

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI
WARSZAWA-MIEDZESZYN

BIULETYN

INFORMACYJNY

14 (165)

1977

MINISTERSTWO ŁĄCZNOŚCI

BIULETYN INFORMACYJNY

ROK 17

WARSZAWA 1977

NR 14/165/

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI
Branżowy Ośrodek
Informacji Naukowo-Technicznej i Ekonomicznej

Redakcja Biuletynu Informacyjnego

Redaktor Naczelny - prof. mgr inż. Lesław Kędzierski
Z-ca Redaktora Naczelnego - dr inż. Krystyna Plewko

Redaktorzy działów:
mgr inż. Władysław Cetner, doc. mgr inż. Adam Moniuszko

Adres Redakcji:
Instytut Łączności
Branżowy Ośrodek
Informacji Naukowo-Technicznej i Ekonomicznej
Warszawa-Miedzeszyn, ul. Szachowa 1

NA PRAWACH RĘKOPISU - DO UŻYTKU SŁUŻBOWEGO

Redaktor: J. Borkowska

Montaż tekstu: B. Drabik

Dział Wydawniczy Instytutu Łączności
Format B5. Nakład 624. Wpłynęło do
Działu Wydawniczego 4.11.1977 r.
Druk ukończono w listopadzie 1977 r.

Wojciech Hałka

SYSTEMY ZWIELOKROTNIEŃ CZASOWEGO W SYNCHRONICZNEJ SIECI
TRANSMISJI DANYCH

SPIS TREŚCI

	Str.
1. Zwielokrotnienie czasowe w transmisji danych	1
2. Struktury podstawowych ramek zwielokrotnienia	4
3. Miejsce tworzenia kopert w gałęzi sieci	7
4. Realizacja kanałów sygnalizacji abonenckiej w gałęzi sieci z transmisją kopertową	7
5. Czasy resynchronizacji w kanałach wspólnych o strukturach zwielokrotnienia zgodnych z zaleceniami X.50 i X.51	9
6. Budowa cyfrowej centrali komutacji kanałów transmisji danych	11
7. Współpraca z cyfrową siecią telefoniczną PCM	12
8. Współpraca niezależnych synchronicznych sieci transmisji danych	13
9. Współpraca sieci stosujących różne typy kopert	15
10. Tworzenie kanałów dla abonentów pracujących arytmicznie	16
11. Budowa i koszty urządzeń sieciowych	18
12. Zestawienie cech systemów transmisji kopertowej	19
13. Uwagi końcowe	23
Wykaz literatury	24

SYSTEMY ZWIELOKROTNIECIA CZASOWEGO W SYNCHRONICZNEJ SIECI TRANSMISJI DANYCH

1. ZWIELOKROTNIECIE CZASOWE W TRANSMISJI DANYCH

W obecnie stosowanych oraz planowanych w Polsce systemach transmisji i teleprzetwarzania danych wykorzystywane będą środki łączności publicznej sieci telefonicznej i telegraficznej, współpracujące z linowymi urządzeniami transmisji danych. Rozwój usług resortu łączności w zakresie transmisji danych będzie więc w dużej mierze limitowany ogólnymi zasobami łączy krajowej sieci telekomunikacyjnej. Wynika z tego problem ograniczenia liczby łączy telefonicznych oraz telegraficznych, wykorzystywanych do budowy systemów transmisji danych. Niezbędne jest także podniesienie efektywności wykorzystania sieci łączy. Środkiem służącym temu celowi jest opracowywanie i wdrażanie do eksploatacji aparatury wtórne-go zwielokrotnienia kanałów przeznaczonych do transmisji danych, wykorzystując do tego celu bazowe sieci transmisyjne łączy telefonicznych i łączy telegraficznych.

Prace w tym zakresie objęte są działalnością CCITT. Według terminologii przyjętej przez CCITT nazwą zwielokrotnienia określa się wykorzystanie wspólnego kanału do utworzenia dwóch lub więcej kanałów pochodnych przez podział pasma częstotliwości transmitowanych we wspólnym kanale na węższe pasma, z których każde służy do tworzenia odrębnego kanału pochodnego /jest to tzw. zwielokrotnienie częstotliwościowe/, bądź przez wykorzystanie kanału wspólnego przez na prze-mian do niego dołączane kanały pochodne /jest to tzw. zwielokrotnienie czasowe/. Zasadę zwielokrotnienia częstotliwościowego i czasowego ilustrują rys. 1 i 2^{1/}. Urządzenia zapewniające realizację powyższych metod zwielokrotnienia kanału nazy-wa się odpowiednio multiplekserami częstotliwościowymi lub czasowymi. Rodzaje multiplekserów czasowych można klasyfikować w różny sposób. Klasyfikacja funk-cjonalna wyodrębniła dwie zasadnicze grupy tych urządzeń: multipleksery synchroniczne i multipleksery asynchroniczne^{2/}. Multipleksery synchroniczne realizują

1/ Wszystkie rysunki są zamieszczone na końcu.

2/ Nazwy te mogą być mylące, gdyż określają sposób obsługi kanałów pochodnych, a nie sposób transmisji sygnałów w kanale wspólnym. Odpowiadają im terminy angielskie "synchronous time division multiplexing = STDM" i "asynchronous time division multiplexing = ATDM". Multipleksery asynchroniczne nazywane są również multiplekserami statystycznymi.

transmisję sygnałów dzięki cyklicznemu dołączaniu kanałów pochodnych do kanału wspólnego, niezależnie od obecności w nich sygnałów użytecznych pochodzących od abonentów. Multiplexery asynchroniczne dołączają kanały pochodne do kanału wspólnego tylko wtedy, jeśli pojawiają się w nich sygnały użyteczne. Obok powyższej klasyfikacji wprowadza się podział na multiplexery znakowe i bitowe. Multiplexery znakowe w każdej kanałowej szczeliny czasowej^{1/} przesyłają pojedyncze znaki lub grupy bitów należące do danego kanału pochodnego. Multiplexery bitowe wykorzystują szczeliny kanałowe do transmisji pojedynczych bitów z kanałów pochodnych. Zasady działania multiplexerów znakowego i bitowego przedstawiono na rys. 3.

Zagadnienia systemowe i urządzeniowe zwielokrotnienia kanałów transmisji danych uwzględniają w swoich tematach trzy Komisje Studiów CCITT: VII, IX oraz Specjalna A /obecnie Komisja Studiów XVII/. Komisja Specjalna A opracowała /do końca swojej kadencji w 1976 r./ szereg zaleceń co prawda nie związanych bezpośrednio z problematyką zwielokrotnienia, lecz wpływających na określenie podstawowych parametrów multiplexerów. Zalecenia te dotyczą normalizacji szeregu przepływności binarnych w kanałach wspólnych i podkanałach /zalecenia V.22 i V.22 bis/ oraz modemów /odpowiednie zalecenia serii V/.

Prace Komisji Studiów IX obejmują zagadnienia wielokrotnych systemów telegraficznych przydatnych również dla anizochronicznej transmisji danych z małymi szybkościami modulacji. Zagadnienia związane ze zwielokrotnieniem częstotliwościowym regulują zalecenia: R.31, R.35/35 bis, R.36, R.37, R.38A/B, R.39, R.40, a ze zwielokrotnieniem czasowym - R.101 i R.111.

Komisja Studiów VII rozważająca problematykę powszechnych sieci transmisji danych ustaliła kategorie użytkowników tych sieci /zalecenie X.1/ i wyróżniła wśród nich trzy grupy w zależności od sposobu pracy terminala z siecią: współpracujących sposobem anizochronicznym /kategorii 1 i 2/, synchronicznym /kategorii od 3 do 7/, pakietowym /kategorii od 8 do 11/. Komisja ta wychodząc z założenia, że systemy zwielokrotnienia dla użytkowników pierwszej grupy są normalizowane w ramach prac Komisji IX /zalecenia serii R/ opracowała trzy dokumenty normalizujące struktury zwielokrotnienia dla drugiej grupy użytkowników: X.40, X.50 i X.51.

Kanały transmisyjne tworzone przez multiplexery zbudowane zgodnie z tymi zaleceniami mogą również służyć do transmisji sygnałów pochodzących od trzeciej grupy użytkowników. Zalecenia te ustalają strukturę zwielokrotnienia w połączeniach międzynarodowych między sieciami transmisji danych. Zalecenie X.40 normalizuje częstotliwościowy schemat zwielokrotnienia dla kanałów telegraficznych

^{1/}Kanałową szczeliną czasową nazywa się przedział czasu, w którym kanał pochodny jest dołączony do kanału wspólnego.

i transmisji danych utworzonych przez podział częstotliwości w grupie pierwotnej. Natomiast zalecenia X.50 i X.51 ustalają podstawowe parametry dwóch schematów zwielokrotnienia dla styku między synchronicznymi sieciami transmisji danych. Można w tym miejscu stwierdzić, abstrahując od innych aspektów zagadnień budowy sieci transmisji danych, że efektywność wykorzystania kanału wspólnego, w sposób zgodny z zaleceniem X.40, jest ponad 2,5 razy niższa w porównaniu do metod wykorzystania ujętych zaleceniami X.50 i X.51 dla transmisji synchronicznej oraz metody podziału na strumienie podkrotne /3 kbit/s i 12 kbit/s według I części zalecenia R.111/ dla transmisji anizochronicznej.

Systemy zwielokrotnienia czasowego mają ponadto szereg systemowych /funkcyjnych/ właściwości dogodnych przy budowie sieci transmisji danych. Dotyczy to głównie prostej realizacji kanałów sygnalizacyjnych w sieci, możliwości pracy z różnymi szybkościami transmisji oraz jednolitej struktury urządzeń sieciowych, bazującej na technologii układów cyfrowych.

W niniejszej pracy przedstawiono wyniki analizy porównawczej właściwości systemowych i sieciowych systemów zwielokrotnienia, zalecanych przez CCITT dla synchronicznych sieci transmisji danych. Analiza taka została wykonana w 1976 r. w Zakładzie Teleinformatyki Instytutu Łączności w Warszawie w ramach pracy nad przygotowaniem koncepcji struktury multipleksacji w gałęziach sieci transmisji danych w Polsce. Porównaniem tym objęto podstawowe cechy i parametry synchronicznych sieci transmisji danych wykorzystujących zwielokrotnienie czasowe kanałów według zaleceń CCITT X.50 i X.51. W kolejnych rozdziałach omówiono między innymi: struktury podstawowych ramek zwielokrotnienia oraz realizację algorytmu współpracy abonenta z siecią, miejsce tworzenia kopert w sieci oraz zagadnienia sygnalizacji, zagadnienia czasów resynchronizacji i problemy opóźnień sieciowych, metody synchronizacji znakowej oraz efektywność wykorzystania łączy. Dalej omówiono zagadnienia budowy central komutacji kanałów oraz problemy współpracy z cyfrową siecią telefoniczną PCM, sposoby współpracy sieci transmisji danych o niezależnych systemach synchronizacji sieciowej lub różnych zasadach działania, a także zagadnienia kosztów budowy urządzeń sieciowych. W końcowej części artykułu zestawiono i omówiono wybrane cechy i parametry dotyczące systemów transmisji kopertowej oraz przedstawiono wnioski przydatne dla realizacji omawianych systemów zwielokrotnienia.

W celu bliższego określenia zakresu tematyki artykułu wyjaśnimy podstawowe pojęcia w nim wykorzystane. Termin sieć transmisji danych jest używany w artykule w odniesieniu do zespołu środków technicznych umożliwiających w znormalizowany sposób przesyłanie sygnałów binarnych pochodzących od użytkowników sieci. Elementami tak rozumianej sieci są urządzenia komunikacyjne /konwertyory sygnałów/, multipleksery, koncentratory, węzły komutacyjne i łącza transmisyjne. Kanały transmisyjne tej sieci mogą być tworzone na bazie łączy i traktów

publicznych sieci telekomunikacyjnych: telefonicznej i telegraficznej. Wybrany przykład konfiguracji sieci transmisji danych wraz z multiplexerem czasowym przedstawiono na rys. 4. Omawiane dalej cechy i parametry czasowego zwielokrotnienia kanałów transmisji danych dotyczą systemów wtórnego zwielokrotnienia w kanałach publicznych sieci telefonicznej i telegraficznej, realizowanych za pomocą synchronicznych multiplexerów znakowych zalecanych przez CCITT.

2. STRUKTURY PODSTAWOWYCH RAMEK ZWIELOKROTNIENIA

Zalecane przez Komisję Studiów VII CCITT dwa schematy zwielokrotnienia czasowego dla synchronicznych sieci transmisji danych bazują na idei jednolitej realizacji kanałów użytkowych i sygnalizacyjnych w sieci. Idea ta polega na organizacji kanałów sygnalizacyjnych przeznaczonych dla sygnalizacji abonent-sieć w postaci kanałów czasowych stowarzyszonych z kanałami informacyjnymi abonentów. Wzajemna relacja obu kanałów informacyjnego i sygnalizacyjnego jest następująca: bity użytkowe są grupowane po n w grupie i każda taka grupa jest uzupełniona dwoma dodatkowymi bitami nazywanymi F i S. Taki zestaw bitów informacyjnych i dodatkowych jest nazywany kopertą. Bit S pełni rolę bitu stanowego określającego charakter informacji przesyłanej na bitach informacyjnych wewnątrz koperty, tym samym tworzy czasowy kanał sygnalizacyjny. Bit F jest bitem synchronizacyjnym /ramkującym/ koperty.

Obecnie na świecie budowane są wewnątrzsieciowe urządzenia przystosowane do transmisji dwóch typów kopert. Różnią się one liczbą bitów informacyjnych. Koperty typu 6+2 zawierają sześć bitów informacyjnych i dwa bity dodatkowe, koperty typu 8+2 zawierają osiem bitów informacyjnych i dwa dodatkowe. Budowę kopert obu typów ilustruje rys. 5. Stosownie do tych formatów kopert Komisja Studiów VII ustaliła dwa teksty zaleceń.

Zalecenie X.50 normalizuje strukturę ramki^{1/} podstawowej^{2/} w sieciach stosujących transmisję kopert typu 6+2 oraz przy współpracy takich sieci między sobą lub z siecią stosującą koperty typu 8+2. Natomiast zalecenie X.51 normalizuje strukturę ramki podstawowej w sieciach stosujących transmisję kopert typu 8+2 oraz przy współpracy takich sieci między sobą. W celu uzyskania jednolitej struk-

^{1/} Ramka oznacza sekwencję bitów przesyłaną w kanale ze zwielokrotnieniem czasowym /kanale wspólnym/ o długości wynikającej z liczby kanałów pochodnych i wielkości pojedynczej szczeliny kanałowej wyznaczonej liczbą bitów w niej przesyłanych. W strumieniu bitów przesyłanych w kanale wspólnym ramkę wyznacza cyklicznie powtarzana kombinacja bitów, nazywana wzorem synchronizacji ramki lub wzorem ramkującym.

^{2/} Ramką podstawową nazywa się w nomenklaturze CCITT ramkę organizowaną w kanale o przepływności binarnej 64 kbit/s.

tury schematu zwielokrotnienia w krajowej sieci transmisji danych należy przyjąć, że powyższe zalecenia powinny odnosić się również do struktury podstawowej ramki zwielokrotnienia, stosowanej wewnątrz tej sieci.

Oba zalecenia ustalają strukturę zwielokrotnienia w kanałach transmisji danych o przepływności 64 kbit/s. Kanały takie mogą być tworzone w oparciu o systemy transmisji analogowej /np. w pasmie częstotliwości podstawowej grupy pierwotnej 60-108 kHz w systemach telefonii nośnej FDM/, systemy transmisji cyfrowej /np. w szczelnie kanałowej systemu telefonii cyfrowej PCM 30/32/ lub w oparciu o telefoniczne kanały naturalne /na torach przewodowych wyposażonych w konwertery niskonapięciowe typu "base-band modems"/.

Dodatkowa informacja, tzw. ramkująca, powinna być zawarta w strumieniu 64 kbit/s. Zalecenie X.50 przewiduje ramkę składającą się z 80 kopert typu 6+2, wykorzystującą całą przepływność binarną kanału 64 kbit/s. Podstawowy strumień zwielokrotnienia, według zalecenia X.51, powinien przenosić w 1 ramce 240 kopert typu 8+2 i zawierać się w szybkości 60 kbit/s.

W kanałach o przepływności 64 kbit/s zaleca się stosowanie techniki wypełniania przez umieszczenie w ramce podstawowej 160 bitów wypełniających /tzw. padding/. Bity te mogą być wykorzystane do przenoszenia wzoru ramki strumienia zwielokrotnionego, sygnałów zarządzających /alarmów, cyklicznej kontroli błędów, stanu sieci/ oraz justyfikacji^{1/}. W związku z powyższym ramka według zalecenia X.50 ma długość 640 bitów, a ramka według zalecenia X.51 - 2560 bitów. Obie struktury ramek przedstawiono na rys. 6. Czasy repetycji kopert kanałowych są porównywalne w obu schematach zwielokrotnienia. W strukturze według zalecenia X.50 koperta kanałowa, w kanale o szybkości użytkowej 600 bit/s, powtarza się co 80 kopert /typu 6+2/, czyli występuje raz na ramkę, a w strukturze według zalecenia X.51 powtarza się co 80 kopert /typu 8+2/, czyli występuje trzy razy na ramkę. Czas repetycji koperty kanałowej w strukturze określonej zaleceniem X.51 /liczony w bitach lub w kopertach jednakowego typu/ jest dłuższy o 1/3 wielkości tego czasu niż w strukturze według zalecenia X.50. Powoduje to zwiększenie opóźnienia przejścia informacji w pętli utworzonej w sieci transmisji danych stosujących koperty typu 8+2 w stosunku do sieci wykorzystujących koperty 6+2. Dokładna analiza wielkości opóźnień sieciowych, uwzględniająca również stosowane w sieci metody wyrównania znakowego, jest przedstawiona w opracowaniu [7].

Należy podkreślić zasadnicze różnice systemowe budowy podstawowych ramek zwielokrotnienia według omawianych zaleceń. Ramka zgodna z zaleceniem X.50 długości 640 bitów, spośród których 80 bitów /bity F kopert/ jest przeznaczonych do celów systemowych wspólnych dla wszystkich kanałów, w tym 72 bity przenoszą

^{1/} Termin ten oznacza procedurę wyrównywania długości ramek do wielkości wynikających z aktualnej szybkości transmisji w kanale wspólnym.

wzór ramkowania, pozostałe 8 bitów służy do celów zarządzania i utrzymania sieci /bity alarmu, sygnalizacji międzynarodowej, itp./, ponadto do celów wymiany danych i sygnalizacji abonenckiej przeznaczone są w każdej kopercie 6 bitów informacyjnych i jeden bit stanu.

Tak ściśle określona struktura ramki, zgodna z zaleceniem X.50, wymaga przy jej przesyłaniu stosowania łączy transmisyjnych o charakterystykach umożliwiających tworzenie kanałów o przepływności binarnej co najmniej 64 kbit/s. Struktura ta predysponuje ją tylko do tworzenia połączeń synchronicznych w sieciach ze wspólnym zegarem bitowej podstawy czasu. Ze względu na pełne wykorzystanie bitów systemowych w ramce przy tworzeniu dodatkowych kanałów sygnalizacji sieciowej, na przykład potrzebnych do sterowania pracą koncentratora linowego w gałęzi sieci, trzeba będzie zrezygnować z części kopert kanałowych na rzecz nowego kanału sygnalizacyjnego. W Polsce, jak dotychczas, nie wdrożono do eksploatacji systemów szybkiej transmisji danych /64 kbit/s/. W tej sytuacji trudno jest krytycznie ocenić skutki systemów działających według zalecenia X.50, a w szczególności konieczność pracy synchronicznej, co może mieć wpływ na organizację współpracy sieci rozdzielonych przestrzennie. Zagadnienie to omówiono bliżej w dalszej części artykułu. Wreszcie kolejną konsekwencją przyjęcia struktury zwielokrotnienia według zalecenia X.50 w przypadku stosowania koncentratorów będzie prowadzić do obniżenia efektywności wykorzystania kanału zbiorczego.

Struktura ramki według zalecenia X.51 pozwala na elastyczniejsze jej wykorzystanie systemowe w porównaniu z możliwościami struktury poprzednio omówionej. W dłuższej ramce /2560 bitów/ transmitowanej w kanałach 64 kbit/s przewidziano 160 bitów do wykorzystania systemowego, spośród których część /64 bity/ wykorzystana jest do celów organizacji ramki /powtarzany wzór ramkowania/, a reszta do celów zarządzania siecią: sygnalizacji międzynarodowej, zabezpieczenia przed błędami, zarządzania siecią krajową, kodowania rodzaju pracy /transmisja synchroniczna, plezjochroniczna - w terminologii zalecenia X.51 - asynchroniczna/. Pozostałe 2400 bitów w ramce tworzy 240 kopert typu 8+2 przenoszonych w strumieniu binarnym 60 kbit/s. Wszystkie bity tych kopert, a więc bity informacyjne i bit stanu łącznie z bitem F ramkowania koperty, mogą być w dyspozycji abonenta. Tworzy to możliwość dodatkowej sygnalizacji abonenckiej wykorzystującej bity F kopert.

Z powyższego wynika, że struktura zwielokrotnienia według zalecenia X.51 umożliwia:

- wykorzystanie kanałów o przepływności 60 kbit/s /wówczas bity F kopert muszą zawierać wzór ramkowania/,
- organizację dodatkowych kanałów sygnalizacji systemowej na bitach dodatkowych, bez uszczuplenia liczby kanałów użytkowych,

- współpracę plezjochroniczną sieci z rozdzielonymi przestrzennie zegarami podstawy bitowej poprzez elastyczną zmianę długości ramki /zmianę liczby bitów dodatkowych w ramce/, umożliwiającą przesyłanie danych bez straty informacji wynikającej z różnicy częstotliwości zegarów,
- rozszerzenie pojemności abonenckiego kanału sygnalizacyjnego przez przydzielanie bitów F kopert abonentom /tylko przy pracy w kanałach o przepływności binarnej 64 kbit/s/.

W dalszych fragmentach niniejszego artykułu omówiono niektóre szczegółowe aspekty systemowe i sieciowe wspomnianych wyżej dwóch struktur zwielokrotnienia stosowanych w gałęziach sieci transmisji danych.

3. MIEJSCE TWORZENIA KOPERT W GAŁĘZI SIECI

Koperty uwzględnione w podstawowych schematach zwielokrotnienia według X.50 i X.51 są utworzone w celu uzyskania prostego środka dla realizacji kanałów sygnalizacji abonenckiej. W gałęziach sieci stosujących hierarchiczny schemat zwielokrotnienia /patrz rys. 4/ kanały sygnalizacji abonenckiej są organizowane, począwszy od urządzenia zakończenia sieciowego /DCE - abonenta/, poprzez wszystkie stopnie multipleksacji. Koperta w takiej gałęzi sieci może być tworzona podczas wprowadzania sygnałów abonenckich do sieci już w urządzeniach zakończenia sieciowego /DCE/ lub w multiplekserze najniższego rzędu /zwielokrotniającym sygnały z łączy abonenckich/, albo w multiplekserach stopni pośrednich. Wybór miejsca tworzenia kopert w gałęzi sieci ma wpływ na budowę odpowiedniego urządzenia sieciowego oraz na sposób transmisji sygnałów w odcinku abonenckim DCE-MUX najniższego stopnia hierarchii.

Szczególne znaczenie mają zagadnienia transmisyjne, gdyż jak wiadomo szybkości transmisji kopert są odpowiednio wyższe od szybkości użytkowych dla poszczególnych klas użytkowników. Rodzaj transmisji stosowanej w odcinkach abonenckich wpływa więc na koszt eksploatacji łączy abonenckich oraz na organizację współpracy urządzeń na styku abonent - sieć.

Szczegółowe omówienie powyższych zagadnień zawarto w opracowaniu [8], podano tam również metody transmisji niekopertowej z zachowaniem funkcji abonenckiego kanału użytkowego i sygnalizacyjnego.

4. REALIZACJA KANAŁÓW SYGNALIZACJI ABONENCKIEJ W GAŁĘZI SIECI Z TRANSMISJĄ KOPERTOWĄ

Sygnalizacja abonent-sieć

Algorytmy sygnalizacyjne, informacje i formaty instrukcji sygnalizacyjnych określające sposób współpracy abonenta z siecią /sygnały żądania nawiązania po-

łączenia, potwierdzenia i podtrzymania, itp./ dla synchronicznej komutowanej sieci transmisji danych powinny być zgodne z zaleceniem X.21. W szczególności zalecenie to określa kod znaków sygnalizacyjnych /znaki 8-elementowe według tablicy kodów Alfabetu Międzynarodowego nr 5 CCITT, a także ISO-7/ oraz metody synchronizacji bloków wiadomości sterujących /w oparciu o zegar bitowy i tak zwane flagowe oznaczanie początku wiadomości sterujących, to jest przez ciągłe przesyłanie dwóch znaków typu SYN poprzedzające transmisję znaków sygnalizacyjnych/. Powyższe zalecenie nie określa metody transmisji znaków sygnalizacyjnych w gałęziach sieci.

Z powyższego wynika, że kolejne fazy sygnalizacji abonent-sieć mogą być realizowane niezależnie od rodzaju kopert i podstawowej struktury zwielokrotnienia w gałęziach sieci. Sygnalizacja jest wówczas kodowo rozeznawana w ciągłym strumieniu informacyjnym w poszczególnych kanałach.

Transmisja kopertowa zapewnia jednak udogodnienie systemowe polegające na wyróżnieniu odpowiednim bitem charakteru informacji przesyłanej wewnątrz bitów informacyjnych koperty /sterowanie czy dane/. Ponadto, realizując w miejscach tworzenia kopert zsynchronizowanie zegara znakowego /dla znaków 8-bitowych/ i zegara bajtowego kopert uzyskuje się jednoznaczność interpretacji bitu S kopert /stanowego/. Przy spełnieniu tego warunku bit S tworzy sygnał sygnalizacyjny, który w sieci może być wykorzystany do łatwej realizacji przejścia z fazy wymiany danych do fazy sygnalizacji oraz rozeznawania końca informacji sygnalizacyjnej, a także dla innych celów, na przykład utrzymania sieci /organizacji pętli testowych itp./.

Uzyskanie powyższego wyrównania znakowego jest stosunkowo proste przy transmisji kopert typu 8+2. Pełny znak sygnalizacyjny z alfabetu nr 5 można przesać w jednej kopercie, a bity F kopert mogą przenosić informację o zegarze znakowym. Przy strukturze zwielokrotnienia według X.51 bity F kopert mogą przenosić nie zmienioną informację przez całą drogę połączenia w sieci /abonent - abonent/, mogą więc służyć ponadto do wzajemnej synchronizacji znakowej urządzeń końcowych współpracujących ze sobą abonentów.

Przy transmisji kopert typu 6+2 uzyskanie wyrównania ze znakami alfabetu nr 5 możliwe jest przy zastosowaniu dodatkowych zabiegów. Najczęściej przesyła się bloki 4 kopert zawierające 3 pełne znaki sygnalizacyjne. Sygnał synchronizacji bajtowej tych bloków, zwanych kwadrioktetami, przesyła się na bicie S czwartej koperty w kwadrioktecie /patrz rys. 5/. Przy stosowaniu struktury zwielokrotnienia według X.50, bity F kopert muszą przenosić wzór ramkowania i nie mogą być stosowane dla międzyabonenckiego zegara bajtowego.

Tworzenie kwadrioktetów do celów wyrównania znakowego daje szereg negatywnych skutków, przede wszystkim wydłużenie ramek synchronizacyjnych, zmniejsze-

nie efektywności wykorzystania łączy, zwiększenie opóźnienia przejścia w sieć oraz komplikację układową urządzeń. Zagadnienia te są szczegółowo przedstawione w opracowaniu [7].

W związku z zagadnieniem wyrównania znakowego kopert i znaków sygnalizacyjnych mówi się w niektórych źródłach [12] o kopertach zamkniętych i kopertach otwartych. Kopertami zamkniętymi nazywa się te, które w fazie sygnalizacji zawierają zawsze tę samą liczbę bitów sygnalizacyjnych, bądź całe są nimi wypełnione. Koperty zamknięte występują więc podczas wymiany sygnałów z realizacją wspomnianego wyrównania. W kopertach otwartych liczba bitów sygnalizacyjnych jest przypadkowa. Takie koperty są transmitowane w kanałach przy braku wyrównania kopert i znaków sygnalizacyjnych. Należy wyraźnie stwierdzić, że zalecenie X.21 nie determinuje wyboru systemu sygnalizacyjnego stosującego transmisję kopert jakiegokolwiek rodzaju. Wybór ten powinien głównie uwzględnić łatwość realizacji zespołów sygnalizacyjnych w węźle komutacyjnym oraz ograniczenia i udogodnienia omówione powyżej.

Sygnalizacja abonent - abonent

Komisja Studiów VII stwierdziła, że zagadnienie realizacji sygnalizacji abonent - abonent w synchronicznej sieci transmisji danych pozostaje w gestii abonentów - użytkowników sieci. Można zauważyć, że ze względu na budowę urządzeń końcowych DTE korzystna byłaby realizacja międzyabonenckich procedur sygnalizacyjnych, wykorzystujących znaki alfabetu nr 5 i synchronizację wiadomości znakami SYN /identycznie jak sygnalizacja abonent-sieć/. Uwagi dotyczące transmisji kopertowej są takie same, jak przy sygnalizacji abonent-sieć.

5. CZASY RESYNCHRONIZACJI W KANAŁACH WSPÓLNYCH O STRUKTURACH ZWIELOKROTNIEŃ ZGODNYCH Z ZALECENIAMI X.50 I X.51

Zalecenie X.51 szczegółowo określa strategię ramkowania w kanale 64 kbit/s. Wyznaczanie ramki opiera się na stosowaniu czterech równomiernie rozłożonych czternastobitowych wzorach ramkowania wpisanych w bity paddingu /dodatkowe/, dzielących ramkę na cztery podramki. Wzór ramkowania jest uzupełniany dwubitowym identyfikatorem podramki.

Jako kryterium utraty ramkowania przyjęto trzykrotny kolejno powtórzony wzór zawierający błędny identyfikator podramki, a także pierwszą ramkę po odzyskaniu ramkowania zawierającą błędny identyfikator podramki. Kryterium odzyskania ramkowania jest wykrycie jednego poprawnego wzoru ramki. Procedura odzyskiwania ramkowania rozpoczyna się od chwili zablokowania kopert wychodzących /wzysknie

zawierają same jedyinki/ i sygnalizacji utraty ramkowania bitem zarządzającym A /pierwszy bit paddingowy w ramce/.

Ponieważ bity paddingowe są wstawione co 15 bitów informacyjnych, a wzór ramkowania i identyfikator podramki są rozmieszczone od P 21 /tj. 315 bit w podramce/ do P 36 /540 bit w podramce/, czas rozeznania utraty ramkowania równa się czasowi transmisji w kanale 64 kbit/s następującej liczby bitów:

$$/640-315/ + 640 + 540 = 1515 \text{ bitów, tj. } 23,6 \text{ ms}$$

/przy 640 bitach w podramce/.

Czas upływający od momentu utraty ramkowania do momentu sygnalizacji tego stanu bitem A odpowiada czasowi transmisji $640 - 540 = 100$ bitów, czyli wynosi 1,6 ms.

Czas rozeznawania wzoru ramkowania odpowiada czasowi transmisji $16 \times 15 = 240$ bitów, czyli wynosi 3,7 ms, a więc minimalny czas odzyskania ramkowania trwa $1,6 \text{ ms} + 3,7 \text{ ms} = 5,3 \text{ ms}$. Natomiast maksymalny czas odzyskania ramkowania może odpowiadać czasowi transmisji $100 + 640 \times 240 = 153700$ bitów, czyli trwa 2,4 s.

Czasy powyższe obliczono przy założeniu, że sprawdzany jest cały wzór ramkowania podramki. Uzyskane wartości czasów odzyskania ramkowania można znacznie zmniejszyć stosując odpowiednią procedurę sprawdzania wzoru, np. pierwszy błędny bit rozeznany w trakcie sprawdzania wzoru powoduje przerwanie dalszego sprawdzania i przeskok zegara odbiorczego o 1 bit lub grupę bitów. Blższe informacje o metodach synchronizacji ramkowej stosowanych w różnych systemach zwielokrotnienia czasowego znalazł czytelnik w [5] i [20].

Zalecenie X.50 podaje podstawowe parametry schematu zwielokrotnienia dla współpracy sieci transmisji danych, które używają następujących struktur przekazywania informacji:

- a/ pojedynczych kopert 8-bitowych,
- b/ grupowanie czterech kopert 8-bitowych /kwadrioktetów/,
- c/ pojedynczych kopert 10-bitowych

w przypadkach, gdy przynajmniej jedna z sieci ma strukturę zgodną z a/ lub b/.

We wszystkich tych przypadkach strategia ramkowania, tzn. procedury rozeznawania utraty ramki i jej odzyskania nie są jeszcze ustalone i pozostają tematami do dalszych studiów prowadzonych w CCITT. Określono jedynie, że dla sieci stosujących kopertę 8-bitową i dopuszczających wszystkie szybkości transmisyjne^{1/} zalecany wzór ramkowania ma długość 72 bity i jest częścią wzoru 80-bitowego określonego na bitach F kopert, a dla sieci dopuszczających tylko szybko-

^{1/}Według pkt. 11.2.5. zalecenia X.50 są to szybkości modulacji 12,8 kbit/s; 6,4 kbit/s; 3,2 kbit/s i 800 bit/s.

ści 12,8 kbit/s i 3,2 kbit/s jeden z uprzywilejowanych wzorów ramkowania będzie miał długość 19 bitów i będzie częścią 20-bitowego wzoru określonego także na bitach F kopert. W sieciach stosujących grupowanie kopert w kwadrioktety ich synchronizacja będzie utrzymywana i kontrolowana za pomocą odpowiedniego wzoru wykorzystującego bit stanowy czwartej koperty /S₀/ w kwadrioktecie. Strategię ramkowania w tym przypadku określają różne propozycje administracji krajowych^{1/} podane w dokumentach roboczych VII Komisji Studiów CCITT [12].

Propozycje te, z podkreśleniem proponowanych przez Komisję VII CCITT, przedstawione są szczegółowo w opracowaniu [7].

6. BUDOWA CYFROWEJ CENTRALI KOMUTACJI KANAŁÓW TRANSMISJI DANYCH

Ogólnie można stwierdzić, że cyfrowa centrala komutacji kanałów składa się z następujących bloków: zespołu synchronizacji i sygnalizacji, pola komutacji kanałów czasowych i zespołu sterowania.

Wybór rodzaju schematu zwielokrotnienia w cyfrowych traktach dochodzących do centrali komutacyjnej ma oczywisty wpływ na budowę bloku synchronizacji i sygnalizacji. Blok ten pełni funkcję synchronizacji /wyrównania/ przychodzących ramek z wewnętrzną ramką odniesienia centrali, warunkującą rytm pracy pola komutacyjnego i sterowania, oraz funkcję rozeznawania i formowania sygnałów sygnalizacyjnych. Długość i struktura ramek zwielokrotnienia oraz sposób ich synchronizacji w sieci /indywidualnie w poszczególnych traktach, czy ze wspólnym zegarem sieciowym/ mają wpływ na budowę układów wejścia/wyjścia w centrali oraz czasy opóźnień komutacyjnych. Dokładną analizę tych czynników przedstawiono w [7] i [12].

Zasada działania pola komutacyjnego o zwielokrotnieniu czasowym może być niezależna od struktury zwielokrotnienia w kanałach dołączonych do centrali. W myśl ogólnej zasady, w polu komutacyjnym są przenoszone informacje cyfrowe ze szczyln kanałowych /zgodnie ze schematem zwielokrotnienia/ w kanałach przychodzących do odpowiednich pozycji czasowych w ramach kanałów wychodzących. Informacje komutowane w ten sposób mogą być łączone w grupy bitów o dowolnej długości charakterystycznej dla danego pola, np. grupy 8 lub 10-bitowe, pochodzące z poszczególnych kanałów abonenckich.

Rozeznawaniem odpowiednich grup bitów w traktach przychodzących i ich komutacją zajmuje się blok sterowania centrali działający na podstawie informacji otrzymywanych z bloku synchronizacji i sygnalizacji. Komutacja grup bitów w poszczególnych kanałach abonenckich odbywa się w rytmie zgodnym z wewnętrzną ram-

^{1/} Na przykład propozycja włoska sformułowana w dokumencie nr 59 oraz propozycje Komisji VII podane w dokumentach o numerach 208 i 270.

ką odniesienia w centrall. Długość tej ramki wynika z częstości powtarzania kopert od danego abonenta w ramce zwielokrotnienia. Według zalecenia X.50 przy zwielokrotnieniu jednorodnym kanałów 600 bit/s długość tej ramki wynosi 80 kopert. Przy zwielokrotnieniu niejednorodnym kanałów o różnych szybkościach długość ramki odniesienia jest zależna od szybkości użytkowej w danym kanale abonenckim /np. dla szybkości 2,4 kbit/s w ramce wynosi 20 kopert/.

Wynika z powyższego, że długość wewnętrznej ramki odniesienia dla celów komutacji kanałów transmisji danych nie jest uzależniona od rodzaju systemu transmisyjnego w sieci analogowego lub cyfrowego. W szczególności w sieci stosującej telefoniczny system transmisji PCM nie jest niezbędnie wymagana synchronizacja ramek PCM i ramek zwielokrotnienia transmisji danych. Wyrównanie takich ramek można zorganizować jedynie w sieci transmisji danych, stosującej zwielokrotnienie według zalecenia X.50. Uzyskuje się wtedy możliwość łatwej adaptacji telefonicznej centrali komutacyjnej, operującej w polu komutacyjnym grupami 8-bitowymi, do celów komutacji kanałów transmisji danych. Jednakże zabieg ten /wyrównanie ramek PCM i ramek TD/ daje korzyści w postaci uproszczenia realizacji technicznej centrali, szczególnie w przypadku jednorodnego zwielokrotnienia kanałów transmisji danych w kanale 64 kbit/s. Wewnętrzna ramka odniesienia dla komutacji kanałów TD będzie miała wówczas długość równą wielokrotności długości ramki PCM, na przykład 80 lub 20 ramek PCM. Pomimo istniejącej w omawianym przypadku synchronizacji ramek PCM i ramek TD /przy zwielokrotnieniu niejednorodnym/, blok synchronizacji i sygnalizacji przeznaczony dla obsługi kanałów transmisji danych musi rozoznawać wzór ramki zwielokrotnienia TD /według zalecenia X.50/. Można wtedy identyfikować koperty od poszczególnych abonentów.

Założenie o wyrównaniu ramek w systemie transmisji cyfrowej i ramki podstawowej zwielokrotnienia TD powinno być rozpatrywane indywidualnie w przypadkach realizacji określonej sieci transmisji danych. Nie jest to więc założenie ogólne. W każdym przypadku centrala komutacyjna musi organizować swoją ramkę odniesienia zależnie od ramki zwielokrotnienia transmisji danych.

Problemy realizacji komutacji kanałów transmisji danych w oparciu o system telefoniczny PCM omówiono szerzej w [1].

7. WSPÓŁPRACA Z CYFROWĄ SIECIĄ TELEFONICZNĄ PCM

Zakłada się, że przyszła synchroniczna sieć transmisji danych w Polsce będzie wykorzystywać, obok łączy naturalnych i analogowych, łączy cyfrowej sieci telefonicznej typu PCM. Podstawowym środkiem transmisyjnym w takiej sieci będą kanały o przepływności binarnej 64 kbit/s tworzone w traktach systemu PCM 30/32.

W gałęziach sieci transmisji danych /w zespołach środków technicznych tworzących połączenie abonent - centrala, począwszy od DCE abonenta/ wykorzystują-

cych łączy cyfrowej sieci telefonicznej PCM będzie tworzony styk z tą siecią, organizujący współpracę multiplexera rzędu pierwszego /64 kbit/s/ z telefoniczną krotnicą systemu PCM 30/32. Rodzaj koperty stosowanej w sieci transmisji danych, a więc typ schematu zwielokrotnienia w kanale 64 kbit/s nie jest istotny z punktu widzenia poprawności transmisji w sieci.

Wymagania funkcjonalne dla tego typu styku są następujące:

- 1/ zapewnienie transmisji dwukierunkowej,
- 2/ przepływność binarna w sygnale informacyjnym 64 kbit/s,
- 3/ transmisja synchroniczna z sygnałem zegara 64 kHz przesyłanym poprzez styk z lub do urządzenia PCM,
- 4/ brak ograniczeń na rodzaj sekwencji bitów w sygnale informacyjnym.

Parametry elektryczne i funkcjonalne takiego styku określone są w zaleceniach G.703 i G.732 CCITT. Zalecenia te przewidują, oprócz sygnału informacyjnego i sygnału zegara 64 kHz, przesyłanie sygnału zegara 8 kHz zsynchronizowanego z zegarem 64 kHz. Zaleca się bipolarną postać sygnałów na styku, co umożliwi przesyłanie częstotliwości obu zegarów na wspólnej parze przewodów /sygnał zegara 8 kHz jako regularne zakłócenia bipolarności elementów sygnału 64 kHz/. W powyższych zaleceniach stwierdza się, że dopuszczalne jest wykorzystanie zegara 8 kHz po stronie transmisji danych. Zegar ten jest niezbędny jedynie w przypadku potrzeby organizacji wyrównania ramki zwielokrotnienia /według X.50/ z ramką PCM, w sposób omówiony w rozdz. 5.

8. WSPÓŁPRACA NIEZALEŻNYCH SYNCHRONICZNYCH SIECI TRANSMISJI DANYCH

Przewiduje się, że w początkowym etapie budowy w Polsce synchronicznej sieci transmisji danych powszechnego użytku /TD/, sieć ta nie będzie obejmowała całego kraju, lecz będzie organizowana w przestrzennie rozdzielonych obszarach. We wszystkich tych obszarach powinna obowiązywać jednolita podstawowa struktura zwielokrotnienia według zalecenia X.50 lub X.51. Synchronizacja gałęzi sieci TD należących do danego obszaru będzie dokonywana w oparciu o zegar, np. 64 kHz, zlokalizowany w głównej centrali tego obszaru.

Konieczność organizacji współpracy abonentów transmisji danych, również na łączach międzynarodowych, należących do różnych przestrzennie rozdzielonych obszarów sieci TD, stworzy trudności wynikające z braku synchronizacji między nimi. Jeśli sieć TD będzie wykorzystywała łączą telefonii PCM, współpracę taką można zorganizować budując dalekosiężne trasy z przepływności binarnej ponad 8 Mbit/s/. W przypadku braku takich traktów pozostaje konieczność tworzenia między oddalonymi obszarami sieci TD odpowiednich kanałów analogowych, przynoszących strumień informacji w sposób zgodny z zalecenia-

mi X.50 lub X.51. Kanały takie powinny być tworzone w oparciu o podstawową grupę pierwotną FDM o pasmie 60-108 kHz, a jako urządzenia transmisyjne powinny być wykorzystywane modemy o parametrach zgodnych z zaleceniem V.36. Schemat zwielokrotnienia stosowany w tych kanałach ma decydujące znaczenie dla możliwości organizacji współpracy odrębnych obszarów sieci TD. W rozdziale pierwszym wspomniano, że ramka zwielokrotnienia według zalecenia X.50 ma ściśle określoną stałą długość, a więc niezbędna jest synchroniczna praca urządzeń na obu końcach łącza 64 kbit/s. Wymagany jest wtedy wspólny zegar, co uniemożliwia w zasadzie organizację współpracy sieci niezależnych. Należy wspomnieć, że przy organizacji współpracy obszarów sieci TD pracujących z wyrównaniem ramek PCM i ramek zwielokrotnienia według zalecenia X.50 powstaje dodatkowa trudność w przesyłaniu informacji o tym wyrównaniu. W łączu analogowym o pasmie grupy pierwotnej FDM należy przesyłać w omawianym przypadku częstotliwość zegara 8 kHz. Stwarza to konieczność rozszerzenia pasma transmisyjnego do 72 kbit/s w modemie zgodnym z zaleceniem V.36. Ramka według zalecenia X.51 ma bity justyfikacyjne umożliwiające korekcję długości ramki stosownie do różnicy częstotliwości zegarów na obu końcach połączenia o nominalnej przepływności 64 kbit/s. Umożliwia to organizację plejochronicznej współpracy niezależnych sieci TD o tej samej nominalnej częstotliwości zegarów sieciowych. Np. zgodnie z zaleceniem G.732 dla pierwotnego systemu PCM 30/32 przewiduje się tolerancję szybkości $2,048 \text{ Mbit/s} \pm 5 \times 10^{-5}$, a więc w kanałach telefonicznych tolerancję $64 \text{ kbit/s} \pm 3,2 \text{ bit/s}$. Długość ramki według zalecenia X.51 może wynosić 2560 bitów $\pm 1 \text{ bit}$. Daje to maksymalną tolerancję szybkości około $\pm 4 \times 10^{-4}$, co w pełni pokrywa dopuszczalne niestabilności niezależnych systemów PCM.

Należy podkreślić, że na terenie VII Komisji Studiów CCITT były podejmowane próby ominięcia wyżej opisanych wad schematu zwielokrotnienia według zalecenia X.50. Propozycja japońska [12] zawiera projekt schematu zwielokrotnienia /dla sieci stosujących koperty 6+2/, pozwalający na plejochroniczną współpracę sieci o niezależnych zegarach. W schemacie tym w każdym kanale tworzone są koperty synchronizacyjne zawierające wzór synchronizacji, część adresową kanału oraz bit kontrolny wyróżniający oktet synchronizacyjny od oktetu wypełniania strumienia danych. W razie konieczności korekcji długości ramki oktet synchronizacyjny jest zamieniany przez oktet wypełniający, którego bity pełniły rolę bitów wypełniających. Propozycja ta nie została przyjęta przez CCITT i obecnie zrezygnowano z prób dostosowania wymagań zalecenia X.50 do omówionego przypadku współpracy między sieciami TD.

9. WSPÓŁPRACA SIECI STOSUJĄCYCH RÓŻNE TYPY KOPERT

Wymiana informacji użytkowych między abonentami sieci TD stosujących różne typy kopert wymaga rozstrzygnięcia wielu zagadnień, przede wszystkim transmisyjnych /synchronizacyjnych/ i sygnalizacyjnych,

Można obecnie przewidywać następujące sytuacje transmisyjne pomiędzy sieciami TD stosującymi transmisję kopertową:

połączenia końcowe typu

a/ 6+2 --- 6+2

b/ 8+2 --- 8+2

c/ 6+2 --- 8+2

połączenia tranzytowe typu

d/ 6+2 --- 8+2 --- 6+2

e/ 8+2 --- 6+2 --- 8+2

Współpraca sieci TD w przypadku a/ jest omówiona w zaleceniu X.50 /część II i III/. Przypadek b/ ujmuje zalecenie X.51.

W obu tych przypadkach współpraca między sieciami opiera się na jednolitej strukturze ramek zwielokrotnienia, strategii ramkowania i metod wyrównania w różnych fazach połączenia.

Przypadki pozostałe omówione są ogólnie w części IV zalecenia X.50. Przyjęto założenie podstawowe, że sieć używająca strukturę kopert 8+2 będzie współpracować z innymi sieciami /używającymi kopert 6+2 lub grupowania kwadrioktetów/ przez zapewnienie takich samych właściwości, jak sieć stosująca grupowanie kwadrioktetów.

W przypadku c/, gdy sieć z kopertą 6+2 zapewni grupowanie kwadrioktetów, w połączeniu między sieciami TD może być wymagane zachowanie ich synchronizacji. Sieć z kopertą 6+2 jest więc odpowiedzialna /w połączeniu międzynarodowym/ za tworzenie grup czterech kopert w kanałach 64 kbit/s i zapewnienie wzoru ich ramkowania /na bitach S_D /. W sieci z kopertą 8+2 urządzenia traktu międzynarodowego tylko rozeznają wzór ramki kwadrioktetów i zapewniają wyrównanie ich z kopertami 8+2 w kanałach abonenckich.

Wyrównanie kwadrioktetów będzie więc kontrolowane i utrzymywane na obu końcach połączenia przez cały czas fazy wymiany danych i będzie realizowane przed ustaleniem połączenia w centrali inicjującej. W przypadku połączenia tranzytowego /przypadek d/ centrale tranzytowe nie będą zmieniać wartości bitu S_D od chwili ustanowienia połączenia tranzytowego i będą wówczas utrzymywać wyrównanie kwadrioktetów w tym połączeniu.

W przypadku e/, gdy sieć z kopertą 6+2 zapewni grupowanie kwadrioktetów,

stan ten będzie także zapewniony w połączeniu tranzytowym.

We wszystkich omawianych przypadkach, gdy jedna z sieci TD nie zapewni grupowania kwadrioktetów, to nie będzie żadnej współzależności między grupami czterech kopert 6+2 a sekwencjami bitów wychodzącymi z tej sieci. Sieć taka nie będzie również dawać żadnej informacji o początku wyrównania dla przechodzących przez nią kwadrioktetów /np. pochodzących z innej sieci/.

Przy tworzeniu połączeń tranzytowych w sieciach stosujących wyrównanie kwadrioktetów muszą być przenoszone informacje o tym wyrównaniu. W sieciach TD, stosujących transmisję pojedynczych kopert, bity informacyjne i stan kopert muszą być przenoszone bez zmian wewnątrz tych sieci.

Zagadnienia strategii ramkowania, imitacji^{1/} i wyboru wzoru ramkowania na bitach S_D , sygnalizacji międzycentralowej, zachowania odpowiedzialności ramki, itp. w połączeniach omówionych wyżej, pozostawiono do dalszych studiów.

Szereg propozycji dotyczących tych tematów zawarty jest w [12]- dokument nr 203 .

Dotychczasowe ustalenia na terenie VII Komisji Studiów pozwalają stwierdzić, że przy organizacji współpracy w sieciach TD, w których stosowane są różne typy kopert, w równym stopniu jest ważna realizacja funkcji rozeznawania sygnalizacji i utrzymania połączenia, jak i tworzenie struktury zwielokrotnienia. Ponadto w przypadku współpracy w sieciach TD, w których stosuje się wyrównanie kwadrioktetów należy dodatkowo generować wzór ramkowania kwadrioktetów, a w sieciach współpracujących, w których zastosowano koperty 8+2 należy realizować kontrolę i utrzymanie wyrównania kwadrioktetów.

10. TWORZENIE KANAŁÓW DLA ABONENTÓW PRACUJĄCYCH ARYTMICZNIE

W VII Komisji Studiów CCITT pojawiają się różne propozycje dotyczące wprowadzenia kanałów telegraficznych do sieci synchronicznej transmisji danych. Jedną z nich jest rozwiązanie multipleksera czasowego, proponowane przez firmę ITT, wykorzystujące zasadę zwielokrotnienia podkanałów stosujących transmisję zależną od kodu i szybkości [12-30]. Wspomniany multipleksier umożliwia tworzenie 36 podkanałów do transmisji znaków z alfabetu nr 2 z szybkością 50 bit/s lub 12 podkanałów do transmisji znaków z alfabetu nr 5 z szybkością 200 bit/s, w jednym kanale zbiorczym o szybkości 3 kbit/s stanowiącym podkanał transmisyjny wynikający ze struktury ramki zgodnej z zaleceniem X.51. W tym rozwiązaniu na wyjściu z demultipleksera proponuje się realizować regenerację telegraficznych elementów

^{1/} Imitacja wzoru ramkowania jest to zjawisko polegające na przypadkowym /w dowolnej chwili/ generowaniu w ciągu bitów przesyłanych w kanale rzeczywistym sekwencji bitów zgodnej ze wzorem właściwym, lecz pojawiającej się na skutek przekłamań.

start-stopowych. Zwielokrotnienie, według schematu zależnego od kodu i szybkości, daje się realizować w obu strukturach /X.50 i X.51/ ramki podstawowej w sieci TD. W stosunku do schematu zwielokrotnienia niezależnego od kodu i szybkości, propozycja ITT umożliwiła lepsze wykorzystanie pasma teletransmisyjnego oraz pozwala na zachowanie kopertowej struktury przesyłania znaków telegraficznych w sieci, co zapewniła jednolity sposób obsługi abonentów przez centralę komutacyjną.

Przy transmisji znaków typu telegraficznego w kopertach, struktura kopert typu 6+2 może być bezpośrednio przeznaczona do transmisji bitów Informacyjnych znaków według alfabetu nr 2, a kopert typu 8+2 dla transmisji bitów Informacyjnych znaków według obu alfabetów nr 5 lub nr 2. Odpowiednie szybkości kopertowe są wystarczające do zapewnienia prawidłowej transmisji znaków telegraficznych o szybkościach modulacji 50, 100, 200, 300 Bd. Np. dla szybkości transmisji 50 Bd znak według alfabetu nr 2 trwa od 140 do 150 ms, a znak według alfabetu nr 5 trwa od 200 do 220 ms /różnice wynikają z dopuszczalnej długości elementów stopowych w tych znakach/. Szybkości użytkowej 50 Bd odpowiadają następujące szybkości kopertowe: dla koperty typu 6+2 - 66,6 Bd, dla koperty typu 8+2 - 62,5 Bd i odpowiednio czasy transmisji tych kopert: 97,6 ms i 150 ms. Czasy trwania kopert są krótsze niż czasy trwania znaków w odpowiednich alfabetach, można więc stosować jedną kopertę na znak. Na wejściach urządzenia kopertującego w gałęzi sieci muszą być oczywiście stosowane bufory jednoznakowe. Dwie kolejne koperty typu 6+2 o czasie trwania 195,2 ms można przeznaczyć do celów transmisji pojedynczych znaków według alfabetu nr 5 /nie uwzględniono tu tolerancji szybkości nadawania w kanałach telegraficznych/. Oczywiście przy realizacji takich systemów muszą być określone funkcje tych bitów informacyjnych wewnątrz kopert, które nie są wykorzystane do celów przenoszenia informacji użytkowych od abonenta.

Należy zauważyć, że wynikająca ze struktury koperty typu 8+2 szybkość transmisyjna 62,5 Bd dla kanału 50 Bd może być za mała do transmisji znaków według alfabetu nr 2. Należy wtedy dla obsługi abonentów pracujących w kodzie nr 2 stworzyć kanały transmisyjne o nieco większej szybkości transmisyjnej, przez budowę odpowiednich podramek /np. według propozycji ITT/. Daje to nieco mniejszą efektywność wykorzystania kanałów transmisyjnych niż to wynika z bezpośredniego wykorzystania kopert do transmisji pojedynczych znaków w tym alfabecie. Schemat zwielokrotnienia według zalecenia X.50 nie ma tej wady. Oczywiście sieć transmisji danych może dostarczać kanały transmisyjne do celów organizacji zwielokrotnionej transmisji telegraficznej. Wynika to z możliwości wykorzystania jako strumienia zbiorczego w multiplexerze telegraficznym jednej z szybkości użytkowych przewidzianych zaleceniami X.50 i X.51. Istniejące zalecenie R.111, przygotowane przez Komisję IX - dotyczące kodowo-niezależnej transmisji telegra-

ficznej, nie przewiduje żadnych ograniczeń na typ koperty i rodzaj zwielokrotnienia w sieci transmisji danych /w kanałach 64 kbit/s/.

W świetle powyższych rozważań propozycja Komisji IX, pomimo wyraźnie niższej efektywności wykorzystania przepływności binarnej w kanałach, a więc wyższych kosztów w porównaniu z transmisją kodowo-zależną, ma wyraźną zaletę - nie wprowadza żadnych wymagań ze strony abonentów telegraficznych na schemat zwielokrotnienia w sieci transmisji danych.

11. BUDOWA I KOSZTY URZĄDZEŃ SIECIOWYCH

Obecnie nie są dostępne na rynku światowym urządzenia przeznaczone dla przyszłej synchronicznej sieci transmisji danych /t.j. multipleksery podstawowe zgodne z zaleceniami CCITT, urządzenia transmisyjne na szybkości wynikające ze schematu zwielokrotnienia w sieci kopertowej, urządzenia końcowe abonenta, koncentratory itd./. Ich produkcja dopiero się rozpoczyna.

Stopień komplikacji budowy i spodziewane koszty tych urządzeń można jedynie oceniać porównując oba schematy zwielokrotnienia przeznaczone dla sieci transmisji danych. Szczegółową analizę tych czynników zawierają niektóre dokumenty VII Komisji Studiów CCITT, omówione w opracowaniach [7] i [12].

Uogólniając wszystkie uwagi dotyczące kosztów i stopnia komplikacji urządzeń można stwierdzić, że:

- w sieciach, w których stosuje się transmisję pojedynczych kopert typu 6+2 trzeba ponieść zwiększone koszty ze względu na niedopasowanie koperty do struktury znaków użytkowników wszystkich klas transmisji synchronicznych i niektórych asynchronicznych pracujących znakowo /oprócz stosujących znaki według alfabetu nr 2/ oraz w pewnym stopniu ze względu na niedopasowanie do struktury znaków sygnalizacyjnych w sieci^{1/},
- w sieciach, w których stosuje się transmisję grup czterech kopert typu 6+2 ponoszone są zwiększone koszty z wyżej wymienionych przyczyn oraz koszty ze względu na stosowanie dodatkowych układów synchronizacyjnych, dodatkowych układów sygnalizacyjnych przy współpracy z innymi sieciami oraz zwiększonych czasów opóźnień przejścia w sieci,
- w sieciach, w których stosuje się transmisję kopert typu 8+2 ponoszone są zwiększone koszty z tytułu stosowania dłuższej i bardziej skomplikowanej struktury ramki w podstawowym schemacie zwielokrotnienia.

^{1/}W świetle ostatnio przyjętego zalecenia X.71 czynnik ten nie jest istotny.

Po uwzględnieniu powyższych czynników wydaje się, że liczba wymagań^{1/} wpływających na zwiększenie kosztu ogólnego sieci TD, w przypadku stosowania kopert typu 6+2, jest kilkakrotnie większa niż w przypadku stosowania kopert typu 8+2.

Ocena rzeczywistego kosztu realizacji sieci TD powinna również uwzględniać także czynniki ekonomiczne, jak przewidywana wlotkość serii i technologia produkcji urządzeń oraz niezawodność tych urządzeń w sieci stosującej odpowiedni typ koperty.

12. ZESTAWIENIE CECH SYSTEMÓW TRANSMISJI KOPERTOWEJ

Wyniki porównania parametrów sieci transmisji danych stosujących koperty typów 6+2 i 8+2 przedstawiono skrótkowo w tablicy poniżej.

Porównanie parametrów sieci stosujących koperty typu 6+2 i typu 8+2

Lp.	Parametr	Sieć z kopertą 6+2 wg zalecenia X.50	Sieć z kopertą 8+2 wg zalecenia X.51												
1	2	3	4												
1	Podstawowa struktura zwielokrotnienia	<p>Podstawowa przepływność binarna: 64 kbit/s</p> <p>Zbiorcza przepływność binarna: 64 kbit/s</p> <p>Długość ramki: 640 bitów</p> <p>Wzór ramki: rozproszony 72 bity</p> <p>Przeplot kopert o częstotliwości powtarzania dla kanałów o szybkości użytkowej:</p> <table> <tr> <td>9,6 kbit/s</td> <td>co</td> <td>5 kopert</td> </tr> <tr> <td>4,8</td> <td>"</td> <td>" 10 "</td> </tr> <tr> <td>2,4</td> <td>"</td> <td>" 20 "</td> </tr> <tr> <td>0,6</td> <td>"</td> <td>" 80 "</td> </tr> </table> <p>Szybkości transmisyjne w kanałach większe od użytkowych o:</p> <p>33%</p>	9,6 kbit/s	co	5 kopert	4,8	"	" 10 "	2,4	"	" 20 "	0,6	"	" 80 "	<p>60 kbit/s</p> <p>2560 bitów ± 1 bit</p> <p>skupiony /4x14+4x2/ bity</p> <p>25%</p>
9,6 kbit/s	co	5 kopert													
4,8	"	" 10 "													
2,4	"	" 20 "													
0,6	"	" 80 "													
2	Typ wymiany w doprowadzeniu abonenckim /DCEab=MUX/	Wymiana kopertowa lub inna, funkcjonalnie zgodna ze sposobem współpracy abonenta z siecią /np. według zalecenia X.21/, synchroniczna, dwupleksowa													

^{1/} Są to dodatkowe wymagania na urządzenia wewnętrzne sieciowe wynikające z określonej budowy koperty.

1	2	3	4
3	Miejsce tworzenia kopert	Dowolne, w punkcie zachowującym funkcjonalną zgodność ze sposobem współpracy abonenta z siecią /patrz punkt 2/	
4	Sygnalizacja abonent - sieć	W oparciu o bity informacyjne i bit stanu kopert: - pojedynczych /koperta otwarta/, - pojedynczych /koperta zamknięta i skrócone znaki sygnalizacyjne/, - kwadrioktetów /koperta zamknięta/	- pojedynczych zamkniętych lub otwartych /opcja: możliwość wykorzystania bitu ramkowania koperty F/
5	Sygnalizacja abonent-abonent	W oparciu o bity informacyjne kopert /opcja: jak w punkcie 4/	
6	Strategia ramkowania	Tymczasowo niezdefiniowana	Utrata ramki: 3 błędnie odebrane wzory 16-bitowe Odzysk ramki: 1 poprawny wzór ramki
7	Średni czas opóźnienia przejścia w pętli	Zależnie od metody wyrównania znakowego od 4,3 ms + 6 ramek PCM + + 4 długości koperty do 4,3 ms + 6 ramek PCM + + 8 długości koperty	Niezależnie od metody wyrównania znakowego: 4,3 ms + 6 ramek PCM + + 4 długości koperty
8	Efektywność wykorzystania łącza	Przy równaniu znakami SYN wyższa o ok. 1,5%	Niższa wskutek dłuższego okresu repetycji szczelin kanałowych
9	Komutacja	Możliwość komutacji czasowej kopert w oparciu o ramkę podstawową zwielokrotnienia	
10	Współpraca z siecią telefoniczną PCM	Poprzez styk według zaleceń G.703 i G.732 możliwość wykorzystania zegara 8 kHz	
11	Organizacja współpracy sieci rozdzielonych przestrzennie	Tylko synchroniczna /ze wspólnym zegarem/	Synchroniczna lub plezjochroniczna /tolerancja częstotliwości zegara 64 kHz \pm 4x10

1	2	3	4
12	Współpraca z abonentami arytmicznymi	Możliwość wyrównania znaków i kopert - dla abonentów pracujących alfabetem nr 5 dane użytkowe w 2 kopertach - dla abonentów pracujących alfabetem nr 2 dane użytkowe w 1 kopercie	Możliwość wyrównania znaków i kopert, przy czym zarówno dla abonentów pracujących alfabetem nr 5 i nr 2 dane użytkowe mogą być w jednej kopercie
13	Współpraca z sieciami stosującymi odmienny typ koperty	Przy współpracy z siecią stosującą koperty typu 8+2 lub kwadriktety konieczność generowania i utrzymania lub tylko utrzymania wzoru wyrównania dla kwadriktetów	Przy współpracy z siecią stosującą koperty typu 6+2 nie ma wymagania na wyrównanie z nimi; przy współpracy z kwadriktetami konieczność wyrównania bajtowego i przenoszenia wzoru S_n bez zmian przy tranzycie
14	Koszty urządzeń sieciowych	W porównaniu do Zał. X.51 koszt pracy izochronicznej DCE wyższy o ok. 10÷15%, koszty systemowe wyższe o 2%; koszt DCE dla abonentów arytmicznych większy o 30%, koszty systemowe większe o 4%; wymagana pamięć w przeliczeniu na linię większa o 10%	W porównaniu do Zał. X.50 praca DCE w trybie bajtowym typu "burst isochronous" tańsza o ok. 15% niż w trybie izochronicznym; pamięć mniejsza ze względu na dopasowanie znaku do koperty.

Z porównania tego można wyprowadzić następujące wnioski.

Podstawowa struktura zwielokrotnienia według zalecenia X.50 wykazuje wymienione poniżej zalety w stosunku do struktury według zalecenia X.51:

1. Krótszy średni czas opóźnienia przejścia w sieci /dotyczy tylko sieci nie stosującej grupowania kwadriktetów/.
2. Wyższą o 1,5% średnią efektywność wykorzystania łączy /przy wyrównaniu znakowym znakami SYN/, wynikającą z krótszego okresu repetycji kopert kanałowych w ramce podstawowej.

3. Możliwość wykorzystania zegara bajtowego 8 kHz do celów wyrównania kopert i ramek PCM^{1/}.

4. Nieznacznie niższe koszty systemowe ze względu na prostszy schemat zwielokrotnienia.

Wadami stosowania kopert typu 6+2 /wg zalecenia X.50/ są:

1. Brak możliwości organizowania współpracy plezjochronicznej.
2. Brak możliwości wykorzystania łączy o ograniczonym pasmle.
3. Kanał użytkowy 48 kbit/s wykorzystuje całą pojemność użyteczną strumienia 64 kbit/s.
4. Bity F kopert zarezerwowane są tylko dla wzoru ramkowania sieci zwielokrotnienia.
5. Brak zgodności formatu koperty z formatem znaków sygnalizacyjnych /według alfabetu nr 5 - patrz zalecenie X.1 i X.21/ i formatem znaków od abonentów start-stopowych z pierwszej klasy użytkowników /pracujących według kodu alfabetu nr 5/ powodujący konieczność organizacji i kontroli grupowania kwadriletów zarówno w fazie sygnalizacji i nawiązywania połączenia, jak i przy wprowadzaniu do sieci abonentów pracujących arytmicznie. W fazie sygnalizacji trudność tę można ominąć stosując transmisję kopert otwartych /patrz rozdz. 4/, lecz niezbędne są wówczas inne zabiegi techniczne /tj. Inna realizacja rozeznawania początku sekwencji sygnalizacyjnych/, a ponadto rozwiązanie takie podważa w ogóle celowość stosowania kopert w sieci.
6. Dłuższy średni czas opóźnienia przejścia w sieci stosującej grupowanie czterech kopert.
7. Wyższe szybkości transmisyjne w kanałach.
8. Wyższe koszty urządzeń sieciowych średnio o około 22% i systemowych średnio o około 3% w związku z koniecznością realizacji wyrównania grup czterech kopert.
9. Wymagana pamięć w przeliczeniu na linię jest większa o około 10% w stosunku do sieci z kopertą 8+2.

Niektóre cechy obu schematów zwielokrotnienia dają identyczne parametry sieciowe, niezależnie od typu stosowanej koperty. Przede wszystkim dotyczy to oferowanych rodzajów kanałów użytkowych - oba podstawowe schematy pozwalają na tworzenie kanałów o takich samych szybkościach użytkowych. Również typ wymiany w

^{1/} Nie jest to jednak warunek niezbędny dla właściwej organizacji współpracy z siecią telefoniczną PCM, a jego spełnienie utrudnia realizację połączeń między sieciami przestrzennie rozdzielonymi.

doprowadzeniach abonenckich i miejsce tworzenia kopert w gałęzi sieci nie są determinowane rodzajem stosowanej koperty. Ponadto oba schematy zwielokrotnienia umożliwiają realizację współpracy sieci TD z traktami cyfrowymi PCM w jednolity sposób, zgodny z zaleceniami G.703 i G.732, oraz realizację usługi komutacji kanałów w oparciu o ich struktury ramkowe bez ograniczeń funkcjonalnych na centrach.

Z technicznego punktu widzenia należy stwierdzić, że struktura multipleksacji zgodna z zaleceniem X.51 /1/ opierająca się na transmisji kopert typu 8+2/ umożliwia realizację identycznych usług w sieci transmisji danych jak struktura zgodna z zaleceniem X.50, ale wykazuje w stosunku do niej istotne zalety funkcjonalne, jest elastyczniejsza, lepiej dopasowana do przewidywanych formatów sekwencji sterujących sygnalizacji sieciowej, umożliwia prostsze wprowadzenie abonentów typu telegraficznego i teleksowego do sieci transmisji danych oraz charakteryzuje się niższymi kosztami realizacji sieci. Zdaniem autora, głównym argumentem przemawiającym za stosowaniem struktury zwielokrotnienia zgodnej z zaleceniem X.51 jest większa pojemność informacyjna ramki podstawowej w stosunku do ramki zgodnej z zaleceniem X.50. Umożliwia to między innymi plejochroniczną wymianę danych bez strat informacji użytkowej na stykach odrębnych obszarów synchronizacji sieciowej /również międzynarodowych/, a także w miarę rozbudowy sieci /w oparciu o nowe elementy/ doskonalenie systemu jej utrzymania.

13. UWAGI KOŃCOWE

W niniejszym artykule przedstawiono, zdaniem autora, najważniejsze, techniczne i ekonomiczne aspekty mogące mieć wpływ na decyzję o wyborze struktury multipleksacji i typu koperty dla powszechnej synchronicznej sieci transmisji danych w Polsce. Wyboru takiego jeszcze nie dokonano. W Zakładzie Teleinformatyki Instytutu Łączności prowadzone są dalsze prace badawcze i opracowywane konstrukcje modeli urządzeń, dzięki którym możliwa będzie praktyczna weryfikacja przygotowywanej decyzji.

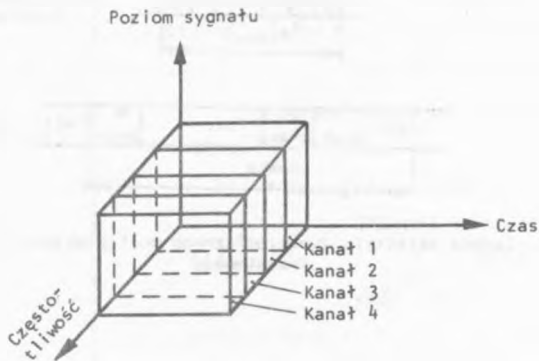
Czytelnika zainteresuje być może, jakie rozwiązania są przyjmowane w innych krajach w zakresie zagadnień poruszonych w artykule. Na terenie CCITT można zaobserwować brak jednolitości poglądów różnych Administracji Łączności. Niektóre kraje nie mają jeszcze rozeznania odnośnie zagadnień multipleksacji w publicznej synchronicznej sieci transmisji danych. Inne wypowiadają się zdecydowanie za jedną z zalecanych możliwości realizacji zwielokrotnienia - np. Francja i Włochy realizują lub przewidują realizację TD w oparciu o kopertę typu 6+2 i zalecenie X.50, a Wielka Brytania, Holandia i kraje skandynawskie /Norwegia, Szwecja, Finlandia i Dania/ - w oparciu o kopertę typu 8+2 i zalecenie X.51. Decyzje tych krajów są najczęściej wynikiem pewnych tradycji naukowo-produkcyjnych i o-

chrony interesów własnych producentów. Prawdopodobnie jedynie decyzja krajów skandynawskich o wyborze koperty typu 8+2 była wynikiem analizy technicznej i ekonomicznej - świadczą o tym dokumenty CCITT pochodzące od ich Administracji Łączności [12-10], [12-32], [12-49].

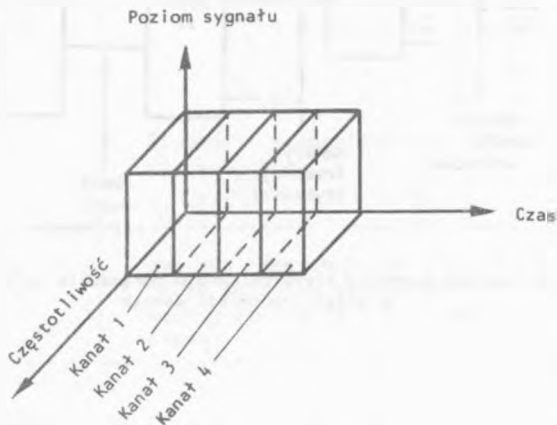
WYKAZ LITERATURY

1. Praca zbiorowa pod kier. W. Majewskiego i J. Miłka: Teletransmisyjne systemy cyfrowe - seria Problemy Elektron. i Telekomun. Warszawa: WKiŁ 1976.
2. Materiały na seminarium firmy Racal Milgo Ltd., Warszawa, 3-4.IV.1974.
3. Hałka W.: Zasady przekazywania danych w cyfrowych kanałach PCM. Referat na konferencję "Sieci teleinformatyczne". Gdańsk 1975.
4. Hałka W.: Zasady transmisji sygnałów w międzywęzłowych połączeniach magistralnych. Referat na konferencję "Sieci teleinformatyczne". Gdańsk 1975.
5. Miłek J.: Telefoniczne systemy wielokrotne z czasowym podziałem kanałów i modulacją kodowo-impulsową. Problemy Łączności 1973 nr 98.
6. Karpeta J.: Niektóre zagadnienia komutowanych sieci teleinformatycznych. Problemy Łączności 1974, nr 124.
7. Hałka W.: Analiza metod wyrównania znakowego w synchronicznej powszechnej sieci transmisji danych. Warszawa: Instytut Łączności 1976.
8. Lewandowski W.: Wybrane zagadnienia realizacji sposobu sygnalizacji w łączy abonenckim synchronicznej TD. Warszawa: Instytut Łączności 1976.
9. Pęcherski J., Hałka W., Lewandowski W.: Transkoder plezjochroniczny 48/64 kbit/s z dopełnianiem impulsowym dodatnio-ujemnym. Referaty Instytutu Telekomunikacji P.W. Zeszyt nr 26, Warszawa, 1976.
10. CCITT - Księga Zielona, Tom VIII. Warszawa: WKiŁ 1976.
11. CCITT, VI-th Plenary Assembly, Document No 55 - zalecenia serii X.
12. CCITT, Documents COM-VII, No: 10, 23, 27, 30, 32, 36, 49, 59, 61, 66, 74, 80, 94, 119, 144, 146, 208.
13. CCITT, Document COM-IX, No 72 - zalecenie R.111.
14. CCITT, VI-e Zebranie Plenarne, Document No 66 - zalecenia serii G.
15. Devenport W.P.: Modern data communication. New York, Hayden INC, USA, 1971.
16. Najjar H.F.: Multiplexing asynchronous signals using bit stuffing and retiming techniques. IEEE Trans. on Aerospace and Electronic Systems, 1969 Vol. AES-5, No 4.

17. Hayes I.F., Sherman D.N.: A study of data multiplexing techniques and delay performance. Bell System Technical J. 1972 Vol. 51, No 9.
18. Chu W.: Demultiplexing considerations for statistical multiplexors. IEEE Trans. on Commun. 1972 Vol. COM-20 No 3.
19. Grin P., Łaki R.: Systemy przesyłania danych i sieci EWM. Moskwa: Mir 1974, tłumaczenie z angielskiego "Computer Communications". Proceedings of the IEEE 1972 Vol. 60. No 11.
20. Bodart R.: TDM telegraph and data transmission system TR1500. Philips Telecommun. Rev. 1975 Vol. 33 No 2.
21. Rudin H.Jr.: Performance of simple multiplexer - concentrators for data communications. IEEE Trans. on Commun. Technology 1971 Vol. COM-19, Nr 4.

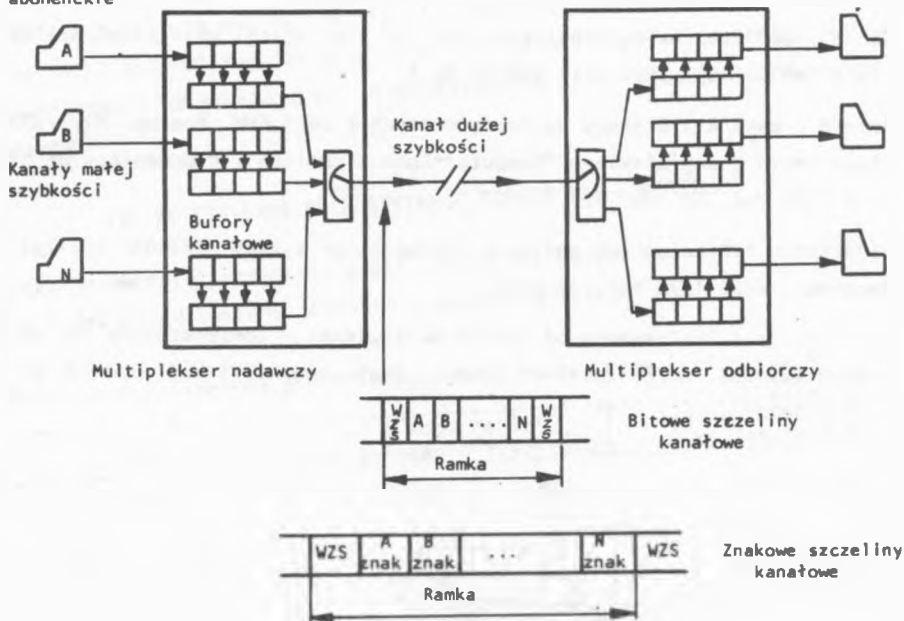


Rys. 1. Zasada wielokrotnienia częstotliwościowego

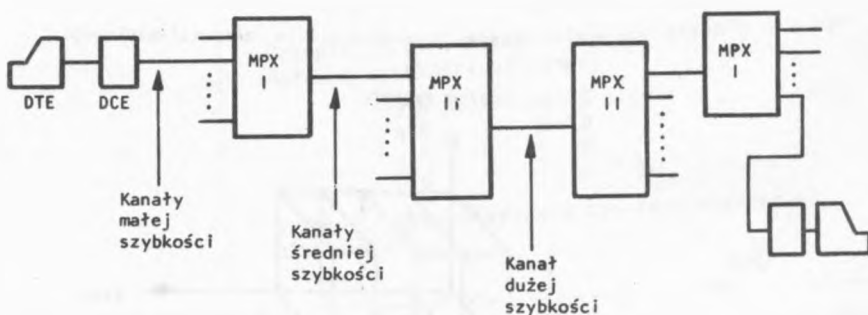


Rys. 2. Zasada wielokrotnienia czasowego

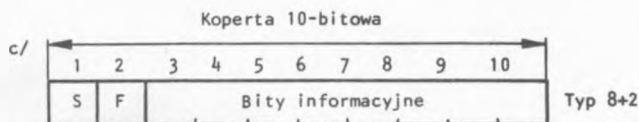
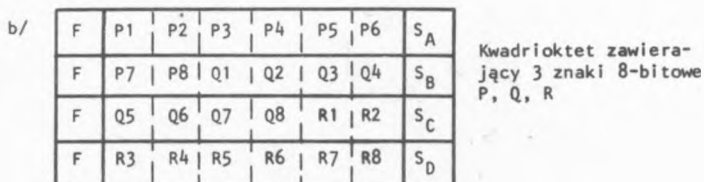
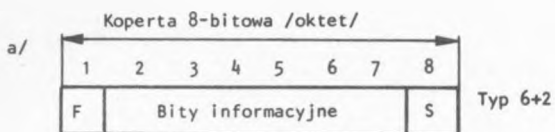
Urządzenia
abonenckie



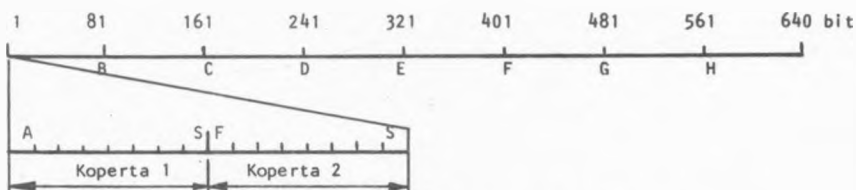
Rys. 3. Zasada działania synchronicznego multipleksera bitowego i znakowego



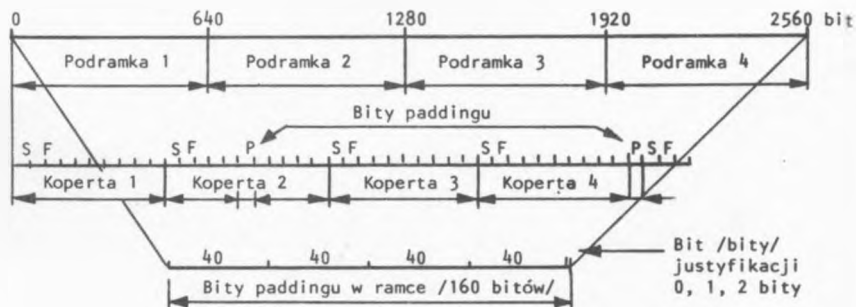
Rys. 4. Wybrany przykład hierarchicznego połączenia multipleksorów w sieci transmisji danych



Rys. 5. Struktury: a/ koperty typu 6+2, b/ kwadrioletu, c/ koperty typu 8+2



Ramka zwielokrotnienia zgodna z zaleceniem X.50



Ramka zwielokrotnienia zgodna z zaleceniem X.51

Rys. 6. Struktury ramek zalecanych przez CCITT dla synchronicznych sieci transmisji danych

