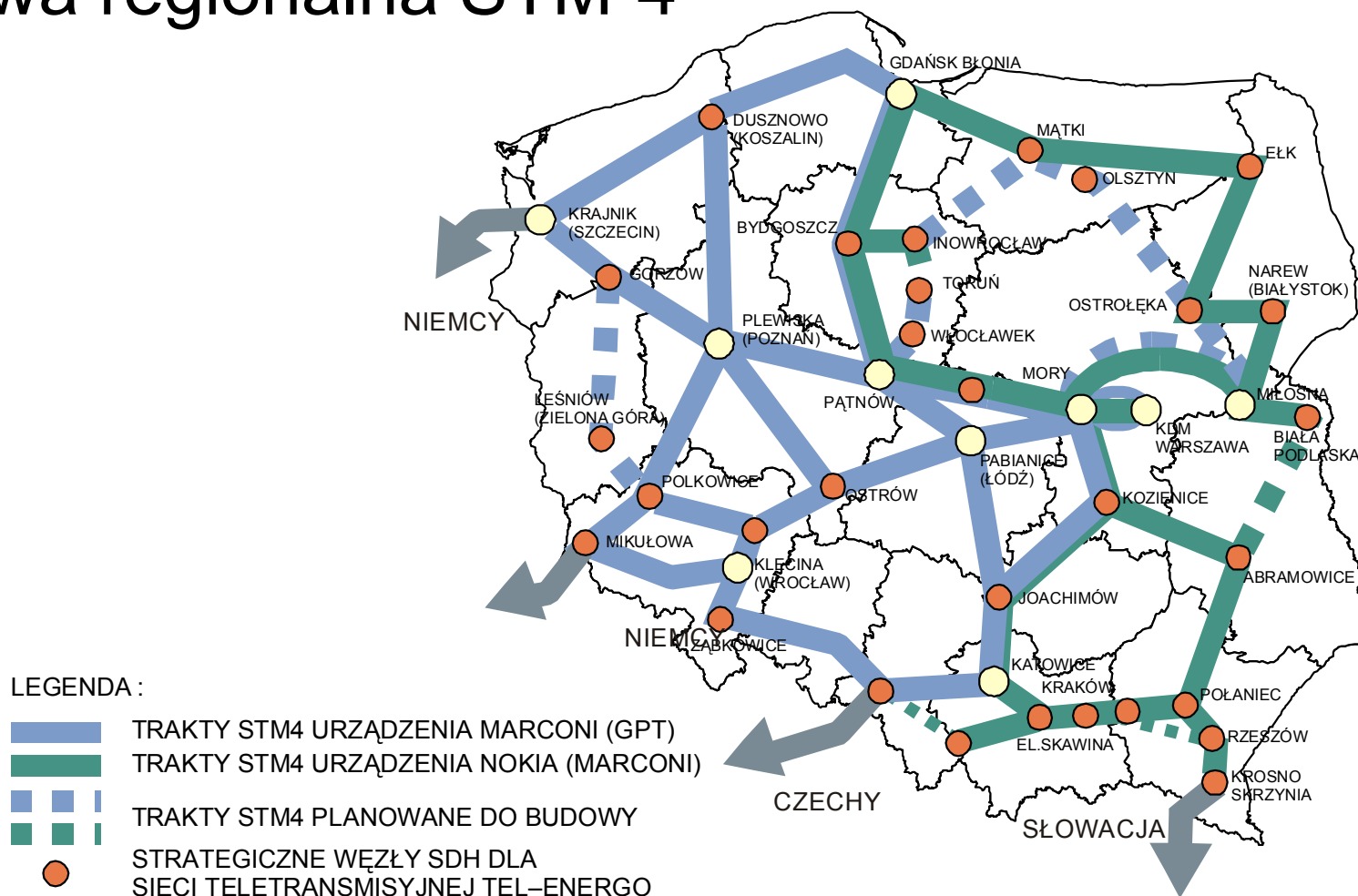
- TERMINALE WDM + SDH/DXC – I ETAP
- TERMINALE WDM + SDH/DXC – II ETAP
- WZMACNICZE OPTYCZNE
- REALIZACJA W I ETAPIE
- REALIZACJA W II ETAPIE



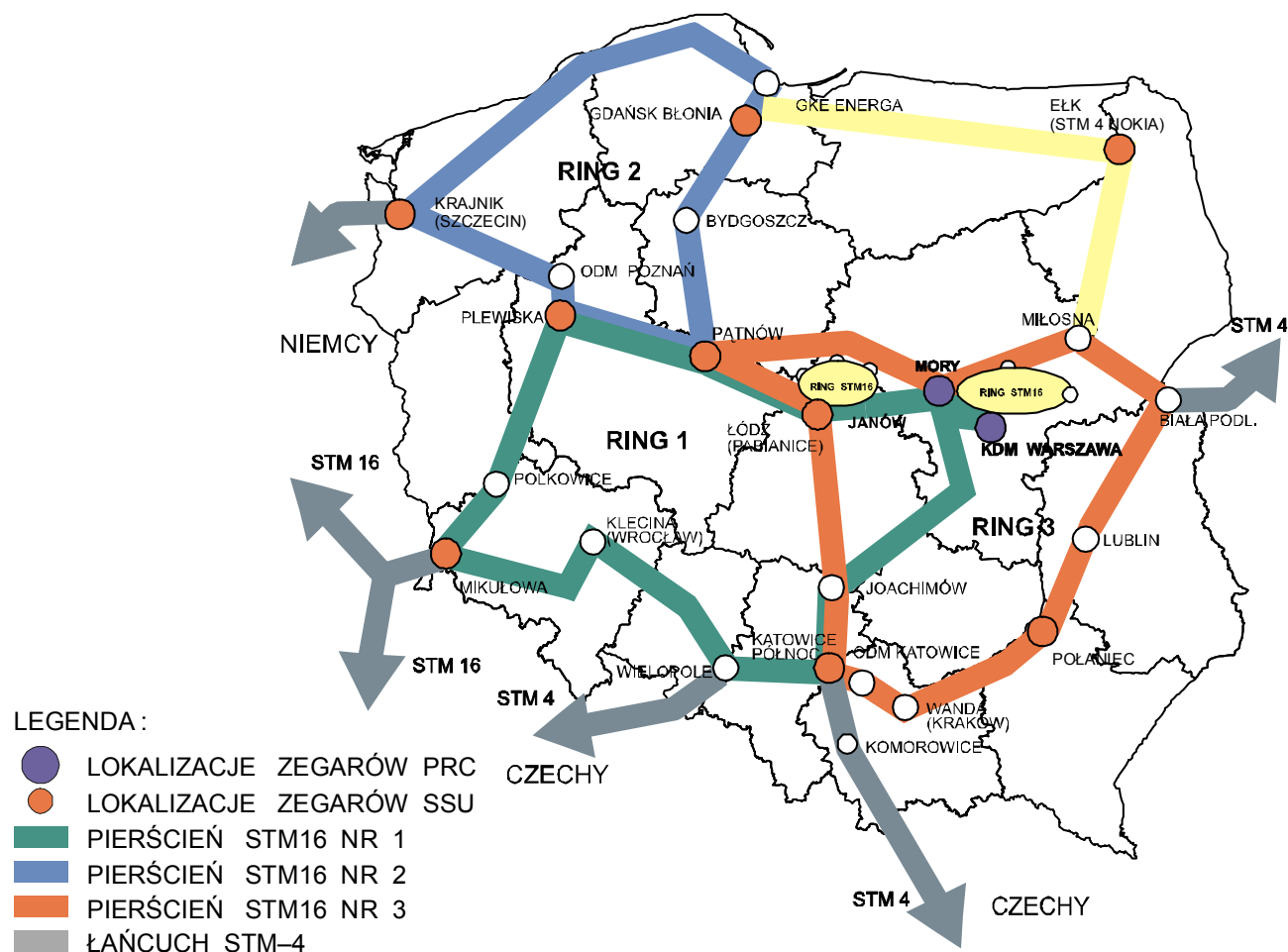
Warstwa szkieletowa STM-16



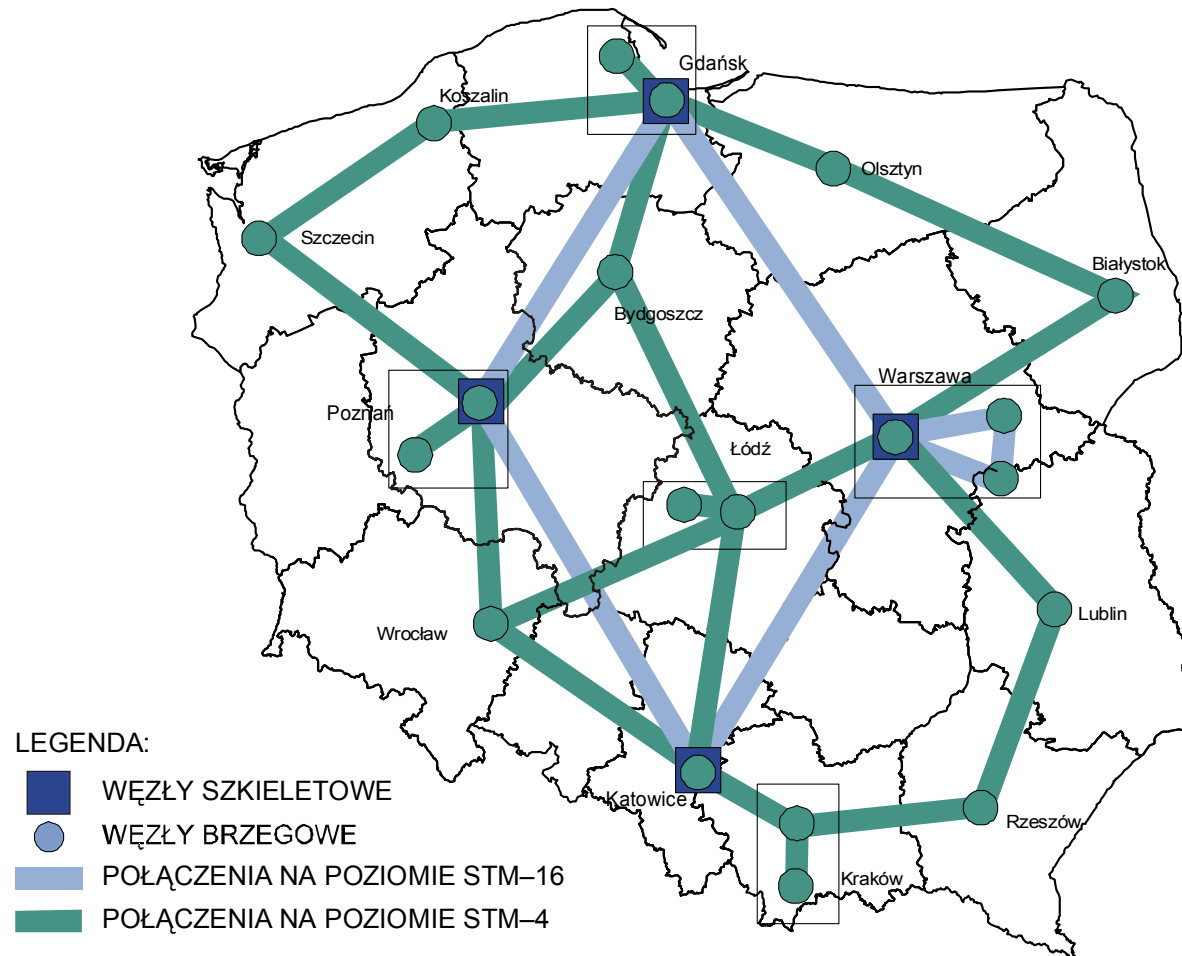
Warstwa regionalna STM-4



Synchronizacja sieci Tel-Energo



Sieć transmisji danych (plany na rok 2005)



Światłowodowa sieć PKP

6000 km linii światłowodowych





Sieć szkieletowa:

wielopięścieniowa (w przyszłości kratowa); DWDM, SDH STM-16 (64);

Sieć regionalna: STM-4, STM-1;

Sieć lokalna: STM-1, STM-4, PDH 2 Mbit/s

Oznaczenia:

-  Lokalizacja głównych węzłów w sieci TK
-  Stan istniejący
-  Linie w budowie (zakończenie kwiecień 2002r.)
-  Plan rozbudowy na lata 2002 - 2005



Cyfrowa sieć transmisyjna PKP

Oznaczenia:

System SDH - Alcatel

 System nadzoru 1353 SH i 1354 RM

 Zegar SSU z odbiornikiem GPS

 ADM 622 1651 SM (STM-4)

 ADM 155 1641 SM (STM-1)

 TM 155

 Regenerator systemu SDH

 Linia 155 Mbit/s (optyczna)

 Linia 155 Mbit/s (elektryczna)

Linia NSL - system PDH f. SAT

 Multiplexer 140/34/8/2


 Multiplexer 34/8/2

 Regenerator systemu PDH

 Linia 140 Mbit/s

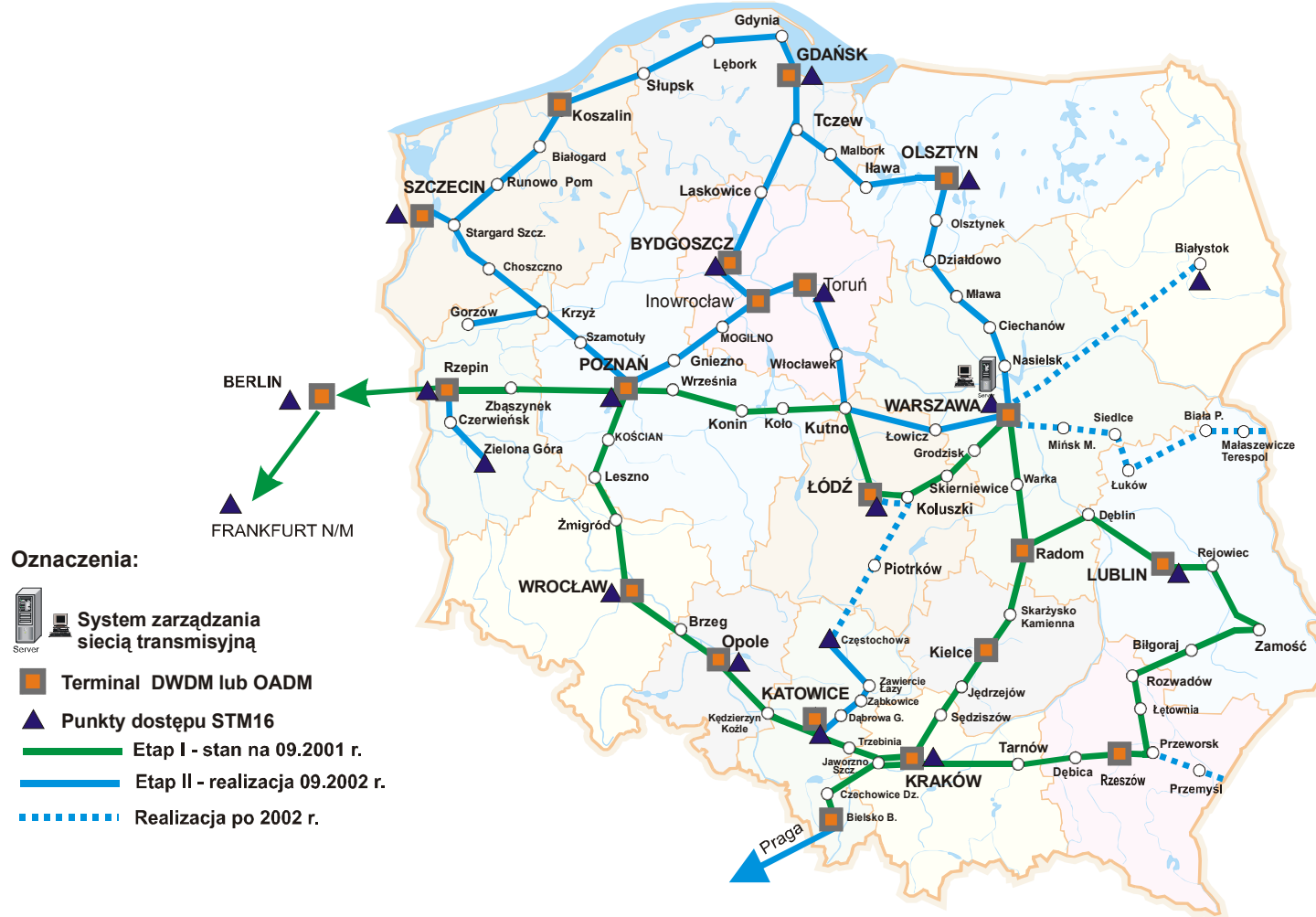
 Linia 34 Mbit/s

 Węzeł lokalny z urząd. teletran. SDH i PDH

 Węzeł lokalny z urząd. teletran. PDH



Sieć SDH STM-16 i DWDM



Sieć światłowodowa Telbank S.A.

3500 km linii
światłowodowych
do 2002 roku
System SDH STM-16
Systemy satelitarne – kanał
N x 2 Mbit/s
Linie radiowe – 155 Mbit/s



Sieć światłowodowa Telbank S.A.



- Przedstawicielstwa Regionalne
- Wzły sieci TELBANK
- Planowane węzły sieci TELBANK