

403A

BIULETYN

INFORMACYJNY

INSTYTUTU

ŁĄCZNOŚCI



1992
11-12

**BIULETYN
INFORMACYJNY
INSTYTUTU
ŁĄCZNOŚCI**

ROK 32

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI

NR 11-12(304-305)

WARSZAWA 1992

Komitet Redakcyjny
Redaktor Naczelny: dr inż. Krystyn Plewko
Z-ca Redaktora Naczelnego: dr inż. Stanisław Sołta
Redaktorzy Działowi:
doc. dr inż. Włodzimierz Barjasz
doc. dr inż. Alina Karwowska-Lamparska
inż. Maria Łopuszniak

© Copyright by Instytut Łączności, Warszawa 1992

ISSN 0209-1046

Redaktor: mgr Krystyna Juszkiewicz

Montaż tekstu: techn. Danuta Pol

Instytut Łączności, Dział Ogólnotechniczny
ul. Szachowa 1, 04-894 Warszawa

Tadeusz Zagrobelny, Wiesława Prokop-Knap,
Jan Mieszczanek, Antoni Boglewski

SYNCHRONICZNA HIERARCHIA SYSTEMÓW CYFROWYCH (SDH) I JEJ ZASTOSOWANIE W SIECI TELEKOMUNIKACYJNEJ

SPIS TREŚCI

	Str.
1. Wprowadzenie	1
2. Struktura systemów SDH i zasada zwielokrotnienia	3
2.1. Ogólna zasada zwielokrotnienia	3
2.2. Tworzenie kontenerów VC12	7
2.3. Tworzenie modułu transportowego STM-1	14
3. Funkcjonalny schemat blokowy krotnicy STM-N	18
3.1. Funkcje krotnicy na kierunku nadawczym - multipleksacja	18
3.2. Funkcje krotnicy na kierunku odbiorczym - demultipleksacja	20
4. Rodzaje krotnic SDH i ich stosowanie	21
4.1. Krotnice proste typu I	21
4.2. Krotnice proste typu II	21
4.3. Krotnice z transferem kanałów ADM	23
4.4. Krotnice z komutacją kanałów DXC	24
5. System utrzymania i zarządzania siecią	26
5.1. Zasady ogólne	26
5.2. Funkcje nagłówków	27
5.2.1. Nagłówek SOH	28
5.2.2. Nagłówek kontenera wirtualnego POH	29
5.2.2.1. Przyporządkowanie funkcjonalne bitów nagłówka POH VC12	30
5.2.2.2. Przyporządkowanie funkcjonalne bajtów nagłówka POH VC3/VC4	31
5.3. Sygnalizacja stanów awaryjnych	31
6. Synchronizacja i taktowanie	33

7. Zabezpieczenie i rekonfiguracja sieci SDH	34
8. Wprowadzanie SDH do sieci publicznej	37
8.1. Aspekty ogólne	37
8.2. Aspekty stosowania SDH w niektórych krajach	40
8.3. Przykłady struktur sieci z zastosowaniem SDH	41
9. Koncepcja jakościowego i ilościowego rozwoju usług krajowej sieci teletransmisyjnej z uwzględnieniem B-ISDN	46
10. Stan normalizacji w zakresie systemów SDH	59
11. Przegląd systemów SDH różnych firm	60
11.1. Urządzenia SDH AT&T	60
11.2. Urządzenia SDH Alcatela	61
11.3. Urządzenia firmy Northern Telecom	62
11.4. Urządzenia SDH Siemens	63
11.5. Urządzenia SDH Nokii	63
11.6. Urządzenia SDH Philipsa	64
12. Podsumowanie	65
Wykaz literatury	66

SYNCHRONICZNA HIERARCHIA SYSTEMÓW CYFROWYCH (SDH) I JEJ ZASTOSOWANIE W SIECI TELEKOMUNIKACYJNEJ

1. WPROWADZENIE

Obecnie są powszechnie eksploatowane w świecie trzy rodziny systemów cyfrowych, opartych na dwóch podstawowych systemach PCM: o przepływnościach 1544 oraz 2048 kbit/s. Wykorzystują one zasadę asynchronicznego zwielokrotnienia z dopełnieniem impulsowym, przy czym w Europie rozpowszechniła się hierarchia oparta na grupie 30-kanalowej PCM o przepływności 2048 kbit/s, natomiast w Ameryce i Japonii są stosowane rodziny systemów cyfrowych oparte na grupie 24-kanalowej o przepływności 1544 kbit/s. Hierarchie tych systemów podano w tablicy 1.

Tablica 1

Plezjochroniczne hierarchie cyfrowe

Krotność systemu	Przepływność [kbit/s]	Rodzaj toru
30 24 - (1 i 2)	2048 1544 - (1 i 2)	Kable symetryczne, Linie radiowe
120 96 - (1 i 2)	8448 6312 - (1 i 2)	Kable symetryczne o wiązkach ekranowanych, Kable światłowodowe, Linie radiowe
480 672 - (1) 480 - (2)	34368 44736 - (1) 32064 - (2)	Kable współosiowe, Kable światłowodowe, Linie radiowe
1920 4032 - (1) 1440 - (2)	139264 274176 - (1) 97728 - (2)	Kable współosiowe, Kable światłowodowe, Linie radiowe

(1) - systemy stosowane w Ameryce,
(2) - systemy stosowane w Japonii.

Najistotniejszą tendencją w rozwoju telekomunikacji w świecie jest kompleksowa cyfryzacja sieci (obejmująca zarówno systemy teletransmisyjne, jak i komutacyjne) oraz jej integracja pod względem technicznym i pod względem świadczonych usług, tj. budowa sieci ISDN (ang. Integrated Services Digital Network). Budowa sieci ISDN oznacza w zakresie teletransmisji konieczność cyfryzacji systemów teletransmisyjnych we wszystkich płaszczyznach sieci, począwszy od łączy abonenckich do magistralnych linii międzymiastowych i międzynarodowych.

Drugim podstawowym kierunkiem dominującym obecnie w rozwoju teletransmisji jest stosowanie światłowodów jako środka transmisji. Kable z włóknami światłowodowymi otworzyły przed techniką transmisyjną zupełnie nowe możliwości, stąd ich rozwój w ostatnich latach jest niezwykle dynamiczny. Szybki postęp dokonuje się zarówno w technice samych światłowodów, jak i przetworników optoelektronicznych. Pozwala to na budowę systemów o coraz większej przepustowości. Obecnie istnieje już możliwość realizacji linii światłowodowych o przepływności rzędu Gbit/s z odcinkami regeneratoryjnymi o długości rzędu stu kilometrów. Pozwala to na znaczne obniżenie kosztów budowy linii. Ponadto, tak znaczne wydłużenie odcinków regeneratoryjnych umożliwia zminimalizowanie sumarycznego efektu fluktuacji fazowych. Obecnie już nie ulega wątpliwości, że w przyszłości systemy światłowodowe będą stanowiły podstawowy środek transmisji.

W następnej kolejności należy podkreślić tendencję stosowania w coraz szerszym zakresie techniki komputerowej w systemach nadzoru i sterowania przepływem informacji w sieciach telekomunikacyjnych. Systemy teletransmisyjne najnowszych generacji są wyposażone w układy zapewniające odpowiedni styk (znormalizowany przez CCITT) z siecią scentralizowanego systemu utrzymania i zarządzania (ang. TMN - Telecommunication Management Network). Pozwoliło to na centralizację obsługi systemów i znaczną eliminację personelu technicznego.

Istotną cechą rozwoju systemów teletransmisyjnych jest dążenie do zapewnienia elastyczności sieci przy tworzeniu dróg przesyłowych. Dotyczy to zarówno ukierunkowania tych dróg, jak też ich przepustowości. Elastyczność przepustowości linii osiąga się dzięki modułowej budowie urządzeń pod względem konstrukcyjnym i systemowym. Natomiast elastyczność w kierunkowaniu dróg przesyłowych (kierowaniu ruchem) uzyskuje się przez

stosowanie automatycznych przełącznic cyfrowych sygnałów grupowych o różnych (znormalizowanych) przepływnościach. Ma to duże znaczenie z punktu widzenia niezawodności działania całej sieci telekomunikacyjnej i dla dzierżawienia kanałów oraz traktów.

Zdolność torów światłowodowych do przenoszenia sygnałów o bardzo dużej przepływności i, praktycznie rzecz biorąc, brak zależności między przepływnością a długością odcinka regeneracyjnego, stał się motywacją do utworzenia nowej synchronicznej hierarchii systemów cyfrowych SDH (ang. Synchronous Digital Hierarchy). Systemy te charakteryzuje znaczna nadmiarowość przepływności sygnału zbiorczego. Ta nadmiarowość umożliwiła rozbudowanie funkcji nadzoru i sterowania przepływem informacji w systemie.

Systemy SDH dostosowano do wymogów perspektywicznej sieci telekomunikacyjnej. Są one jedynymi zalecanymi przez CCITT systemami umożliwiającymi budowę linii o dużej i bardzo dużej przepustowości.

2. STRUKTURA SYSTEMÓW SDH I ZASADA ZWIEŁOKROTNIECIA

2.1. Ogólna zasada zwielokrotnienia

Podstawowy człon w synchronicznej hierarchii systemów cyfrowych stanowi tzw. synchroniczny moduł transportowy STM-1 (ang. Synchronous Transport Module Level 1) o przepływności 155 520 kbit/s, który umożliwia współpracę z dotychczasowymi plezjochronicznymi systemami cyfrowymi.

Wyższe stopnie tej rodziny systemów są tworzone na zasadzie wyłącznie synchronicznego zwielokrotnienia strumieni 155 520 kbit/s (STM-1). W zaleceniach CCITT znormalizowano dotychczas następujące moduły systemów SDH:

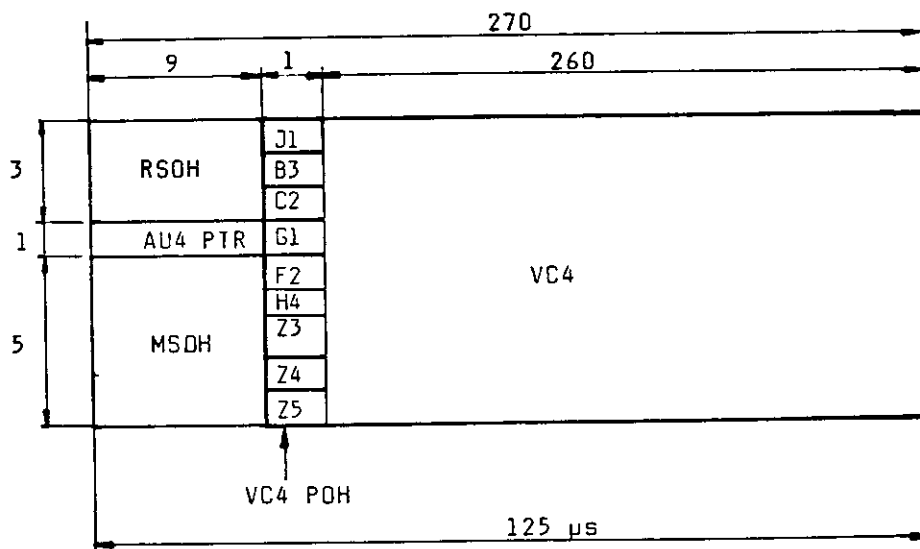
STM-1	155 520 kbit/s;
STM-4	622 080 kbit/s;
STM-16	2488 320 kbit/s.

Podstawowy człon STM-1, jest z punktu widzenia liczby kanałów 64 kbit/s odpowiednikiem systemu 140 Mbit/s, jednakże struktura ramki i metoda zwielokrotnienia są pomyślane w całkowicie odmienny sposób. Przyjęta struktura ramki STM-1 jest bardzo

elastyczna i umożliwia wprowadzenie do ramki STM-1 różnych znormalizowanych sygnałów plezjochronicznych.

W systemach SDH zastosowano oryginalną metodę zwielokrotnienia polegającą na "ładowaniu" (upakowaniu) informacji do tzw. kontenerów wirtualnych VC i tworzeniu modułów transportowanych STM, przeplatając odpowiednio bajty sygnałów składowych (zwielokrotnianych). Moduł STM-1, stanowiący pierwszy człon sygnałów SDH, jest tworzony przez przeplatanie bajtów (słów 8-bitowych) sygnałów składowych doprowadzonych do krotnicy.

Sygnał zbiorczy STM-1 ma ramkę zawierającą 2430 bajtów 8-bitowych przesyłanych w ciągu 125 μ s, co daje przepływność 155 520 kbit/s. Strukturę ramki STM-1 przedstawiono na rys. 1 w postaci tablicy bajtów składających się z 270 kolumn i 9 wierszy.



Rys. 1. Struktura ramki STM-1

Ramka ta dzieli się na trzy części:

- pole kontenera wirtualnego wyższego rzędu VC-4, zawierającego sygnały użyteczne doprowadzone do krotnicy;
- pole znacznika tzw. jednostki administracyjnej "AU-4 PTR" (ang. Pointer), zawierającego adresy położenia kontenerów wirtualnych w jednostce administracyjnej AU;

- pole nagłówka sekcji SOH (ang. Section Overhead), niosącego informacje dotyczące fazowania ramki oraz funkcji kontroli i nadzoru.

Kontenery wyższego rzędu zawierają kontenery niższego rzędu, których pozycja w ramce nie jest stała, lecz jest określona przez adresy. Dzięki takiej organizacji wydzielenie jakiegoś sygnału pierwotnego (niższego rzędu) może być dokonane z kontenera wyższego rzędu bez konieczności jego całkowitego rozłożenia, co było konieczne w systemach PDH, gdzie taka operacja wymagała demultipleksacji wszystkich grup z sygnału zbiorczego. Operując kontenerami jako samodzielnymi jednostkami przy przenoszeniu informacji uzyskuje się łatwość w docieraniu do pożądaných sygnałów i elastyczność w ich przemieszczaniu między poszczególnymi strumieniami informacji.

Metoda zwielokrotnienia stosowana w SDH jest bardzo elastyczna - te same sygnały pierwotne mogą być umieszczane w modułach transportowych na wiele różnych sposobów. Na rys. 2a podano najbogatszą strukturę zwielokrotnienia przyjętą przez CCITT. Nieco uproszczona jest struktura zaakceptowana przez ETSI dla krajów europejskich (rys. 2b). Jak widać na tym rysunku, dla Europy preferuje się metodę zwielokrotnienia, w której stosuje się zawsze kontenery VC4.

W przyszłości należy spodziewać się stosowania jedynie dwóch typów sygnałów wejściowych transportowanych przez sieć SDH: 2 Mbit/s i ATM. Pozostałe sygnały (34 Mbit/s i 140 Mbit/s) będą stosowane tylko w okresie przejściowym - do momentu wyeksploatowania istniejących urządzeń.

Podane na rys. 2 symbole mają następujące znaczenie:

C_{nm} - kontener o tak dobranej przepływności, aby umożliwiła ona przesłanie w nim jednego z cyfrowych sygnałów zdefiniowanych w zaleceniu CCITT G.702. W oznaczeniu tym *m* określa niższą (*m*=1) lub wyższą (*m*=2) przepływność na *n*-tym poziomie hierarchii, np. kontener C11 przeznaczony jest dla sygnału 1544 kbit/s, a C12 dla sygnału 2048 kbit/s.

VC_{nm} - kontener wirtualny utworzony przez uzupełnienie kontenera C_{nm} nagłówkiem POH.

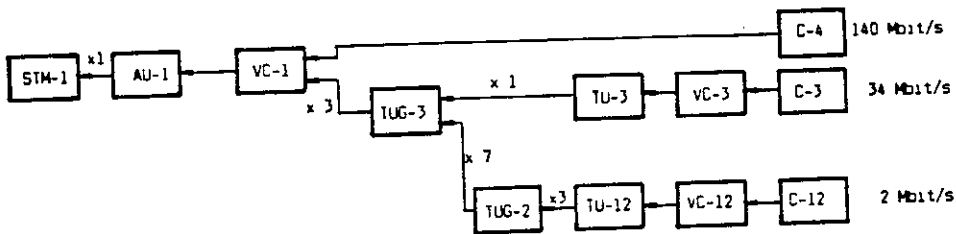
TU_{nm} - podstawowa jednostka transportowa, którą tworzy się przez dodanie do kontenera wirtualnego VC_{nm} znacznika PTR.

TUG_m - grupa utworzona z jednostek podstawowych TU_{nm} przez przeplatanie kolumn bajtów składowych - oznacza to faktyczny proces zwielokrotnienia.

AUm - jednostka administracyjna, którą tworzy kontener wirtualny wyższego rzędu uzupełniony znacznikiem PTR.

STM-1 - moduł transportowy utworzony poprzez dodanie nagłówka SOH do jednostki administracyjnej AUm.

Na rys. 3 przedstawiono strukturę zwielokrotnienia proponowaną dla polskiej sieci.



Rys.3. Wybrana struktura multipleksacji SDH wg ETSI dla polskiej sieci

Podstawowym kontenerem dla uzyskania sygnału STM-N jest kontener VC12 służący do przenoszenia sygnałów o przepływności 2 Mbit/s.

2.2. Tworzenie kontenerów VC12

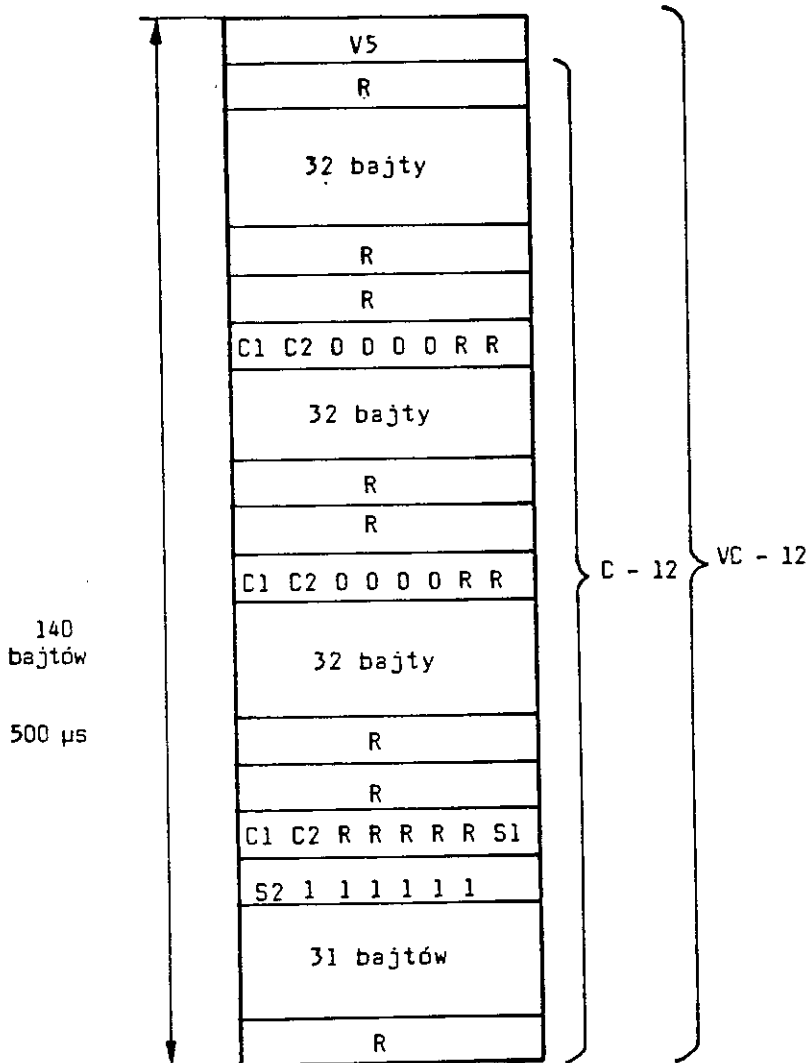
Zalecenia CCITT przewidują kilka odmian kontenera VC12, które różnią się cechami funkcjonalnymi oraz złożonością układów elektronicznych używanych do ich realizacji. Na złożoność układów największy wpływ ma wymagana pojemność pamięci buforowej, koniecznej do wyrównania przepływności sygnałów po obu stronach układu wejściowego.

Możliwe są 4 tryby tworzenia ramki kontenera VC12:

- 1) asynchroniczny,
- 2) synchroniczny bitowy,
- 3) synchroniczny bajtowy CAS,
- 4) synchroniczny bajtowy CCS.

Tryb asynchroniczny ma możliwość transmisji sygnałów asynchronicznych (plezjochronicznych) względem zegara krotnicy. W celu wyrównania przepływności używa się dopełniania bitowego dodatnio-ujemnego. W tym trybie krotnica jest całkowicie przezroczysta dla sygnału wejściowego - nie są narzucane żadne warunki na strukturę

informacyjną tego sygnału. Format kontenera VC12 dla tego trybu pracy przedstawiono na rys. 4. W przypadku gdy nie ma niebezpieczeństwa przepełnienia lub opróżnienia bufora, bit S1 może mieć wartość dowolną (krotnica odbiorcza nie wpisuje go do bufora),



Rys. 4. Kontener VC12 dla trybu asynchronicznego
 1 - bity informacyjne, 0 - bity nadmiarowe, C - sterowanie dopełnianiem
 S - bity dopełniania, R - stałe dopełnianie

a bit S2 jest normalnym bitem informacyjnym. Gdyby bufor miał się przepełnić - bit S1 staje się bitem informacyjnym. W przeciwnym przypadku bit S2 jest bitem pustym, krotnica odbiorcza ignoruje jego wartość. Interpretacji bitów S1 i S2 krotnica odbiorcza dokonuje na podstawie wartości bitów C1 i C2. Jeżeli wartość co najmniej dwóch bitów C1 była równa 0, krotnica nie czyta bitu S1; jeżeli przynajmniej dwa bity C1 były równe 1, bit S1 jest odczytywany. To samo odnosi się do bitów C2 i S2. Dzięki zastosowaniu większościowej interpretacji bitów C1 i C2 jest możliwa korekcja pojedynczych błędów.

Ten tryb pracy może znaleźć zastosowanie w prostych multiplekserach SDH, pracujących w sieciach niesynchronizowanych, transmitujących sygnały o niestandardowej strukturze, lub przy zastępowaniu wyeksploatowanych urządzeń PDH.

Istnieje możliwość manipulowania kontenerami VC12 oraz, oczywiście, zawierającymi je kontenerami wyższego rzędu: VC3 i VC4. Natomiast brak jest możliwości manipulowania strumieniami 64 kbit/s.

Tryb synchroniczny bitowy można traktować jako szczególny przypadek trybu asynchronicznego; bity C1 zawsze mają wartość 1, a bity C2 - zawsze 0. Format kontenera VC12 przedstawiono na rys. 5.

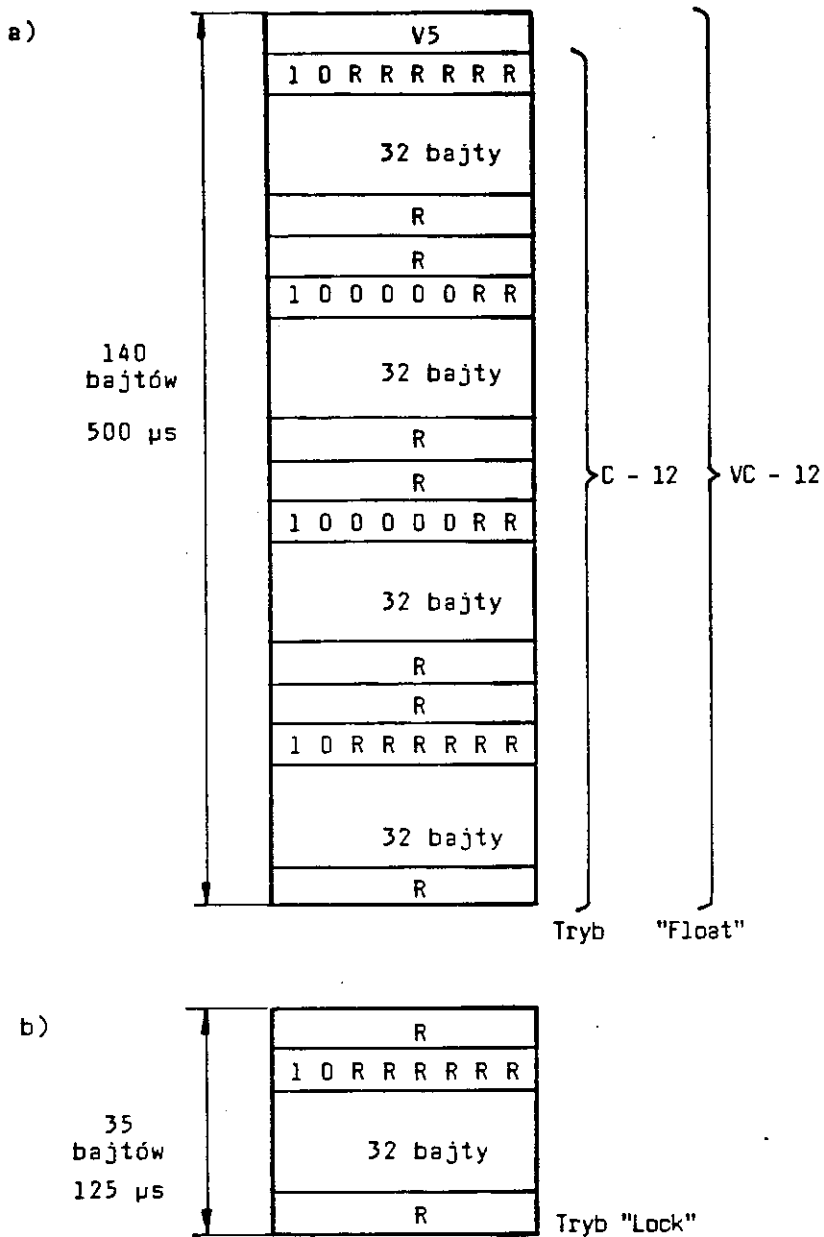
Tryb synchroniczny występuje w dwóch odmianach jako:

- zmienny (ang. floating), w którym położenie kontenera VC12 wewnątrz VC4 może się zmieniać;
- stały (ang. locked), w którym położenie kontenera VC12 względem VC4 jest ustalone; VC12 w tym przypadku występuje w postaci zredukowanej, wszystkie jego cztery części są identyczne, brak jest nagłówka.

Ze względu na to, że dopełnianie w tym trybie pracy nie występuje, brak więc układów dopełniania oraz (w trybie stałym) układów formujących i interpretujących nagłówki V5.

Ten tryb pracy może znaleźć zastosowanie w prostych multiplekserach SDH, pracujących w sieciach synchronizowanych, transmitujących sygnały o niestandardowej strukturze, lub przy zastępowaniu wyeksploatowanych urządzeń PDH.

Istnieje możliwość manipulowania kontenerami VC12 oraz, oczywiście, zawierającymi je kontenerami wyższego rzędu: VC3 i VC4. Brak jest możliwości manipulowania strumieniami 64 kbit/s.



Rys. 5. Kontener VC12 dla trybu synchronicznego bitowego

a) tryb zmienny; b) tryb stały

R - stałe dopełnianie, O - bity nadmiarowe

Format kontenera VC12 dla trybu synchronicznego bajtowego przedstawiono na rys.6. W porównaniu z poprzednimi trybami pracy układ jest bardziej skomplikowany; nie jest wymagany układ dopełniania, ale niezbędne są:

- układ odzyskiwania fazowania ramki sygnału 2 Mbit/s,
- układ odzyskiwania fazowania wieloramki,
- układ nadajnika/odbiornika nagłówka kontenera (bajt V5) - tylko w trybie zmiennym (ang. float),
- bufor 32-bajtowy (minimum) do zapamiętania ramki sygnału 2 Mbit/s - tylko w trybie stałym (ang. locked),
- bufor 16-bajtowy (minimum) do zapamiętania wieloramki sygnału 2 Mbit/s - tylko w trybie stałym.

Ten tryb pracy może znaleźć zastosowanie w multiplexerach SDH, pracujących w sieciach synchronizowanych, w których stosuje się sygnalizację typu CAS (ang. Channel Associated Signalling).

Istnieje możliwość manipulowania zarówno kontenerami dowolnego rzędu, jak i kanałami 64 kbit/s.

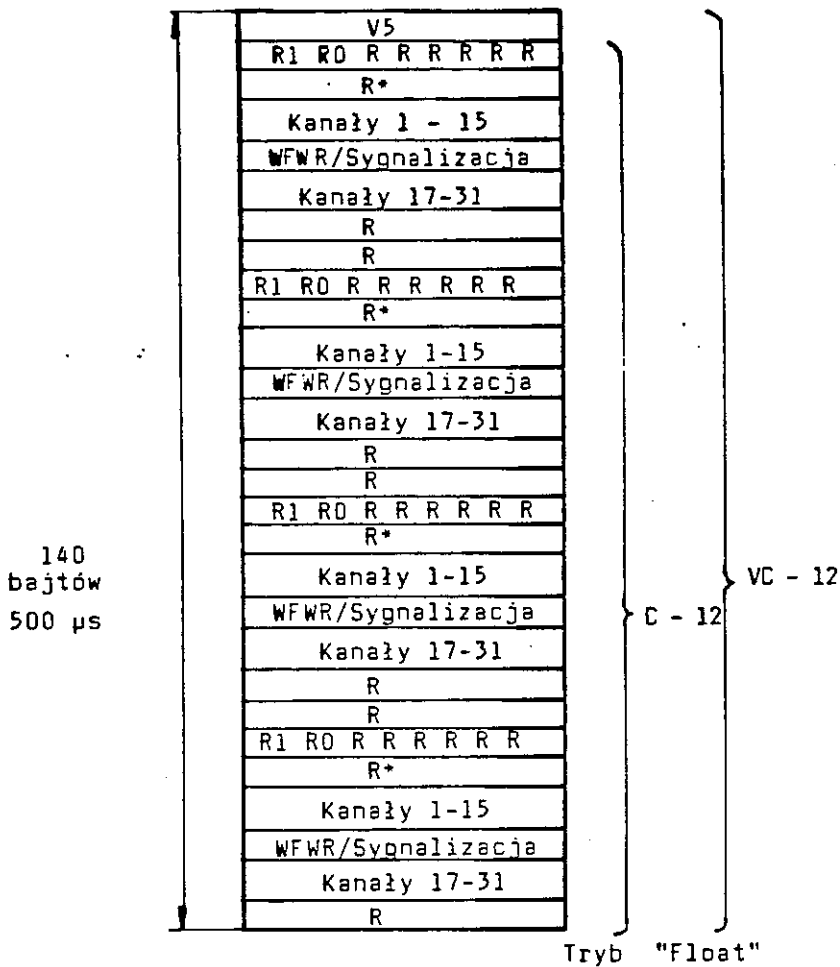
Format kontenera VC12 dla trybu bajtowego z sygnalizacją CCS przedstawiono na rys. 7. W porównaniu z układem dla asynchronicznego trybu pracy układ ten jest bardziej skomplikowany; nie jest wymagany układ dopełniania, ale niezbędne są:

- układ odzyskiwania fazowania ramki sygnału 2 Mbit/s,
- układ nadajnika/odbiornika nagłówka kontenera (bajt V5) - tylko w trybie zmiennym (ang. float),
- bufor 32-bajtowy (minimum) do zapamiętania ramki sygnału 2 Mbit/s - tylko w trybie stałym (ang. locked).

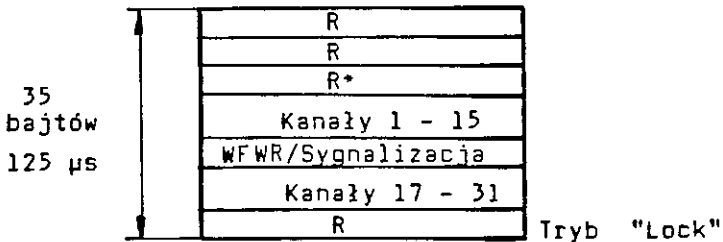
Ten tryb pracy może znaleźć zastosowanie w multiplexerach SDH, pracujących w sieciach synchronizowanych, w których stosuje się sygnalizację typu CCS (ang. Common Channel Signalling). W trybie tym istnieje możliwość transmisji sygnałów z sygnalizacją typu CAS, ale niemożliwa jest wtedy manipulacja kanałami 64 kbit/s (brak dostępu urządzeń SDH do informacji sygnalizacyjnych).

Istnieje możliwość manipulowania zarówno kontenerami dowolnego rzędu, jak i kanałami 64 kbit/s.

a)



b)

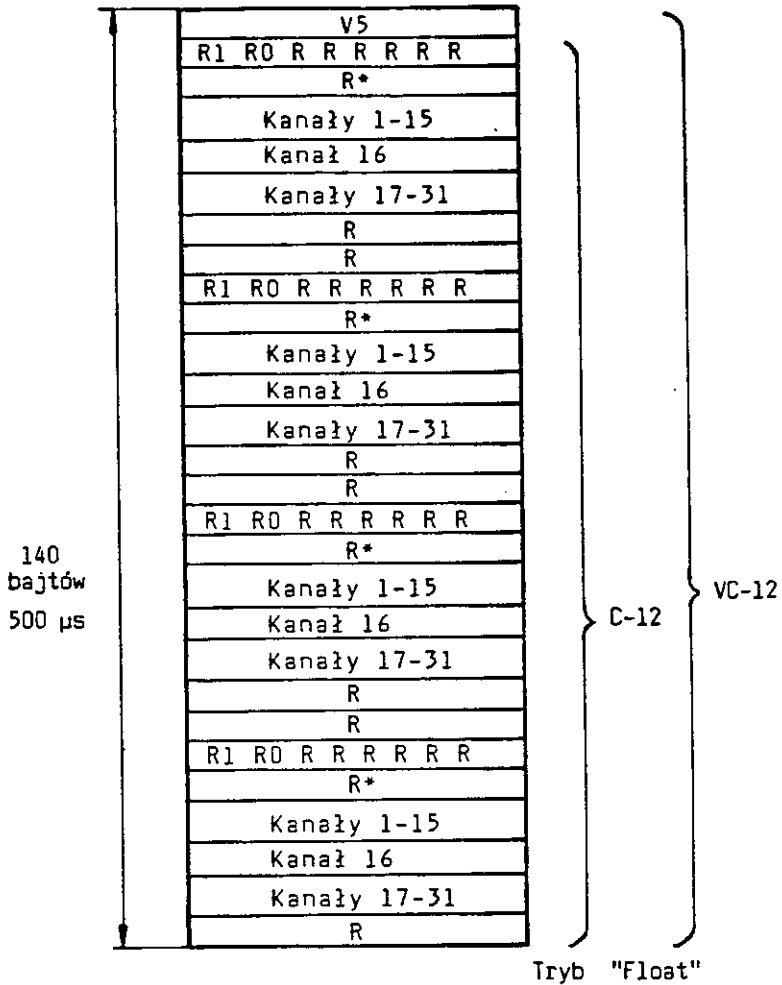


Rys. 6. Kontener VC12 dla trybu synchronicznego bajtowego (CAS)

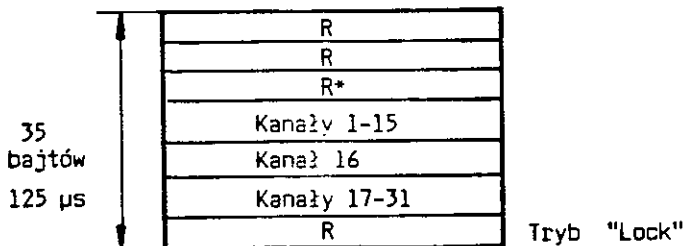
a) tryb zmienny; b) tryb stały

R - stałe dopełnianie, R* - może być szczelina TSO, O - bity nadmiarowe,
WFWR - wzór fazowania wieloramki

a)



b)



Rys. 7. Kontener VC12 dla trybu synchronicznego bajtowego (CCS)

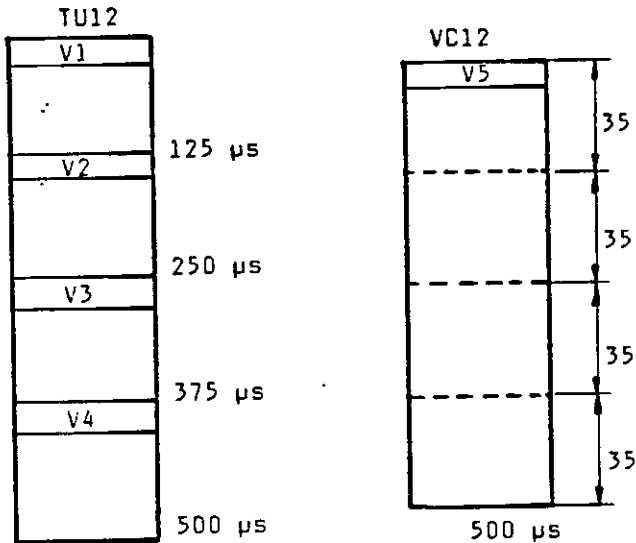
a) tryb zmienny; b) tryb stały

R - stałe dopełnianie, R* - może być szczelina TSO, O - bity nadmiarowe

Kontener VC12 uzupełniony znacznikami tworzy jednostkę podstawową TU12 (rys. 8).

Bajty uzupełniające V1...V4 w wieloramce jednostki TU12 mają następujące znaczenie:

- V1 i V2 stanowią znaczniki,
- V3 jest bajtem dopełniania ujemnego,
- V4 jest bajtem rezerwowym.



Rys. 8. Rozmiar i format wieloramki kontenera VC12 i jednostki podstawowej TU12

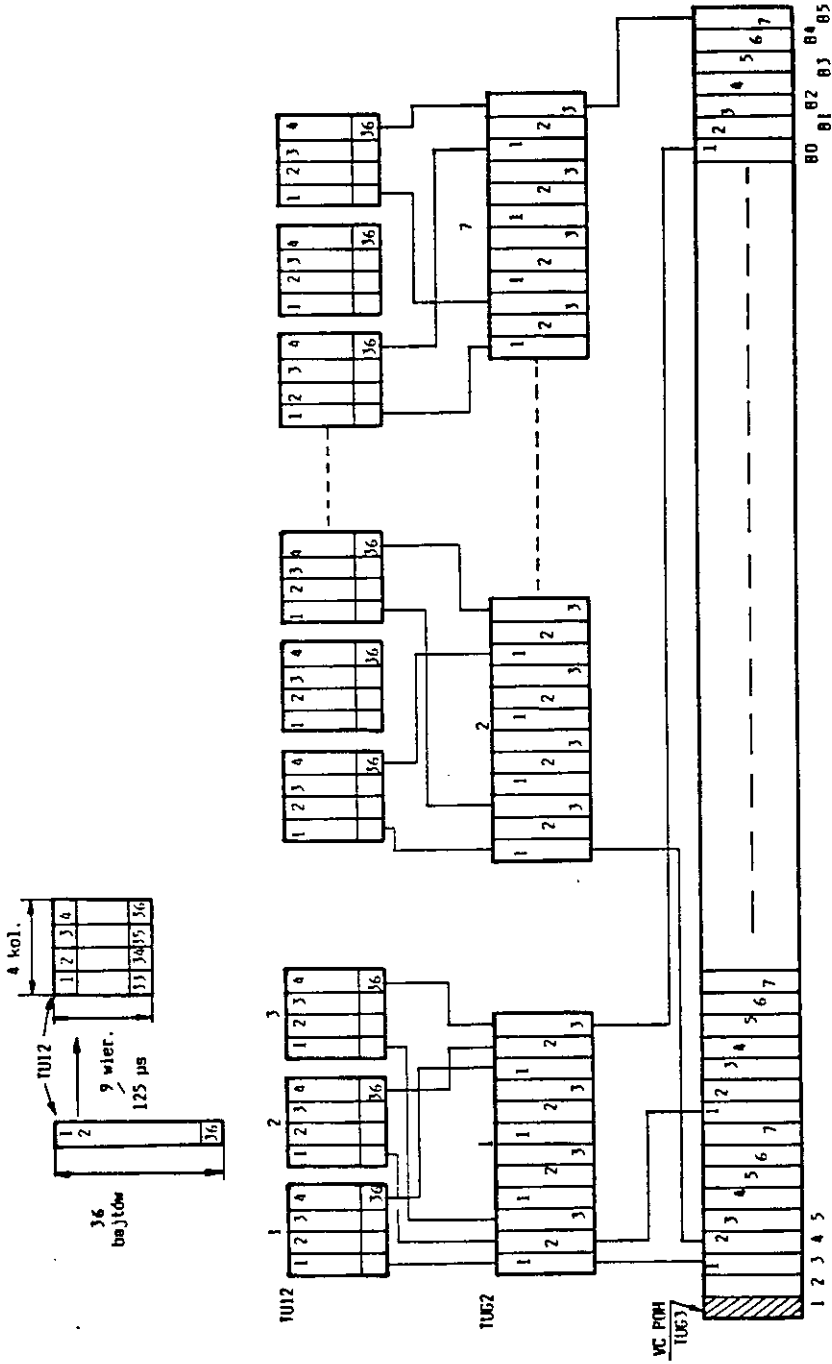
V1...V3 - bajty znacznika TU12, V4 - bajt rezerwowym

2.3. Tworzenie modułu transportowego STM-1

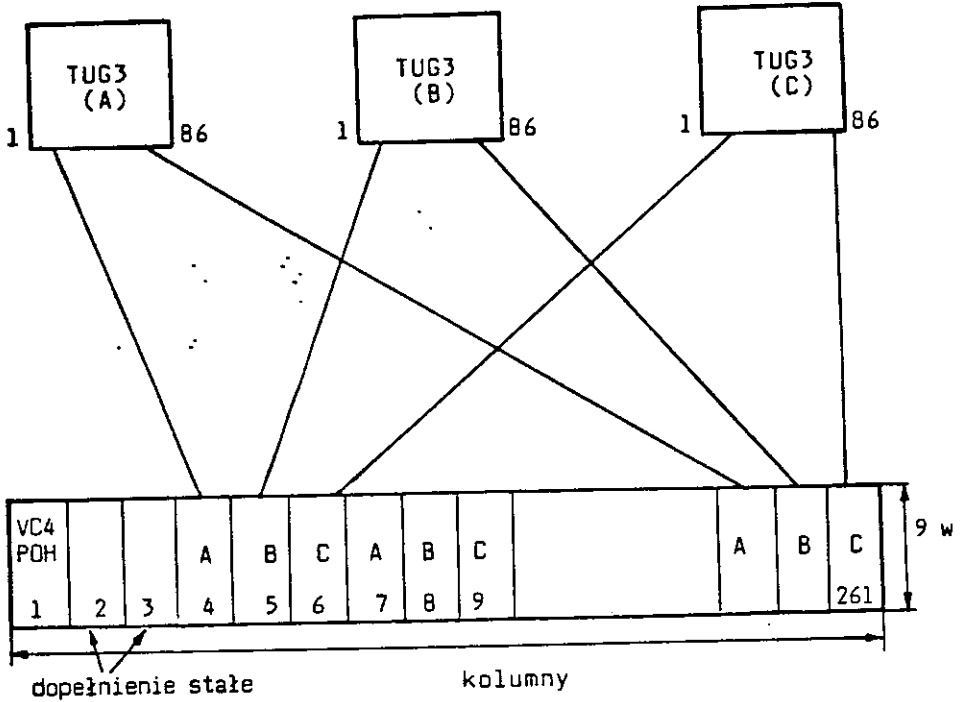
Moduł transportowy STM-1 jest utworzony z kontenera wirtualnego VC4 (rys.9), przy czym najpierw powstaje jednostka administracyjna AU4 przez dodanie znacznika do kontenera VC4, a następnie przez dodanie nagłówka SOH - moduł STM1.

Kontener wirtualny VC4 może być utworzony z:

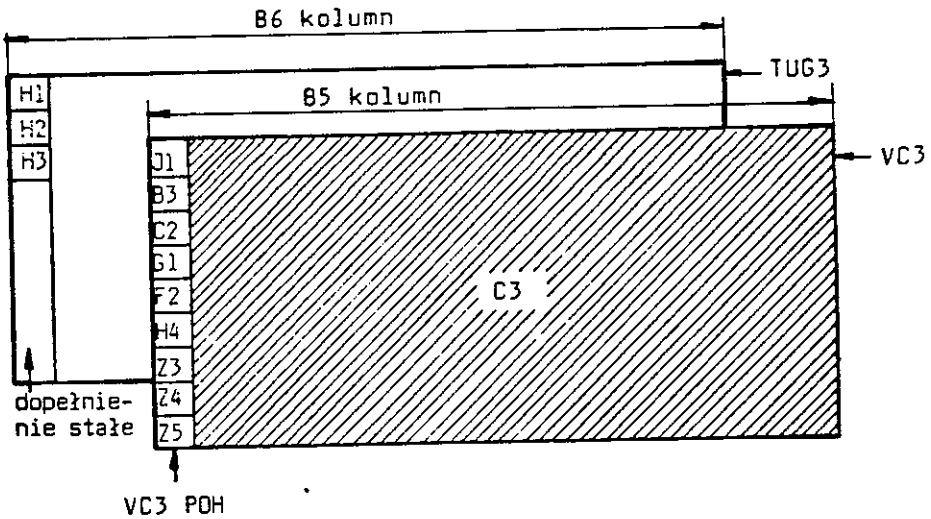
- a) sygnałów o przepływności 2 Mbit/s, tj. z kontenerów VC12;
- b) sygnałów o przepływności 34 Mbit/s, tj. z kontenerów VC3;
- c) sygnału o przepływności 140 Mbit/s, tj. z kontenera C4.



Rys. 10. Tworzenie grup TUG2 i TUG3 z jednostek podstawowych TUI2



Rys. 11. Wprowadzanie 3 grup TUG3 do kontenera wirtualnego VC4



Rys. 12. Tworzenie jednostki grupowej TUG3 z jednostki podstawowej TU3

3. FUNKCJONALNY SCHEMAT BLOKOWY KROTNICY STM-N

Na rys. 13 przedstawiono funkcjonalny schemat blokowy krotnicy STM-N. Krotnica, a właściwie sekcja zwielokrotnienia, kończy się w punkcie C. Funkcje RST i SPI stanowią elementy sekcji regeneracji. Rys. 13 ilustruje wymagane kroki dla zwielokrotnienia i grupowania różnych sygnałów składowych (wejściowych) w sygnał zbiorczy (wyjściowy) o przepływności 155 520 kbit/s. Schemat ten nie przedstawia fizycznych bloków krotnicy. Jedynymi blokami, które reprezentują konkretne układy fizyczne, są bloki PI i SPI.

3.1. Funkcje krotnicy na kierunku nadawczym - multipleksacja

Sygnały pierwotne podlegające zwielokrotnieniu (2, 34, 140) Mbit/s są podawane na wejście bloku PI.

Blok PI zapewnia odpowiedni styk dla sygnału wejściowego, jego regenerację i zamianę kodu liniowego na binarny, a także odtworzenie sygnału taktowania.

Funkcja LPA(m) umożliwia wprowadzenie sygnału do kontenera C12 i dostosowanie przepływności sygnału do przepływności kontenera - dopełnianie bitowe. W punkcie L występuje sygnał informacyjny (dane) w postaci kontenera C12 oraz sygnał, który mówi o przesunięciu ramki kontenera w stosunku do punktu odniesienia.

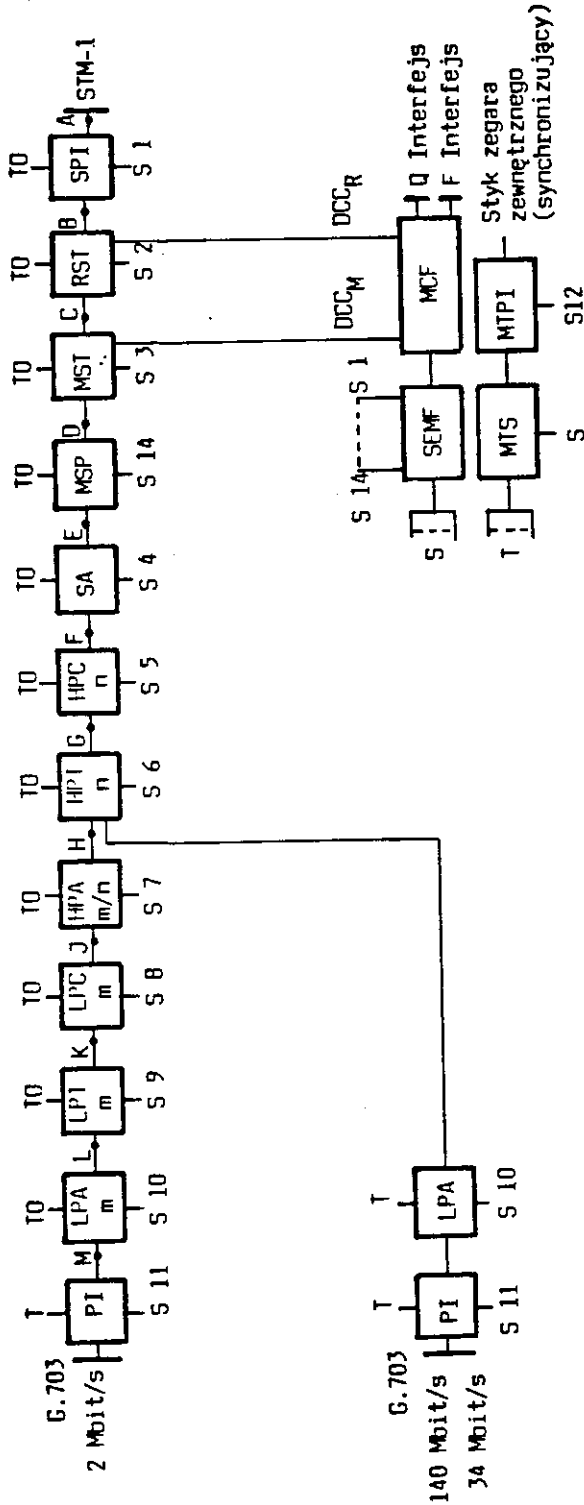
Funkcja LPT(m) oznacza funkcję generacji oraz dodawania nagłówka POH i utworzenie kontenera wirtualnego VC12. W punkcie K występuje sygnał informacyjny (dane) oraz sygnał informujący o przesunięciu ramki.

Funkcja LPC(m) umożliwia zmianę położenia kontenerów wirtualnych VC12 wewnątrz kontenerów VC4.

Funkcja HPA(m/n) grupuje kontenery niższego rzędu VC12 jako jednostki TU (przez dodanie do kontenerów VC12 znaczników) wewnątrz kontenera wyższego rzędu. Różnice fazy między kontenerem wyższego rzędu VC4 a kontenerem niższego rzędu VC12 określa znacznik jednostki TU.

Funkcja HPT(n) oznacza funkcję tworzenia nagłówka POH kontenera VC4 (bajty J1, B3, C2, G1, F2, H4, Z3, Z4, Z5).

Funkcja HPC(n) umożliwia zmianę położenia kontenerów wirtualnych wyższego rzędu VC4 wewnątrz modułu transportowego STM-1. W punkcie odniesienia F sygnał dysponuje pojemnością równoważną sygnałowi zbiorczemu.



Rys. 13. Schemat blokowy krotnicy SDH

m = 12; n = 3 lub 4

Funkcja SA jest funkcją tworzenia jednostki administracyjnej AU4 poprzez dodanie znacznika określającego fazę nagłówka POH kontenera VC4 w stosunku do nagłówka SOH (STM-1).

Funkcja MSP zapewnia ochronę sygnału STM-1 przed uszkodzeniami. Sygnał w punkcie D ma nieokreślone bajty nagłówka MSOH i RSOH.

Funkcja MST oznacza funkcje wygenerowania i dodania do jednostki administracyjnej AU4 nagłówka sekcji zwielokrotnienia MSOH (wiersze 5-9). Sygnał STM-1 wraz z nagłówkiem MSOH oraz związany z nim sygnał zegara pojawia się w punkcie C.

Funkcja RST oznacza funkcje wygenerowania nagłówka sekcji regeneracji RSOH (wiersze 1-3) oraz zakończenie formowania sygnału STM-1. Następnie jest dokonywane skramblowanie sygnału STM-1 przed przekazaniem go do punktu B, przy czym jest wyłączony z tej operacji pierwszy wiersz RSOH. W pełni uformowany sygnał STM-1 znajduje się w punkcie B, w którym funkcja SPI uzależnia go od właściwego środka transmisji i przekazuje do punktu A.

3.2. Funkcje krotnicy na kierunku odbiorczym - demultipleksacja

Sygnał STM-1 w punkcie A, podobnie jak w punkcie B, jest sygnałem zniekształconym po przejściu przez fizyczne środki transmisji.

Funkcja SPI oznacza regenerację sygnału i odtwarzenie zegara z sygnału liniowego.

Funkcja RST odzyskuje fazowanie ramki i identyfikuje pozycję startową ramki w sygnale w punkcie C. W pierwszej kolejności sygnał STM-1 jest deskramblowany (z wyjątkiem pierwszego rzędu RSOH), a następnie zostają oddzielone bajty RSOH (przed przekazaniem do punktu C ramkowego sygnału STM-1) oraz sygnał zegara.

Funkcja MST wyodrębnia bajty MSOH z sygnału STM-1.

Funkcja MSP przenosi sygnał STM-1 i zegar z punktu D do punktu odniesienia E. Jeśli ma być wykonane przełączenie zabezpieczające, wtedy sygnał STM-1 i zegar są odbierane w punkcie D, a następnie przełączane do odpowiedniego kanału roboczego w punkcie E, wówczas sygnał odebrany w punkcie odniesienia D jest zakończony.

Z sygnału STM-1 odebranego w punkcie E jest odtwarzany kontener wirtualny VC4 przy użyciu znaczników jednostki administracyjnej AU4 - funkcja SA. W punkcie G z kontenera wirtualnego VC4 z kompletnym nagłówkiem POH (bajty J1, B3, C2, G1, F2, H4, Z3, Z4, Z5) są odtwarzane bajty nagłówka, jako część funkcji HPT(n), a kontener VC4 jest przesłany do punktu H.

Funkcja HPA(m/n) oznacza funkcje rozkładu kontenera VC4 na kontenery niższego rzędu VC12. Znacznik TU każdego kontenera niższego rzędu (VC12) jest dekodowany w celu uzyskania informacji o przesunięciu ramki między kontenerem VC4, a indywidualnym kontenerem VC12. Proces ten musi umożliwiać ciągłe dopełnianie znacznika w przypadku, gdy częstotliwość zegara w punkcie grupowania znacznika TU różni się od lokalnego zegara odniesienia. Różnica częstotliwości między zegarami decyduje o wymaganej wielkości bufora danych.

Funkcja LPT(m) przetwarza nagłówek -bajt V5 kontenera VC12. Z kontenera C12 w punkcie L zostaje wydzielony sygnał pierwotny i zegar.

Funkcja PI zmienia kod binarny sygnału na liniowy i adaptuje go do odpowiedniego urządzenia odbiorczego.

4. RODZAJE KROTNIC SDH I ICH STOSOWANIE

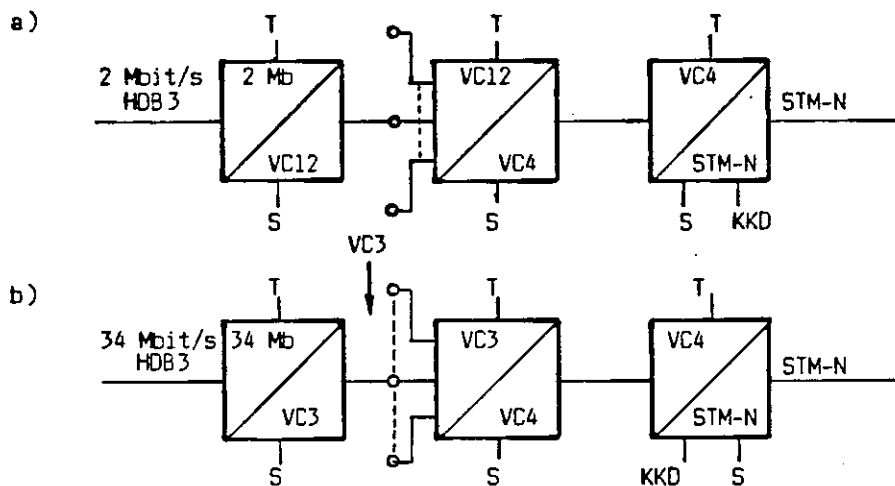
4.1. Krotnice proste typu I

Krotnica tego typu umożliwia zwielokrotnienie sygnałów PDH w sygnał zbiorczy STM-N. Np. 63 sygnały o przepływności 2048 kbit/s albo 3 sygnały o przepływności 34 368 kbit/s mogą zostać zwielokrotnione i uformowane w jeden sygnał STM-1 o przepływności 155 520 kbit/s (por. rys. 14). Krotnice tego typu mogą być stosowane w relacjach punkt-punkt. W stosunku do systemów plezjochronicznych krotnice tego typu zapewniają znacznie większe udogodnienia w zakresie nadzoru i kontroli jakości transmisji.

4.2. Krotnice proste typu II

Krotnica tego typu umożliwia łączenie określonej liczby sygnałów STM niższego rzędu w sygnał wyższego rzędu, np. 4 sygnały STM-1 o przepływności 155 Mbit/s mogą być

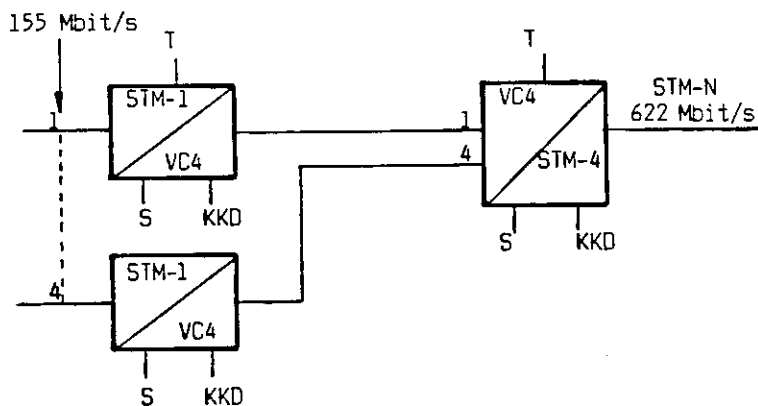
zwielokrotnione w jeden sygnał STM-4 o przepływności 622 Mbit/s (por. rys. 15). Zastosowanie tego typu krotnic jest podobne jak krotnic typu I w relacjach od punktu do punktu, lecz na liniach o dużej przepustowości.



Rys. 14. Krotnica SDH typu I

a) 2 Mb/STM-N; b) 34 Mb/STM-N

S - styk dla sygnałów nadzoru i sterowania, T - styk dla sygnałów taktowania, KKD - kanał komunikacji danych

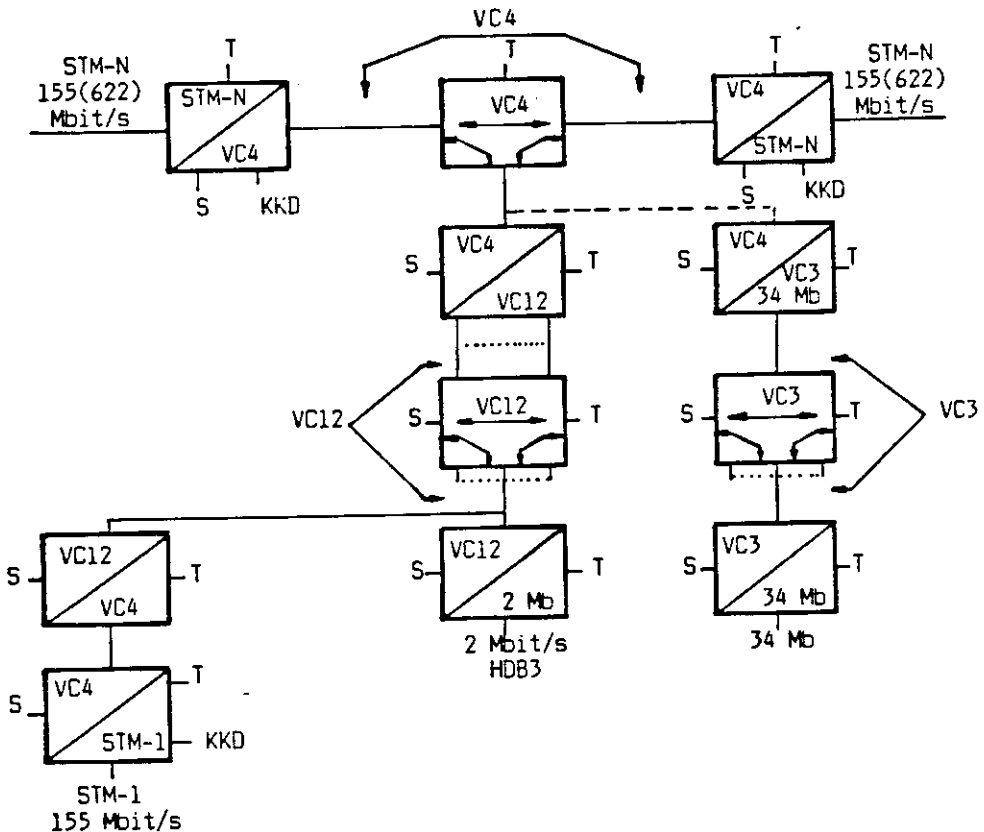


Rys. 15. Krotnica SDH typu II - 155 Mb/622 Mbit/s

S - styk dla sygnałów nadzoru i sterowania, T - styk dla sygnałów taktowania, KKD - kanał komunikacji danych

4.3. Krotnice z transferem kanałów ADM

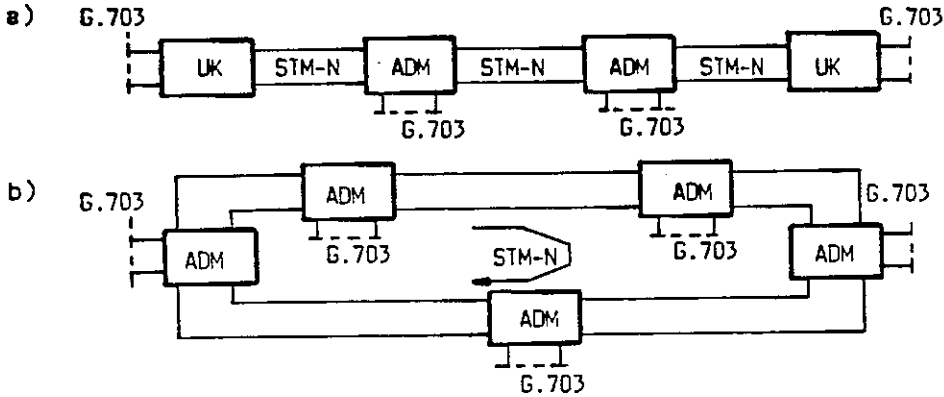
Krotnice SDH z transferem ADM (ang. Add Drop Multiplexers) umożliwiają transfer każdego sygnału wchodzącego w skład STM-N bez konieczności całkowitej demultipleksacji. Na rys. 16 pokazano przypadek transferu sygnałów PDH (2, 34, 140 Mbit/s) oraz sposób transferu z sygnału STM-N sygnału STM-1. W obydwu przypadkach transfer odbywa się na drodze wydzielania z sygnału zbiorczego kontenera VC4, który następnie jest odpowiednio przetwarzany stosownie do tego, jaki sygnał chcemy transferować.



Rys. 16. Krotnica SDH typu ADM

S - styk dla sygnałów nadzoru i sterowania, T - styk dla sygnałów taktowania,
KKD - kanał komunikacji danych

Istnieje przy tym możliwość wyboru i zmiany transferowanego sygnału na poziomie zarówno kontenera wyższego rzędu VC4, jak i kontenerów niższego VC12. Możliwość stosowania tego typu krotnic przedstawiono na rys. 17.



Rys. 17. Zastosowanie krotnic typu ADM

a) struktura łańcuchowa, b) struktura pętlowa

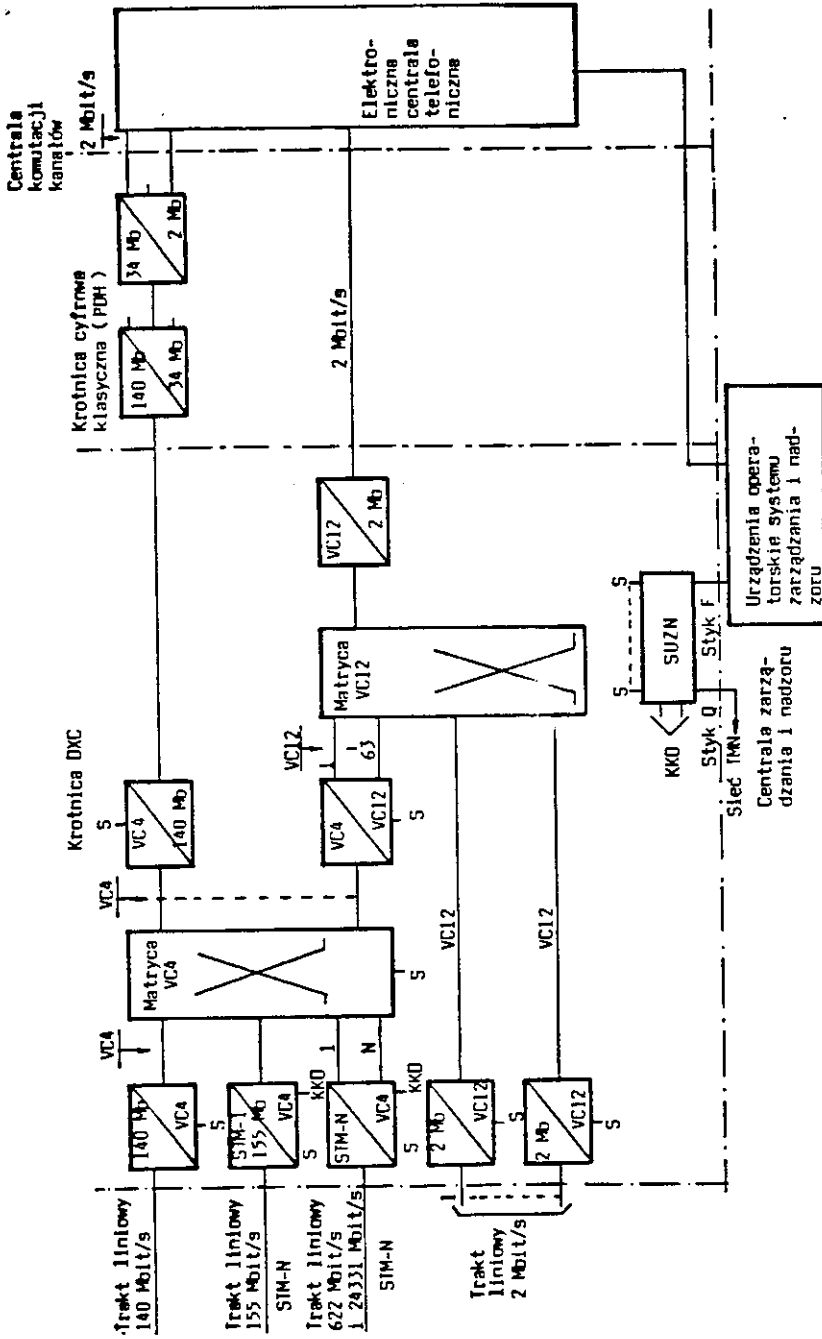
UK - urządzenie końcowe, ADM - krotnica z transferem grup kanałów

4.4. Krotnice z komutacją kanałów DXC (ang. Digital Cross-Connect)

Krotnice tego typu spełniają funkcje krotnic prostych lub typu ADM, a ponadto posiadają zdolność przełączania dróg transportu informacji. W szczególności istnieje w nich możliwość zmiany położenia kontenerów niższego rzędu (np. VC12) w ramce kontenera wyższego rzędu (VC4) oraz kontenerów wyższego rzędu w ramce modułu transmisyjnego STM z wykorzystaniem funkcji systemu nadzoru.

Przykładem zastosowania krotnic typu DXC może być koncepcja węzła telekomunikacyjnego przedstawiona na rys. 18. W skład tego węzła wchodzi centrum komutacji kanałów 64 kbit/s oraz krotnica SDH typu DXC, zapewniająca komutację dróg niższego i wyższego rzędu (VC12, VC4). Do krotnicy DXC mogą być doprowadzone trakty różnych systemów - zarówno hierarchii PDH (np. 2, 34, 140 Mbit/s), jak i hierarchii SDH (np. 155 Mbit/s i 622 Mbit/s).

Sygnały liniowe systemów PDH po odpowiedniej adaptacji tworzą drogi "transportu" różnego rzędu w zależności od przepływności doprowadzonych sygnałów liniowych. I tak



Rys. 18. Koncepcja węzła komunikacyjnego z komutacją grup kanałów w gwiazdźstym układzie sieci
 DXC - sterowana przełącznica cyfrowa, SUZN - systemowe urządzenie zarządzania i nadzoru, KKO - kanał komunikacji danych

sygnały 2 Mbit/s pozwalają tworzyć drogi niższego rzędu VC12, zaś sygnały 140 Mbit/s - drogi wyższego rzędu VC4. Aby utworzyć drogi niższego rzędu, należy w tym przypadku dokonać demultipleksacji sygnału wejściowego. Drogi "transportu" odpowiednich rzędów mogą być ze sobą komutowane w sterowanych matrycach cyfrowych.

Wszystkie typy krotnic SDH posiadają styki (S) i kanały komunikacji danych KKD (ang. DCC - Data Communications Channels) do obiektów zarządzania i nadzoru krotnic. Obiekty te zapewniają przetwarzanie i przechowywanie informacji, które mogą być przekazywane do terminala operatora przez styk F lub do sieci zarządzania TMN przez styk Q albo kanały komunikacji danych.

5. SYSTEM UTRZYMANIA I ZARZĄDZANIA SIECIĄ

5.1. Zasady ogólne

System nadzoru i zarządzania siecią SDH obejmuje następujące obiekty:

- sieciowe drogi transportu,
- urządzenia (krotnice różnego typu) i oprogramowanie,
- elementy zakończenia i przyłączenia dróg,
- urządzenia pomocnicze, jak np. zegar, zasilacz,
- układy testowania i utrzymania.

System zarządzania i nadzoru systemów SDH jest utworzony zgodnie z zasadami określonymi w zaleceniach CCITT (M30) dla sieci TMN.

Najniższy poziom funkcjonalny w tym systemie stanowią elementy systemu SDH spełniające funkcje zarządzania i nadzoru (ang. SEMF - Synchronous Equipment Management Function) oraz funkcje komunikacji wiadomości (ang. MCF - Message Communications Function). Funkcje zarządzania i nadzoru SDH są realizowane we współpracy z urządzeniem pośredniczącym i obiektem operacyjnym na wyższych poziomach sieci TMN.

Wewnętrzne kanały sterowania i komunikacji tworzą podsieć zarządzania SDH, która jest specyficznym rodzajem lokalnej sieci komunikacyjnej (LCN) w rozumieniu zalecenia M30. Obiekty zarządzania SDH mogą współpracować, jak już wspomniano, z siecią TMN

przez styk Q lub kanały komunikacji danych, które zapewniają komunikację między elementami systemu SDH.

System zarządzania i nadzoru SDH może spełniać następujące funkcje:

- sygnalizacji alarmowej:
 - przekazywanie alarmów,
 - wykaz alarmów na żądanie,
 - zezwolenie/blokada przekazywania alarmów kanałami komunikacji danych wewnątrz systemu,
 - komunikacji danych wewnątrz systemu;
- nadzorowania jakości transmisji:
 - podawanie parametrów jakościowych na żądanie,
 - wykaz parametrów jakościowych,
 - ustawienie początkowych wartości parametrów,
 - ustawienie progu każdego parametru na żądanie,
 - zezwolenie/blokada podawania przekroczeń progu,
 - wykaz zezwoleń/blokad podawania przekroczeń podawany na żądanie;
- sterowania przełączaniem na rezerwę:
 - włączanie/wyłączanie ręcznego przełączania na rezerwę,
 - włączenie/wyłączenie wymuszonego przełączania na rezerwę,
 - włączenie/wyłączenie blokady przełączania,
 - żądanie/ustawienie parametrów przełączania automatycznego.

Przewiduje się ponadto rozszerzenie funkcji systemu zarządzania i nadzoru SDH o funkcje: monitorowania rekonfiguracji sieci, testowania, zdalnego dostępu. Do celów kontroli i sterowania przepływem informacji są stosowane w systemach SDH nagłówki kontenerów.

5.2. Funkcje nagłówków

Wyodrębniono dwa typy nagłówków: nagłówek drogi wirtualnego kontenera (VC POH) oraz nagłówek modułu transportowego (SOH).

Nagłówek modułu transportowego SOH jest dodawany do informacji użytkowej podczas formowania sygnału STM-1. Zawiera on informacje dotyczące ramkowania sygnału oraz informacje umożliwiające wykonanie funkcji kontroli i nadzoru.

Nagłówek modułu transportowego (SOH) jest podzielony na nagłówek sekcji regeneratorowej (RSOH), zajmujący wiersze 1-3 oraz nagłówek sekcji zwielokrotnienia (MSOH), zajmujący wiersze 5-9. MSOH jest dostępny tylko w urządzeniu końcowym, podczas gdy RSOH - w urządzeniu końcowym i regeneratorze.

Na rys. 19 przedstawiono rozmieszczenie bajtów SOH w ramce STM-1.

Sekcja regeneracji	RSOH	A 1	A 1	A 1	A 2	A 2	A 2	C 1	X	X
		B 1			E 1			F 1	X	X
		D 1			D 2			D 3		
Znacznik jednostki administracyjnej										
Sekcja multipleksacji	MSOH	B 2	B 2	B 2	K 1			K 2		
		D 4			D 5			D 6		
		D 7			D 8			D 9		
		D 10			D 11			D 12		
		Z 1	Z 1	Z 1	Z 2	Z 2	Z 2	E 2	X	X

Rys. 19. Struktura nagłówka SOH

A1 - sygnał fazowania ramki 11110110, A2 - sygnał fazowania 00101000, B1 - bajt kodu parzystości (BIP) dla kontroli błędów regeneratorów, B2 - bajt kodu BIP dla kontroli przekłamań multiplexerów, C1 - identyfikator STM-1 w STM-N, D1, D2, D3 - kanał komunikacyjny sekcji regeneratorowej, D4-D12 - kanał komunikacyjny sekcji multiplexerowej, E1, E2 - kanał akustyczny łączności służbowej, Z1, Z2 - bajty rezerwowe, X - bajty sieci narodowych, K1, K2 - przełączanie na rezerwe

5.2.1. Nagłówek SOH

Poniżej wymieniono funkcje poszczególnych bajtów nagłówka SOH.

Bajty wzoru ramkowania: **A1, A2.**

Bajt C1 określa numer ramki STM-1 w ramce STM-N.

Bajty D1-D2 przeznaczone do transmisji danych.

Bajty D1...D3 formują kanał o przepływności 192 kbit/s określany jako kanał komunikacji danych regeneratora.

Bajty D4...D12 formują kanał o przepływności 576 kbit/s określany jako kanał komunikacji danych sekcji zwielokrotnienia.

Bajty E1 i E2 są przeznaczone do tworzenia kanałów akustycznych łączności służbowej.

Bajt F1 zarezerwowany jest dla potrzeb użytkownika.

Bajt B1 służy do kontroli błędów w sekcji regeneratora. Zawiera on kod kontroli parzystości przeplotu bitowego BIP-8 obliczany na podstawie wartości wszystkich bitów poprzedniej ramki sygnału STM-1. Kod, obliczony dla ramki poddanej uprzednio operacji skramblowania, jest umieszczany na pozycji bajtu B1 ramki następnej przed operacją skramblowania.

Bajt B2 służy do kontroli stopy błędów w sekcji zwielokrotnienia. Zawiera on kod parzystości przeplotu bitowego BIP-24 obliczany na podstawie wartości wszystkich bitów poprzedniej ramki sygnału STM-1, z wyjątkiem pierwszych trzech rzędów SOH. Kod, obliczony dla ramki poddanej uprzednio operacji skramblowania, jest umieszczony na pozycji bajtu B2 ramki następnej przed operacją skramblowania.

Bajty K1, K2 są przeznaczone dla celów sygnalizacji ASP - automatycznego przełączania na rezerwę.

Bajty Z1, Z2 są przeznaczone dla funkcji jeszcze nie zdefiniowanych.

5.2.2. Nagłówek kontenera wirtualnego POH

Nagłówek kontenera wirtualnego POH jest stosowany w celu zapewnienia integralności komunikacji między punktem formowania VC, a punktem jego rozdzielenia.

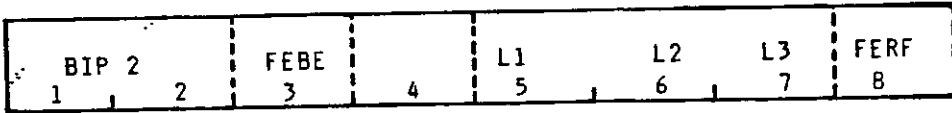
Wyodrębniane są dwie kategorie nagłówków drogi kontenera VC:

- nagłówek VC niższego rzędu (POH VC12),
- nagłówek VC wyższego rzędu (POH VC4).

Nagłówek drogi VC niższego rzędu jest dodawany do zawartości kontenera przy formowaniu VC12.

5.2.2.1. Przyporządkowanie funkcjonalne bitów nagłówka POH VC12

Pierwszy bajt VC12 jest bajtem nagłówka drogi, oznaczonym jako V5. Przyporządkowanie funkcjonalne bitów nagłówka przedstawiono na rys. 20.



Rys. 20. Struktura bajtu V5

Bit 1 i 2 służą do kontroli stopy błędów w VC12. Zawierają one kod kontroli parzystości przeplotu bitowego BIP2 obliczany na podstawie wartości wszystkich bitów nieparzystych (bit 1) i parzystych (bit 2) poprzedniego VC12.

Bit 3 sygnalizuje blokowy błąd odległego końca (FEBE) drogi VC12 i przybiera wartość binarną "1", jeśli BIP2 wykrywa błąd. W przeciwnym przypadku bit 3 przybiera wartość binarną "0".

Bit 4 jest tymczasowo nie wykorzystywany (przeznaczony dla potrzeb funkcji śledzenia i uwierzytelnienia drogi).

Trzy bity 5-7 są przeznaczone do określenia charakteru odwzorowania w VC12. Osiem możliwych kombinacji binarnych bitów oznacza:

- 000 - nie wyposażona droga VC12,
- 001 - wyposażona droga VC12,
- 010 - odwzorowanie asynchroniczne,
- 011 - synchronizacja bitowa,
- 100 - synchronizacja bajtowa,
- 101, 110, 111 - nie używane.

Bit 8 przenoszący wskazanie uszkodzenia odbioru odległego końca (FERF) przybiera wartość binarną "1", jeśli odbierany jest: AIS drogi TU12 lub wadliwy sygnał. W przeciwnym przypadku bit ten przybiera wartość "0".

5.2.2.2. Przyporządkowanie funkcjonalne bajtów nagłówka POH VC3/VC4

Nagłówek POH kontenera VC3 jest umieszczony w pierwszej kolumnie bajtowej struktury VC3 (por. rys. 12), a nagłówek POH kontenera VC4 - w pierwszej kolumnie bajtowej struktury VC4 (patrz rys. 9).

Bajt J1 jest używany do cyklicznej transmisji 64-bajtowej sekwencji, co umożliwia odbiorcy kontrolę ciągłości połączenia z odpowiednim nadajnikiem.

Bajt B3 służy do kontroli stopy błędów każdego VC3 i VC4. Zawiera on kod kontroli parzystości przeplotu bitowego BIP-8 obliczany na podstawie wartości wszystkich bitów poprzedniego kontenera wirtualnego. Kod, obliczony dla VC4 poddanego uprzednio operacji skramblowania, umieszczany jest na pozycji bajtu B3 następnego VC4 przed operacją skramblowania.

Bajt C2 określa zawartość kontenera. Z 256 wartości zalecenia definiują dwie:

- "0" - brak wyposażenia wprowadzającego informację użyteczną do kontenera;
- "1" - wyposażenie takie istnieje, ale informacja niesiona przez kontener nie wymaga rozpoznania lub rozpoznanie to zachodzi za pomocą innych środków, np. z systemu operacyjnego.

Pozostałe kombinacje są przeznaczone dla użytkownika.

Bajt G1 zapewnia kanał wymiany informacji z przeciwną stacją.

Bity 1-4 wskazują liczbę bloków, w których wykryto błędy za pomocą BIP-8 (B3).

Wartość binarna "1" bitu 5 wskazuje FERF drogi VC34. Bity 6-8 nie są używane.

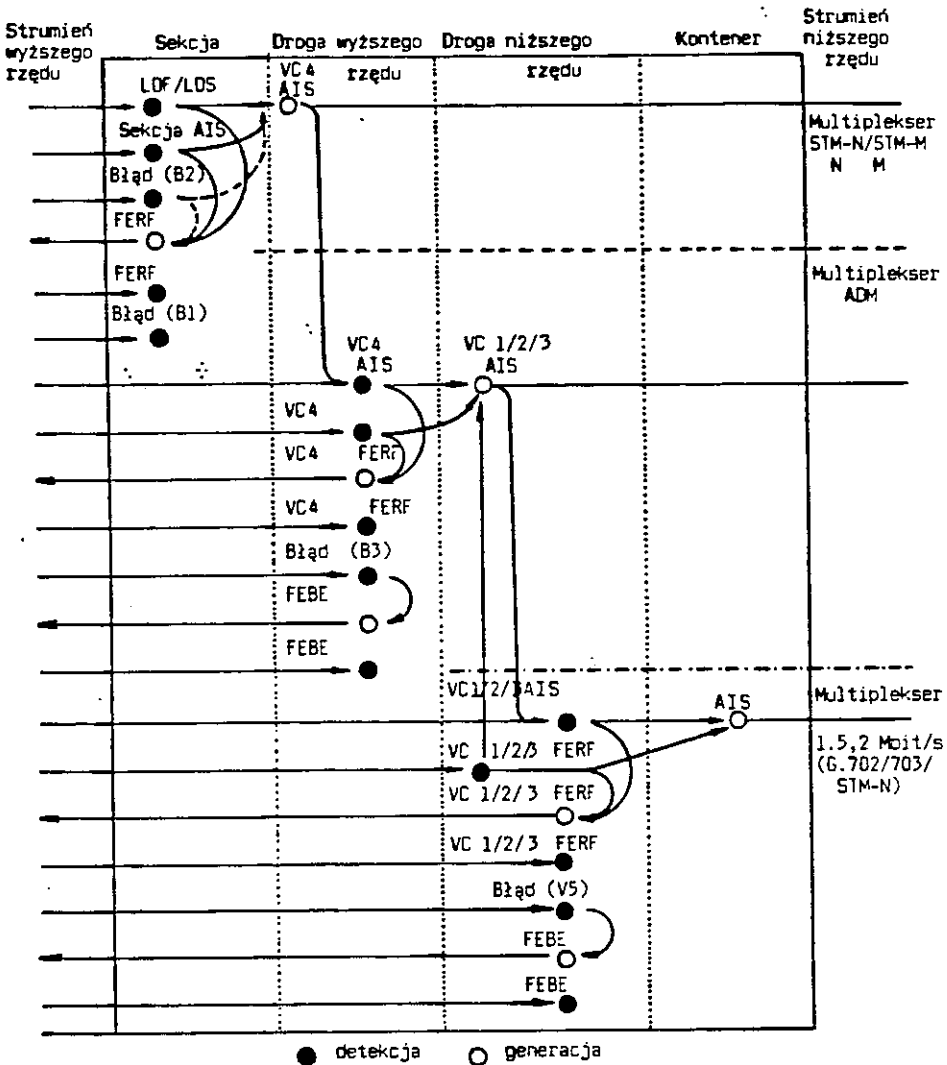
Bajt F2 jest przeznaczony do komunikacji między elementami drogi VC34 (kanał komunikacji danych).

Bajt H4 wskazuje strukturę wieloramki zawartości kontenera.

Bajty Z3-Z5 są przeznaczone dla przyszłych, nie zdefiniowanych jeszcze celów.

5.3. Sygnalizacja stanów awaryjnych

System sygnalizacji alarmowej zobrazowano na rys. 21. Zaistniałe uszkodzenie wywołane przez np. zanik sygnału (LOS), utratę ramkowania (LOF), utratę znacznika (LOP) wywołują pojawienie się sygnału alarmowego (AIS), na stacji odbiorczej.



Rys. 21. System sygnalizacji alarmowej i nadzoru w SDH

LOP (ang. Loss of pointer) - utrata znacznika, LOF - (ang. Loss of frame) - utrata ramkowania, LOS (ang. Loss of signal) - zanik sygnału, FERF (ang. Far end receive failure) - uszkodzenie odbioru odległego końca, FEBE (ang. Far end block error) - błąd blokowy odległego końca

W przypadku wykrycia stanu awaryjnego w sygnale przychodzącym AIS sekcji następuje odbiór wartości "111" bitów 6-8 bajtu K2 po deskramblovaniu.

Pojawienie się sygnału AIS jest uzależnione od poziomu zarządzania, na którym zaistniało uszkodzenie. W przypadku zaistnienia stanu awaryjnego wywołującego AIS

i alarmy pilne są wysyłane zwrotne sygnały alarmowe w przeciwnym kierunku transmisji, ostrzegające o zaistniałych uszkodzeniach.

Odbiór informacji o uszkodzeniu na odległym końcu (FERF) sygnalizuje, że odbiornik na przeciwnym końcu wykrył uszkodzenie sygnału przychodzącego lub AIS sekcji zwielokrotnienia MS-AIS lub jako sygnał LOS lub LOF, które są wykryte przez urządzenie końcowe sekcji zwielokrotnienia. Sygnalizacja FERF następuje w przypadku odbioru kombinacji "110" bitów 6-8 bajtu K2 po deskramblowaniu. Zdalna sygnalizacja alarmowa (RAI) "w tył" jest wysyłana poprzez bajt G1 nagłówka POH kontenera VC3/VC4 lub bajt V5 nagłówka POH kontenera VC1/VC2.

Na każdym poziomie hierarchii zarządzania sprawdza się parzystość przeplatania bitowego (BIP) w ramce. Wzór testu (BIP) jest przekazywany w nagłówku SOH sekcji regeneracji i zwielokrotnienia oraz odcinku sekcji nadzoru. Ponadto urządzenia końcowe sekcji wyższego rzędu oraz odcinków niższego rzędu wytwarzają sygnał (FEBE - błąd blokowy odległego końca).

Sygnał AIS drogi TU12 polega na wypełnieniu całego sygnału jednostki TU12 ciągiem logicznych jedynek. Analogicznie określany jest AIS drogi AU3/4. Sygnał STM-1 przenosi sygnały AIS wszystkich dróg, wyposażając je w prawidłowe nagłówki SOH. Bajt G1 przenosi informacje o statusie drogi.

6. SYNCHRONIZACJA I TAKTOWANIE

W systemach SDH jest wymagana bardzo precyzyjna synchronizacja taktowania w porównaniu do sieci plezjochronicznych, gdzie była wymagana tylko synchronizacja częstotliwości, a faza mogła się zmieniać w dość szerokich granicach. Synchronizacja sieci, tj. ogólnosieciowa dystrybucja dokładnego i wysokostabilnego sygnału taktowania jest jednym z najbardziej krytycznych aspektów wprowadzania systemów SDH.

Głównym celem transmisji SDH jest możliwie największe zminimalizowanie wpływu złej synchronizacji, tzn. fluktuacji (jitter i wander). Miarą pogorszenia jakości transmisji powodowanej złą synchronizacją może być:

- liczba niepożądanych odrzuceń i powtórzeń wiadomości;
- liczba błędów spowodowanych niewłaściwą interpretacją transmitowanych wiadomości.

Jest ona określona mianem systemowej stopy błędów (BER).

Pogorszenie jakości nie stanowi istotnego problemu dla usług fonicznych, natomiast staje się krytyczne dla transmisji danych.

Sieć synchronizacyjną tworzy pewna liczba węzłów połączonych ze sobą zgodnie z zadaną architekturą. Każdy węzeł jest reprezentowany przez implementację układową systemu zegarowego - generatora, którego wyjście charakteryzują dwa podstawowe parametry:

- dokładność mierzona jako różnica między częstotliwością wyjściową a nominalną;
- stabilność określana zmiennością częstotliwości wyjściowej mierzoną w ustalonym odcinku czasowym.

Im lepsza jest jakość układu zegara wyrażona dokładnością i stabilnością, tym ważniejsza jest jego rola w strukturze synchronizacji. Najbardziej jest rozpowszechniona architektura synchronizacji typu "master - slave" realizowana w postaci drzewa. Stanowi ją wielopoziomowa wielokierunkowa struktura, w której sygnał odniesienia master jest rozprowadzany do węzłów. Sygnały zegarowe kolejnych poziomów węzłów mają parametry dostosowane do zmniejszających się stopniowo wymagań. Zegar główny jest realizowany zwykle jako wzorzec cezowy o stabilności długookresowej większej niż 1×10^{11} /rok.

Głównym zadaniem węzłów podrzędnych jest powielanie i rozprowadzanie odbieranego sygnału zegarowego. Pracują one poprawnie nawet w przypadku nieciągłości lub obecności fluktuacji w sygnale wejściowym; mogą również generować wyjściowy sygnał zegarowy przy nieobecnych sygnale wejściowym tzw. tryb szczątkowy (ang. hold-over).

Inną metodą jest synchronizacja wzajemna. W tym przypadku sieć jest zrealizowana w postaci niehierarchicznej, jednopoziomowej dwukierunkowej struktury węzłów (wykonanych zwykle w technologii rubidowej) synchronizowanych do średniej wartości częstotliwości wszystkich sygnałów przychodzących. W teorii daje to efekt dostarczenia do każdego węzła tego samego sygnału, bez użycia sygnału odniesienia master. Koszt synchronizacji wzajemnej jest stosunkowo wysoki.

7. ZABEZPIECZENIE I REKONFIGURACJA SIECI SDH

Nowoczesną sieć telekomunikacyjną powinna cechować duża niezawodność. W przypadku zaistnienia awarii powinna nastąpić w sposób automatyczny rekonfiguracja

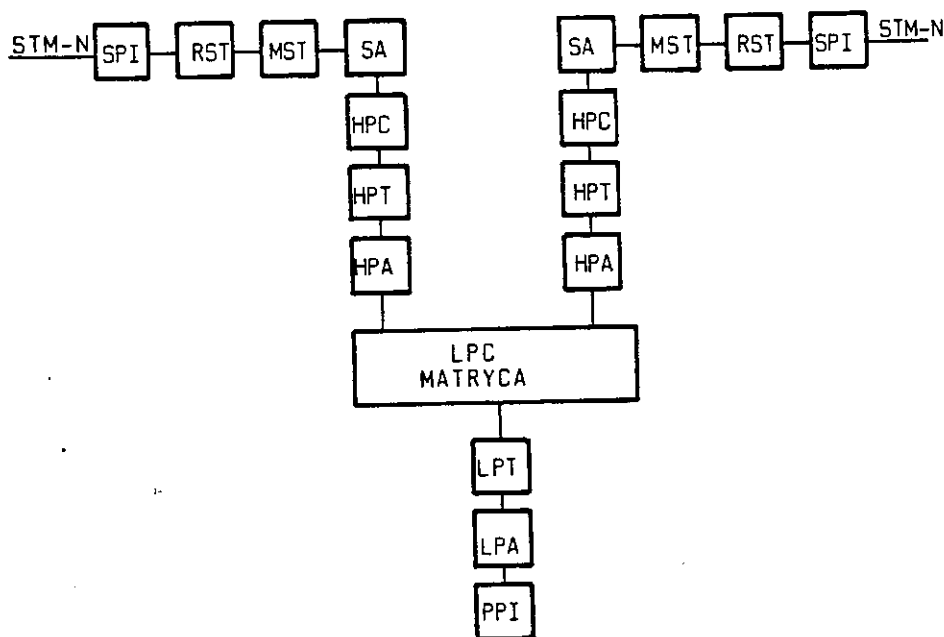
sieci do zapewnienia ciągłości łączności, co oznacza, że sieć powinna być samonaprawialna. Koncepcja sieci samonaprawialnej (ang. Self Healing Network) wiąże się ściśle z koncepcją systemów SDH.

Podstawowym założeniem sieci samonaprawialnej jest zabezpieczenie niezawodnej jej pracy, nawet w przypadku awarii przerwa w łączności nie powinna trwać dłużej niż 50 ms. W systemach SDH cel ten osiąga się przez stosowanie automatycznego przełączania ruchu na drogi rezerwowe, co dalej będzie nazywane zabezpieczeniem.

W systemach SDH przewiduje się dwa sposoby zabezpieczenia ruchu:

- przełączanie dróg (kontenerów wirtualnych VC niższego rzędu), które opierają się na detekcji błędów (np. utrata znacznika LOP lub sygnał AIS) w warstwie dróg;
- przełączanie sekcji zwielokrotnienia (modułów STM-N), które opiera się na detekcji uszkodzenia w warstwie sekcji zwielokrotnienia.

Zabezpieczenie dróg odbywa się przez realizację funkcji LPC przy użyciu matrycy (rys. 22), która ma zdolność przełączenia wejścia i wyjścia kanałów z tego samego węzła.



Rys. 22. Krotnica transferowa (ADM) w pierścieniu jednokierunkowym

Zabezpieczenie sekcji zwielokrotnienia, tj. realizacja funkcji MSP (rys. 22), zapewnia ciągłość transmisji sygnału STM-N przy uszkodzeniu wewnątrz sekcji zwielokrotnienia.

Automatyczne przełączanie na rezerwę inicjowane jest po wykryciu pogorszenia transmisji lub zaniku sygnału. Pogorszenie stanu transmisji oznacza wykrycie przekroczenia ustalonej stopy błędów (np. 10^{-5}). Przełączanie traktu na rezerwę polega na przełączaniu wyjściowego sygnału zbiorczego STM-N z uszkodzonego traktu roboczego na rezerwową linię utworzoną z dodatkowego wyposażenia. Przewiduje się stosowanie dwojakiemu rodzajowi przełączania na rezerwę: 1+1 oraz 1+n. W przypadku stosowania przełączania na rezerwę typu 1+1 sygnał zbiorczy STM-N jest nadawany równocześnie do dwóch traktów (sekcji zwielokrotnienia): roboczego i rezerwowego. Po stronie odbiorczej są kontrolowane sygnały w obydwu traktach i jest odbierany sygnał z jednego traktu, który spełnia odpowiednie wymagania. W przypadku zaś stosowania przełączania na rezerwę typu 1+n trakt rezerwowo jest przydzielony pewnej liczbie kanałów STM-N. Po ustąpieniu stanu awaryjnego sygnał powinien być przełączony z powrotem z rezerwy na kanał roboczy.

Topologię sieci SDH stanowią pierścienie zabezpieczające, które pozwalają na utworzenie dodatkowych dróg transportu informacji w przypadku awarii i drogi podstawowej. Z punktu widzenia transmisji możliwe są dwa typy pierścieni:

- jednokierunkowe, w których ruch odbywa się w jedną stronę;
- dwukierunkowe, w których zarówno ruch podstawowy jak i rezerwowo przebiega w obydwu kierunkach.

Pierścienie jednokierunkowe są optymalizowane dla sieci lokalnych (systemów dostępu do sieci). Zakłada się, że w tym przypadku nieduża liczba strumieni 2 Mbit/s będzie dołączona do pierścienia.

Pierścienie dwukierunkowe są optymalizowane dla sieci międzymiastowej, przy założeniu, że ruch jest równomiernie rozłożony pomiędzy poszczególnymi węzłami lub że większość ruchu z określonego węzła będzie kierowana do węzłów sąsiednich.

Biorąc pod uwagę sposób tworzenia dróg rezerwowych rozróżnia się pierścienie:

- z dedykowanym zabezpieczeniem (ang. Dedicated Protection Ring), w których przewidziane są dodatkowe drogi o określonym przeznaczeniu;
- z dzielonym zabezpieczeniem (ang. Shared Protection Ring), w których podczas awarii transmisja może się odbywać częściowo kanałami podstawowymi i częściowo kanałami rezerwowymi.

Na rys. 23 pokazano strukturę pierścienia jednokierunkowego z zabezpieczeniem dedykowanym, składającego się z czterech węzłów: A,B,C,D. W przypadku awarii następuje przełączenie na z góry ustaloną drogę, przy czym węzeł A pełni funkcję początku łącza A-C, a węzeł C - końca łącza, w którym następuje wybór pomiędzy ruchem podstawowym a rezerwowym. Wadą tego typu zabezpieczenia jest niski współczynnik wykorzystania przepustowości linii.

Pierścień z zabezpieczeniem dzielonym pokazano na rys. 24. Podstawą działania tego pierścienia jest podział ruchu: połowa kanałów jest przeznaczona dla ruchu podstawowego, a druga połowa - dla ruchu rezerwowego. W podanym przykładzie opisany jest ruch A-B i A-C.

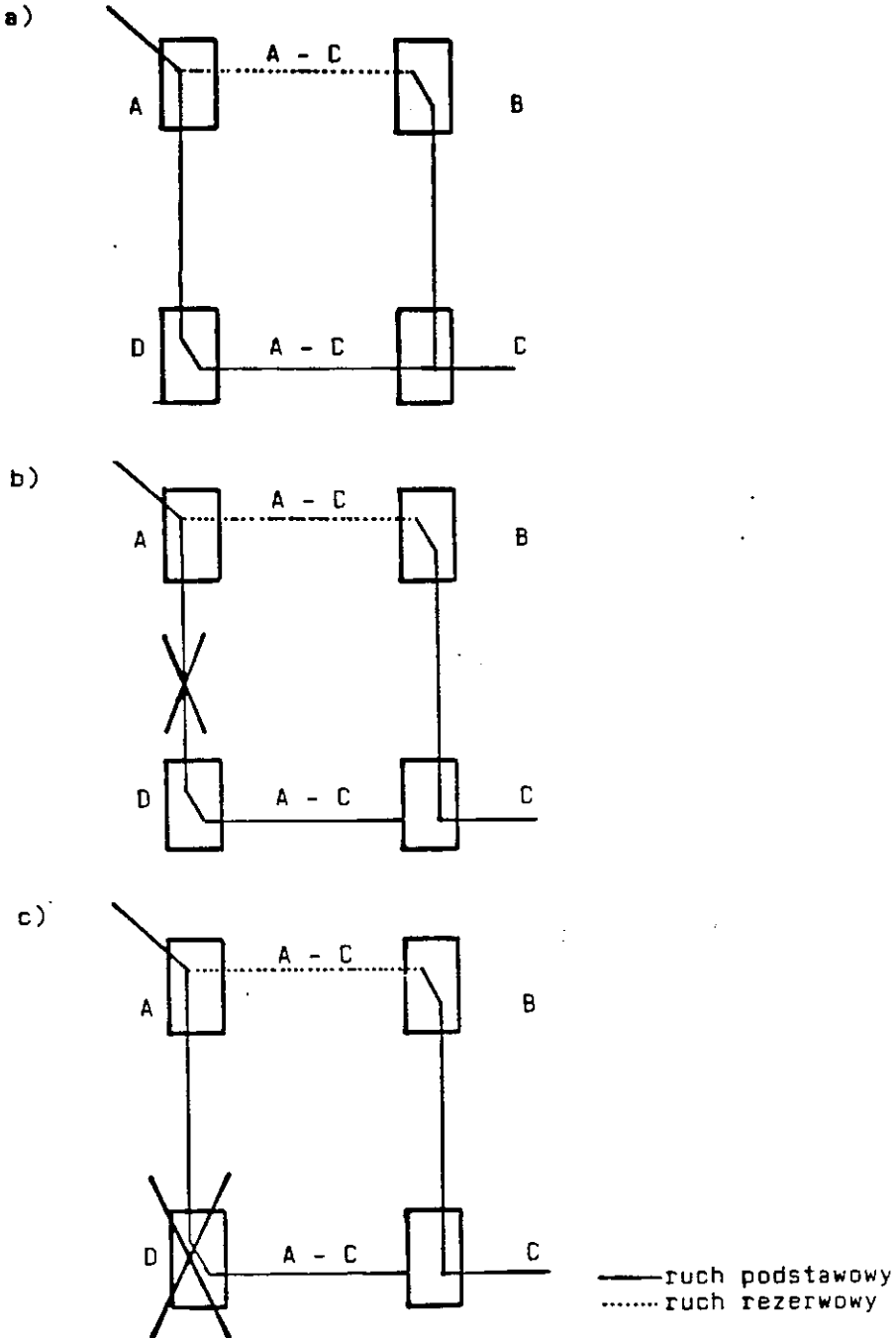
Na rys. 24a przedstawiono działanie pierścienia w warunkach normalnych (stan bezawaryjny). Jak widać, ruch jest kierowany najkrótszymi drogami. Przez kanały rezerwowe ruch nie jest przenoszony. Na rys. 24b pokazano przypadek uszkodzenia linii pomiędzy węzłami A i D; wówczas w węzłach sąsiadujących z miejscem uszkodzenia (A i D), następuje zapętlenie ruchu na kanały rezerwowe. Ruch na kierunku A-B nie ulega zmianie. Natomiast ruch A-C jest zapętlany w kanały rezerwowe w przeciwnym kierunku w węźle A i przesyłany przez B i C do D, w którym jest ponownie przełączany na kanały podstawowe, a następnie przesyłany do C. Ruch powrotny C-A jest przesyłany do węzła D normalną drogą, tu kierowany do kanałów rezerwowych i po zmianie kierunku - przez C i B przesyłany do A. W węźle tym ruch powraca do kanałów podstawowych.

Na rys. 24c pokazano pierścień z uszkodzonym węzłem D. Rola węzła A, w porównaniu z poprzednim przypadkiem nie zmieniła się, natomiast funkcje uszkodzonego węzła D przejął węzeł C. Cały ruch, który nie kończy się lub zaczyna w węźle D, może przebiegać normalnie.

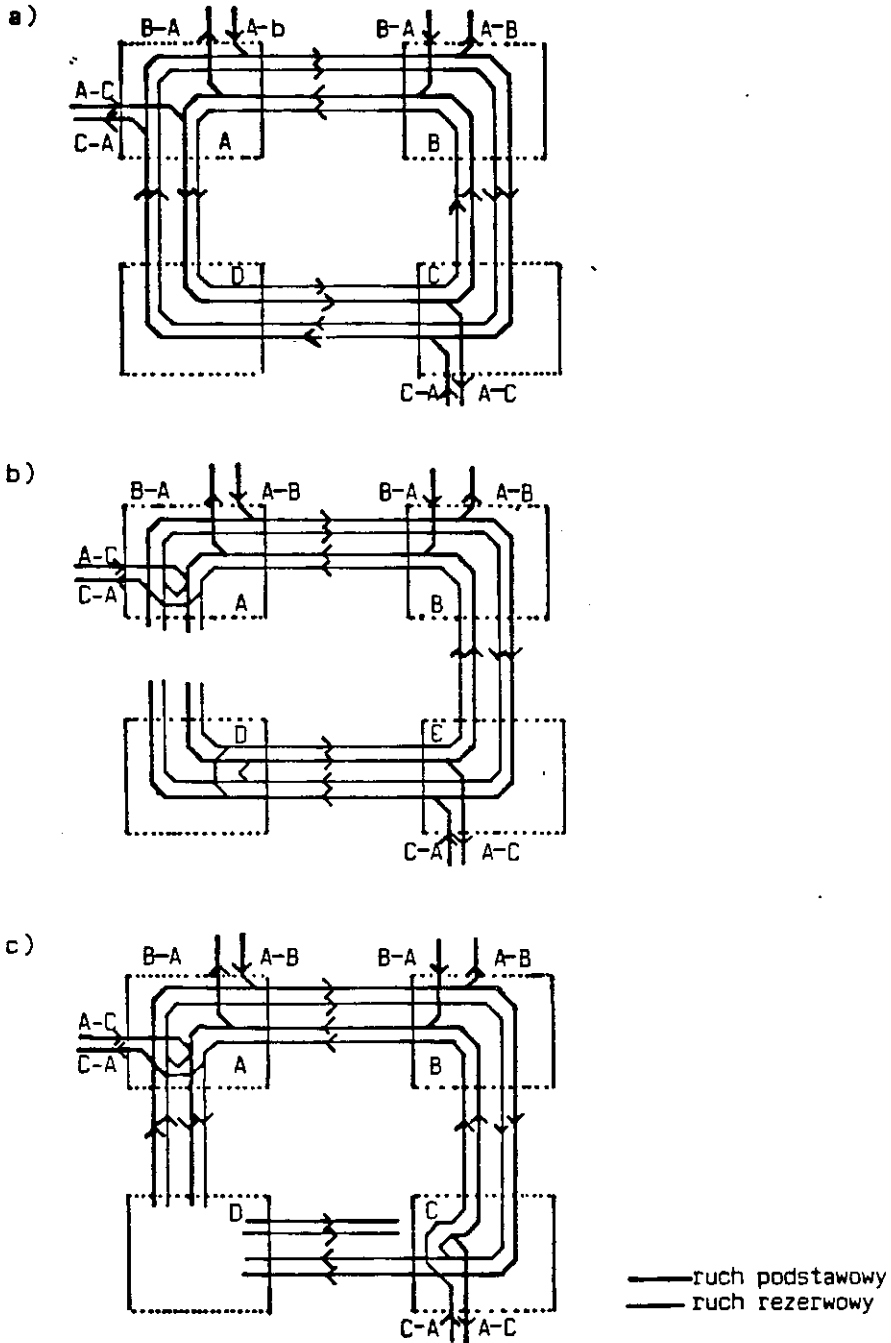
8. WPROWADZANIE SDH DO SIECI PUBLICZNEJ

8.1. Aspekty ogólne

Problem wprowadzania systemów SDH do sieci publicznej nie ogranicza się tylko do kwestii dostępności i ceny sprzętu, ale wymaga także odpowiedzi na pytania: dlaczego, kiedy i w jaki sposób należy to robić?



Rys. 23. Pierścień jednokierunkowy z dedykowanym zabezpieczeniem
 a) bez uszkodzeń; b) uszkodzone łącze; c) uszkodzony węzeł



Rys. 24. Pierścień dwukierunkowy z dzielonym zabezpieczeniem
a) bez uszkodzeń; b) uszkodzone łącze; c) uszkodzony węzeł

Uzasadnieniem dla decyzji wprowadzenia systemów SDH do sieci powinien być, poza aspektami techniczno-ekonomicznymi, fakt, że w dłuższej perspektywie czasowej technologia ta będzie jedyną zapewniającą efektywne środki transportowe dla usług wymaganych w sieci telekomunikacyjnej.

W wielu krajach wybudowano już doświadczalne sieci SDH i trwają badania nad metodami ich upowszechniania. Specjaliści zapoznani z tą techniką są zgodni co do tego, że nowe sieci i nowe linie telekomunikacyjne powinny być budowane na bazie systemów SDH, jak tylko będą one dostępne na rynku. W krajach, w których istnieje bogata sieć plezjochronicznych systemów cyfrowych przejście od tej sieci do sieci SDH jest bardziej skomplikowane niż w krajach, gdzie sieć cyfrowa jest uboga, co ma miejsce w Polsce.

W przypadku istnienia bogatej sieci PDH jej ewolucja w kierunku sieci SDH jest możliwa przez tworzenie "wysp" sieci SDH odseparowanych od PDH, zarówno pod względem transmisyjnym jak i z punktu widzenia zarządzania, granice między nimi wyznaczają plezjochroniczne styki o przepływnościach 2, 34 lub 140 Mbit/s. W tym przypadku przewiduje się stopniowy wzrost liczby wysp SDH aż do momentu, gdy cała sieć będzie synchroniczna.

Problem do rozwiązania stanowi sposób łączenia oddalonych od siebie wysp SDH. Możliwe są tu dwa rozwiązania. Pierwszym jest zastosowanie w tym celu systemów SDH o dużej przepływności typu punkt-punkt. Jest to rozwiązanie proste, lecz nie elastyczne; może być zalecane w krótkoterminowych aplikacjach. W drugim rozwiązaniu przewiduje się zastosowanie do tych połączeń przełącznic automatycznych z portami STM-4 i STM-16, które umożliwiają przełączenie kanałów o przepływnościach 2, 34, 140 i 155 Mbit/s. Jest to najbardziej efektywne i elastyczne, a tym samym przyszłościowe rozwiązanie.

Należy zauważyć, że wielokrotne przejścia SDH-PDH powodują znaczną akumulację jittera i w konsekwencji pogorszenie jakości transmisji.

8.2. Aspekty stosowania SDH w niektórych krajach

W niektórych krajach, jak np. we Francji planuje się w pierwszej kolejności wprowadzanie systemów SDH do sieci międzymiastowej, która jest tam dobrze rozwinięta - znaczny udział mają kable światłowodowe jednomodowe. Założono, że sieć ta będzie miała strukturę pętlową, zapewniającą co najmniej podwójne połączenie ze sobą węzłów

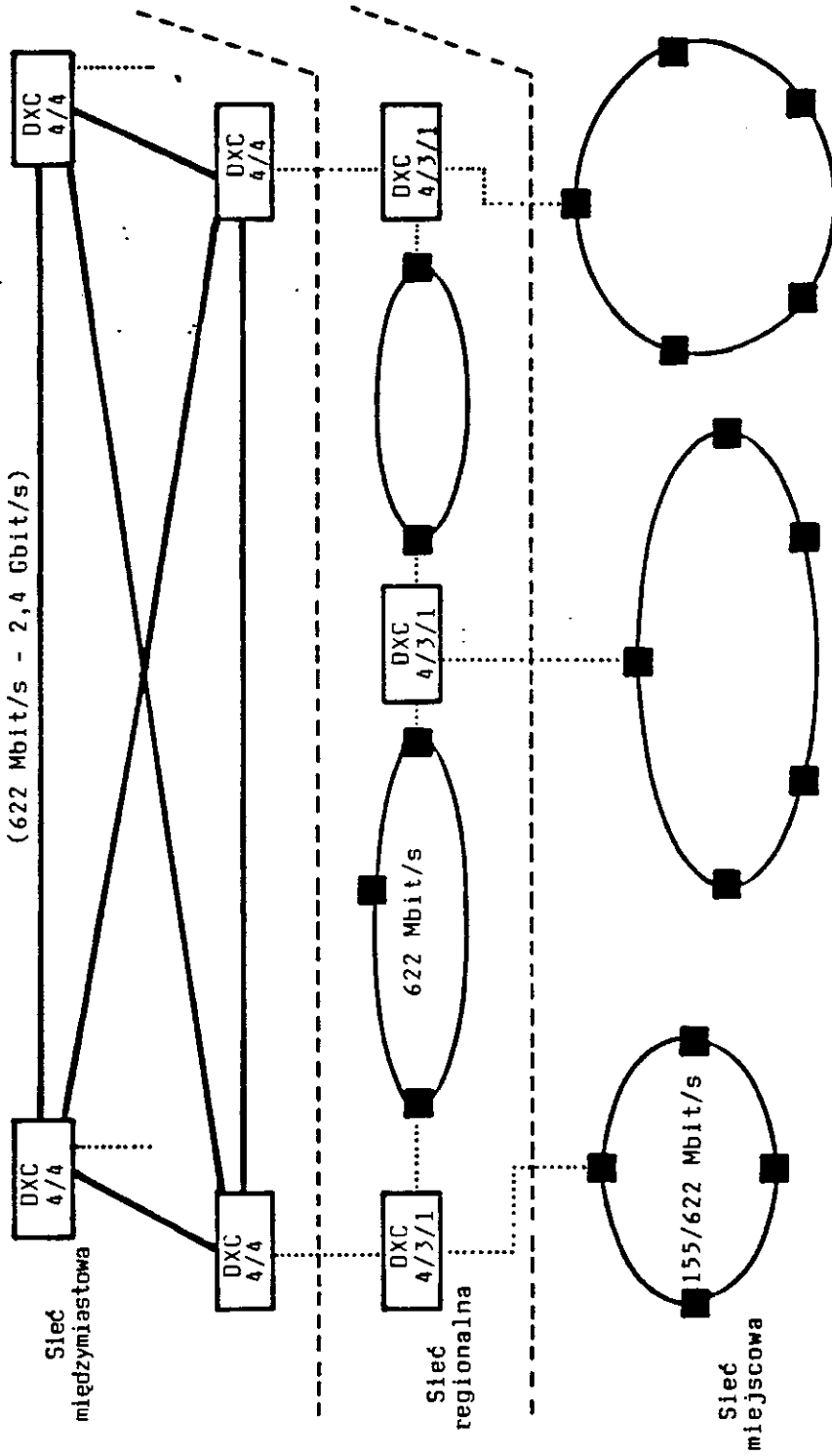
telekomunikacyjnych. W pierwszym etapie będą instalowane w węzłach tranzytowych krotnice proste STM-4 i STM-16 oraz przełącznice sterowane ze stykami dla strumieni plejochronicznych 140 Mbit/s i modułów STM-1. Oznacza to, że na tym etapie sieć będzie w większości siecią PDH z włączonymi elementami SDH. W drugim etapie planuje się realizację transmisji modułów STM-1, STM-4, STM-16 oraz zapoczątkowanie wprowadzania scentralizowanego systemu nadzoru i zarządzania TMN, zalecanego przez CCITT. W następnych etapach przewiduje się szersze stosowanie różnych urządzeń SDH, w tym przełącznic sterowanych typu DXC4/1, umożliwiających przełączanie strumieni 2 Mbit/s. Zakłada się stosowanie systemów SDH również w sieciach miejscowych, gdzie będą tworzone pierścienie początkowo niezależnie od wyższej warstwy.

Inną strategię wprowadzania systemów SDH przyjęto we Włoszech (rys. 25). Planuje się tam, że sieć SDH będzie składała z trzech warstw. Warstwa najniższa będzie utworzona z połączonych w pętlę krotnic STM-1 lub STM-4 z dostępem dla różnych terminali abonenckich (o różnych przepływnościach). Połączenia z warstwą wyższą dokona się za pomocą krotnic transferowych. Drugą warstwę sieci będą stanowiły pętle utworzone z krotnic transferowych i przełącznic sterowanych o przepływności sygnału zbiorczego 622 Mbit/s. Trzecia warstwa - sieć międzymiastowa - będzie miała strukturę wieloboczną z przełącznicami sterowanymi w węzłach o przepływności sygnału zbiorczego 622 Mbit/s lub 2,5 Gbit/s. Połączenie warstwy drugiej z trzecią ma być realizowane za pomocą przełącznic sterowanych o przepływności sygnału zbiorczego 622 Mbit/s lub 2,5 Gbit/s.

8.3. Przykłady struktur sieci z zastosowaniem SDH

Systemy SDH dzięki swym właściwościom takim, jak możliwość stosunkowo prostego wydzielania różnych grup kanałów i ich automatycznego komutowania oraz stosowanie scentralizowanego komputerowego systemu nadzoru i zarządzania, a także dzięki modułowej strukturze, zapewniają budowę sieci o niezwyklej elastyczności i łatwości w sterowaniu ruchem poprzez bieżące tworzenie różnych dróg przepływu informacji w zależności od aktualnych potrzeb.

Na rys. 18 (str. 25) przedstawiono koncepcję super węzła telekomunikacyjnego, który składa się z centrum komutacji kanałów telefonicznych 64 kbit/s oraz z centrum przełączania grup kanałów - dróg "transportu" informacji wyższego i niższego rzędu (VC4/VC3 i VC12). Obydwa te centra połączone są ze sobą traktami 2 Mbit/s.



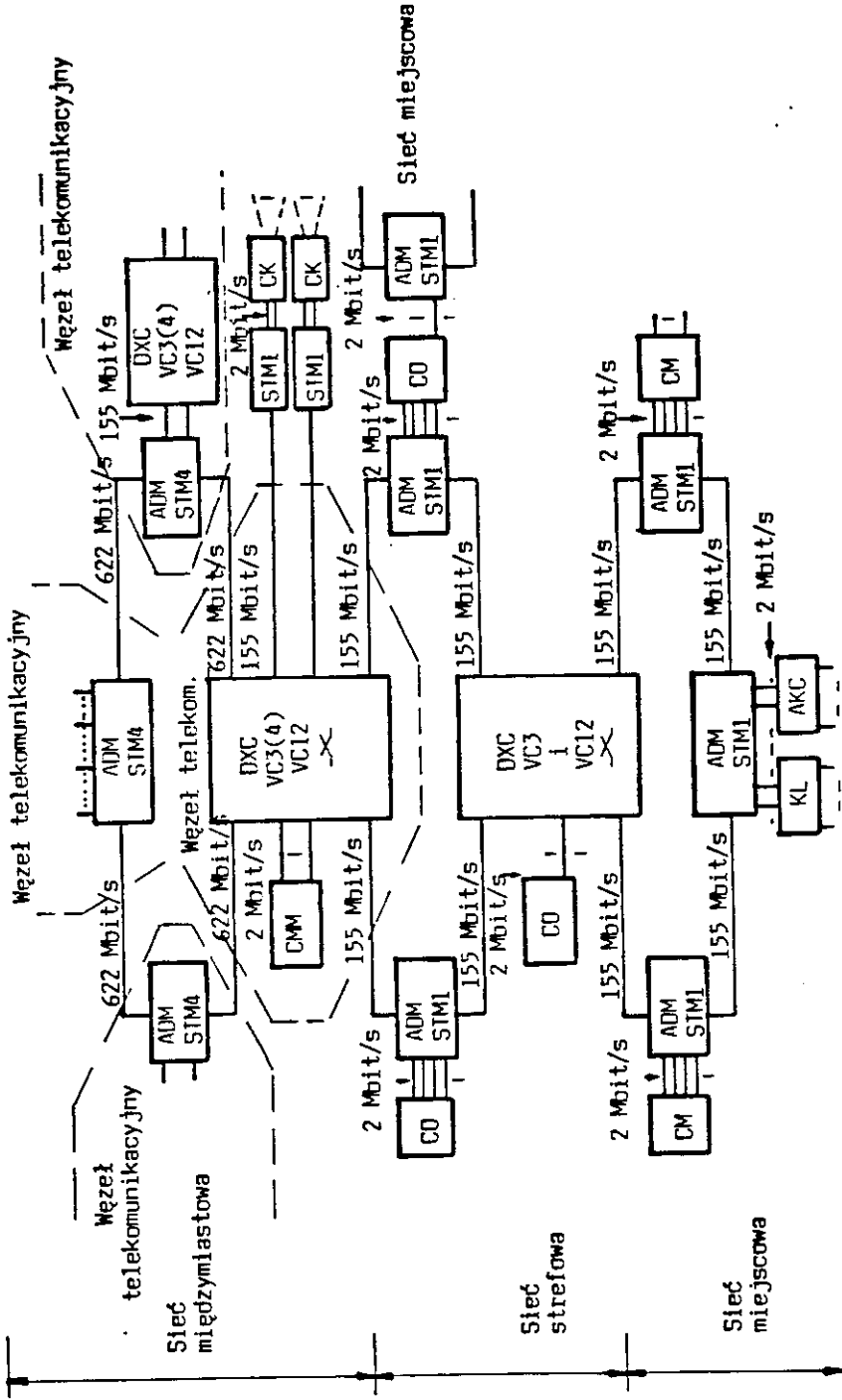
Rys. 25. Koncepcja sieci wielowarstwowej we Włoszech

Do centrum przyłączania grup kanałów mogą być doprowadzone trakty różnych systemów - zarówno hierarchii i PDH (np. 2, 34 i 140 Mbit/s), jak i hierarchii SDH (np. 155 i 622 Mbit/s). Sygnały liniowe systemów PDH po odpowiedniej adaptacji (w centrum przełączania grup kanałów) tworzą drogi "transportu" wyższego lub niższego rzędu w zależności od przepływności doprowadzonych sygnałów liniowych. I tak, sygnały 2 Mbit/s pozwalają tworzyć drogi niższego rzędu VC12, zaś sygnały 34 i 140 Mbit/s - drogi wyższego rzędu (odpowiednio VC3 i VC4). Aby utworzyć drogi niższego rzędu, należy w tym przypadku dokonać demultipleksacji sygnału wejściowego. Sygnały liniowe systemów SDH są utworzone z kontenerów VC3/VC4, a te z kolei mogą zawierać kontenery VC12, a zatem w tym przypadku mogą być tworzone zarówno drogi wyższego, jak i niższego rzędu. Drogi "transportu" odpowiednich rzędów mogą być ze sobą komutowane w sterowanych przełącznicach cyfrowych (DXC). Przełącznice te w połączeniu z systemami komutacji kanałów 64 kbit/s tworzą węzeł komunikacyjny o ogromnych możliwościach sterowania ruchem. Należy przy tym zauważyć, że największe możliwości w tym zakresie zapewniają systemy SDH oparte na sygnałach pierwotnych 2 Mbit/s. W przypadku bowiem doprowadzenia do centrum przełączania grup kanałów tylko takich systemów, wszystkie sygnały pierwotne 2 Mbit/s pochodzące z linii i centrali telefonicznej mogą być ze sobą komutowane.

Urządzenia nadzoru i sterowania pracą systemów SDH mogą tu stanowić centrum zarządzania i nadzoru całego węzła lub sieci stanowiącej jedną całość. Omawiany wyżej węzeł ma strukturę rozplywu ruchu typu gwiazdowego.

Bardzo istotną cechą systemów SDH jest, jak już wspomniano wcześniej, opłacalność budowy sieci z dużą nadmiarowością. Cecha ta w połączeniu z innymi sprawia, że systemy SDH mogą być z powodzeniem stosowane we wszystkich płaszczynach sieci, a więc zarówno w sieci międzymiastowej, jak i w sieciach strefowych oraz miejscowych. Przykład budowy takiej sieci przedstawiono na rys. 26. Najbardziej charakterystycznymi cechami tej sieci są:

- pętlowa struktura sieci warstw środków transmisji, tj. łączenie w pętlę centrów komutacyjnych;
- wieloboczna struktura sieci warstw łączy, co oznacza, że wszystkie centra komutacyjne w danej płaszczynie mają bezpośrednie ze sobą połączenia;



Rys. 26. Przykład zastosowania systemów SDH do budowy jednolitej sieci krajowej

ADM SIM1(4) - system SIM1(4) z transferem grup kanałów, CMM - centrala międzymiastowa, CM - centrala miejscowa, AKC - abonencka krotnica cyfrowa, DXC - cyfrowa przelacznicza grup kanałów, CO - centrala okregowa, KL - koncentrator lancy

- wszystkie sieci (pętle) są ze sobą połączone poprzez centra przyłączania grup kanałów, co daje możliwość nastawienia wielu różnych dróg między dwoma centrami komutacyjnymi;
- duża nadmiarowość przepustowości linii, co pozwala na tworzenie dróg obejściowych w razie awarii w jakiejś części sieci oraz umożliwia łatwą rozbudowę danej sieci w miarę wzrostu zapotrzebowania na usługi telekomunikacyjne.

Na szczególne podkreślenie zasługuje fakt, że w sieci SDH w bardzo prosty sposób mogą być wydzielane i przełączane na dowolne trakty łącza dzierżawione o różnej przepływności. Ma to bardzo duże znaczenie dla rozwoju usług pozatelefonicznych, a zwłaszcza szerokopasmowych.

Struktura różnych płaszczyzn sieci opartej na systemach SDH może być taka sama. Sieci te będą się różnić w zasadzie tylko pojemnością central i przepustowością linii, a więc krotnością zastosowanych systemów, aczkolwiek w początkowym okresie we wszystkich płaszczyznach może być stosowany system o najmniejszej krotności, tj. STM-1.

O ile stosowanie systemów SDH w wyższych płaszczyznach sieci nie powinno budzić wątpliwości, to stosowanie ich w sieciach miejscowych może nasuwać zastrzeżenia. Dlatego warto ten problem rozważyć dokładniej. Jak pokazano na rys. 26, najniższa płaszczyzna sieci może być utworzona w ten sposób, że część lub wszystkie większe ośrodki w okręgu telefonicznym (np. siedziby gmin, w których znajdują się obecnie centrale telefoniczne) zostaną objęte wraz z centralą okręgową pętlą linii telekomunikacyjnej systemu STM-1, z krotnicami typu ADM, w każdym większym ośrodku. W ośrodkach tych zostałaby wydzielona odpowiednia liczba sygnałów cyfrowych 2 Mbit/s do zapewnienia realizacji łączy abonenckich na danym terenie, przy czym abonenci telefoniczni byłiby dołączeni do krotnic ADM za pośrednictwem bądź to koncentratorów i wyniesionych stopni abonenckich stanowiących część funkcjonalną centrali okręgowej, bądź przez centrale abonenckie albo też za pośrednictwem abonenckich krotnic PCM 30. Rozwiązanie takie pozwoliłoby na eliminację lub znaczną redukcję central końcowych w siedzibach niewielkich gmin i w większych wsiach. Może to mieć istotny wpływ na obniżenie kosztów inwestycyjnych i jeszcze większy na obniżenie kosztów utrzymania.

9. KONCEPCJA JAKOŚCIOWEGO I ILOŚCIOWEGO ROZWOJU USŁUG KRAJOWEJ SIECI TELETRANSMISYJNEJ Z UWZGLĘDNIENIEM B-ISDN

Charakterystykę stanu istniejącego i koncepcję technicznego rozwoju sieci telekomunikacyjnej w Polsce w latach 1991 do 1995 [3] przedstawiono w połowie roku 1991. W niniejszym punkcie nie rozwinięto zatem ani stanu istniejącego krajowej sieci telekomunikacyjnej, ani nie powtórzono koncepcji rozwoju tej sieci według zamierzeń z początku roku 1991. Przedstawiono natomiast zarys stanu docelowego krajowej sieci teletransmisyjnej przy założeniu jej oparcia na systemach SDH oraz wdrażaniu w Polsce ISDN, a w dalszej perspektywie również B-ISDN wraz z "siecią inteligentną - IN". Stan docelowy określa się osiągnięciem gęstości telefonicznej około 30 abonentów telefonicznych na 100 mieszkańców, co odpowiada liczbie około 12 milionów abonentów telefonicznych około roku 2003. Inspiracją rozwiniętej w tym punkcie koncepcji jest wynik oszacowania podstawowych korzyści z jednoczesnego wdrażania ISDN, B-ISDN, IN oraz SDH. Podstawą niniejszego oszacowania jest porównanie kosztów inwestycyjnych dwóch wariantów, a mianowicie:

- I - budowa sieci ISDN opartej na systemach plezjochronicznych;
- II - budowa sieci ISDN i B-ISDN opartej na systemach SDH.

Koszty inwestycyjne wariantu II okazują się niższe od kosztów wariantu I o rząd kilkunastu procent, przy czym wariant II zapewnia dodatkowe wpływy z opłat za korzystanie z usług B-ISDN oraz "sieci inteligentnej".

Pod koniec bieżącego 1992 roku można się spodziewać opracowań nowych koncepcji rozwoju krajowej sieci telekomunikacyjnej, które będą precyzowały podstawowe warianty jej struktury technicznej oraz wskazywały na rozwiązania najkorzystniejsze w warunkach krajowych. W związku z taką sytuacją większość przyjętych tu stwierdzeń stanowi hipotezy autorów, wynikające z dyskusji z licznymi fachowcami oraz szkiecowe badania wariantów scenariuszy rozwoju sieci krajowej. Konsekwentnie do powyższego, w niniejszym punkcie autorzy skupiają się na zarysowaniu wariantu II i na tym tle przedstawiają charakterystykę jakościowego i ilościowego rozwoju usług krajowej sieci teletransmisyjnej z uwzględnieniem ISDN, B-ISDN oraz IN. Zintegrowanie budowy tych trzech rodzajów sieci wynika z założenia, że one właśnie łącznie z SDH zapewnią korzystną efektywność inwestowania oraz wysoką stopę zysków.

W wyniku analizy potrzeb nowoczesnego zarządzania, administrowania, biznesu, turystyki oraz innych dziedzin życia, oszacowano zapotrzebowanie na łącza abonenckie w rozbiu na abonentów: telekomunikacji opartej na kanałach analogowych 300 ÷ 3400 (4000) Hz; telekomunikacji opartej na kanałach ISDN wąskopasmowej, telekomunikacji na kanałach ISDN z poszerzonym pasmem oraz telekomunikacji na kanałach B-ISDN. Założono przy tym, że kanały dla ISDN zapewnią korzystną realizację sieci inteligentnej. Liczbę tych kanałów dla stanu docelowego podano w tablicy 2. Natomiast w tablicy 3

Tablica 2

Oszacowanie zapotrzebowania na łącza abonenckie dla stanu określonego 12 milionami abonentów w sieci publicznej

Rodzaj łączy	Zapotrzebowanie	
	szt.	%
Analogowe	9 985 000	83.2
ISDN wąskopasmowe	1 600 000	13.3
ISDN z poszerzonym pasmem	400 000	3.375
B-ISDN	15 000	0.125

Tablica 3

Pojemności okręgów telefonicznych (OT) publicznej sieci krajowej dla jej stanu określonego 12 milionami abonentów (około 2003)

Liczba OT	Średnie liczby abonentów w tych OT
4	2 000
4	2 500
15	3 000
70	5 000
128	10 000
74	20 000
33	30 000
51	154 000

przedstawiono charakterystykę docelowych pojemności obszarów pokrywających obecne okręgi telefoniczne (zgodnie z założeniem, że w stanie docelowym będą istniały obszary o tych samych granicach co obecne okręgi telefoniczne). Uwzględniając przestrzenny rozrzut różnego rodzaju abonentów telekomunikacyjnych, jako niezależny od charakterystyki pozatelekomunikacyjnej takich obszarów, dla każdego z nich można przyjąć rozbitcie ogólnej liczby abonentów na ich poszczególne rodzaje, według podanej w tablicy 2 struktury udziału procentowego.

W tablicy 4 podano rozbitcie obszarów na odpowiednie okręgi według liczby rozmieszczonych w tych okręgach jednostek administracyjnych. Zgodnie z tymi danymi 2239 jednostek administracyjnych przypada obecnie na 379 obszarów okręgowych, co daje

Tablica 4

Liczby jednostek administracyjnych (JA) obsługiwanych przez
okręg telefoniczny (OT) - stan aktualny

Liczba jednostek JA przypadających na OT	Liczba takich OT	Iloczyn JA x OT
1	8	8
2	9	18
3	41	123
4	65	260
5	78	390
6	64	389
7	31	217
8	21	169
9	23	207
10	15	150
11	8	88
12	5	60
13	4	52
14	1	14
15	3	45
16	0	0
17	1	17
18	1	18
19	1	19
Razem	379	2239
Średnio przypada 6 jednostek administracyjnych na jeden OT.		

średnią 6 jednostek administracyjnych na okręg. Dane z tablicy 4 określają rozrzut liczby węzłów sieci telekomunikacyjnych na obszarach okręgów (wartości średnie: 1 "korzeń" i 5 przyporządkowanych jemu "węzłów"; wartość maksymalna: 1 "korzeń" i przyporządkowanych mu 18 "węzłów").

Na rys. 27 przedstawiono podstawowe przyporządkowania hierarchiczne sieci zarządzania obiektami obszaru strefy numeracyjnej KIELCE. Przyporządkowania te odpowiadają obecnej sieci hierarchicznej łączy telefonicznych międzycentralowych (gwiazdy wewnątrz okręgowe; gwiazda międzyokręgowa) realizowanych w układzie drzewa (korzeń KIELCE).

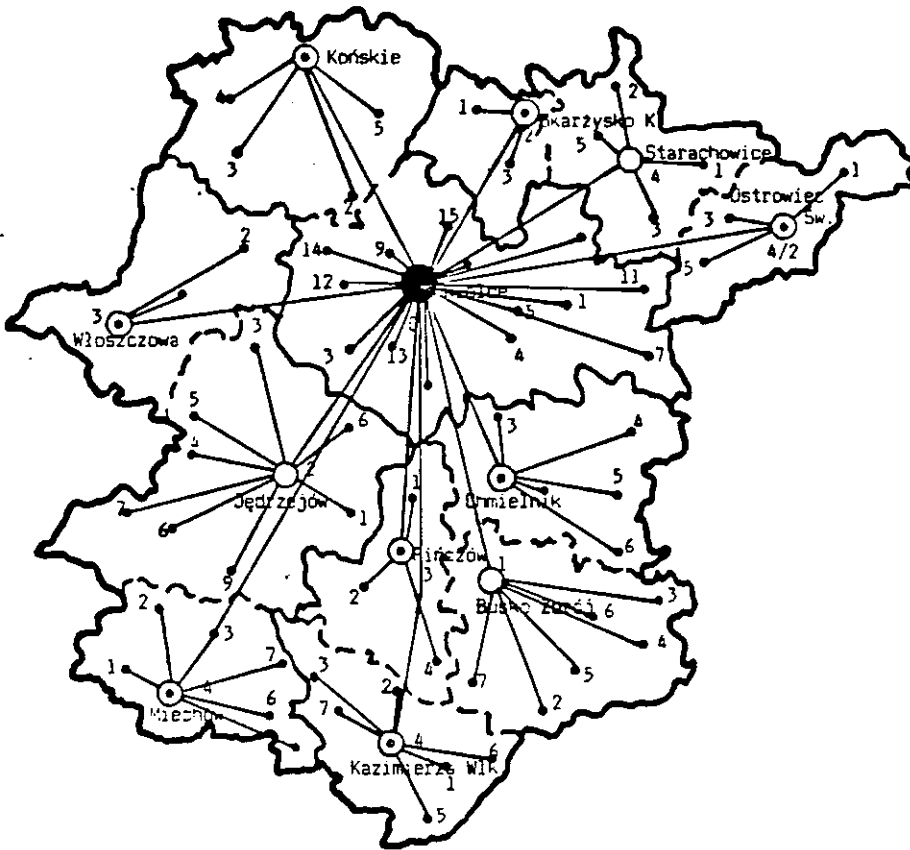
Natomiast przyszłe sieci łączy telekomunikacyjnych będą realizowane według zasad dynamicznych kierowań ruchami czterech rodzajów telekomunikacji (analogowej, ISDN podstawowej, ISDN pierwszego rzędu, B-ISDN). To dynamiczne kierowanie będzie realizowała sieć zarządzania oraz "sieć inteligentna". Tablica 5 podaje rozbięcie obszarów strefowych według liczby obszarów okręgowych przypadających na strefę. Średnio

Tablica 5

Liczby okręgów telefonicznych przypadające na strefę numeracyjną przy 51 strefach na obszarze całego kraju (rok 2003)

Liczba okręgów przypadająca na strefę numeracyjną	Liczba takich stref numeracyjnych
6	2
15	3
60	10
77	11
56	9
45	5
30	3
66	6
24	2
Σ OT = 379 okręgów telefon.	Σ SN = 51 stref numer.

przypada około 7 obszarów okręgowych na docelowy obszar strefowy, zgodnie z czym sieć zarządzania okręgami może stanowić układ: 1 korzeń siedziba strefy; 6 węzłów siedziby okręgów. Jest to układ drzewa, który odpowiada sieci łączy wewnątrzstrefowych w układzie: korzeń siedziba strefy; węzły siedziby okręgów (a więc gwiazda między-



- - strefowe centrum zarządzania
- - okręgowe centrum zarządzania
- ⊙ - okręgowe centrum zarządzania, aktualne centrum okręgu telefonicznego
- - gminne centrum zarządzania (nazwa w tablicy 6)
- - granice okręgów zarządzania
- - podstawowa relacja sieci zarządzania

Rys. 27. Propozycja hierarchii zarządzania telekomunikacyjną siecią strefową

okręgowa). W tabelicy 6 podano nazwy jednostek administracyjnych na obszarze strefy KIELCE. Dla każdej jednostki administracyjnej zaprojektowano określoną liczbę abonentów sieci B-ISDN.

Tabela 6

Zestawienie okręgów telefonicznych (OT) oraz jednostek administracyjnych (JA) prawdopodobnej strefy numeracyjnej KIELCE z oszacowaniem lokalizacji i liczb abonentów B-ISDN

Lp. JA w OT	Nazwa okręgu telefonicznego Nazwa jednostki administracyjnej	Liczba abonentów B-ISDN
1	2	3
OT	KIELCE	115
1	Bieliny	0
2	Bodzentyn	5
3	Częciny MG	14
4	Daleszyce	5
5	Górno	0
6	KIELCE M	84
7	Lagów	0
8	Mastów	0
9	Miedziana Góra	0
10	Morawica	2
11	Nowa Słupia	0
12	Piekoszów	3
13	Sitkówka-Nowiny	0
14	Strawczyn	0
15	Zagnańsk	2
OT	KOŃSKIE	43
1	KOŃSKIE MG	38
2	Mniów	5
3	Radoszyce	0
4	Ruda Maleniecka	0
5	Stąporków	0
OT	BUSKO-ZDRÓJ	20
1	BUSKO-ZDRÓJ MG	20
2	Nowy Korczyn	0
3	Oleśnica	0
4	Pacanów	0
5	Solec-Zdrój	0
6	Stopnica	0
7	Wiślica	0

cd. tablicy 6

1	2	3
OT	CHMIELNIK	21
1	CHMIELNIK MG	21
2	Gnojno	0
3	Pierzchnica	0
4	Raków	0
5	Szydłów	0
6	Tuczępy	0
OT	KAZIMIERZA WIELKA	24
1	Bejsce	0
2	Czarnocin	0
3	Działoszyce MG	0
4	KAZIMIERZA WIELKA MG	24
5	Koszyce	0
6	Opatowiec	0
7	Skalbmierz MG	0
OT	JĘDRZEJÓW	31
1	Imielno	0
2	JĘDRZEJÓW MG	25
3	Małogoszcz	0
4	Nagłowice	0
5	Oksa	0
6	Sędziszów	6
7	Słupia	0
8	Sobków	0
9	Wodzisław	0
OT	MIECHÓW	27
1	Charsznica	0
2	Kozłów	0
3	Książ Wielki	0
4	MIECHÓW MG	24
5	Pałecznicza	0
6	Raclawice	3
7	Słaboszów	0
OT	WŁOSZCZOWA	23
1	Krasocin	0
2	Lopuszno	2
3	WŁOSZCZOWA MG	21
OT	STARACHOWICE	46
1	Brody	3
2	Mirzec	1
3	Pawłów	1
4	STARACHOWICE M	39
5	Wąchock	2

cd. tablicy 6

1	2	3
OT	OSTROWIEC ŚWIĘTOKRZYSKI	43
1	Bałtów	0
2	Bodzechów	0
3	Kunów MG	9
4	OSTROWIEC ŚWIĘTOKRZYSKI M	34
5	Waśniów	0
OT	SKARŻYSKO KAMIENNA	26
1	Bliżyn	2
2	SKARŻYSKO KAMIENNA M	16
3	Suchedniów MG	8
OT	PIŃCZÓW	16
1	Kije	0
2	Michałów	0
3	PIŃCZÓW	16
4	Złota	0

Na rys. 28 podano sieć tras do budowy linii światłowodowych. Według danych z tablicy 6 oraz rys. 27 i 28 zaprojektowano sieć linii (kable) światłowodowych (rys. 29) według propozycji ekspertów zagranicznych przekazanych w różnych publikacjach oraz na licznych seminariach. Sieć ta składa się z dwu pętli międzyokręgowych oraz około dwudziestu pętli okręgowych. W I etapie budowy sieci realizuje się pętle międzyokręgowe, wiążąc jednocześnie niektóre, leżące na trasie tych pętli, centra telekomunikacyjne w jednostkach administracyjnych pozaokręgowych. W II etapie wiąże się pozostałe centra poza okręgowe z centrami okręgowymi, zaś w III etapie zamyka te powiązania w pętli. Z racji występowania abonentów B-ISDN, obciążenia gałęzi sieci cyfrowej kanałami STM-1 będą tego samego rzędu, co obciążenia takimi kanałami gałęzi sieci międzymiastowo-międzynarodowej, między innymi z przyczyny przewidywania lokalizacji przelącznic cyfrowych systemu SDH w centrach okręgowych, a więc możliwości koncentracji wiązek STM-1 dopiero w tych centrach (przelącznice SDH sterowane przez system zarządzania i "sieć inteligentną" staną się centralami komutacyjnymi łączy ISDN z poszerzonym pasmem oraz łączy B-ISDN).

Na rys. 30 zaprezentowano sieć zarządzania telekomunikacyjną siecią międzymiastową i międzynarodową na obszarze kraju. Pokazano relacje hierarchiczne tej sieci odpowia-



— - proponowana trasa opcjonalna

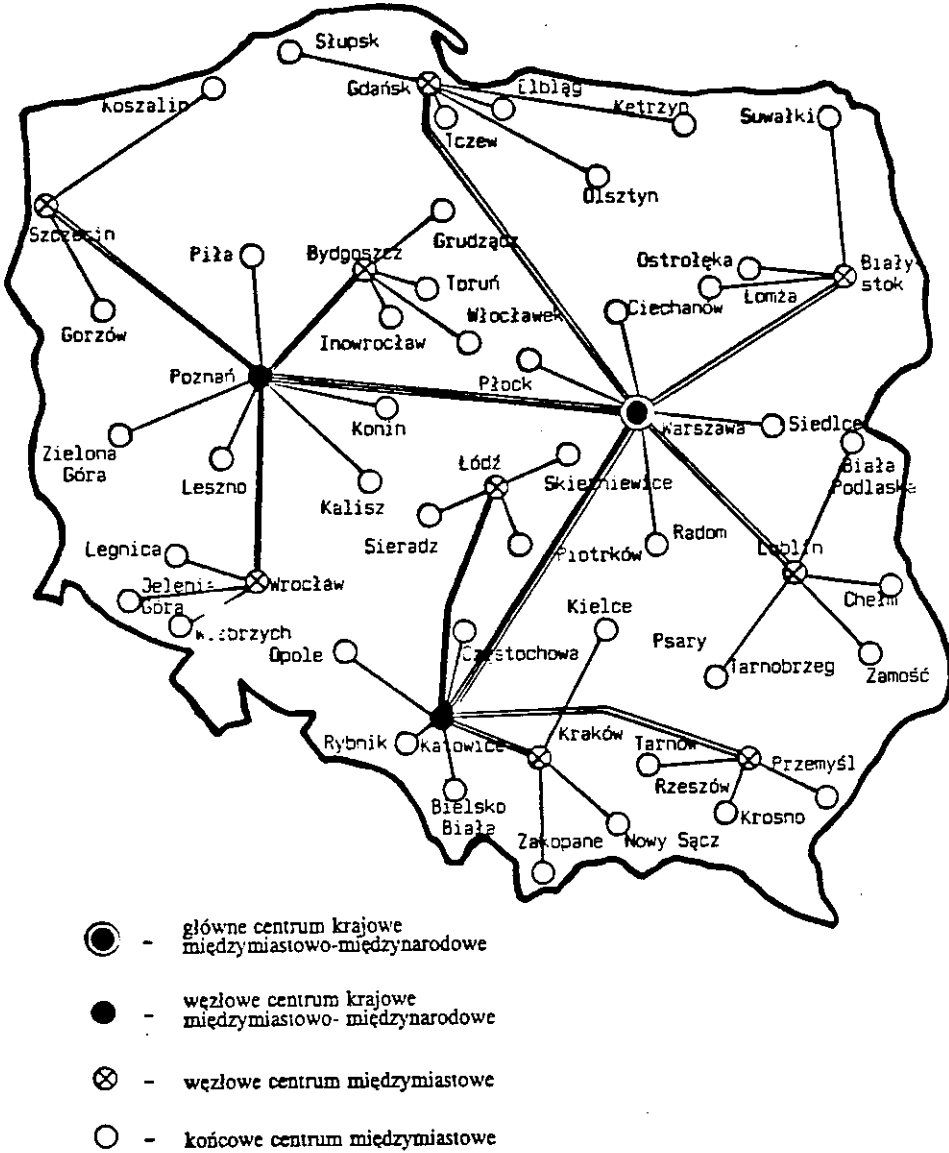
Pozostałe oznaczenia jak na rys. 27.

Rys. 28. Sieć tras opcjonalnych dla kabli światłowodowych na obszarze przykładowej strefy KIELCE





- - kabel światłowodowy budowany w I etapie inwestycji
 - - - - - kabel światłowodowy budowany w II etapie inwestycji
 - - kabel światłowodowy budowany w III etapie inwestycji
- Pozostałe oznaczenia jak na rys. 27

Rys. 29. Sieć kabli światłowodowych proponowana dla strefy telekomunikacyjnej KIELCE



Rys. 30. Propozycja hierarchii zarządzania telekomunikacyjną krajową siecią międzymiastową i międzynarodową



-  - węzeł trasowy
 - opcjonalna trasa dla kabli światłowodowych

Pozostałe oznaczenia jak na rys. 30

Rys. 31. Opcjonalna siatka linii transmisyjnej krajowej sieci między miastowo-międzynarodowej



- - linia światłowodowa przewidywana na rok 1995 wg projektu z roku 1991
- - - linia światłowodowa proponowana do budowy po roku 1995
- - linia radiowa przewidywana na rok 1995 wg projektu z roku 1991

Rys. 32. Transmisyjna sieć krajowa międzymiastowo-międzynarodowa

dające drogom ostatniego wyboru dla sieci telefonicznej. Natomiast na rys. 31 przedstawiono sieć tras dla linii światłowodowych zaprojektowaną według mapy samochodowej z założeniem wykorzystania głównie dróg pierwszej klasy. Na podstawie danych z tych rysunków zaprojektowano rozbudowę sieci międzymiastowej, przewidywanej w projekcie z 1991 roku, o nowe linie światłowodowe. Ten projekt podano na rys. 32. Obciążenia gałęzi tej sieci kanałami STM-1 są tego samego rzędu, co obciążenia gałęzi sieci międzyokręgowych. Gałęzie zamykają się w 18 pętli, zrealizowanych docelowo przez linie światłowodowe.

10. STAN NORMALIZACJI W ZAKRESIE SYSTEMÓW SDH

Prace standaryzacyjne w zakresie systemów synchronicznych są prowadzone przez różne organizacje, m.in.: Komitet CCITT Międzynarodowej Unii Telekomunikacyjnej UIT oraz ETSI (ang. European Telecommunication Standard Institute).

CCITT opracowała następujące zalecenia związane z synchronicznymi systemami i siecią:

- G.702 - dotyczy przepływności binarnych dla hierarchii cyfrowej;
- G.703 - dotyczy charakterystyk fizycznych i elektrycznych styków hierarchii cyfrowej;
- G.707 - dotyczy przepływności binarnej;
- G.708 - dotyczy zasad multipleksacji, struktury ramki, interfejsów;
- G.709 - dotyczy struktury multipleksacji synchronicznej;
- G.773 - dotyczy protokołu styku Q dla systemu nadzoru i zarządzania;
- G.781 - G.783 - dotyczą struktur multiplekserów synchronicznych;
- G.784 - dotyczy aspektów zarządzania urządzeniami SDH;
- G.955, G.956 - dotyczy kabli światłowodowych w sieci cyfrowej PDH;
- G.957 - określa optyczny styk kabla światłowodowego z urządzeniami SDH;
- G.958 - dotyczy liniowych synchronicznych systemów światłowodowych;
- G.652 - G.654 - dotyczą charakterystyk transmisyjnych światłowodów jednomodowych;
- M.30 - dotyczy generalnych zasad zarządzania siecią telekomunikacyjną;
- G.sna1, G.sna2 - dotyczą zagadnień sieciowych SDH;
- G.sdxc 1,2,3 - dotyczą przełącznic automatycznych (cross-connect).

Standardy ETSI są projektami lub zakończonymi projektami norm i obejmują następujące zagadnienia SDH:

ETS 300147 - struktura zwielokrotnienia SDH;

ETS 300166 - wymagania na fizyczne i elektryczne parametry styków sygnałów plezjochronicznych [64 kbit/s, $n \times 64$ kbit/s, (2,8,34,140) Mbit/s] i sygnału synchronicznego STM-1 o przepływności 155 Mbit/s, wykorzystujące kable metalowe symetryczne i współosiowe;

ETS 300167 - wymagania na strukturę ramki i format dla sygnału o przepływności 2 Mbit/s;

ETS 300226 ÷ ETS 300229 - dotyczą kabli światłowodowych jednomodowych ziemnych i podwieszanych;

ETS 300232 - parametry styków optycznych dla SDH G.957.

Normy ETSI będą podstawą do opracowania CTR (ang. common technical regulations) obowiązujących w EWG i EFTA w zakresie dopuszczeń do sieci.

11. PRZEGLĄD SYSTEMÓW SDH RÓŻNYCH FIRM

Urządzenia synchroniczne opracowywane są przez znane firmy na świecie, takie jak: AT&T, Alcatel, Northern Telecom, Siemens, Nokia i Philips.

11.1. Urządzenia SDH AT&T

AT&T opracowała następujące urządzenia SDH:

- urządzenia końcowe,
- urządzenia liniowe,
- przełącznice sterowane,
- urządzenia dostępu.

Do urządzeń końcowych SDH I rzędu należy zaliczyć inteligentne krotnice synchroniczne ISM-2000 zwielokrotniające sygnały plezjochroniczne 2 i 34 Mbit/s w synchroniczny moduł transportowy STM-1 (155 Mbit/s). Istnieją dwa warianty tej krotnicy:

- wariant podstawowy (ISM-2000-T),
- wariant z transferem kanałów (ISM-2000A/D).

Krotnice liniowe wyższego rzędu SLM-2000 występują w dwóch wersjach: końcowej (T) i z transferem kanałów (D/I). Krotnice liniowe SLM-2000 mogą występować w dwóch typach:

- krotnice II rzędu zwielokrotniające 4 sygnały PDH 140 Mbit/s lub 4 sygnały synchroniczne STM-1 w sygnał STM-4 (622 Mbit/s),
- krotnice III rzędu zwielokrotniające 16 sygnałów PDH 140 Mbit/s lub 16 sygnałów synchronicznych STM-1 w sygnał STM-16 (2,5 Gbit/s).

Następnym typem urządzeń są przełącznice sterowane (ang. cross-connect) DACS V-2000 i DACS VI-2000. Przełącznica DACS V-2000 może mieć 1...256 wejść-wyjść STM-1 lub 140 Mbit/s. Komutuje ona drogi transportu wyższego rzędu VC4. Natomiast przełącznica DACS VI-2000 ma wejścia i wyjścia 2, 34, 140 Mbit/s i STM-1 oraz komutuje drogi transportu VC1, VC2, VC3, VC4.

W AT&T opracowano zintegrowane urządzenie dostępu OLC-2000 pozwalające na dołączenie do sieci SDH różnych terminali. Ponadto opracowano system do zarządzania siecią SDH pod nazwą EMS-2000, zgodny z wymaganiami CCITT dotyczącymi sieci TMN.

11.2. Urządzenia SDH Alcatela

Firma Alcatel opracowała następujące urządzenia SDH:

- krotnice z transferem,
- system liniowy z możliwością zwielokrotnienia,
- przełącznice cyfrowe,
- system zarządzania siecią.

Występują trzy typy krotnic z transferem:

- 1664 SM - synchroniczna krotnica z transferem o przepływności 2,5 Gbit/s (STM-16) z możliwością wprowadzania i wydzielania sygnału 140 Mbit/s, STM-1 i STM-4;
- 1654 SM - synchroniczna krotnica z transferem o przepływności 622Mbit/s (STM-4) z możliwością wprowadzania i wydzielania sygnału plezjochronicznego 140 Mbit/s oraz STM-1;
- 1641 SM - synchroniczna krotnica o przepływności 155 Mbit/s (STM-1) z transferem sygnałów plezjochronicznych 2, 34, 140 Mbit/s.

Urządzenie dostępu 1540 SM do sieci synchronicznej przystosowuje sygnał 64 kbit/s do sygnału 2 Mbit/s lub 34 Mbit/s, a następnie do strumienia STM-1.

Synchroniczny system liniowy pracuje jako urządzenie lub regenerator. Są dwa typy tych urządzeń: 1664 SL o przepływności 2,5 Gbit/s (STM-16) oraz 1654 SL o przepływności 622 Mbit/s (STM-4) tworzone z sygnałów STM-1 lub 140 Mbit/s.

Następną grupą urządzeń synchronicznych są przełącznice:

- 1644 SX - synchroniczna przełącznica 4-4 (ang. cross-connect) o sygnale wejściowym 140 Mbit/s, 155 Mbit/s i sygnale wyjściowym 622 Mbit/s (STM-4) i 2,5 Gbit/s (STM-16);
 - 1641 SX - synchroniczna przełącznica 4-3-1 (ang. cross-connect) sygnały wejściowe plezjochroniczne 2,34,140 Mbit/s i STM-1; przełączanie sygnału 2 Mbit/s między nimi; z przełącznicą mogą współpracować 192 porty STM-1 lub 12000 portów 2 Mbit/s.
- System 1354 NX służy do zarządzania siecią SDH opartą na urządzeniach Alcatela.

11.3. Urządzenia firmy Nortern Telecom

- Firma Nortern Telecom opracowała zarówno rodzinę urządzeń synchronicznych według standardu Sonet, jak i wg standardu SDH.

Do rodziny urządzeń SDH należą niżej omówione urządzenia.

- S/DMS Transport Node X i 1X/4 jest krotnicą, która może multipleksować 63 strumienie 2 Mbit/s (zarówno w trybie synchronicznym, jak i asynchronicznym), strumienie 34 Mbit/s (mogą one zostać, przed umieszczeniem ich w kontenerze VC4, rozdzielone na 16 strumieni 2 Mbit/s) oraz sygnały STM-1. (Multiplekser typu 3a/3b wg zalecenia CCITT G.782). Sygnałem zbiorczym może być STM-1 albo STM-4. Ponieważ krotnica jest wyposażona w podwójny styk STM-1/STM-4, może pracować jako stacja transferowa, węzeł w pierścieniu lub w konfiguracji punkt-punkt w trybie 1+1.
- S/DMS Transport Node 4L jest urządzeniem końcowym traktu liniowego, które zapewnia multipleksację 4 strumieni STM-1 lub 140 Mbit/s, w dowolnej kombinacji, w jeden strumień STM-4. (Multiplekser typu I/II wg zalecenia CCITT G.782). Ponadto styk STM-4 może być zdwojony w celu zapewnienia zabezpieczenia typu 1+1. S/DMS Transport Node 4L może pracować również jako regenerator.
- S/DMS Transport Node 16L jest urządzeniem końcowym traktu liniowego, które zapewnia multipleksację 16 strumieni STM-1 lub 140 Mbit/s, w dowolnej kombinacji,

- w jeden strumień STM-16. (Multiplexer typu I/II wg zalecenia CCITT G.782). Ponadto styk STM-16 może być zdwojony w celu zapewnienia zabezpieczenia typu 1+1. S/DMS
- Transport Node 16L może pracować również jako regenerator.

11.4. Urządzenia SDH Siemens

- Firma Siemens oferuje w zakresie urządzeń synchronicznych następujące przełącznice:
 - CC155 z we/wy 140 Mbit/s i 155 Mbit/s z komutacją kontenerów VC4;
 - CCM2 - przełączanie i zwielokrotnienie sygnałów o przepływności 2, 34, 140 oraz 155 Mbit/s, a także opcjonalnie 1,5 Mbit/s i 6 Mbit/s;
 - CCM67k - zwielokrotnienie i komutacja sygnału plezjochronicznego 2 Mbit/s; ponadto przełącznica ta może pełnić funkcję krotnicy z transferem (A/D) sygnału 2 Mbit/s w sygnał STM-1.

Siemens oferuje system nadzoru sterowania i zarządzania wszystkimi urządzeniami. Sterowanie może odbywać się zdalnie lub lokalnie przez terminal QAMT.

11.5. Urządzenia SDH Nokii

Firma Nokia Telecommunications opracowała urządzenia dla sieci SDH pod nazwą SYNFFONET. Elementy sieci SDH są dostarczane w tej samej obudowie i mogą być, przez wybór odpowiednich zespołów dla danego zastosowania w sieci, konfigurowane jako:

- krotnica końcowa (TM),
- krotnica transferowa (ADM),
- przełącznica kanałów (DXC),
- regenerator (REG).

Węzeł SYNFFONET ma wspólny wewnętrzny interfejs AU4 dla wszystkich modułów. Może być on dostosowany do wymaganej pojemności oraz poziomu hierarchicznego dołączanych strumieni cyfrowych, tzn. AU4 dla poziomu 140 Mbit/s, TU12 dla poziomu 2 Mbit/s, poziomu 64 kbit/s lub wszystkich z nich jednocześnie.

W urządzeniach zastosowano inteligencję rozproszoną oraz zdecentralizowane sterowanie w celu uzyskania bardzo wysokiej niezawodności. Wyposażenie ich w interfejs CCITT-Q3 zapewnia współpracę z TMN (Telecommunication Management Network). Interfejs F może być stosowany do zarządzania lokalnego.

Nokia oferuje obecnie urządzenia STM-1 oraz STM-4, a w niedalekiej przyszłości również STM-16.

11.6. Urządzenia SDH Philipsa

Firma Philips zaprezentowała w Polsce dwa typy urządzeń SDH pierwszej generacji:

- urządzenia liniowe systemu SLE-16,
- urządzenia liniowe systemu SLE-4.

W skład urządzeń SLE-16 wchodzi krotnica liniowa SLX-1/16, zapewniająca multipleksację 16 sygnałów 140 Mbit/s lub 155 Mbit/s w sygnał zbiorczy 2,5 Gbit/s (i odwrotnie), oraz regeneratory przelotowy SLR-16. Krotnica SLX-1/16 dokonuje najpierw multipleksacji sygnałów składowych dwustopniowo: najpierw jest formowany sygnał 622 Mbit/s, a następnie sygnał zbiorczy 2,5 Gbit/s (z czterech sygnałów 622 Mbit/s). Regeneratory przelotowy SLR-16 zapewnia pokrycie odcinka regeneratorskiego o długości 48 km przy pracy na długości fali 1300 nm (0,5 dB/km) i 69 km przy pracy na długości fali 1550 nm (0,35 dB/km)

Urządzenie SLE-4 składa się z krotnicy SLX-1/4 oraz regeneratory przelotowego SLR-4. Krotnica SLX-1/4 zapewnia utworzenie z czterech sygnałów 140 Mbit/s lub 155 Mbit/s modułu STM-4 (622 Mbit/s). Odcinek regeneratorski w tym przypadku może osiągać długość 58 km przy pracy na fali 1300 nm i 91 km przy pracy na fali 1550 nm.

Wszystkie te urządzenia są zgodne z normami ETSI zarówno pod względem parametrów i funkcji transmisyjnych, jak też pod względem systemu nadzoru.

W firmie Philips opracowano również krotnicę transferową ADM 155, umożliwiającą zwielokrotnienie do 126 sygnałów 2 Mbit/s w dwa sygnały 155 Mbit/s. Jednak bliższych danych dotyczących tej krotnicy nie przedstawiono w Polsce.

12. PODSUMOWANIE

Synchroniczna hierarchia systemów cyfrowych i architektura sieci teletransmisyjnej oparta o strukturę węzłów sieciowych umożliwiającą automatyczne połączenie grup kanałów stanowi obecnie główny kierunek rozwoju transmisji cyfrowej. W etapie docelowym, kiedy będą stosowane powszechnie wszystkie elementy tej sieci, uwidoczni się jej główna zaleta, określona mianem elastyczności sieci.

Systemy te - ze względu na swą modułową strukturę - stwarzają możliwość stopniowej rozbudowy linii bez konieczności zwiększania liczby torów, a nawet bez konieczności wymiany urządzeń końcowych. Przeprowadzone analizy wykazały, że synchroniczna hierarchia systemów cyfrowych stanowi najbardziej ekonomiczny środek transmisji (dla różnych płaszczyzn sieci) i nowoczesna sieć telekomunikacyjna powinna być budowana właściwie tylko z uwzględnieniem tych systemów. Specjaliści krajowi i zagraniczni zaznajomieni z tą nową rodziną systemów zgodnie twierdzą, że nowe linie telekomunikacyjne powinny być budowane począwszy od 1993 roku tylko z wykorzystaniem systemów SDH.

Dla istniejącej sieci krajowej, której cyfryzacja jest ciągle niewielka, a linie wyposażone w systemy o wielokrotnieniu plejochronicznym występują w nielicznych przypadkach, nowa koncepcja systemów SDH stanowi niepowtarzalną szansę budowy nowoczesnej sieci cyfrowej z automatycznym scentralizowanym systemem nadzoru i utrzymania bez dodatkowych utrudnień technicznych, jakie stwarza gęsta sieć PDH. Zastosowanie systemów SDH we wszystkich płaszczyznach sieci, od sieci miejscowej do sieci międzynarodowej, pozwoli na stworzenie jednorodnej i nowoczesnej sieci cyfrowej na miarę XXI wieku.

Jak już wspomniano, sieć krajowa jest wyposażona w niewielkim stopniu w systemy hierarchii PDH, co w znacznym stopniu łagodzi problemy współpracy PDH-SDH, a zwłaszcza umożliwia ograniczenie liczby rodzajów punktów styku. Przy założeniu, iż docelowa sieć krajowa oparta będzie na systemach SDH, w okresie przejściowym powinna być przeprowadzona właściwa polityka wdrażania do eksploatacji systemów PDH, która z jednej strony powinna zapewniać ich efektywne wykorzystanie w sieci, a z drugiej - nie powinna utrudniać przyszłej współpracy PDH-SDH. W związku z tym należy dążyć do stosowania kabli światłowodowych, które mogą przenosić sygnały STM-N o oknach 1300 nm i 1500 nm.

Najkorzystniejsze dla polskiej sieci będzie stosowanie systemów 2 Mbit/s i sporadycznie systemów 140 Mbit/s ze względu na istniejącą strukturę sieci, a ponadto z powodu uproszczenia sprzętu przyszłej sieci SDH.

Fakt, iż dokonujący się obecnie przełom w teletransmisji cyfrowej zbiegł się w czasie z otwarciem polskiej telekomunikacji na świat, stwarza niebezpieczeństwo podjęcia niewłaściwych decyzji inwestycyjnych. Dla firm zachodnich jest to dogodny moment do wyprzedzaży nieperspektywicznych systemów klasycznych, na które trudno jest dzisiaj znaleźć zapotrzebowanie w krajach rozwiniętych gospodarczo.

WYKAZ LITERATURY

1. CCITT - Zalecenia: G.702, G.703, G.707 ÷ G.709, G.773, G.781 ÷ G.784, G.755 ÷ G.758, G.958, G.652 ÷ G.654, M.20.
2. CCITT - projekty zaleceń CCITT: G.sna1, G.sna2, G.sdxcl ÷ 3.
3. Geborys L.: Charakterystyka stanu istniejącego i koncepcja technicznego rozwoju sieci telekomunikacyjnej w Polsce w latach 1991-1995. Przegląd Telekomunikacyjny, nr 6, 1991.
4. Hewlett Packard - Telecommunications Innovations in SDH.
5. Katalogi firm: AT&T, Alcatel, NT, Siemens, Philips.
6. Materiały z Fourth meeting of the network on transition to digital network Athens, 1-4 October 1991:
Filipponi M.: Strategies of introduction of SDH into a public telephone network;
Poh - Soon/Cherng: Comparison of Bidirectional and unidirectional SDH rings;
Widl W.: SDH - Ring Networks;
Widl W.: Telecommunication systems modelling.
7. Mieszczanek J.: Analiza metod multipleksacji stosowanych w krotnicach SDH oraz wybór rozwiązania optymalnego dla sieci polskiej. IL, Warszawa 1991.
8. Normy ETSI: ETS 300147, ETS 300166, ETS 300167, ETS 300226 ÷ ETS 300229, ETS 300232.
9. Northern Telecom - Synchronous Transmission System.
10. Praca zbiorowa: Koncepcja zastosowania synchronicznej hierarchii teletransmisyjnych systemów cyfrowych w krajowej sieci telekomunikacyjnej. IL, Warszawa 1990.
11. Praca zbiorowa: Nowa synchroniczna hierarchia teletransmisyjnych systemów cyfrowych jako środek do budowy nowoczesnej sieci telekomunikacyjnej. IL, Warszawa 1990.

12. Praca zbiorowa: Wstępne WTE na krotnice 2/155 Mbit/s. IL, Warszawa 1990.
13. Praca zbiorowa: Założenia techniczno-eksploatacyjne na krotnice o zwielokrotnieniu synchronicznym SDH. IL, Warszawa 1991.
14. Trends in Telecommunications, Vol.7, No.2, July 1991.

