

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI  
WARSZAWA - MIEDZESZYN

PROBLEMY

BIBLIOTEKA  
Instytutu Łączności

№ \_\_\_\_\_

ŁĄCZNOŚCI

124

1974

MINISTERSTWO ŁĄCZNOŚCI

---

BIBLIOTEKA  
Instytutu Łączności

Mr \_\_\_\_\_

# PROBLEMY ŁĄCZNOŚCI

ROK 14

WARSZAWA 1974

NR 124

---

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI  
Branżowy Ośrodek  
Informacji Naukowo-Technicznej i Ekonomicznej

Redakcja Problemów Łączności

---

Redaktor Naczelny - mgr inż. Jerzy Rutkowski

Redaktorzy działów:

mgr inż. Władysław Cetner, doc mgr inż. Adam Moniuszko

mgr inż. Józef Możejko

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 660. Wpłynęło do

Działu Wydawniczego 11.10.1974 r.

Druk ukończono w grudniu 1974 r.

# PROBLEMY ŁĄCZNOŚCI

Jan Karpeta

## NIEKTÓRE ZAGADNIENIA KOMUTOWANYCH SIECI TELEINFORMATYCZNYCH

### SPIS TREŚCI

	Str.
1. Wstęp	1
2. Rodzaje sieci teleinformatycznych	3
3. Ogólne wymagania na sieci teleinformatyczne powszechnego użytku	8
4. Sieci o komutacji informacji	13
4.1. Podstawowe cechy charakterystyczne sieci o komutacji informacji	13
4.2. Struktura sieci z komutacją informacji	15
4.3. Zalety sieci o komutacji informacji	19
4.4. Przykłady sieci o komutacji informacji	22
5. Sieć asynchroniczna EDS	31
5.1. Wymagania ogólne i cechy charakterystyczne systemu EDS	32
5.2. Struktura systemu EDS	35
5.3. Środki zwiększania niezawodności systemu	40
5.4. Zasady transmisji i komutacji w systemie EDS	46
5.5. Niektóre informacje o programowaniu w systemie EDS	52

	Str.
5.6. Realizacja sieci	54
6. Sieć synchroniczna /wg projektów Administracji łączności Wielkiej Brytanii/	55
6.1. Przestanki wyboru rodzaju sieci	55
6.2. Podstawowe wytyczne i założenia ogólne	57
6.3. Podstawowe wymagania na centralę komutacyjną	65
6.4. Centrala komutacyjna /rozważania projektowe/	70
6.5. Prace w zakresie wprowadzania sieci tele- informatycznej	83
Wykaz literatury	84

NIEKTÓRE ZAGADNIENIA KOMUTOWANYCH SIECI  
TELEINFORMATYCZNYCH

1. WSTĘP

"Szczegółowy projekt nie został jeszcze wykonany, bowiem technika zmienia się szybciej niż kierownictwo może podjąć decyzje realizacyjne".

Jest to cytat odzwierciedlający trafnie dylemat kierownictwa wobec rozmiarów i szybkości rozwoju techniki.

Powyższy cytat pasuje szczególnie do aktualnej sytuacji w dziedzinie techniki transmisji danych i organizacji sieci teleinformatycznych<sup>x/</sup>.

Technika w tej dziedzinie istotnie zmienia się tak szybko, że dylemat jednostek odpowiedzialnych za decyzje dotyczące przedsięwzięć inwestycyjnych w tym zakresie pogłębia się zwłaszcza, że zarówno okres opracowywania projektów jak i cykle realizacji inwestycji są zbyt długie. Coraz częściej pojawiają się na rynku nowe rozwiązania techniczne urządzeń, o nowych parametrach, oferujące większe udogodnienia, często nawet przy niższych kosztach. Istnieją poglądy, że możliwości, jakie stwarza coraz nowocześniejszy sprzęt informacyjny są głównym czynnikiem wpływającym na rozwój zastosowań informatyki. Współczesne zastosowania Informatyki i ich rozwój decydują z kolei o usługach, jakie powinna świadczyć

---

<sup>x/</sup> Networks - the race with technology, Data Systems, Nov., 1973.

telekomunikacja na rzecz szeroko pojętego zarządzania produkcją, administracją i gospodarką zasobami w ramach przedsiębiorstwa, regionu, a w przyszłości nawet w skali całego kraju. Obserwując aktualny rozwój tych zastosowań można zauważyć, że cele i interesy informatyki oraz cele i interesy telekomunikacji są w swej istocie zbieżne i uzupełniające się wzajemnie. Niektórzy nawet wskazują na konieczność integracji tych dwóch dziedzin techniki. Tendencje integracyjne, objawiające się potrzebą ścisłej współpracy specjalistów z dziedziny telekomunikacji i z dziedziny informatyki, są obserwowane w wielu krajach, w których rozwój zastosowań informatyki jest szczególnie intensywny /USA, NRF, W. Brytania/.

W ostatnich latach jesteśmy świadkami powstawania licznych sieci informatycznych wiążących pewne ośrodki przetwarzania informacji o wspólnych zainteresowaniach i celach, dla usprawnienia działalności i zwiększenia operatywności w różnych dziedzinach tak naukowych, jak i administracyjnych. W wielu takich przypadkach istnieje trudność w rozróżnieniu, w którym miejscu kończą się problemy informatyczne, a w którym zaczynają się problemy telekomunikacyjne. Można tutaj już mówić o powstawaniu i rozrastaniu się nowej dziedziny techniki, zwanej teleinformatyką, integrującą zagadnienia informatyki i telekomunikacji. Pojawiające się coraz liczniejsze dziedziny nowych zastosowań informatyki narzucają potrzebę zaspokojenia specyficznych wymagań różnego rodzaju nowych systemów przetwarzania danych o strukturze przestrzennej. W krajach, gdzie istniejące sieci telekomunikacyjne nie mogą już zaspokoić tych wymagań, tworzy się nowe sieci teleinformatyczne powszechnego użytku.

Po ogólnym scharakteryzowaniu rodzajów sieci teleinformatycznych oraz opisie sieci stosujących wyłącznie technikę komutacji informacji w niniejszym artykule omawiane będą zagadnienia związane z sieciami teleinformatycznymi powszechnego użytku, będącymi w całkowitej gestii administracji łączności, która w Europie ma monopol na usługi telekomunikacyjne.

Omawiane będą dwa rodzaje sieci, a mianowicie: a/ sieć asynchroniczna, b/ sieć synchroniczna, które są w zasadzie przewidziane do świadczenia usług komutacji łączy z możliwością jednak komutacji pakietów<sup>x/</sup>.

Taki zakres opracowania pozwoli pokazać najważniejsze współczesne zagadnienia związane z powstawaniem i rozwojem tego rodzaju sieci teleinformatycznych.

Należy jednak zwrócić uwagę, że rozwój w tej dziedzinie jest niezwykle dynamiczny, wspomagany nowymi osiągnięciami technologicznymi i trudno jest w obecnym czasie przewidzieć, jakie środki techniczne będą w przyszłości do dyspozycji do budowy tego rodzaju sieci.

## 2. RODZAJE SIECI TELEINFORMATYCZNYCH

W historii informatyki można zaobserwować stopniowo wzrastający zakres zastosowań systemów przetwarzania informacji, objawiający się również rozbudową przestrzenną tych systemów. W tym rozwoju zastosowań informatyki można by wyróżnić pewne okresy, w których występowało stopniowe narastanie zaintere-

---

<sup>x/</sup>W niniejszym artykule komutację pakietów i komutację wiadomości traktuje się jako szczególne przypadki komutacji informacji.



sowania wykorzystywaniem środków łączności do transmisji danych i później komutacji.

W okresie najwcześniejszym maszyny cyfrowe były wykorzystywane do różnego rodzaju obliczeń naukowych i inżynierskich oraz do przetwarzania danych w jednym przedsiębiorstwie. Nie istniały jeszcze potrzeby zdalnej komunikacji użytkownika z ówczesną maszyną cyfrową. W miarę rozwoju produkcji środków informatyki rozszerzał się zakres zastosowań systemów przetwarzania, obejmując swym zasięgiem nowych współużytkowników generujących lub odbierających informacje; zaczęły powstawać systemy obejmujące już pewne obszary działalności przedsiębiorstwa. Można już było przyłączać do urzędzeń przetwarzających odległe źródła i odbiorniki informacji dzięki wykorzystywaniu odpowiednio wyposażonych łączy telekomunikacyjnych. W ten sposób zaczęły powstawać systemy teleprzetwarzania o różnym przeznaczeniu, jak np. do celów zarządzania przedsiębiorstwem, sterowania i zarządzania produkcją itp. Zdarzało się czasami, że w ramach jednego przedsiębiorstwa działało kilka niezależnych ośrodków przetwarzania, wykonujących niekiedy identyczne lub bardzo podobne procesy przetwarzania, powiększając tym samym wydatki ponoszone na utrzymanie tych ośrodków. Taki stan rzeczy utrudniał również centralne zarządzanie przedsiębiorstwem. Z tych powodów objawiały się tendencje do organizacyjnej integracji przetwarzania, co wobec wprowadzania na rynek nowych urzędzeń umożliwiających zdalne przekazywanie informacji było w pełni wykonalne.

Przyłączanie różnych rozmieszczonych geograficznie generatorów informacji do jednego lub do kilku ośrodków przetwarzania tworzyło konfigurację sieciową, którą tutaj nazwano

siecią teleprzetwarzania. W tych przypadkach warunki lokalizacyjne przedsiębiorstwa zmuszały do korzystania z istniejących sieci telekomunikacyjnych, co powodowało powstanie pewnego rodzaju nacisku zainteresowanych przedsiębiorstw na administracje łączności, które są zobowiązane do dostarczania odpowiednich środków transmisyjnych do przekazywania informacji. Zaczęły więc powstawać sieci, w których coraz większą rolę odgrywały konwencjonalne środki łączności.

Obok sieci przeznaczonych na użytek przedsiębiorstw, przeważnie jednej branży, zaczęły pojawiać się /szczególnie w Stanach Zjednoczonych AP/ sieci specjalizowane w zasadzie o charakterze usługowym, przewidziane do załatwiania potrzeb w zakresie przetwarzania dla określonych grup użytkowników, głównie organizacji naukowych i zawodowych. Sieci te, z racji funkcji, jakie spełniały, zostały nazwane sieciami komputerowymi. Nazwę sieci komputerowych przyjęto dla takiego rodzaju sieci teleinformatycznych, w których komputery różnych typów /sieć heterogeniczna/ lub jednakowych typów /sieć homogeniczna/ spełniające różne funkcje przetwarzania są łączone za pomocą środków łączności z możliwością komutacji /na ogół komutacji informacji/ i w których istnieją możliwości: a/ przekazywania obciążeń /zadań/ z jednej maszyny na inną, b/ wykorzystywania przez każdego użytkownika sieci wyposażenia /sprzętu/ zlokalizowanego w różnych miejscach sieci, c/ korzystania ze środków programowych i zbiorów danych, jakimi dysponują poszczególne komputery przyłączone do sieci. Mówi się niekiedy, że w tego rodzaju sieclach istnieje rozdział zasobów /resource shoring/.

Człowiek-użytkownik tych sieci ma w zasadzie znikomy wpływ

na procesy wymiany informacji pomiędzy komputerami i często nawet nie wie, z jakim komputerem w sieci będzie się komunikował w trakcie rozwiązywania swego zadania. Obecnie istnieje wiele sieci komputerowych, głównie w USA i w Europie Zachodniej. Typowym przykładem sieci komputerowej jest znana sieć ARPA, o której będzie wzmianka w dalszej części artykułu.

Oprócz sieci teleprzetwarzania i komputerowych, które można zaliczyć do sieci specjalnych, można jeszcze wymienić sieci specjalnego przeznaczenia, takie jak sieci telesterowania /np. rozdziałem energii elektrycznej/, sieci sygnalizacyjno-alarmowe /np. sieci służb przeciwpożarowych itp./. Tego rodzaju sieci cechują się specyficznym ruchem o dużym stopniu pilności, z przewagą jednego kierunku ruchu, np. docentralnego.

We wszystkich wymienionych uprzednio rodzajach sieci, zarówno w sieciach teleprzetwarzania jak i w sieciach komputerowych, stosowane są obecnie łącza dzierżawione od towarzystw telekomunikacyjnych lub od administracji łączności, a same sieci są na ogół sieciami zamkniętymi, dostępnymi dla niewielkiej liczby użytkowników, w odróżnieniu od sieci powszechnego użytku, gdzie liczba tych użytkowników jest nieporównywalnie większa.

Powstawanie sieci o różnym przeznaczeniu i różnych strukturach, wykorzystujących łącza w istniejących sieciach telekomunikacyjnych, stosujących różne procedury transmisyjne i szybkości przekazywania, jest zjawiskiem niekorzystnym zarówno z punktu widzenia użytkownika, jak i z punktu widzenia administracji łączności. Istniejące sieci telekomunikacyjne, ta-

kie jak sieć telefoniczna i telegraficzna, nie spełniają wymagań, głównie systemów przetwarzania w czasie realnym /real time/, ze względu na zbyt długi czas tworzenia połączenia i niekiedy ograniczenie szybkości transmisji. Poprzez przyłączenie np. do sieci komutowanej telefonicznej nie typowo telefonicznych użytkowników transmisji danych zmieniają się warunki ruchowe w sieci, która w zasadzie została utworzona do załatwiania krótkotrwałych połączeń /dla przeprowadzenia rozmowy/, natomiast wiele systemów przetwarzania wymaga transmisji ciągłych, trwających niekiedy po kilka godzin. Wady istniejących komutowanych sieci telefonicznych spowodowały skierowanie uwagi użytkowników na łącza dzierżawione. Jednak stopień wykorzystania łączy dzierżawionych jest często mały, opłaty zaś taryfowe dość wysokie i zależne od odległości, tak że staje się istotne zagadnienie opłacalności, co niekiedy stanowi główny czynnik wpływający na decyzje realizacji różnych koncepcji i projektów.

Istnieją również duże niedogodności przy eksploatacji i nieprawidłowości w funkcjonowaniu sieci wydzielonych, nawet po dokonaniu uzgodnień dotyczących podziału odpowiedzialności pomiędzy użytkowników a administracje łączności. Użytkownicy wydzielonych sieci teleinformatycznych ponoszą znaczne koszty na utrzymanie sprzętu, jego konserwację oraz konsekwencje wynikające z wadliwej funkcjonalności i małej niezawodności eksploatowanych sieci.

Wobec licznych wad tego rodzaju sieci, których skutki ponoszą obie strony /użytkownicy i administracje łączności/ istnieją silne tendencje do tworzenia sieci teleinformatycznych powszechnego użytku, będących w gestii administracji łączności

i zaspokajających najważniejsze potrzeby typowych użytkowników.

Szybki rozwój systemów teleprzetwarzania i zwiększająca się coraz bardziej liczba zdalnych urządzeń końcowych powodują, że w wielu krajach powstają lub są projektowane sieci teleinformatyczne mające pewne cechy uniwersalności, w których typowymi elementami są komputery specjalizowane, spełniające funkcje sterujące /np. komutacją i transmisją/ oraz przetwarzania dla potrzeb własnych sieci. Mimo że w skład tych sieci wchodzi komputery nie można ich zaliczyć do uprzednio określonych sieci komputerowych. Nie jest jednak wykluczone, że również w sieciach powszechnego użytku będzie stosowany w przyszłości na szerszą skalę rozdział zasobów.

### 3. OGÓLNE WYMAGANIA NA SIECI TELEINFORMATYCZNE POWSZECHNEGO UŻYTKU

W krajach, w których obserwuje się duży wzrost liczby systemów teleprzetwarzania prowadzone były studia w zakresie potrzeb użytkowników tych systemów, które równocześnie uwzględniały trendy rozwojowe w dziedzinie produkcji sprzętu informatycznego. Studia te były na ogół uzupełniane odpowiednią analizą ekonomiczną, w której jednym z podstawowych wskaźników były koszty użytkowania łączny istniejących konwencjonalnych sieci telekomunikacyjnych, przypadające na jednego użytkownika tych sieci. Ogólne wyniki tych studiów nie były pozytywne i dają się podsumować w dwóch następujących punktach:

- a/ stosowanie obecnych sieci telekomunikacyjnych do transmisji danych jest dla większości zastosowań zbyt kosztowne, co sprawia, że wprowadzanie niektórych nowych systemów teleprzetwarzania staje się nieopłacalne;
- b/ żadna z tych sieci nie spełnia wszystkich najważniejszych wymagań stawianych przez współczesne i przewidywane systemy teleprzetwarzania, zwłaszcza systemy o przetwarzaniu w czasie realnym /real-time/.

Badania dotyczące potrzeb użytkowników, uwzględniające również tendencje rozwojowe w dziedzinie teleprzetwarzania, doprowadziły do opracowania spisu wymagań ogólnych, jakie powinny spełniać nowe, przyszłe sieci teleinformatyczne powszechnego użytku.

Wymagania te przedstawiają się następująco:

- a. Zminimalizowanie kosztów, jakie będzie ponosił użytkownik i stworzenie przez to atrakcyjności użytkownika sieci. Przewiduje się, że zmniejszenie tych kosztów będzie można uzyskać przez stosowanie ekonomicznych metod transmisji oraz przez stosowanie technik multipleksingu i koncentracji. Zastosowanie komutacji sterowanej za pomocą maszyn cyfrowych, które będą mogły przejąć niektóre funkcje, jakie spełniają procesory czołowe /pośredniczące/ w systemach teleprzetwarzania.
- b. Krótki czas tworzenia połączenia. Ten czas powinien być rzędu ułamka sekundy w połączeniach od abonenta do abonenta. Dzięki wprowadzaniu komutacji elektronicznej uzyskanie krótkiego czasu nie przedstawia trudności technicznych.

- c. Zapewnienie szerokiej skali szybkości użytkowych. Zagadnienie to jest rozwiązywane przez podział użytkowników na kategorie pod względem stosowanych szybkości przekazywania i rodzaju alfabetu. Podział ten jest pewnym kompromisem między potrzebami użytkowników a ekonomiką i uproszczeniem czynności sieci.
- d. Przezroczystość kodowa sieci /możliwość stosowania dowolnego kodu/. Jest to jedna z podstawowych cech sieci teleinformatycznych powszechnego użytku, której zadaniem jest ułatwienie łączności pomiędzy maszynami cyfrowymi i urządzeniami końcowymi, pochodzącymi od różnych producentów, którzy najczęściej wprowadzają zróżnicowane alfabety.
- e. Współpraca z innymi krajowymi sieciami, a także z sieciami międzynarodowymi. Oprócz możliwości współpracy z różnymi sieciami teleprzetwarzania sieć teleinformatyczna powszechnego użytku powinna współpracować z siecią telexową. W niektórych projektach przewiduje się również współpracę z cyfrową siecią telefoniczną /w ramach integracji sieci/.
- f. Sieć powinna być cyfrowa, tj. zakłada się cyfrową postać sygnału przenoszącego dane oraz cyfrową metodę komutacji. Wymaganie to jest oczywiste z uwagi na to, że informacja użytkowa ma również charakter cyfrowy.
- g. Znaczne zmniejszenie stopy błędów pierwotnych w porównaniu ze stopą błędów w obecnych sieciach telefonicznych oraz, w razie potrzeby, wprowadzenie zabezpieczenia przed błędami.

- h. Zwiększenie niezawodności połączeń oraz niezawodności sieci jako całości. Uzyskiwane to jest na ogół przez stosowanie elementów o dużej niezawodności oraz przez dublowanie niektórych urządzeń.
- i. Automatyczna rejestracja należności za zrealizowane połączenia, a także, w miarę wprowadzania nowych usług również rejestracja należności za te usługi.

W niektórych sieciach zakłada się dodatkowo warunek na przyczynistość ze względu na szybkość transmisji.

Oprócz wymienionych wyżej podstawowych wymagań stawianych sieciom teleinformatycznym powszechnego użytku proponowane są również pewne dodatkowe ułatwienia dla ich użytkowników, a mianowicie:

- a. Możliwość tworzenia sieci specjalnych wydzielonych z dostępem poprzez odpowiednią procedurę typu "klucz/zamek" realizowaną przez sieć /ang. key/lock - procedura umożliwiająca weryfikację uprawnień dostępu do sieci wydzielonej przez zastosowanie specjalnej informacji, zwanej "kluczem"/.
- b. Konwersja szybkości - może być wykonywana przez magazynowanie informacji w celu późniejszego przesłania z inną /np. większą/ szybkością.
- c. Konwersja kodów, która daje możliwość dostosowania kodu np. urządzenia końcowego do kodu innego urządzenia końcowego lub maszyny cyfrowej, wykorzystujących odmienny kod.
- d. Skrócone kody adresowe /skrócone numery wywoławcze/ będące ułatwieniem dla abonentów łączących się zawsze z kilkoma z góry określonymi numerami. W takim przypadku w sieci



następuje translacja nadanego przez abonenta wywołującego skróconego kodu adresowego, wyróżniającego się specjalnymi znakami, na normalnej długości kod adresowy abonenta wywoływanego.

- e. Możliwość wieloadresowania, tj. możliwość kierowania jednej wiadomości do kilku jednocześnie odbiorców.
- f. Wybieranie bezpośrednio, które jest wykorzystywane przez tych abonentów, którzy łączą się zawsze z tą samą stacją końcową /komputerem lub urządzeniem końcowym/. Sygnały wybierania będące kodem adresowym są w takim przypadku przekazywane ze stacji inicjującej połączenie do sieci automatycznie, np. już przy przekazaniu sygnału żądania obsługi. Użytkownik odczuwa to praktycznie tak, jakby miał trwałe połączenie z danym numerem. Wywołania przychodzące do tej stacji mogą pochodzić również od innych użytkowników sieci.

Generalnym wymaganiem na sieć teleinformatyczną powszechnego użytku jest taka jej elastyczność, aby mogła być łatwo przystosowana do spełniania nowych wymagań, jakie mogą wystąpić w przyszłości.

Jeżeli się weźmie pod uwagę, że tego rodzaju sieci są przewidywane na dość długi okres eksploatacji oraz że rozwój techniki w tej dziedzinie jest daleki od stanu stabilności, to widać, że zagadnienie elastyczności sieci ma znaczenie kapitalne.

#### 4. SIECI O KOMUTACJI INFORMACJI

##### 4.1. Podstawowe cechy charakterystyczne sieci o komutacji informacji

Istnieją dwa sposoby komutacji w transmisji danych, które umożliwiają kierowanie danych do miejsca przeznaczenia, są to: komutacja łączy i komutacja informacji.

Stosowana w telefonii i telegrafii teleksowej zasada komutacji łączy /komutacji przestrzennej/ polega na bezpośrednim przekazywaniu informacji od nadajnika do odbiornika i nie występuje przy tym opóźnienie przekazywanych wiadomości.

Przy przekazywaniu informacji w postaci danych i wiadomości telegraficznych już dawniej wykorzystywane były pamięci do magazynowania tych informacji w celu późniejszego ich przekazania do miejsca przeznaczenia. Ta możliwość magazynowania danych w pamięciach jest podstawową cechą charakterystyczną dla komutacji wiadomości.

W centrali o komutacji informacji wykonywane są jednocześnie dwie operacje, a mianowicie: a/ odbiór i rejestracja w pamięci informacji /w postaci meldunków/, jakie mają być przekazane dalej oraz b/wyprowadzenie informacji z pamięci i ich nadawanie. Między łączyem przychodzącym, z którego informacje są odbierane, a łączyem wychodzącym służącym do przekazania ich dalej nie ma toru fizycznego i w punkcie retransmisyjnym informacje są opóźniane. W centralach o komutacji ręcznej, jak to ma miejsce w przestarzałych centralach retransmisyjnych typu telegraficznego, opóźnienia te mogą być rzędu minut lub nawet godzin. Natomiast przy wykorzystywaniu odpowiedniej

maszyny cyfrowej oraz pamięci o czasie dostępu rzędu mikrosekund opóźnienie to może być bardzo małe.

Tego rodzaju systemy przesyłowo-magazynujące umożliwiają transmisję rozsiewczą do wielu odbiorników oraz umożliwiają niekompatybilnym urządzeniom końcowym przekazywanie danych i przechowywanie ich w pamięciach w sieci na czas zajętości urządzenia końcowego lub też umożliwiają włączanie urządzeń nieobsługiwanych. Za pomocą takich systemów można osiągnąć wysoki stopień wykorzystania łączy, wobec czego tego rodzaju systemy są czasem stosowane również w niektórych systemach przetwarzania danych.

Istnieją poglądy, że sieć teleinformatyczna obsługiwana przez bardzo szybkie maszyny cyfrowe do komutacji informacji, rozprowadzające z dużą szybkością bloki danych o specjalnym formacie, może być siecią bardziej elastyczną niż sieć o komutacji łączy.

Dane w dowolnej postaci, pochodzące od użytkownika, mogłyby być grupowane przez maszyny cyfrowe sieci lokalnej w bloki danych z nagłówkiem zawierającym adres przeznaczenia i inne informacje sterujące. W ten sposób uformowane bloki nazywane pakietami mogłyby być przekazywane szybkimi łączyami między węzłami sieci. W tego rodzaju sieci w każdym węźle instalowana jest maszyna cyfrowa, która przekazuje pakiet do następnego węzła sieci tak szybko, jak jest to możliwe, dzięki czemu czas, jaki zajmuje operacja przekazania pakietu dla jednego węzła, może wynosić zaledwie kilka milisekund. Po osiągnięciu swego miejsca przeznaczenia pakiety są rozkładane na znaki, które są przesyłane kolejno do urządzenia końcowego, do którego były adresowane.

Istnieje wiele odmian tego rodzaju systemów, przy czym w niektórych systemach pakiety są o zmiennej długości, dzielone na segmenty o jednakowej długości. W takim przypadku tylko pierwszy segment mógłby zawierać informacje adresowe i sterujące. Dłuższe wiadomości mogą wymagać wielu takich pakietów, wydaje się jednak, że większość informacji stosowanych w systemach pracujących w czasie realnym nie będzie przekraczać długości jednego pakietu.

Przykład podobnej sieci będzie podany w dalszej części artykułu.

#### 4.2. Struktura sieci z komutacją informacji

Jedną z istotnych zalet omawianych sieci jest możliwość formowania pakietów przez sieć, a nie przez użytkownika. Tworzenie tych pakietów jest wykonywane przez maszyny cyfrowe pośredniczące /maszyny sterujące transmisją danych, zwane również maszynami czołowymi/, których rozmieszczenie w sieci pokazano na rys. 1<sup>x/</sup>. Jak widać z rysunku łącza od maszyny cyfrowej pośredniczącej do urządzeń końcowych przydzielane są abonentom na stałe, podobnie jak telefoniczne łącza przyłączane do centrali. Z wielu względów może się okazać wygodne zlokalizowanie maszyny pośredniczącej w pomieszczeniach miejscowej centrali telefonicznej.

Do maszyny cyfrowej pośredniczącej można dołączyć wiele różnego rodzaju urządzeń końcowych, a jedną z najważniejszych zalet omawianych sieci jest możliwość wzajemnej komunikacji pomiędzy znacznie różniącymi się urządzeniami końcowymi. Te u-

<sup>x/</sup>Rysunki są zamieszczone na końcu artykułu.

urządzenia końcowe mogą mieć różne szybkości pracy, a także wykorzystywać różne kody, mogą być synchroniczne lub arytmiczne /start-stop/, mogą być przyłączone do wspólnego łącza lub korzystać z łączy niezależnych. Jeżeli jest to potrzebne, mogą być one przyłączane poprzez multipleksory i koncentratory.

Maszyna cyfrowa pośrednicząca ma zazwyczaj rejestr cech znamiennej wszystkich związanych z nią urządzeń końcowych, ich algorytmy sterowania, szybkości i kody transmisyjne. Jeżeli kod używany przez urządzenie końcowe różni się od kodu transmisyjnego sieci, wówczas maszyna pośrednicząca dokonuje konwersji w czasie, gdy pakiet jest składany, a po odebraniu pakietu przez maszynę pośredniczącą w miejscu przeznaczenia, jeżeli zajdzie potrzeba, następuje konwersja kodu na kod, jakim posługuje się dane urządzenie końcowe. Oszacowano, że jedna maszyna pośrednicząca w rodzaju minikomputera może w ten sposób obsłużyć około tysiąca urządzeń końcowych. Jest przy tym możliwe kompletowanie pakietów przez urządzenia końcowe sieci, które również mogą być maszynami cyfrowymi.

Dodatkową funkcją maszyny cyfrowej pośredniczącej jest rejestracja danych potrzebnych do rozliczeń abonentów.

Pakiety uformowane przez maszynę pośredniczącą są przekazywane do maszyny węzłowej, skąd są kierowane poprzez sieć do maszyny węzłowej leżącej najbliżej miejsca przeznaczenia pakietu, a następnie do maszyny pośredniczącej do której dołączony jest urządzenie końcowe przeznaczenia. łącza pełnodupleksowe stosowane w relacjach międzywęzłowych mogą mieć różne szybkości, przy czym standardową szybkością może być w przyszłości np. 2.048 Mbit/s /szybkość w 32 kanałowym sy-

stemie PCM/, przy której pakiet danych może być przekazywany między węzłami w czasie około 1 milisekundy.

Maszyna węzłowa odbierająca pakiet umieszcza go w kolejce wejściowej; gdy pakiet przesuwał się znajdzie się na początku kolejki, jest kierowany do procesora w celu rozegrania nagłówka, a następnie jest umieszczany w kolejce wyjściowej do następnej maszyny węzłowej leżącej na trasie do miejsca przeznaczenia pakietu. Aby maszyna węzłowa mogła odebrać pakiet i przekazać go dalej, powinny być spełnione następujące warunki:

- a/ komputer, do którego kierowany jest pakiet, oraz łącze pracują poprawnie,
- b/ kolejka wyjściowa pakietów oczekujących na transmisję do następnego węzła nie jest zapełniona,
- c/ kolejka wyjściowa maszyny węzłowej, do której jest kierowany pakiet, nie jest zapełniona.

Z chwilą zapełnienia kolejki wejściowej obsługujący ją procesor przekazuje do maszyn sąsiednich sygnał blokady węzła, oznaczający niemożność odbierania pakietów do czasu zmniejszenia przeciążenia. W takim przypadku istnieją dwie możliwości:

- a/ przetrzymanie pakietu w węźle do czasu odblokowania węzła leżącego na trasie pakietu,
- b/ skierowanie pakietu do innego, wolnego w danej chwili węzła.

W przypadku a/ pakiet może być znacznie opóźniony w razie dłuższej niesprawności węzła, a w przypadku b/ pakiet będzie

wędrował w sieci, szukając najlepszej drogi przejścia, omijając przy tym węzły przeciążone i uszkodzone. Zalety tego ostatniego sposobu kierowania są oczywiste i takie rozwiązania zastosowano w sieciach praktycznie realizowanych. Średnie opóźnienie pakietu szacuje się przy tym na około 1 milisekundę. Chociaż w normalnych warunkach w połączeniach na terenie kraju średniej wielkości pakiet może przechodzić przez szereg węzłów, czas przejścia przez sieć może być dość krótki.

Może się zdarzyć, że pakiety w takiej sieci będą błądzić w poszukiwaniu miejsca przeznaczenia w przypadkach uszkodzeń urządzeń lub błędów w danych zawierających adres. Ponieważ takie pakiety mogłyby bez końca przechodzić z jednego węzła do drugiego szukając niepowodziej drogi, w każdym pakiecie jest wydzielone pole licznikowe, gdzie rejestruje się liczbę węzłów, przez które przechodził pakiet. Z chwilą gdy licznik przekroczy pewną określoną liczbę, pakiet jest zwracany do miejsca, skąd został wysłany, co zabezpiecza sieć przed niepożądaną wędrówką błądzących pakietów.

Przykład pakietu zawierającego meldunek pokazany jest na rys. 2, z którego widać przeznaczenie każdego z ośmiu pól. Ostatnie pole o długości 7 bitów zawiera nadmiar dla wykrywania błędów transmisji. Zawartość tego pola sprawdzana jest w każdym węźle w czasie odbierania pakietu i, jeśli zostanie wykryty błąd, wówczas żądane jest powtórne nadanie pakietu. Pakiet nie jest wymazywany z pamięci w węźle, lecz jest umieszczany w specjalnej kolejce "śladowej" i może być wymazany tylko po upływie pewnego określonego czasu, kiedy jest pewność, że nie będzie żądania powtórzenia, lub kiedy zostanie odebrany specjalny meldunek kontrolny. Zabezpieczenie

przed błędami, jakie jest stosowane w sieci pomiędzy węzłami, jest niezależne od zabezpieczenia stosowanego między maszyną pośredniczącą a urządzeniem końcowym. Ten drugi sposób zabezpieczenia jest zależny od rodzaju i przeznaczenia urządzenia końcowego oraz od procedury sterowania łączy związanego z tym urządzeniem końcowym.

#### 4.3. Zalety sieci o komutacji informacji

Trudno jest obecnie rozeznaczyć, czy komutacja łączy czy też komutacja wiadomości będzie dawać mniejsze koszty przypadające na usługi transmisyjne i komutacyjne transmisji danych. Próby zgrubnego oszacowania kosztów systemu o komutacji wiadomości przy założeniu użytkownika 10000 urządzeń końcowych oraz stosowaniu sieci o 20 węzłach dawały dość interesujące wyniki. W odniesieniu do sieci międzywęzłowej koszty te były dość niskie i wynosiły około 0,1 centa na transmitowany pakiet /niezależnie od odległości/. Natomiast znaczna część kosztów przypadała na sieć lokalną, do której zaliczono również urządzenia końcowe, koncentratory, multipleksory itp. Są to główne koszty wyposażenia, które powinno mieć długi okres użytkowania; koszty te wykazują silne tendencje spadkowe z uwagi na coraz szersze wprowadzanie takich osiągnięć techniki, jak na przykład układy scalone wielkiej integracji.

Zalety systemu o komutacji informacji wynikają z dwóch różnych aspektów, z których pierwszy to aspekt szybkości przekazywania informacji między węzłami, a drugi - magazynowanie informacji w pamięci i operowanie pakietami tworzonymi przez maszynę pośredniczącą. Każdy z tych aspektów jest w pewnej mierze niezależny od drugiego.



Inną zaletą szybkiej sieci o komutacji informacji jest stała aktywność pakietów, gdyż niezależnie od tego, gdzie się w danej chwili znajdują, poszukują one stale dróg do maszyny cyfrowej węzłowej w pobliżu miejsca swego przeznaczenia, dopóki ta maszyna nie będzie dostępna. Jakość załatwiania ruchu wydaje się być lepsza niż w przypadku komutacji łączy, gdyż w razie natłoku w jednej z części sieci, pakiety będą poszukiwać innych dróg, aby się dostać do miejsca przeznaczenia. W podobnych przypadkach w sieciach o komutacji łączy abonent będzie otrzymywał sygnał natłoku. W sieci przekazującej pakiety abonent nigdy nie będzie odbierał takiego sygnału. W okresie chwilowego natłoku pakiety są przetrzymywane w kolejkach do czasu zmniejszenia natłoku, przy czym czas przebywania w kolejce w maszynie pośredniczącej może być dłuższy. Należy jednak zwrócić uwagę, że przetrzymywanie pakietu w kolejkach maszyny węzłowej może mieć miejsce jedynie w przypadku, gdy pakiet znajduje się w węźle w pobliżu miejsca przeznaczenia. W innym przypadku, zgodnie z zasadą pracy sieci, poszukuje on innych dróg do miejsca przeznaczenia. W tego typu sieciach istnieje w pewnej mierze samoregulacja natłoku poprzez stosowanie stopni priorytetów przypisywanych poszczególnym pakietom. W przypadku szczególnie dużego natłoku przede wszystkim pakiety o najwyższym priorytecie będą obsługiwane przez sieć /pakiety pojedyncze przeznaczone do przetwarzania na bieżąco/, natomiast pakiety do przetwarzania wsadowego będą wstrzymywane do czasu poprawy warunków ruchowych. Ten czas wstrzymywania może być stosunkowo krótki. Zaletą stosowania maszyn pośredniczących jest możliwość komunikowania się różnych typów maszyn i urządzeń końcowych. Nadaje to sieci dużą elastycz-

ność, polegającą na możliwości przyłączania nowych typów urządzeń końcowych, jakie mogą być rozwiązane w przyszłości.

Zastosowanie w sieci pamięci ma wiele zalet. Nawet w przypadku stosowania przestrzennej komutacji łączy zamiast komutacji informacji opłacalne byłoby magazynowanie informacji w pamięciach w pewnych punktach sieci.

Zastosowanie pamięci w sieci może mieć następujące korzyści:

a. Buforowanie.

Jest rzeczą pożądaną, aby liczne urządzenia końcowe przyłączane do sieci były możliwie tanie; nie powinny więc mieć pamięci buforowych, które znacznie podrażają urządzenia. Przekazywane przez operatora z klawiatury znaki arytmiczne mogą być w określonym miejscu sieci magazynowane w pamięci buforowej i przekazywane później z odpowiednią szybkością przystosowaną do będącego w dyspozycji łącza.

b. Konwersja szybkości.

Dzięki zastosowaniu ww. buforowania mogą współpracować urządzenia końcowe o różnych szybkościach.

c. Przekazywanie wieloadresowe.

Możliwość wysyłania jednego meldunku do wielu adresatów /jest to również możliwe przy komutacji łączy sterowanej za pomocą maszyny cyfrowej/.

d. Przetrzymanywanie wiadomości.

Dane przeznaczone dla urządzenia końcowego, które jest w

danej chwili zajęte lub z innych powodów niedostępne, mogą być przechowywane w pamięciach, dopóki to urządzenie nie będzie wolne.

e. Automatyczna korekcja błędów transmisji.

Możliwe jest dołączanie do pakietów znaków kontrolnych dla celów wykrywania błędów i retransmisja pakietów, jeżeli błąd zostanie wykryty.

f. Możliwość zorganizowania sieci nie blokującej.

Przy komutacji łączy niektóre połączenia nie dochodziły do skutku i abonent wywołujący otrzymywał sygnał zajętości, ponieważ abonent wywoływany był zajęty odbieraniem innego połączenia albo też łącze lub wiązka łączy były zajęte. W sieci wyposażonej w pamięci informacje mogą być wstrzymywane, dopóki żądana droga nie będzie wolna, a nadający z zasady nie otrzymuje sygnału zajętości.

#### 4.4. Przykłady sieci o komutacji informacji

Jako przykłady tego rodzaju sieci wybrano sieć utworzoną w oparciu o wyposażenie systemu DS-4 /f-my CGCT/, która w bardzo prosty sposób pozwala przedstawić działanie węzła komutacyjnego. Innym przykładem jest sieć ARPA /opisana tutaj w dużym skrócie/, która jest typową /a nawet wzorcową/ przedstawicielką sieci o komutacji pakietów i która jako pierwsza doczekała się praktycznej realizacji uwieńczonej sukcesem.

#### 4.4.1. Struktura sieci utworzonej w oparciu o system DS-4

Na rysunku 3 przedstawiono przykład sieci teleinformatycznej o strukturze hierarchicznej trójpoziomowej, w której zastosowano sprzęt produkowany przez firmę CGCT należącą do koncernu ITT.

Na poziomie pierwszym sieci istnieją dwie możliwości załatwiania ruchu pochodzącego od urządzeń końcowych, zależnie od rodzaju i wielkości tego ruchu.

Przy małym ruchu stosuje się /inną niż przy dużym ruchu/ metodę załatwiania zgłoszeń inicjowanych przez poszczególne urządzenia końcowe w przypadku zgłaszania przez nie potrzeby przekazywania informacji. Cechą charakterystyczną tej metody w której jest wykorzystywany koncentrator, jest to, że szybkość transmisji w łączach pomiędzy urządzeniami końcowymi a koncentratorom jest taka sama, jak między koncentratorom a procesorem pośredniczącym /czołowym/ DS4-16 oraz to, że w danej chwili tylko jedno urządzenie końcowe z grupy urządzeń końcowych przyłączonych do koncentratora może współpracować z siecią. Takie rozwiązanie stosuje się zwłaszcza w przypadkach, kiedy czas odpowiedzi nie jest najważniejszym parametrem.

Przy dużym ruchu stosuje się natomiast koncentrację kanałów za pomocą multipleksora o podziale czasowym. Przy tej metodzie szybkość w kanale łączącym multipleksor z procesorem pośredniczącym jest sumą szybkości poszczególnych łączy doprowadzonych do multipleksora. Takie rozwiązanie wykorzystuje się, kiedy czas odpowiedzi jest istotnym czynnikiem.

Na drugim poziomie znajdują się maszyny pośredniczące /czo-

łowe/ DS4-16, które obsługują urządzenia bardziej złożone i bardziej różnorodne, wymagające stosowania różnych procedur komunikacyjnych.

Zmiany procedur są realizowane programowo w zależności od tego, z jakiego rodzaju urządzenia jest przeprowadzana transmisja. Do maszyn DS4-16 są przyłączone łącza wychodzące z poziomu pierwszego, a na tym samym poziomie /drugim/ mogą być przyłączane łącza innych sieci /np. teleksowej/, urządzenia końcowe małych i średnich szybkości, komputery końcowe oraz inne maszyny DS4-16. System DS4-16 pracuje na zasadzie komutacji znakowej, a także realizuje odpowiednie procedury wykrywania i korekcji błędów, ale, ponieważ nie ma pamięci masowych, nie magazynuje komutowanych informacji.

Na poziomie drugim istnieje również możliwość przyłączenia różnych komputerów /np. spełniających rolę banków danych/ urządzeń końcowych różnych szybkości oraz sieci teleksowej /rys. 3/.

Zasadniczą funkcją sieci na trzecim poziomie jest załatwianie ruchu tranzytowego:

- między komputerami przyłączonymi na tym samym poziomie sieci,
- między różnymi odległymi komputerami przyłączonymi na drugim poziomie sieci,
- między urządzeniami końcowymi, które mogą być również przyłączane do maszyn węzłowych na trzecim poziomie, a podobnymi urządzeniami z poziomu pierwszego i drugiego.

Na trzecim poziomie znajdują się maszyny węzłowe wyposażo-

ne w odpowiednie pamięci masowe, dzięki czemu istnieje możliwość magazynowania dużych ilości informacji, jakie są przekazywane na tym poziomie. Węzły są łączone kanałami transmisyjnymi o średniej szybkości, odpowiednio zabezpieczonymi przed błędami. W sieci typu oczkowego w przypadku niesprawności jakiegokolwiek kanału realizowany jest proces wyszukiwania właściwej drogi do miejsca przeznaczenia przy omijaniu uszkodzonego łącza.

W przypadku dużej liczby węzłów występujących w poziomie trzecim wygodniejsze jest stosowanie komutacji pakietów.

Jako maszyny węzłowe wykorzystuje się na tym poziomie urządzenia DS-21 lub dla większych sieci DS4-32.

#### B u d o w a i z a s a d a d z i a ł a n i a w ę z ł a k o m u t a c y j n e g o D S 4 - 2 1

Węzeł komutacyjny oparty na urządzeniach DS4-21 składa się z kilku oddzielnych specjalizowanych procesorów współpracujących z pamięcią główną /ferrytową/ o dostępie swobodnym /rys. 4/. Współpraca ta jest sterowana i kontrolowana na zasadzie priorytetów za pomocą bloku priorytetów. Poniżej będą opisane budowa i zasada działania poszczególnych jednostek wchodzących w skład wyposażenia węzła /rys. 4/.

Z e s p ó ł l i n i o w y /stanowiący w zasadzie procesor liniowy/ przyjmuje sygnały cyfrowe, składa znaki z poszczególnych bitów i przekazuje te znaki do procesora znakowego.

P r o c e s o r z n a k o w y przyjmuje znaki, tworząc z nich informacje i kieruje je do pamięci głównej, gdzie są

magazynowane chwilowo do czasu wstępnego rozeznania i skierowania do dalszych jednostek systemu.

Jednostka centralna /procesor główny/ CT21 wykonuje następujące funkcje przetwarzania:

- analizę nagłówka,
- kieruje wiadomości zgodnie z adresem,
- koordynuje pracę poszczególnych procesorów.

Procesor CT21 został skonstruowany specjalnie do realizacji głównych procesów w teleinformacji.

Urządzenie sterujące pamięci zewnętrznych /bęben lub dysk/. Steruje pracą pamięci zewnętrznych, które współdziałają z jednostką centralną w procesie komutacji informacji.

Procesor liniowy współpracuje z łączkami małej szybkości do 200 bodów na zasadzie podziału czasu. łączki średniej szybkości są przyłączane do procesora znakowego, do którego informacja jest doprowadzana znakami. Czytnik taśmy, perforator taśmy, drukarka wierszowa są połączone z procesorem centralnym za pomocą kanału multipleksora.

Wieloprocessorowa struktura urządzeń systemu DS4-21 zapewnia odpowiednią elastyczność, dostateczną moc przetwarzania i dużą ekonomikę pracy systemu dzięki temu, że większość programów jest umieszczanych w pamięciach zewnętrznych, co z kolei pozwala na zastosowanie pamięci operacyjnej o mniejszej pojemności.

łączki małej szybkości są grupowane po 16 i przyłączane do

urządzenia nazwanego tutaj "eksploratorem", którego zadaniem jest okresowe badanie stanów przyłączonych do niego łączy i przekazywanie tych stanów do procesora liniowego. Badanie stanów odbywa się na zasadzie próbkowania, przy czym częstość próbkowania zależy od szybkości modulacji i jest dobrana tak, aby było możliwe prawidłowe rozeznanie stanu sygnału binarnego przy zniekształceniu telegraficznym mniejszym lub równym 45%.

Procesor liniowy kompletuje znaki z bitów odebranych z poszczególnych łączy i przekazuje je wraz z adresami łączy do pamięci ferrytowej, przy odpowiednim zachowaniu kolejności znaków.

Następna faza przetwarzania odbywa się w procesorze znakowym, który pobiera kolejno znaki z pamięci ferrytowej, identyfikuje znaki lub grupy znaków, które oznaczają początek lub koniec wiadomości oraz formuje z tych znaków wiadomości i umieszcza je w odpowiednim polu pamięci ferrytowej. Po wypełnieniu wyznaczonego pola procesor znakowy zgłasza ten stan do jednostki centralnej, która przydziela danej wiadomości miejsce w pamięci zewnętrznej /w dysku lub bębnie/ i przekazuje do urządzenia sterującego pamięciami zewnętrznymi wszystkie niezbędne dane dotyczące przepisania całej zawartości do pamięci zewnętrznej.

Po umieszczeniu całej wiadomości w pamięci jednostka centralna /CT-21/ pobiera nagłówek i realizuje program identyfikacji. W wyniku analizy nagłówek podejmuje ona decyzję przekazania wiadomości do kolejki wyjściowej pamięci ferrytowej w celu przesłania go w odpowiednim czasie do urządzeń współpracujących z urządzeniami wyjściowymi. Kolejka wyjścio-



wa jest porządkowana wg stopnia pilności /priorytetu/ informacji.

Z kolejki wyjściowej informacja jest kierowana do procesora znakowego i - zależnie od tego, czy jest przeznaczona do szybkiej transmisji czy też do transmisji łączyami telegraficznymi - jest odpowiednio przekazywana bezpośrednio z procesora znakowego do łączy lub do procesora liniowego, gdzie jest rozkładana na bity, 1 bit po bicie przekazywana do łączy typu telegraficznego.

Przy odbiorze informacji w procesorze znakowym odbywa się wykrywanie błędów transmisji, zaś przy nadawaniu - proces kodowania zabezpieczającego. Możliwe jest przy tym stosowanie prostego zabezpieczenia kodem parzystościowym albo zabezpieczenia dwuwymiarowego lub nawet za pomocą kodów cyklicznych. Korekcja odbywa się przez powtarzanie.

#### 4.4.2. Przykład sieci komputerowej o komutacji pakietów, sieć ARPA

Sieć ARPA /Advanced Research Projects Agency/ jest przedstawicielką sieci komputerowych, najczęściej wymienianą w różnych publikacjach, oraz jedną z pierwszych zrealizowanych sieci o komutacji pakietów.

Jest to sieć wydzielona, łączyca 20 komputerów /do 1972 r./ w 15 miejscowościach /przeważnie ośrodkach uniwersyteckich/, rozmieszczonych na terenie całych Stanów Zjednoczonych AP. Plany rozbudowy tej sieci przewidywały połączenie w 1972 r. już 25 miejscowości /rys. 5/.

Podstawową funkcją tej sieci jest zapewnienie dostępu do

wspólnych /w ramach sieci/ zbiorów danych i programów dla każdego przyłączonego do sieci komputera. Istotną korzyścią dla użytkownika sieci jest to, że może on korzystać z programów przechowywanych w każdym komputerze w sieci i że dostęp do odpowiedniego komputera nie wymaga stosowania lokalnie specjalnych procedur.

Każdy z uniwersyteckich komputerów o nazwie HOST /gospodarz/ dysponujący programami tłumaczącymi z języków problemowych na język wewnętrzny, jest połączony z pewną liczbą urządzeń końcowych typu abonenckiego oraz z typowymi urządzeniami peryferyjnymi /rys. 6/. Część telekomunikacyjną tej sieci stanowią procesory węzłowe IMP /Interface Message Processor/ realizujące funkcje komutacyjne, połączone wzajemnie za pomocą łączy telekomunikacyjnych. Procesory węzłowe znajdują się w pobliżu komputerów HOST, z którymi są połączone łączami o szybkości około 1 Mbit/s. Procesory węzłowe /IMP/ przejmują informacje /dane/ od komputerów HOST i magazynują je w odpowiednio wyznaczonych obszarach pamięci. Informacje te są o objętości co najwyżej 800 bitów i są formowane w pakiety o stałej długości 1024 bitów, zaopatrywane w nagłówki zawierające odpowiednie adresy i informacje sterujące. Pakiety te są następnie przekazywane poprzez sieć łączami, z szybkością 50 kbit/s do procesora węzłowego bezpośrednio złączonego z komputerem gospodarzem w miejscu przeznaczenia. Użytkownik w tym przypadku nie wie i nie ma potrzeby wiedzieć, jakimi drogami są przesyłane pakiety i nie musi również wiedzieć, z jakim komputerem będzie współpracował dla rozwiązania interesującego go zadania.

Z punktu widzenia transmisji i komutacji, każdy pakiet jest traktowany przez sieć jako niezależny blok informacji, mimo .

ze może stanowić część tej samej wiadomości składającej się z pewnej liczby pakietów. Może się więc zdarzyć, że pakiety te docierają do miejsca przeznaczenia różnymi drogami. Pakiety dotyczące tej samej wiadomości, zanim zostaną przekazane do określonego komputera gospodarza, składane są i porządkowane w procesorze węzłowym miejsca przeznaczenia.

W tej sieci stosowane są określone poziomy priorytetów, przy czym z zasady najwyższy priorytet mają wiadomości składające się z pojedynczych pakietów.

Do dodatkowych zadań procesorów węzłowych należą badania związanych z nimi dróg połączeniowych, wykrywanie błędów w pakietach i realizacja procesu korekcji w przypadku wykrycia błędów, a także pomiary, statystyka ruchu itp.

Jeżeli wymagane jest wykorzystywanie urządzeń końcowych przyłączonych bezpośrednio do sieci, umożliwiających komunikację urządzenie końcowe - urządzenie końcowe, wówczas stosuje się procesor pośredniczący czółowy /TIP - Terminal Interface Processor/, którego funkcje mogą być podobne albo do funkcji, jakie spełnia procesor węzłowy albo do funkcji uproszczonego komputera gospodarza. Do tego procesora mogą być dołączone 64 urządzenia końcowe typu dalekopis lub inne podobne urządzenia. Tego rodzaju procesor rozszerza wydatnie możliwości sieci, nadając jej pewne cechy uniwersalności.

Podany tutaj opis stanowi duże uproszczenie, jednak nie wydaje się możliwe ani celowe dokładniejsze omawianie tej sieci w tego rodzaju artykule.

Warto podkreślić, że dla realizacji tak skomplikowanej sieci trzeba było rozwiązać wiele bardzo trudnych problemów, zwłaszcza z zakresu oprogramowania sieci. Można dla przykładu

du podać tylko niektóre zagadnienia związane z procesami realizowanymi w tej sieci:

a/ proces wymiany pakietów pomiędzy IMP,

b/ proces wykrywania i korekcji błędów /jak się podaje przy komunikacji komputer-komputer, wynikowa stopa błędów nie powinna być mniejsza niż  $10^{-12}$ /,

c/ zabezpieczenie przed stałym wędrowaniem pakietów z błędnym adresem przeznaczenia,

d/ zabezpieczenie przed zagubieniem pakietu w sieci i inne.

## 5. SIEĆ ASYNCHRONICZNA EDS

W NRF wprowadzono do eksploatacji nowy system komutacyjny o komutacji kanałów realizowanej przez elektroniczny system o sterowaniu programowym - EDS.

Sieć ta należy do grupy sieci asynchronicznych, przy czym podstawową ideą przy opracowywaniu koncepcji tej sieci była integracja ruchu teleksowego z rozwijającym się ruchem danych. W toku obszernych studiów nad wyborem rodzaju sieci rozważano również możliwość zastosowania komutacji pakietów, jednak, jak się podkreśla w niektórych publikacjach, potrzeby, jakie istniały w NRF nie odpowiadały cechom oferowanym przez komutację wiadomości. Okazuje się jednak, że prace nad modyfikacją systemu EDS z przystosowaniem do komutacji pakietów są prowadzone od dawna.

### 5.1. Wymagania ogólne i cechy charakterystyczne systemu EDS

Wymagania ogólne, jakie stawiają użytkownicy przyszłym sieciom teleinformatycznym odnoszą się prawie zawsze do wymagań na system komutacyjny. Nowoczesne środki techniczne, jakie są obecnie powszechnie dostępne, umożliwiają utworzenie systemu komutacyjnego o cechach charakterystycznych i ułatwieniach, jakie nie są możliwe do uzyskania przez konwencjonalne urządzenia komutacyjne.

Założono, że nowy system komutacyjny, obok licznych korzystnych ułatwień dla użytkowników, powinien również zapewnić ułatwienia dla administracji łączności NRF zarówno przy jego budowie, jak i przy eksploatacji i obsłudze.

W spotykanych publikacjach omawiających system EDS rozdziela się wyraźnie cechy charakterystyczne wynikające z wymagań użytkowników od wymagań administracji łączności NRF. Tutaj te cechy charakterystyczne będą omówione oddzielnie.

Głównym obiektem zainteresowania użytkowników systemów teleprzetwarzania są łącza telekomunikacyjne i to takie, które nie wprowadzałyby ograniczeń szczególnie dla urządzeń pracujących w systemach przetwarzania na bieżąco.

Wyniki badań administracji łączności NRF, które pokrywają się z amerykańskimi wynikami badania rynku potrzeb wykazały, że użytkownicy są szczególnie zainteresowani transmisją danych o szybkości poniżej 2400 bit/s. Z drugiej strony już obecnie zwraca się uwagę na tendencje wyposażenia urządzeń końcowych w pamięci buforowe, co może sprawić, że w przyszłości w wielu przypadkach szybkość transmisji nie bę-

dział zależała jedynie od szybkości pracy urządzeń końcowych, lecz w dużej mierze będzie ona wynikała z kompromisu pomiędzy kosztami wyposażenia a odpowiednimi opłatami taryfowymi.

Uwzględniając wyżej wymienione wyniki badań zdecydowano, że w początkowym stadium rozwoju systemu komutacyjnego będą komutowane kanały o szybkości nie większej niż 9,6 kbit/s. Komutacja strumienia informacji o tej szybkości jest stosunkowo łatwo realizowana w nowoczesnych systemach komutacyjnych o sterowaniu programowym.

Ustalono następujące stopniowanie szybkości transmisji: 50, 200, 2400, 9600 bit/s, przy czym z uwagi na asynchroniczny sposób pracy systemu te szybkości mogą być w zasadzie dowolne, lecz nie powinny przekraczać /na razie/ 9600 bit/s /jest to cechą przezroczystości systemu ze względu na szybkość transmisji/.

Ustalono ponadto, że:

- czas tworzenia połączenia w relacjach krajowych nie powinien przekraczać 200 ms dla zakresu średnich szybkości, natomiast dla szybkości poniżej 200 bodów uznano jako dostateczny czas łączenia około 1 sekundy. Odpowiednie czasy rozłączania połączeń powinny być identyczne;
- system powinien umożliwiać obsługę takich reprezentatywnych grup użytkowników, aby było możliwe użytkowanie całej sieci transmisji danych przez różnego rodzaju abonentów. Spełnienie tego wymagania ma zapobiec powstawaniu wydzielonych prywatnych sieci obsługujących zamknięte grupy użytkowników. Ustalone kategorie użytkowników zapewniają abonentom takie same możliwości, jak sieci prywatne.

uzupełnione wszystkimi dodatkowymi zaletami sieci publicznych, oraz gwarantują lepszą niezawodność;

- system komutacyjny powinien oferować szereg ułatwień dla użytkowników systemów teleinformacyjnych.  
Po konsultacjach z przedstawicielami różnych grup użytkowników uznano za celowe wprowadzenie następujących ułatwień:
  - a/ skrócone numery wywoławcze /zamiast pełnego numeru wywoławczego abonent wywołujący przekazuje tylko umowne znaki lub grupę znaków/,
  - b/ wywołanie bezpośrednio /stosowane wtedy, gdy określone urządzenie końcowe /abonent/ łączy się zawsze z tym samym współpartnerem/,
  - c/ przekazywanie wieloadresowe /ta sama informacja jest wysyłana jednocześnie do kilku odbiorców/,
  - d/ automatyczna rejestracja należności za połączenia /zaliczanie powinno następować po rozłączeniu/,
- w niektórych szczególnych przypadkach powinna być przewidziana możliwość magazynowania informacji, konwersji kodów i konwersji szybkości,
- komutacja wiadomości jest przewidziana /na razie/ dla własnych potrzeb administracji łączności w NRF w celu automatyzacji służby telegramowej,
- z uwagi na elastyczność, tzn. możliwość przystosowania systemu do zmieniających się potrzeb, system komutacyjny powinien być sterowany programowo.

Z punktu widzenia administracji łączności, dla zapewnienia ułatwień w utrzymaniu urządzeń systemu, uznano na nie-

zbędne zachowanie jednolitości techniki realizacyjnej w konstrukcjach poszczególnych urządzeń systemu komutacyjnego. Powinna być również zapewniona wymiennosc elementów i zespołów.

Wprowadzenie nowych urządzeń komutacyjnych powinno zaoszczędzić co najmniej 50% miejsca w porównaniu z konwencjonalnymi urządzeniami komutacyjnymi.

System komutacyjny powinien pracować w zasadzie bez obsługi konserwacyjnej, a więc zespoły wchodzące w skład systemu powinny być praktycznie niezawodne.

## 5.2. Struktura systemu EDS

### 5.2.1. Podstawowe jednostki systemu

Struktura systemu EDS różni się zasadniczo od konwencjonalnych elektromechanicznych systemów komutacyjnych i jego budowa oraz organizacja jest zupełnie podobna do budowy i organizacji maszyny cyfrowej. Zastosowanie takiej właśnie struktury systemu komutacyjnego jest z wielu powodów uzasadnione, gdyż

- 1/ funkcje, jakie spełnia system są analogiczne do funkcji spełnianych przez maszyny cyfrowe,
- 2/ sterowanie programowe i podstawy techniki programowania opracowane dla maszyn cyfrowych znajdują tutaj pełne zastosowanie,
- 3/ warunki na styku pomiędzy poszczególnymi jednostkami są na ogół znormalizowane i umożliwiają łatwą wymiennosc tych typowych dla maszyn i systemu jednostek.

Schemat blokowy centrali komutacyjnej systemu EDS jest przedstawiony na rys. 7.



Do podstawowego wyposażenia systemu EDS należą następujące jednostki:

- pamięć główna /P0/,
- procesor główny /jednostka sterowania program. /PRS/,
- procesor liniowy /PL/,
- procesor peryferyjny /PP/,
- procesor znakowy /PZ/,
- generator taktu /GT/.

Ze względu na wymagania niezawodności ważniejsze jednostki są zdwojone. Nazwy procesorów nadano tutaj wszystkim jednostkom, w których realizowane jest przetwarzanie.

W dalszym ciągu będą opisane poszczególne jednostki systemu komutacyjnego i ich funkcje.

### P a m i ę ć   g ł ó w n a

Powiązanie pamięci głównej z innymi jednostkami pokazano na rys. 7. Każda z pamięci głównych P0I i P0II zaopatrzona jest w 16 identycznych znormalizowanych złączy, z których 8 przedstawionych na rysunku jest aktualnie wykorzystanych do połączeń. Pozostałe 8 są przewidziane do ewentualnego przyłączania następnych jednostek.

Pamięć główna składa się z 16 bloków obsługiwanych przez układ wybierania zawierający rejestry adresowe, do których wpisywane są odpowiednie adresy komórek pamięci. Każdy z bloków pamięci ma pojemność 524288 bitów /16 k słów 32-bitowych/, tak że całkowita pojemność pamięci wynosi około 8 milionów bitów /256 k słów 32-bitowych/.

Oprócz pamięci głównej, która jest pamięcią magnetyczną ▶

rdzeniową, EDS dysponuje również zewnętrzną pamięcią dyskową. Na jeden blok pamięci głównej przypada 36 matryc składających się z rdzeni pierścieniowych, przy czym każda matryca zawiera 128 x 128 rdzeni.

Adresowane jest słowo o długości 32 bity, przy czym w słowie rozkazowym adres zajmuje 16 pozycji binarnych.

Czas cyklu tej pamięci wynosi 1  $\mu$ s.

### P r o c e s o r   g ł ó w n y

Procesor główny steruje procesem tworzenia połączenia oraz jego rozłączaniem, a także realizacją wewnętrznych procedur diagnostycznych i wielu innymi procesami o charakterze eksploatacyjnym. Dla realizacji tych procesów pobierane są odpowiednie rozkazy z pamięci głównej i następnie wykonywane przez procesor centralny. W celu załatwiania na bieżąco różnych pilnych zadań procesor główny wyposażony jest w mechanizm przerywań programowych. Przy pojawieniu się przerwania programowego /może to być spowodowane na przykład potrzebą obsługi jakiegoś zgłoszenia/ zawartość rejestrów procesora głównego jest rejestrowana w pamięci. Po zakończeniu przerwania zawartość ta jest ponownie wprowadzana do odpowiednich rejestrów w procesorze głównym i przerwany uprzednio program może być kontynuowany.

Tutaj przerwanie programowe zachodzi zawsze wtedy, kiedy w procesorze głównym jest realizowany jakiś niepilny program, a zaistniała potrzeba wykonania programu o wyższym priorytecie, na przykład odebranie od aktualnie zgłaszającego się abonenta impulsów wybierania.

## Procesor liniowy

W procesorze liniowym znajdują się przyłącza systemowe /SA/, które stale badają stany polaryzacji łączy, a także przekazują do systemu zmiany tych stanów. Oprócz przyłączy systemowych w procesorze liniowym znajdują się również koder i dekodek oraz urządzenie sterujące łączy /SL/, stanowiące człon pośredniczący pomiędzy procesorem liniowym a pamięcią główną.

Przy wystąpieniu zmiany polaryzacji w jakimkolwiek łączy, koder /PCWe/ przekazuje do pamięci głównej adres przyłącza systemowego /SA/, które zarejestrowało zmianę polaryzacji. Odwrotnie, przez przekazanie z pamięci głównej /PO/ adresu łączy, do którego ma być przekazana zmiana polaryzacji, dekodek /PCWy/ przekształca tę informację na zmianę polaryzacji i przekazuje ją do wskazanego adresem przyłącza systemowego. Miejsce kodera i dekodeka w procesie liniowym jest pokazane na rys. 12 w dalszej części artykułu.

Sposób przekształcania zmian polaryzacji na adresy i odwrotnie będzie omówiony w opisie metod transmisyjnych i komutacji w systemie EDS.

## Procesor peryferyjny

Procesor peryferyjny spełnia funkcje pośrednika pomiędzy urządzeniami peryferyjnymi a pamięcią główną. Ma on zdwojone urządzenia sterujące kanałami, do których dołączane są takie urządzenia wejścia/wyjścia, jak dalekopis, monitor ekranowy, pamięć dyskowa i inne peryferia typowe dla przetwarzania danych.

## Generator taktu

Generator taktu dostarcza centralnie wytwarzanego taktu niezbędnego do synchronicznej pracy poszczególnych podzespołów systemu.

Cykl podstawowy wynosi tutaj 200 nanosekund, przy czym impulsy taktowe mają czas trwania 50 nanosekund.

### 5.2.2. Możliwość rozbudowy systemu

Potrzeba rozbudowy wyposażenia systemu jest konieczna w przypadku, gdy:

- a/ istniejąca pojemność pamięci głównej nie jest wystarczającą, aby pomieścić dane dotyczące nowych abonentów lub odpowiednich nowych programów,
- b/ obciążenie ruchowe systemu komutacyjnego jest tak duże, że rozkazy nie mogą być na czas wykonane.

Te dwa przypadki nazywane są odpowiednio: przeciążeniem statycznym i przeciążeniem dynamicznym.

Przeciążenie statyczne może być usunięte przez dołączenie następnych bloków pamięci głównej, natomiast przeciążenie dynamiczne może być zmniejszone przez równoległe dołączenie dodatkowego procesora głównego. Takie dołączanie nie podwaja jednak mocy przetwarzającej, gdyż na procesory przypada dodatkowe przetwarzanie różnych programów.

Zamiast powiększania liczby procesorów głównych można zmniejszyć przeciążenie dynamiczne przez wykorzystanie procesora znakowego /PZ/. Procesor znakowy odciąża procesor główny dzięki temu, że niektóre typowe funkcje, które reali-

zuje zazwyczaj procesor główny programowo, procesor znakowy może wykonywać wykorzystując pamięć stałą do magazynowania tych programów. Procesor znakowy może być stosowany jedynie dla szybkości 2400 oraz 9600 bit/s.

### 5.3. Środki zwiększania niezawodności systemu

W odróżnieniu od zazwyczaj stosowanych maszyn do przetwarzania danych, które w określonych okresach czasu mogą być wyłączane w celu dokonania czynności konserwacyjnych, system komutacyjny musi pracować bez przerwy i wyłączenie go nie jest możliwe.

System EDS nadzoruje sam poprawność swojej pracy, tak że wyszukiwanie uszkodzeń stanowi istotne ułatwienie dla personelu obsługi. W celu zapewnienia większej niezawodności zastosowano tutaj niżej podane sposoby.

#### 5.3.1. Redundancja

Pod pojęciem redundancji w systemie EDS rozumie się tak rozbudowaną konstrukcję systemu, jaka byłaby potrzebna dla bezawaryjnej eksploatacji. Uzyskano to w pewnej mierze przez zdwojenie niektórych jednostek, np. pamięci głównej, procesora znakowego, generatora taktu. W wypadku uszkodzenia jednej z tych jednostek druga jednostka może kontynuować pracę.

Istnieją trzy możliwości zwiększenia niezawodności systemu jako całości:

- a/ przez pracę równoległą /rys. 8/,
- b/ przez konfigurację modułarną /rys. 9/,

c/ przez oprogramowanie /software/.

Praca równoległa jest dokonywana przez dwie jednostki lub zespoły wykonujące synchronicznie identyczne funkcje. W przypadku wystąpienia uszkodzenia w jednej jednostce lub zespole, nie uszkodzona jednostka wykonuje dalej funkcje obu jednostek do czasu usunięcia uszkodzenia pierwszej.

Ze względu na koszty nie zawsze opłacalne jest zdwajanie wszystkich podzespołów jednostki i na przykład w procesorze liniowym zastosowano takie stopniowanie przyłączy systemowych /SA/, że ewentualne uszkodzenie obejmuje tylko grupę 8 lub 64 łączy. Z uwagi na uproszczenie urządzeń kodujących przyłącza systemowe są grupowane po 8, a następnie tworzone są grupy po 64 przyłączy, zawierające 8 grup po 8 przyłączy systemowych. W ten sposób uszkodzenie w procesorze liniowym nie eliminuje go w całości, ale obejmuje odpowiednią grupę przyłączy.

Zabezpieczenie przez konfigurację modułarną polega na tym, że dwa identyczne zespoły spełniające te same funkcje obsługują aktualnie nie identyczne zadania, jak to jest w przypadku pracy równoległej, lecz zadania różne. Na przykład mogą realizować w danej chwili proces identyfikacji, ale nie tego samego abonenta. W przypadku uszkodzenia w jednej jednostce druga wykonuje pracę za obie jednostki. W takim przypadku maleje oczywiście obciążalność systemu, ale zachowana jest ciągłość eksploatacji.

Trzecią możliwością zapewnienia niezawodności pracy systemu komutacyjnego jest zastosowanie odpowiedniego oprogramowania. W celu odciążenia procesora głównego wprowadzono do systemu EDS procesor znakowy /PZ/, który dokonuje konwersji szeregowo-równoległej znaków przekazywanych do pamięci głów-

nej oraz konwersji odwrotnej przy przekazywaniu znaków z pamięci. Procesor znakowy odciąża procesor główny, przejmując tę właśnie część zadań, którą zazwyczaj wykonuje procesor główny, przy czym program konwersji znaków jest na stałe zarejestrowany w pamięci stałej /pamięć, z której tylko można odczytywać zarejestrowane informacje/. W przypadku uszkodzenia procesora znakowego funkcje jego może przejąć procesor główny dzięki temu, że dysponuje odpowiednim programem umieszczonym w pamięci głównej.

W ten sposób dzięki oprogramowaniu może być również zwiększona pewność działania systemu.

Dzięki zastosowaniu redundancji, czyli dodatkowych środków stanowiących pewną rezerwę wyposażenia, na przykład przez zdwojenie, zmniejsza się prawdopodobieństwo niesprawności całego systemu komutacyjnego. Mogą jednak zaistnieć przypadki jednoczesnego uszkodzenia dwóch jednostek. Interesujące jest oszacowanie prawdopodobieństwa takich zdarzeń oraz porównanie dwóch sposobów zabezpieczenia, a mianowicie przez pracę równoległą /rys. 8/ i przez konfigurację modułarną /rys. 9/. W przypadku pracy równoległej na 15 możliwości wystąpienia uszkodzenia dwóch jednostek  $\binom{6}{2} = 15$  w dziewięciu przypadkach może wystąpić całkowita niesprawność systemu.

W przypadku konfiguracji modułarnej natomiast przy 15 możliwościach podwójnych uszkodzeń tylko w dwóch przypadkach jest możliwa całkowita niesprawność systemu komutacyjnego.

Stąd widać, że struktura modułarna lepiej zabezpiecza system przed całkowitą awarią.

### 5.3.2. Wykrywanie uszkodzeń i błędów

Każde uszkodzenie w jakiejkolwiek jednostce systemu powinno być natychmiast wykryte i usunięte. Szczególnie krytyczne skutki mają uszkodzenia w procesorze głównym, który współdziała w realizacji wszystkich procesorów wykonywanych przez system. Ponieważ czas uszkodzenia /niesprawności/ ma kapitalne znaczenie, dlatego każde zdarzenie uszkodzenia lub błędu powinno być automatycznie wykryte i zlokalizowane.

Istnieją różne metody rozpoznawania uszkodzeń, z których jedną z najprostszych jest, przy pracy równoległej, stałe porównywanie wyników działania równoległe pracujących urządzeń. W przypadku wystąpienia różnicy rozpoczyna działanie program lokalizujący uszkodzenie.

W procesorze głównym wprowadzono zabezpieczenie sprzętowe /hardwarowe/ poprzez dodanie w każdym rejestrze dodatkowej pozycji dla bitu kontroli parzystości. Przy wykryciu niezgodności bitu parzystości /który powinien być taki, aby liczba jedynek w każdym ciągu była parzysta/ rozpoczyna pracę program diagnostyczny, w skład którego wchodzi różnorodny zestaw testów kontrolnych.

Wykrywanie uszkodzeń jest możliwe dzięki zastosowaniu w każdej jednostce specjalnych układów nadzorujących, które natychmiast sygnalizują powstałe nieprawidłowości. Dla nadzorowania pracy procesora głównego zastosowano tam specjalny licznik nadzorujący, który co 400 nanosekund powiększa swoją wartość o 1. Licznik ten przy prawidłowo wykonywanym programie powinien być w pewnym określonym czasie zerowany specjalnym rozkazem zerującym. Rozkaz ten jest umieszczany w programie



mach roboczych w regularnych odstępach czasu, między zwykłymi rozkazami. Jeżeli nie następuje zerowanie licznika, zostaje on przepiętniony /przekroczona jest pojemność licznika/ i bieżący program jest przerywany, a rozpoczyna się działanie programu lokalizującego uszkodzenie.

### 5.3.3. Stany funkcjonalne systemu

Rozpatrując pracę całego systemu można zwrócić uwagę na możliwość powstawania różnych sytuacji w zależności od tego, czy poszczególne jednostki pracują prawidłowo czy też są uszkodzone. Można wyróżnić tutaj pięć stanów, w jakich może się znaleźć poszczególna jednostka. Są to następujące stany:

- a/ stan pracy,
- b/ stan badania,
- c/ stan wyłączenia /na skutek uszkodzenia/,
- d/ stan pseudobadania,
- e/ stan ponownego włączenia.

Pierwsze trzy wymienione stany nie wymagają dodatkowych objaśnień. Stan pseudobadania odnosi się zwłaszcza do procesora głównego, który przejmuje na siebie aktywną rolę w realizacji procesu badania. W tym przypadku procesor nie jest w stanie normalnej pracy, nie jest również w stanie badania, gdyż ten stan odnosi się do jednostki badanej, nie jest również wyłączony, a więc nie znajduje się w żadnym ze stanów wymienionych w pktcie a/, b/ i c/.

Stan ponownego włączenia odnosi się natomiast do pamięci głównej, kiedy to po całkowitym wyłączeniu /np. dla wymiany

bloku/ ponowne jej włączenie do pracy wymaga wprowadzenia do niej aktualnej informacji.

System EDS powinien być w stanie, w przypadku uszkodzenia w jakiegokolwiek jednostce, utrzymywać normalną pracę i jednocześnie prowadzić poszukiwanie uszkodzenia. W takiej sytuacji następuje zmiana zadań poszczególnych jednostek /zmiana stanu funkcjonalnego /dzięki specjalnemu programowi, który dokonuje nowego rozdziału zadań. I tak, jednostki znajdujące się w stanie pracy kontynuują ją w dalszym ciągu, natomiast jednostki w stanie badania podejmują wyszukiwanie uszkodzeń. Każdorazowa zmiana pracy jednostek jest związana z nowym rozdziałem zadań przez program. Jest to w pewnym sensie samoorganizowanie się systemu EDS.

#### 5.3.4. Lokalizacja błędów i diagnostyka

Przy większości uszkodzeń, które są wykrywane przez wyposażenie sprzętowe lub przez programy testujące /które w regularnych odstępach czasu badają wszystkie jednostki niezależnie od pracy programów komutacyjnych/, określana jest jednostka, w której nastąpiło uszkodzenie. Jednostka ta następnie przechodzi do stanu badania. Nie może zaistnieć taki przypadek, w którym wszystkie jednostki podejrzane o uszkodzenie byłyby przełączane do stanu badania. Zazwyczaj program lokalizujący ustala wadliwie pracującą jednostkę i ta jest poddawana badaniom, pozostałe natomiast pracują nadal. Jednostka w stanie badania jest poddawana badaniom diagnostycznym, których celem jest ustalenie miejsca uszkodzenia z dokładnością do płytki z obwodami drukowanymi. Ponieważ wyznaczenie

wadliwie pracującej jednostki należy do zadań bardzo pilnych, przeto program lokalizujący i program zmiany konfiguracji, które muszą być natychmiast dostępne, są przechowywane w pamięci głównej. Programy diagnostyczne są natomiast zmagazynowane w pamięci dyskowej i tylko w razie potrzeby są przekazywane do pamięci głównej.

W wyniku działania programu diagnostycznego miejsce uszkodzenia jest zapisywane na dalekopisie obsługi. Nie wszystkie jednak błędy mogą być dokładnie określone przez program diagnostyczny i w takim przypadku obsługa posługuje się tradycyjnymi metodami z wykorzystywaniem próbników i przyrządów pomiarowych.

#### 5.4. Zasady transmisji i komutacji w systemie EDS

W transmisji danych stosuje się na ogół trzy następujące rodzaje sygnałów:

- a/ sygnał o znanej w telegrafii strukturze arytmicznej /start-stop/, gdzie dane są przekazywane bloczkami z przerwami, których czas trwania może być dowolny,
- b/ sygnał o strukturze synchronicznej, gdzie poszczególne elementy sygnału binarnego występują w określonych chwilach czasowych wyznaczanych stałym taktem zegara,
- c/ sygnał o strukturze asynchronicznej, gdzie elementy sygnału nie występują w stałych odstępach czasu wyznaczonych przez zegar.

Rysunek 10 pokazuje związki i różnice pomiędzy trzema ww. rodzajami sygnałów, przy czym jako przykład służy tutaj pięcioelementowy znak telegraficzny.

Jednym z podstawowych założeń systemu EDS było zapewnienie przezroczystości ze względu na szybkość oraz przezroczystości kodowej. Warunki mogą być spełnione przez zastosowanie asynchronicznego zwielokrotnienia czasowego i taką metodę zastosowano w EDS. W celu spełnienia tych warunków, każdemu łączu przyłączonemu do systemu EDS przyporządkowana jest maksymalna szybkość transmisji, przy czym poprzez te łącza mogą być również przekazywane dane z szybkością poniżej maksymalnej. Dla określenia stanu sygnału na wejściu systemu odbywa się próbkowanie sygnału, przy czym częstość próbkowania wynika z dopuszczalnego stopnia zniekształcenia telegraficznego. Metoda próbkowania stanu sygnału jest metodą redundancyjną, gdyż ciąg próbek uzyskanych przy próbkowaniu stałego stanu sygnału nie wnosi żadnej informacji, a jedynie zmiana tego stanu dostarcza informacji o sygnale. Dlatego w systemie EDS wykorzystuje się tylko informację o zmianie stanu sygnału. Zasadę pracy urządzeń zwielokrotniających przy przekazywaniu sygnałów asynchronicznych pokazuje rys. 11.

W tej metodzie każdorazowa zmiana stanu binarnego w łączu przychodzącym jest specjalnie kodowana, a wytworzone odpowiednie słowa kodowe zawierają informacje o adresie łącza, w którym ta zmiana wystąpiła oraz informację o kierunku tej zmiany. Część a/ rysunku pokazuje urządzenie zwielokrotniające z przyłączonymi do niego łączami przychodzącymi i wychodzącymi, oznaczonymi odpowiednio  $n_0 \dots n_7$ , oraz odpowiednimi liniami do przekazywania sygnału zwielokrotnionego w czasie, oznaczonymi odpowiednio  $m_1 \dots m_5$ .

Urządzenie zwielokrotniające pracuje w następujący sposób:

łączaami przychodzącymi dostarczane są sygnały binarne /np. znaki telegraficzne/ do urządzenia kodującego /kodera/. Zadaniem kodera jest wygenerowanie słowa kodowego oznaczającego adres łącza przychodzącego, w którym nastąpiła zmiana stanu binarnego oraz wskazującego kierunek tej zmiany. W ten sposób zakodowana informacja o zmianie stanu binarnego jest przekazywana do urządzenia dekodującego /dekodera/, gdzie rozoznawany jest adres łącza oraz kierunek zmiany stanu sygnału, a następnie odtwarzany jest ten sygnał i doprowadzany do łącza wychodzącego o odpowiadającym kodowi adresie. Jest to oczywiście opis uproszczony, gdyż pomiędzy koderem a dekodерem znajduje się system komutacyjny EDS, w którym realizowane są operacje związane z kierowaniem informacji od abonenta do abonenta.

W części b/ rysunku przedstawiono przykład powstawania sygnałów kodowych przy przekazywaniu sygnału binarnego poprzez łącza o adresach  $n_0 \dots n_5$ , należące do wiązki składającej się z ośmiu łączy o numerach 0...7. Cyfry dziesiętne łączy o numerach 0...7 są przekształcane na numery binarne. Sposób tego przyporządkowania jest pokazany w tablicy na str. 49, z tablicy tej widać, że dla przedstawienia 8 adresów potrzebne są 3 pozycje binarne /3 bity/. Utworzony w ten sposób znak binarny jest przekazywany poprzez linie  $m_1$ ,  $m_2$  i  $m_3$  wielokroćcia czasowego /rys. 11b/. Zmiana polaryzacji sygnału binarnego, jaki jest dostarczany do łącza przychodzącego, jest przekazywana liniami  $m_4$  i  $m_5$ , przy czym poprzez linię  $m_5$  przekazuje się fakt wystąpienia zmiany stanu, natomiast linią  $m_4$  - wskazanie kierunku tej zmiany. W ten sposób zmiana stanu binarnego jest również kodowana.

Tablica kodowa przyporządkowująca adresy łączy numerom binarnym linii wielokrocza czasowego

Adres dziesiętny łączy	Numer binarny		
0	0	0	0
1	0	0	1
2	0	1	0
3	0	1	1
4	1	0	0
5	1	0	1
6	1	1	0
7	1	1	1
Linie wielokrocza	$m_3$	$m_2$	$m_1$

W ogólnym przypadku zależność pomiędzy liczbą linii wielokrocza czasowego  $m$ , którymi może być przekazywana informacja o adresie łączy przychodzącego i o zmianie polaryzacji sygnału binarnego na wejściu kodera, a liczbą łączy przychodzących  $n$  będzie:

$$\bar{m} = \lg_2 n + 2$$

W systemie EDS przyjęto następujące przyporządkowanie wartości logicznych wartościom fizycznym w sygnale binarnym:

0 - odpowiada napięciu 0 V, 1 - odpowiada napięciu +5 V. Takie przyporządkowanie zachowano również przy ilustracji przykładów pokazanych na rys. 11.

Elementy sygnału binarnego doprowadzanego łączami przychodzącymi są na wyjściu dekodera obarczone opóźnieniem  $\Delta T_1$ . To

opóźnienie nie wnosi jednak zniekształcenia sygnału, jeżeli wszystkie zmiany stanu /momenty znamienne/ będą opóźnione jednakowo. Jednakże zniekształcenie może być wprowadzone przez urządzenia zwielokrotniające, kiedy w łącach wejściowych dekodera, w tym samym lub bardzo bliskim czasie, wystąpią zmiany sygnału binarnego. W takim przypadku występuje dodatkowe opóźnienie w odtworzeniu zbocza na wyjściu dekodera, które wprowadza zniekształcenie  $\Delta T_2$  /rys. 11b/, na wielkość którego ma również wpływ czas trwania impulsu w urządzeniu zwielokrotniającym. Impuls ten powinien być dość krótki w porównaniu z impulsami binarnymi przy maksymalnej szybkości transmisji. Oznacza to również, że przy określonym czasie trwania impulsu szybkość transmisji, a także liczba łączy dochodzących do urządzenia zwielokrotniającego są ograniczone.

Komutacja w systemie EDS polega na przekazywaniu zmian polaryzacji sygnałów binarnych zgodnie z adresem podanym przez abonenta wywołującego. Rys. 12 przedstawia uproszczony schemat systemu komutacyjnego EDS umożliwiający objaśnienie mechanizmu przekazywania zmian polaryzacji poprzez system.

Każde z łączy abonenckich lub łączy systemu transmisyjnego pracujące dupleksowo jest doprowadzane do własnego przyłącza systemowego /SA/. Do koderu PCWe przyłączane są łącza przychodzące, zaś do dekodera PCWy - łącza wychodzące. Linie wielokrocza czasowego są przyłączane do pamięci P0 poprzez urządzenie sterujące SL. Przekazywanie sygnałów odbywa się w sposób następujący:

Każda zmiana polaryzacji w łącach przychodzących jest rozeznawana w przyłączu systemowym SA które przekazuje ten fakt koderowi PCWe z podaniem kierunku zmiany polaryzacji. Koder<sup>1</sup>

identyfikuje przyłącze systemowe /SA/, tj. za pomocą układu szukającego wyszukuje i ustala numer łącza i w wyniku kodowania przekazuje binarny numer /adres i zmianę polaryzacji/ poprzez linie wielokrocza czasowego /m/ do urządzenia sterującego łączami /SL/. W urządzeniu sterującym jest rejestrowany znak zmiany polaryzacji i z dodatkowym uzupełnieniem jest przekazywany poprzez linie wielokrocza m+r do pamięci głównej /PO/. Adres zawarty w znaku zmiany polaryzacji służy do wyszukiwania w pamięci komórki /i komórka zawiera tutaj 32 bity/ przydzielonej danej linii. W fazie połączenia w tej komórce jest zarejestrowany adres współpartnera /abonenta wywoływanego/, natomiast w komórce pamięci przydzielonej łączu wychodzącemu jest zarejestrowany adres wywołującego.

W tych komórkach /które mają postać słowa sterującego/ znajdują się również informacje sterujące. W przykładzie z rys. 12 pokazano adresy współpracujących przy wymianie informacji łączu o numerach 518 i 523. Za pośrednictwem pamięci realizowany jest proces przekazywania zmian polaryzacji z przyłącza nr 518 do przyłącza nr 523. Zatem jeżeli pojawi się znak zmiany polaryzacji z adresem 518, wówczas sterowana jest komórka pamięci przyporządkowana łączu nr 518.

Za pomocą danych przekazanych liniami r w wielokrociu czasowym /rys. 12/, występujących równolegle ze znakiem zmiany polaryzacji wygenerowanym przez koder, odczytywana jest zawartość komórki 518. Tym samym zawartość tej komórki, która oprócz innych danych zawiera również adres współpartnera 523, jest przekazywana poprzez linie wielokrocza m+q do pro-



cesora liniowego /PL/. W procesorze liniowym informacja sterująca przesyłana liniami q umożliwia porównanie zawartości pamięci stanu polaryzacji ze znakiem zmiany polaryzacji przekazywanej z pamięci głównej i wynik porównania, będący znakiem polaryzacji, przekazywany jest łącznie z numerem przyłącza systemowego /SA/ do dekodera. Dekoder identyfikuje z kolei przyłączyce współpartnera i przekazuje mu kierunek zmiany polaryzacji, jaki jest zakodowany w znaku polaryzacji.

W ten sposób przekazywanie danych pomiędzy abonentami odbywa się przez przekazywanie zmian polaryzacji odpowiadających sygnałom danych. Czas opóźnienia zależy tutaj od obciążenia urządzeń i średnio wynosi kilka mikrosekund. Jedynie w przypadku pojawienia się zmian polaryzacji w jednakowych momentach czasu powstaje zniekształcenie telegraficzne przekazywanego sygnału, które w praktyce jest jednak do pominięcia.

Należy podkreślić, że podany tutaj opis obejmuje tylko zasadę pracy systemu EDS i szersze omówienie nie jest tutaj możliwe. Szczególnie interesujące zagadnienia oprogramowania systemu wymaga osobnego omówienia. Poniżej będą podane ważniejsze dane z tego zakresu.

### 5.5. Niektóre informacje o programowaniu w systemie EDS

Programy sterujące realizacją bardzo różnorodnych procesów w systemie EDS pisane są na ogół w językach problemowych specjalnie opracowanych dla typowych funkcji tego systemu. Dotychczas opracowano dwa tego rodzaju języki: DIAKON i DIATEX.

DIKON jest przystosowany do programowania przy przetwarzaniu znaków wykorzystywanych do przełączania. Język ten jest

na tyle prosty, że umożliwia bezpośrednio pisanie rozkazów programu z sieci działań.

DIATEX jest językiem przystosowanym szczególnie do procesów wymiany informacji pomiędzy obsługą a urządzeniami peryferyjnymi, a więc do wprowadzania i wyprowadzania tekstów. Do tworzenia krótkich i szybko działających programów wejścia/wyjścia, a także do programów badaniowych stosowany jest ASSEMBLER.

Programy stosowane w systemie EDS można podzielić ogólnie na programy eksploatacyjne oraz programy pomocnicze i translatory.

Do programów eksploatacyjnych należą:

a/ programy komutacyjne, takie jak:

- programy zarządzające współpracą procesora głównego z pozostałymi jednostkami systemu,
- programy identyfikacji wywołań,
- programy realizujące procedury sygnalizacyjne,
- programy do kierunkowego wybierania i sterowania,
- programy usługowe do obsługi abonentów /skrócone wybieranie, opłaty, informacje itp./,

b/ programy do technicznej obsługi maszyn i urządzeń,

c/ programy zabezpieczające:

- programy badaniowe,
- programy zmiany konfiguracji systemu,
- programy diagnostyczne,

do pomocy programowych zalicza się:

- translator ASSEMBLER

- translator DIAKON
- translator DIATEX
- program generator
- program modyfikacji.

Te liczne programy wymagałyby dużej pojemności pamięci głównej i z tego powodu niektóre z nich, zwłaszcza programy nie obsługujące procesów bieżących, są przechowywane w pamięci dyskowej i tylko w razie potrzeby są przepisywane do pamięci głównej.

#### 5.6. Realizacja sieci

Ponieważ niniejsze opracowanie opiera się na materiałach publikowanych w latach 1972-1973, obecny stan realizacji omawianej sieci nie jest dokładnie znany. Wydaje się jednak, że warto podać przewidywane wówczas plany w zakresie wprowadzenia tego systemu do eksploatacji.

W pierwszej połowie 1972 roku system EDS był poddawany badaniom technicznym. W drugim półroczu przewidywano przyłączenie do systemu komutacyjnego /jednej centrali/ kilkuset abonentów teleksowych oraz kilkadziesiąt stacji końcowych transmisji danych w celu zbadania systemu w warunkach eksploatacyjnych.

Począwszy od 1973 r. przewidywano instalowanie rocznie od 3 do 5 central w miejsce dotychczas stosowanych elektromechanicznych central komutacyjnych TW-39. Rozbudowa sieci central komutacyjnych EDS ma być zakończona do 1980 r. Od 1975 r. mają być wprowadzone do sieci koncentratory, co wydatnie zwiększy zasięg sieci. Abonenci sieci teleksowej przyłączeni do

sieci EDS będą stosować szybkie wybieranie za pomocą klawiatury zamiast tarczą numerową. Po zainstalowaniu większej liczby central systemu EDS, istniejąca obecnie sieć Datex będzie wchłonięta przez sieć utworzoną w oparciu o system EDS.

## 6. SIEĆ SYNCHRONICZNA /WG PROJEKTÓW ADMINISTRACJI ŁĄCZNOŚCI WIELKIEJ BRYTANII/

### 6.1. Przesłanki wyboru rodzaju sieci

Obserwowany w ostatnim czasie rozwój systemów przetwarzania danych w Wielkiej Brytanii spowodował wzrost potrzeb w zakresie transmisji danych, a tym samym również wzrost zapotrzebowania na usługi świadczone przez sieć telefoniczną i telegraficzną, będące w gestii administracji łączności. Choć rozwój w tej dziedzinie wykazuje stałe tendencje wzrostowe, to przypuszcza się jednak, że liczba urzędzeń końcowych transmisji danych, a także dalekopisów będzie zawsze mniejsza od liczby aparatów telefonicznych. Utworzona na bazie sieci telefonicznej sieć "Datel" mogłaby w zasadzie zaspokoić ilościowe i ruchowe wymagania na transmisję danych. Jednakże, oprócz obserwowanego ilościowego wzrostu na usługi transmisji danych, pojawiają się coraz częściej żądania nowych ułatwień, których obecna sieć telefoniczna z racji swego innego przeznaczenia nie jest w stanie zaspokoić. Niektóre wady komutowanej sieci telefonicznej mogą być zniwelowane przez stosowanie łączy dzierżawionych dla potrzeb przekazywania danych w wielu systemach teleprzetwarzania. Stwarza to

warunki sprzyjające powstawaniu zamkniętych prywatnych sieci teleinformatycznych, przy czym rola administracji łączności ogranicza się jedynie do dostarczania łączy. Tego rodzaju sieci prywatne są na ogół nieelastyczne, drogie w eksploatacji, a ich mała efektywność wynika głównie z warunków transmisji. Sieci tego rodzaju są ponadto zazwyczaj przystosowane do szczególnych wymagań użytkowników systemu i na ogół nie odpowiadają stosowanym przepisom telekomunikacyjnym, dotyczącym parametrów sygnałów oraz wyposażenia urządzeń transmisyjnych. Współpraca pomiędzy tego rodzaju sieciami prywatnymi jest bardzo utrudniona i to nie tylko z technicznego punktu widzenia, ale również ze względu na nienormowane procedury współpracy.

W celu zbadania możliwości rozszerzenia dotychczasowych i zaspokojenia nowych wymagań, które mogłyby zadowolić szeroką rzeszę użytkowników, podjęto w W. Brytanii szereg studiów specjalnych. Dokonany w ramach tych studiów przegląd rynku potrzeb miał na celu ustalenie prognoz prawdopodobnego wzrostu liczby urządzeń końcowych do 1983 r. Prowadzenie tego rodzaju studiów było niezmiernie utrudnione z uwagi na brak danych historycznych w dziedzinie transmisji danych oraz ignorancję użytkowników w zakresie własnych długofalowych planów rozwojowych. Studiowano również te aspekty techniczne sieci, które pojawiały się przy rozpatrywaniu różnych koncepcji komutowanych sieci teleinformatycznych, mogących spełniać liczne wymagania użytkowników.

Jedną z przewodnich przesłanek w pracach nad koncepcją sieci brytyjskiej był aspekt jej integracji z siecią dla telefonii, wideofonii i innymi.

## 6.2. Podstawowe wytyczne i założenia ogólne

W konkluzji uprzednio wspomnianych studiów technicznych nad siecią teleinformatyczną opracowano podstawowe wytyczne do projektu sieci, uwzględniające wymagania użytkowników wykorzystujących systemy teleprzetwarzania o różnorodnym przeznaczeniu.

Podstawowe wytyczne można przedstawić następująco:

- rozwiązanie sieci, która zapewniałaby zmniejszenie opłat za jej użytkowanie,
- zminimalizowanie czasu łączenia, który powinien być rzędu 100 milisekund w relacjach od abonenta do abonenta,
- rozszerzenie zakresu szybkości użytkowych w transmisji danych,
- nie ograniczanie sekwencji bitowych generowanych przez abonentów, /tj. sieć powinna być kodowo przezroczysta/,
- sieć powinna być oparta na transmisji i komutacji cyfrowej,
- powinna być możliwa współpraca z innymi sieciami krajowymi i międzynarodowymi,
- sieć powinna być praktycznie niezawodna,
- poprawa jakości transmisji przez zmniejszenie stopy błędów pierwotnych.

Jako dodatkowe ułatwienia będą wprowadzone:

- konwersja szybkości transmisji,
- konwersja kodów /możliwość tłumaczenia informacji zapisanej w jednym kodzie na kod drugi/,

- stosowanie skróconego kodu adresowego,
- możliwość wieloadresowania,
- współpraca z sieciami wydzielonymi.

### 6.2.1. Szybkość transmisji

W oparciu o analizę ekonomiczną z uwzględnieniem zależności pomiędzy przepustowością łączy a szybkościami stosowanymi w wyposażeniu końcowym ustalono, że najmniejsza szybkość w sieci powinna wynosić 600 bit/s. Zatem dane przekazywane z szybkościami mniejszymi niż 600 bit/s powinny być wprowadzane do strumienia o szybkości 600 bit/s, stanowiącej szybkość w kanale podstawowym. Dotyczy to dość licznej grupy urządzeń, takich jak dalekopisy /200 bodów/, urządzeń końcowych typu biurowego, stacji gromadzenia danych i innych urządzeń informacyjnych.

Dla urządzeń końcowych o średniej szybkości w rodzaju monitorów ekranowych, drukarek wierszowych, urządzeń rejestracyjnych na nośnikach magnetycznych przewiduje się dwie szybkości, a mianowicie: 2,4 kbit/s i 9,6 kbit/s. Tutaj transmisja będzie na ogół typu synchronicznego.

Do komunikacji w relacjach między komputerami, a także do przekazywania dużych ilości danych przewiduje się szybkość 48 kbit/s.

Podane tutaj szybkości należą do szeregu szybkości zalecanych przez CCITT /zalecenie X.1/ dla nowych sieci transmisji danych. W zaleceniu tym określa się 7 kategorii użytkowników sklasyfikowanych według szybkości transmisji oraz stosowanego alfabetu.

Są to następujące kategorie:

- |    |              |                                      |
|----|--------------|--------------------------------------|
| 1. | 50 bit/s     | znak 7-elementowy, start-stop,       |
| 2. | 200 bit/s    | znak 11-elementowy, start-stop,      |
| 3. | 50-200 bit/s | znak 7,5 - 12 elementów, start-stop, |
| 4. | 600 bit/s    | synchronicznie,                      |
| 5. | 2400 bit/s   | synchronicznie,                      |
| 6. | 9600 bit/s   | synchronicznie,                      |
| 7. | 48000 bit/s  | synchronicznie.                      |

Poniżej podaje się hipotetyczny udział poszczególnych urządzeń końcowych z uwzględnieniem ich szybkości /dotyczy W. Brytanii/.

do 600 bit/s	60%
2,4 kbit/s	32%
9,6 kbit/s	5%
48 kbit/s	3%.

#### 6.2.2. Rodzaje pracy

Studia w zakresie charakteru ruchu, jaki prawdopodobnie będzie generowany przez użytkowników uzasadnił stosowanie w sieci zarówno o komutacji łączy, jak i o komutacji pakietów.

##### a. Komutacja łączy

Zasady komutacji łączy są powszechnie stosowane w konwencjonalnej telefonii, gdzie w procesie wymiany informacji istnieje połączenie nadajnika i odbiornika. W przypadku sieci cyfrowej o podziale czasu jest to raczej "pseudopojęcie", gdyż sygnały danych są przekazywane w bardzo krótkich odcinkach czasu, tzw. "szczelinach czasowych".



Połączenia wykonywane za pomocą komutacji łączy nadają się szczególnie do ciągłego przekazywania dużych ilości informacji, co często występuje w procesie wymiany danych, na przykład pomiędzy komputerami. Przy tego rodzaju komutacji opóźnienie występuje praktycznie tylko przy tworzeniu połączenia.

#### b. Komutacja pakietów

Tego rodzaju komutacja okazuje się szczególnie przydatna do wymiany informacji blokami z dopuszczaniem przerw pomiędzy tymi blokami /bloki te po zaopatrzeniu w nagłówek stają się pakietami/.

O atrakcyjności tego rodzaju komutacji decydują zasadniczo trzy cechy:

- a/ możliwość przemiany szybkości /przez magazynowanie pakietów dane mogą być przekazywane z szybkościami w zasadzie dowolnymi/ pomiędzy urządzeniami końcowymi pracującymi różnymi szybkościami,
- b/ możliwość łączenia /sklejania/ pakietów dla lepszego wykorzystania kanału do komputera, bez potrzeby stosowania multipleksingu,
- c/ łatwo realizowane przekazywanie wieloadresowe.

#### 6.2.3. Sieć lokalna

Transmisja cyfrowa systemu PCM obejmuje już znaczną część sieci telefonicznej w Wielkiej Brytanii i istnieje potencjalna możliwość wykorzystania tego rodzaju systemu również do

transmisji danych. Stosunkowo mała początkowa gęstość sieci transmisji danych sprawia, że dla załatwienia ruchu danych wystarczy niewiele central, jednak znacznie od siebie oddalonych. Z drugiej jednak strony średnia odległość od centrali, jaka może być w takim przypadku brana pod uwagę wynosi około 50 mil /około 80 km/. Tak długie łącza lokalne stanowiąby główną część kosztów sieci transmisji danych; minimalizacja tych kosztów może być w pewnej mierze osiągnięta za pomocą odpowiednich środków technicznych zapewniających dobre wykorzystanie sieci lokalnej.

Proponuje się wprowadzenie dwustopniowej struktury zwielokrotnienia w transmisji cyfrowej /rys. 13/. Pierwszy stopień zwielokrotnienia obejmuje abonentów stosujących szybkości poniżej 48 kbit/s, które są zwielokrotniane na kanały 64 kbit/s. W zasadzie do przekazywania informacji użytkowych od abonentów wystarczy szybkość 60 kbit/s, pozostałe 4 kbit/s mogą być wykorzystywane do celów dodatkowych. Drugi stopień zwielokrotnienia obejmuje 32 kanały 64 kbit/s, dając na wyjściu multiplexora łącze cyfrowe 2,048 Mbit/s. Transmisja w kanałach poniżej pierwszego multiplexora może się odbywać różnymi sposobami, jednak zwraca się szczególną uwagę na przydatność do transmisji sygnału bipolarnego dwufazowego /ang. diphas, bipolarphase/ z uwagi na następujące zalety:

- a/ nie wymaga stosowania specjalnych kabli,
- b/ zawiera odpowiedni sygnał taktu, nawet w przypadku braku zmian stanu sygnału binarnego,
- c/ korekcja parametrów transmisyjnych jest minimalna,
- d/ przesłuch jest dopuszczalnie mały.

W relacjach, w których nie wprowadzono jeszcze cyfrowych systemów PCM, mogą być stosowane konwertory sygnałów analogowych /modemy/ dla małych szybkości, multipleksory o podziale częstotliwościowym, systemy typu telegraficznego itp.

#### 6.2.4. Sieć główna

Zastosowanie cyfrowych systemów PCM w sieci głównej pomiędzy centralami komutacyjnymi nie może nastąpić tak szybko i łatwo, jak jest to w przypadku sieci lokalnej. Można by co prawda stosować niezależne cyfrowe systemy transmisyjne w tego rodzaju relacjach, jednakże należy zwrócić uwagę, że przewidywany ruch danych będzie stanowił stosunkowo mały procent całkowitego ruchu w relacjach międzycentralowych. Nie byłoby zatem ekonomiczne stosowanie systemów cyfrowych PCM wyłącznie dla transmisji danych i dlatego w relacjach międzycentralowych przewiduje się wykorzystywanie łączy mikrofalowych i grup pierwotnych w systemach nośnych o podziale częstotliwościowym, które będą również wykorzystywane przez telefonię. W początkowym okresie przewiduje się w relacjach pomiędzy centralami komutacyjnymi stosowanie kanałów dla szybkości 2,048 Mbit/s, natomiast dla celów sygnalizacji międzycentralowej przeznaczają się kanały 500 kbit/s.

#### 6.2.5. Struktura koperty

Wymagana przez użytkowników niezależność sekwencji bitowych przy transmisji informacji poprzez sieć /co decyduje o przezroczystości kodowej/ oraz potrzeba przekazywania przez abo-

nenckie urządzenia końcowe oprócz danych również sygnałów sterujących dla sieci stanowi jedno z istotnych zagadnień technicznych wymagających właściwego rozwiązania. Może to być rozwiązane między innymi przez stosowanie niezależnych kanałów transmisyjnych dla danych i do celów sygnalizacji, jednak takie rozwiązanie jest bardzo niewygodne, z uwagi na potrzebę dodatkowego wyposażenia abonenckich urządzeń końcowych. Znacznie lepsze i wygodniejsze jest przekazywanie tym samym kanałem zarówno danych, jak i sygnałów sterujących. Wymaga to jednak przekazywania poprzez sieć dodatkowych informacji nie wykorzystywanych bezpośrednio przez abonentów, a zmniejszających efektywną szybkość transmisji. Te dodatkowe informacje zawarte są w specjalnie utworzonym formacie danych o strukturze nazwanej tutaj "kopertą". Kopertę stanowi grupa  $n + 2$  bity, z których ciąg  $n$  bitów reprezentuje informację, zaś jeden z dwu pozostałych - tzw. bit stanu /S/, a drugi bit synchronizacyjny /F/ /rys. 14/. Bit stanu /S/ zależy od tego, czy ma wartość logiczną "1" czy "0" wskazuje na to, czy zawartość  $n$  - bitowa jest informacją przeznaczoną dla użytkownika czy też informacją sterującą przeznaczoną dla sieci.

Istnieją dwa sposoby tworzenia koperty przez dobranie odpowiedniej liczby  $n$  bitów informacyjnych, przy czym w jednym przyjmuje się  $n = 8$ , zaś w drugim  $n = 6$ .

Stosowanie ośmiu bitów informacyjnych jest wskazane ze względu na szerokie stosowanie ośmiobitowego alfabetu Nr 5 przez coraz liczniejszą grupę urządzeń końcowych, jednak dziesięciobitowe /8+2/ grupy bitów nie odpowiadają standardom systemu PCM.

Drugi wariant kopertyo 6 bitach informacyjnych jest uzasad-

niony tym, że nie narusza standardów systemu PCM, w którym stosowane są 8-bitowe słowa kodowe  $/6+2 = 8/$ , natomiast nie jest to wygodne dla urządzeń końcowych obsługujących się alfabetem CCITT Nr 5 lub innym podobnym o ośmiu bitach w znaku. Należy zwrócić uwagę, że współpraca dwóch sieci stosujących różne koperty z obu wymienionych formatów jest w tym przypadku utrudniona. Istnieje jednak sposób pozwalający na przystosowanie informacji zapisanej w kodzie 8-bitowym do formatu koperty 6+2. Rysunek 15 wyjaśnia ten sposób na przykładzie rozmieszczenia 3 znaków P, Q i R w czterech kopertach typu 6+2 zgodnie z sygnałem PCM stosowanym w telefonii cyfrowej.

W Wielkiej Brytanii zdecydowano się na zastosowanie struktury koperty 8+2. Powoduje to wzrost o 25% szybkości transmisji w łączy cyfrowym w stosunku do szybkości stosowanej przez użytkownika. W ten sposób zastosowanie koperty przy szybkości 48 kbit/s daje w wyniku przepływność binarną 60 kbit/s, a więc nie odpowiadającą szybkości znormalizowanego kanału PCM 64 kbit/s. W związku z tym pozostałe 4 kbit/s można w przyszłości wykorzystywać do dodatkowych celów. Na razie ma to stanowić rezerwę, w miejsce której będą przesyłane puste koperty.

To niepełne wykorzystanie przepustowości łączy będzie miało miejsce dla wszystkich szybkości, jak podano w tabelce na str. 65.

Szybkość pracy urządzenia końcowego	Szybkość transmisji w łączy cyfrowym
600 bit/s	800 bit/s
2,4 kbit/s	3,2 kbit/s
9,6 kbit/s	12,8 kbit/s
48 kbit/s	64 kbit/s

### 6.2.6. Formaty pakietów

Prowadzone w Wielkiej Brytanii studia wykazały, że komutacja pakietów może być z powodzeniem wykorzystywana przez specjalnych użytkowników sieci oraz do przekazywania informacji sterujących pomiędzy centralami komutacyjnymi.

Usługa komutacji pakietów ma być wprowadzona w przyszłości po zbadaniu aspektów użytkowych, jednak już teraz dla celów wstępnoprojektowych proponowany jest format pakietu pokazany na rys. 16. Przewiduje się zmienną długość pakietu przy zachowaniu górnej granicy 1024 bity łącznie z nagłówkiem.

Pakiety mogą być formowane przez użytkowników lub przez centralę komutacyjną - zbierane i grupowane koperta po kopercie. Pakiety dla celów sygnalizacji międzycentralowej będą miały pojedynczą długość i będą rozpoznawane po cechach nagłówka.

### 6.3. Podstawowe wymagania na centralę komutacyjną

Poniżej będą omówione podstawowe wymagania na centralę komutacyjną, które zasługują na szczególną uwagę, gdyż decydu-

ję o funkcjonalności centrali, a tym samym o rodzaju i jakości usług świadczonych przez sieć.

#### O g ó l n e   w y m a g a n i a   u ż y t k o w e

- a. Identyfikacja abonenta wywołującego, wykonywanie jego poleceń dotyczących połączenia i przekazywanie do niego informacji kontrolnych;
- b. Identyfikacja stanu łączy dla wszystkich urządzeń końcowych i zezwolenie na połączenie, jeżeli abonent wywołany jest w stanie je przyjąć;
- c. Realizacja funkcji komutacyjnych w sposób pozwalający na połączenie się dowolnego użytkownika należącego do danej klasy usług z dowolnym użytkownikiem należącym do tej samej klasy usług. Klasy usług są następujące:
  - usługi komutacji pakietów lub łączy /usługa komutacji pakietów wymaga operacji kompletowania pakietów użytkowników mających urządzenia końcowe pracujące znak po znaku/,
  - użytkowe szybkości transmisji /600, 2400, 9600 i 48000 kbit/s/,
  - rodzaje kodu transmisyjnego stosowanego przez urządzenia końcowe,
  - uprawnienia dostępu do pewnych specjalnych urządzeń końcowych;
- d. Wymiana wywołań i sieciowych informacji sterujących z drugim urządzeniem sterującym w sieci za pomocą pakietów sterujących;

- e. Wykorzystanie centrali jako węzła do połączeń tranzytowych pomiędzy dwiema innymi centralami, które nie są bezpośrednio ze sobą połączone;
- f. Urządzenia komutacyjne powinny spełniać funkcje usługowe również w warunkach natłoku lub w przypadkach uszkodzeń, lecz w takich sytuacjach jakość usług może być obniżona.

#### W y m a g a n i a   w t ó r n e

- a. Zapewnienie specjalnej grupie użytkowników niezależności /w pewnej mierze/ od pozostałych użytkowników, podobnie do warunków, w jakich pracują sieci prywatne. Może to być realizowane np. przez ograniczanie połączeń dla pewnych urządzeń końcowych;
- b. Ułatwienia pozwalające niektórym użytkownikom jednej kategorii na łączenie się z użytkownikami innej kategorii usług /przemiana szybkości, konwersja kodów itd./;
- c. Zapewnienie sposobu pracy z przeplotem pakietów w celu zmniejszenia komplikacji urządzeń końcowych tych użytkowników, którzy mają do załatwienia wiele zgłoszeń jednocześnie;
- d. Możliwość wymiany informacji pomiędzy użytkownikami innych sieci mającymi podobne urządzenia, włączając w to istniejące sieci telefoniczne i telegraficzne oraz sieci międzynarodowe;
- e. Możliwość kierowania przez abonentów wywołań przychodzących do określonych innych urządzeń końcowych.



## Wymagania eksploatacyjne

Centrala komutacyjna do transmisji danych powinna zapewnić wysoką jakość usług w normalnych warunkach eksploatacyjnych. W przypadku wystąpienia uszkodzenia w systemie dopuszcza się jedynie bardzo krótkie przerwy w obsłudze łączy i abonentów. Parametry eksploatacyjne w normalnych warunkach pracy powinny być następujące:

- a/ krótki czas tworzenia i rozłączania połączenia; dla łączy o szybkości 2,4 kbit/s ten czas powinien wynosić średnio około 100 ms,
- b/ elementowa stopa błędów przy połączeniach abonent - abonent powinna być nie gorsza niż  $10^{-6}$ , bez stosowania w sieci środków zabezpieczających przed błędami,
- c/ jakość obsługi ruchu, jaką ma zapewnić centrala komutacyjna, powinna być taka, aby przy połączeniach abonent - abonent straty nie były większe niż 1 na 1000 wywołań skutecznych;
- d/ przyporządkowanie odpowiednim kategoriom użytkowników różnych strumieni ruchu; wielkości szacunkowe ruchu dla typowej mieszanki kategorii użytkowników w centrali o pojemności 2000 abonentów przedstawiają się jak pokazano w tabelce na str. 69.
- e/ system powinien mieć możliwość samoorganizowania się w czasie normalnej pracy,
- f/ powinna być prowadzona rejestracja wszystkich wywołań w określonym okresie czasu, włączając w to wywołania po-

wtórne, oraz powinna być prowadzona rejestracja uszkodzeń urządzeń.

Kategoria użytkowników	Liczba użytkowników	Szczytowy ruch przy komutacji łączy
600 bit/s	1240	530 erl.
2,4 kbit/s	600	130 erl.
9,6 kbit/s	119	11 erl.
48 kbit/s	41	25 erl.

Parametry w warunkach awarii:

- a/ powinna być zapewniona ciągłość eksploatacji w przypadkach uszkodzeń w urządzeniach; urządzenie uszkodzone powinno być wyeliminowane, a uszkodzenie powinno być sygnalizowane zdalnie i lokalnie; usuwanie stanu awarii powinno być wykonane przez zamianę uszkodzonej jednostki,
- b/ wyposażenie centrali powinno mieć konfigurację modułarną umożliwiającą szybkie i łatwe przystosowanie się do aktualnych warunków eksploatacji,
- c/ wymagania dotyczące sprawności eksploatacyjnej są określone zależnie od funkcji urządzenia; ogólne wymagania na średni czas pomiędzy całkowitymi awariami dla poszczególnych jednostek systemu są następujące:

centrala komutacyjna	100 lat
pierwszy multipleksor	50 lat
drugi multipleksor	50 lat
końcowe przyłącze sieciowe	10 lat

## 6.4. Centrala komutacyjna /rozważania projektowe/

### 6.4.1. Podstawowe funkcje

Centrala komutacyjna jest jednym z głównych urządzeń sieci komutowanej realizującym cały szereg czynności związanych z komutacją, a także szereg wymagań usługowych.

W obecnej chwili, wobec braku danych o skali rozwoju przyszłych potrzeb nie jest możliwe dokładne określenie wielkości i stopnia "dojrzałości" komutowanej sieci transmisji danych. W takiej sytuacji można jedynie dążyć do rozwiązania zapewniającego ogólną elastyczność umożliwiającą: rozbudowę sieci, zmiany /w razie potrzeby/ kategorii usług oraz rozszerzenia zakresu ułatwień usługowych świadczonych przez centralę. Dlatego też centrala komutacyjna ma być systemem o sterowaniu programowym i o modularnej strukturze i organizacji. Sterowanie programowe może również zapewnić dodatkowe ułatwienia przy utrzymaniu urządzeń, przez wykonywanie programów badawczych i diagnostycznych zarówno w samej centrali, jak i w sieci. Zagadnienie diagnostyki jest tutaj szczególnie ważne z uwagi na to, że konsekwencje uszkodzeń i błędów są bardziej wąskie w skutkach, niż w przypadku cyfrowej telefonii.

Modularna konfiguracja i sterowanie programowe zapewniają większą niezawodność, co w połączeniu z podniesieniem jakości usług stanowi podstawowy warunek atrakcyjności dla użytkowników.

Z punktu widzenia funkcji, jakie spełnia centrala można wymienić trzy następujące:

a/ funkcja komutacji,

- b/ funkcja sterowania,
- c/ funkcja sygnalizacyjna.

Poniżej będą one omówione w skrócie.

### Funkcje komutacyjne

Łącza transmisyjne systemu cyfrowego o podziale czasowym z przeplotem kopert są doprowadzone do centrali komutacyjnej, gdzie są poddawane procesom komutacyjnym. W najprostszej postaci centrala komutacyjna mogłaby się składać z jednego dużego komutatora czasowego, do którego byłoby dołączone łącze cyfrowe dużej szybkości /rys. 17/.

W centralach komutacyjnych nigdy nie stosuje się jednak samych komutatorów czasowych, lecz dla lepszego wykorzystania sprzętu i sprawniejszej komutacji uzupełnia się je komutatorami przestrzennymi. W ten sposób tworzone są różne kombinacje komutatorów w zależności od istniejących potrzeb. Powstają zatem różne kombinacje komutatorów, na przykład o konfiguracji przestrzeń - czas - przestrzeń lub czas - przestrzeń - czas.

Przy stosowaniu małej liczby łączy cyfrowych o dużej koncentracji przyłączonych do centrali komutacyjnej, udział komutacji przestrzennej będzie oczywiście mniejszy niż przy przyłączeniu dużej liczby łączy o małym stopniu koncentracji. Odpowiednie dobranie konfiguracji, zależnie od stopnia koncentracji, ma zatem duże znaczenie dla sprawnej realizacji funkcji komutacyjnych. Innym ważnym zagadnieniem jest komutacja łączy cyfrowych o różnych szybkościach, w tym przypadku o czterech uprzednio podanych /600, 2400, 9600 i 48000 bit/s.

Przyjmuje się na ogół, że większość połączeń będzie tworzo-  
na pomiędzy jednakowymi kategoriami użytkowników /600 bit/s  
do 600 bit/s, 48 kbit/s do 48 kbit/s/, jednak powinny być u-  
możliwione w niektórych przypadkach połączenia pomiędzy abo-  
nentami różnych kategorii. Jednym z prostszych rozwiązań by-  
łoby zastosowanie wieloszybkościowej centrali komutacyjnej,  
lecz w takim przypadku stosowane z konieczności szybkość kana-  
ły centrali byłyby zajmowane przez wywołania pochodzące od  
dość licznej grupy urządzeń końcowych małych szybkości, co  
mogłoby doprowadzić przy dużym ruchu do stanu blokady cen-  
trali. Aby tego uniknąć, należałoby zapewnić centrali znacz-  
ną pojemność ruchową, co z kolei prowadzi do nadmiernego po-  
większenia kosztów. Komutacja wieloszybkościowa komplikuje  
również funkcje sterowania i wymagane byłoby znaczne rozbu-  
dowanie programów sterujących.

Segregacja komutacji zależnie od szybkości i przydziele-  
nie każdej kategorii szybkości oddzielnej jednostki komuta-  
cyjnej wydaje się z wielu względów uzasadniona. Takie rozdział  
komutacji nie wyklucza oczywiście możliwości połączeń pomię-  
dzy użytkownikami różnych kategorii, wymaga to dodatkowego  
wyposażenia, ale ułatwia właściwe i celowe wykorzystanie ka-  
nałów i organów łączeniowych w centrali.

## F u n k c j e   s y g n a l i z a c y j n e

Jak już uprzednio podano, przewiduje się stosowanie ko-  
perty o strukturze 8+2. Tego typu sygnalizacja pozwala na  
stałe nadzorowanie przez centralę stanu wszystkich przyłą-  
czonych do niej kanałów systemu cyfrowego. Odbyna się to  
przez sprawdzanie wartości bitów stanu w kopercie. I tak,

informacje zawarte w kopercie będą ignorowane przez centralę, jeżeli bit stanu ma wartość logiczną "1", natomiast będą akceptowane przez centralę, jeżeli bit stanu ma wartość logiczną "0".

W tym ostatnim przypadku, po zidentyfikowaniu bitu stanu, centrala analizuje zawartość koperty i w razie występowania znaków pustych /znaki nie przenoszące informacji/ są one ignorowane, w przeciwnym przypadku zawarte w kopercie informacje sygnalizacyjne są poddawane odpowiednim procesom przetwarzania. Przy przekazywaniu informacji z centrali do użytkownika centrala będzie tworzyła formaty kopert, nadając odpowiednie wartości bitom stanu.

Do celów sygnalizacyjnych pomiędzy centralami stosowana ma być również sygnalizacja wspólnokanałowa, przy czym informacje sterujące będą zawarte w pakietach przekazywanych w tych relacjach kanałami o szybkości 500 kbit/s.

Zastosowanie opisanych wyżej sposobów sygnalizacji powinno umożliwić:

- a/ szybkie tworzenie połączenia i szybkie jego rozłączenie,
- b/ rozległą sygnalizację sterującą w sieci,
- c/ wspólne wykorzystanie kanałów do celów sygnalizacji międzycentralowej i, w przypadkach usług komutacji pakietów, do przekazywania pakietów użytkownikom.

W celu zapewnienia odpowiedniej stopy błędów dla tego wspólnego kanału proponowane jest do celów wykrywania błędów stosowanie kodu cyklicznego oraz korekcja przez powtórzenie.

## F u n k c j e   s t e r u j ą c e

Funkcje sterujące mają być realizowane przez komputer w pewnej mierze przystosowany do specyfiki przetwarzania procesów telekomunikacyjnych, poprzez dobranie odpowiedniego wyposażenia sprzętowego oraz /co ma duże znaczenie z uwagi na elastyczność funkcjonalną/ poprzez specjalne oprogramowanie. Powinien to być zatem system wieloprocesorowy o strukturze modularnej zapewniającej możliwość rozbudowy i przystosowania do zmieniających się warunków. System sterowania ma mieć organizację hierarchiczną z rozdziałem funkcji sterujących pomiędzy poszczególne jednostki systemu.

Wzorce procedur tworzenia połączenia mają być przechowywane w pamięci komutatora czasowego.

## K o m u t a c j a   p a k i e t ó w

Specyfika komutacji pakietów, które tutaj mają mieć objętość 1024 bity łącznie z zabezpieczeniem przed błędami, skłania do stosowania oddzielnego, niezależnego wyposażenia dla tego rodzaju usługi.

Podstawowymi procesami przetwarzania przy komutacji pakietów są:

- składanie /formowanie/ pakietów ze znaków odbieranych z urządzeń końcowych pracujących znak po znaku,
- odbieranie pakietu kompletnego od urządzenia końcowego, które samo formuje pakiety,
- przekazywanie pakietów pomiędzy centralami,
- rozłożenie pakietu na znaki w celu przekazania go do urządzenia końcowego pracującego znakowo,

- przekazanie pakietu do urządzenia końcowego przystosowanego do odbierania pakietów.

Techniczna realizacja usługi komutacji pakietów może być rozwiązana przez wyposażenie poszczególnych zakończeń łączy w centrali w pamięć do kompletowania pakietów lub przez wykorzystanie pamięci wspólnej. Pamięć wspólna pracowałaby w tym przypadku synchronicznie z systemem cyfrowym, natomiast asynchronicznie z urządzeniem sterującym procesora, który dokonuje przetwarzania pakietów, np. analizę nagłówka, kontrolę błędów itd. Istnieją dwie możliwości organizacji dostępu do urządzeń dokonujących komutacji pakietów, a mianowicie: poprzez komutację łączy lub bezpośrednio z wyposażenia stykowego systemu transmisyjnego. Wydaje się, że ta pierwsza metoda ma pewne cechy ujemne, gdyż poprzez komutację łączy zwiększa się wydatnie obciążenie urządzeń, w tym głównie procesora.

Najlepszym jednak rozwiązaniem byłoby zastosowanie do złatwiania usług komutacji pakietów osobnego innego typu procesora.

#### 6.4.2. Zasada pracy centrali komutacyjnej

Omawiana będzie centrala komutacyjna o konfiguracji przestrzeń - czas - przestrzeń, sterowanej programowo i o strukturze modularnej. Centrala ta ma realizować komutację łączy i pakietów z zachowaniem jakości obsługi ruchu, jaka jest wymagana w nowych sieciach transmisji danych. Rysunek 18 przedstawia schemat blokowy centrali, obejmujący najważniejsze jednostki funkcjonalne.

Większość użytkowników jest przyłączana do centrali poprzez



pierwszy i drugi multipleksor i wskutek tego łącze cyfrowe doprowadzone do centrali przekazuje do niej informacje z szybkością 2,048 Mbit/s. Tego rodzaju łącza mają 32 szczeliny czasowe /kanały czasowe/, z których 31 przenosi informacje pochodzące od abonentów. Każdy z 31 kanałów o szybkości 64 kbit/s może przenosić informacje użytkowników będące zwielokrotnieniem szybkości podstawowych /600, 2400, 9600, 48000 bit/s/. Użytkownicy zlokalizowani w pobliżu centrali mogą być przyłączeni do niej bezpośrednio lub nawet przez pierwszy multipleksor. Łącza cyfrowe są doprowadzone do centrali poprzez urządzenie stykowa sieć - centrala, spełniające następujące funkcje:

- a/ kompensacja opóźnień statycznych i wpływów zmian temperatury,
- b/ multipleksowanie i demultipleksowanie pomiędzy systemem transmisyjnym 2,048 Mbit/s a poszczególnymi kanałami 64 kbit/s centrali,
- c/ multipleksowanie i demultipleksowanie oraz tworzenie kopert między multipleksorem o szybkości podstawowej 64 kbit/s a kanałami centrali,
- d/ multipleksowanie i demultipleksowanie oraz odpowiednie konwersje pomiędzy indywidualnymi użytkownikami a kanałami 64 kbit/s centrali,
- e/ dostęp do komutatorów cyfrowych,
- f/ bezpośredni dostęp do urządzeń realizujących funkcje komutacji pakietów.

Kanały centrali współpracujące z urządzeniem stykowym sieć - centrala są rozdzielane na 4 grupy, każda dla jednej z przyjętych tutaj kategorii szybkości, i przyłączane do czterech oddzielnych jednostek komutacyjnych. W dalszym ciągu będzie omawiana tylko pojedyncza jednostka pokazana na rys. 18.

### S p o s ó b   p r a c y   p r z y   k o m u t a c j i t ł ą c z y

Rytmiczne działanie przestrzennego komutatora i przepływ danych poprzez komutator czasowy jest organizowane przy współdziałaniu słowa sterującego znajdującego się w pamięci komutatora czasowego. Zawartość typowego słowa sterującego jest pokazana na rys. 18. Każdemu abonentowi, którego kanał jest doprowadzony do centrali, jest przyporządkowane słowo sterujące, do którego realizowany jest dostęp w tym samym czasie, kiedy koperta od tego abonenta pojawi się w kanale wyposażenia liniowego. Przewidywana z góry chwila pojawienia się słowa sterującego pozwala na okresową pracę komutatora przestrzennego przełączającego kanał dla przekazywania przychodzących danych.

### T w o r z e n i e   p o ł ą c z e n i a

Jak powiedziano uprzednio, każdemu z kanałów abonenckich jest przyporządkowane w pamięci komutatora czasowego słowo sterujące. Przed zainicjowaniem wywołania końcowe przyłącze sieciowe /PSK/ stale przekazuje znaki zerujące /clear/. W przypadku potrzeby nawiązania połączenia abonent wysyła znaki "żądania obsługi", które zostają zarejestrowane w ukła-

dzie sterowania pamięci komutatora, gdyż istnieje niezgodność bitu stanu w porównaniu z bitem stanu w słowie sterującym przydzielonym danemu abonentowi. Fakt ten jest jednocześnie sygnalizowany do procesora. Procesor przygotowuje się do odbioru cyfr adresowych i przekazuje zwrotnie do abonenta sygnał "zezwolenia na nadawanie". Abonent odpowiada przekazując cyfry adresu, które kierowane są do procesora w celu zidentyfikowania adresu i ustalenia kanału wyjściowego, z którym abonent ma być połączony. Jeżeli oba kanały, które mają być połączone, są obsługiwane przez tę samą pamięć komutatora czasowego /na rysunku pokazano 3 takie pamięci/, procesor wprowadza związane z tym informacje /zawierające adresy przekazywania i adresy punktu komutacyjnego/ odpowiednio do słów sterujących w pamięci komutatora. W ten sposób w słowach sterujących każdego z abonentów obok innych danych zawarte są adresy abonentów, z którymi aktualnie wymieniają informacje.

Jeżeli natomiast kanały są obsługiwane przez różne pamięci komutatorów czasowych, realizowany jest proces modyfikacji słowa sterującego w celu przydzielenia obu kanałom "miejsca spotkania" w tej samej pamięci komutatora czasowego. Taka modyfikacja wymaga udostępnienia procesorowi kompletnych wykazów adresów wszystkich słów sterujących i związanych z nimi kanałów. Przy połączeniu rytmiczne działanie punktów komutacyjnych umożliwia przekazywanie danych pomiędzy dwoma kanałami, przy czym dostęp do pamięci komutatorów czasowych, z którymi są związane te kanały, jest realizowany w określonych, ale nie tych samych chwilach czasowych. W takich przypadkach następuje preadresowanie słowa sterującego i wymiana danych pomiędzy pamięciami komutatora.

W ten sposób przekazywanie danych z kanału wejściowego do kanału wyjściowego odbywa się poprzez słowa sterujące znajdujące się w różnych pamięciach komutatora czasowego.

### S p o s ó b   p r a c y   p r z y   k o m u t a c j i p a k i e t ó w

Usługa komutacji pakietów ma załatwiać zgłoszenia z urządzeń końcowych przystosowanych do transmisji znakowej oraz z urządzeń końcowych przystosowanych do transmisji pakietów. Transmisje pakietów wymagają zabezpieczenia przed błędami, co jest realizowane w urządzeniach wyposażenia do komutacji pakietów.

Dla wprowadzenia komutacji pakietów w centrali poprzednio opisanej należałoby dodać następujące urządzenia:

- a/ urządzenie składania i rozkładania pakietów,
- b/ urządzenie stykowe pomiędzy łączyami międzycentralowymi a wyposażeniem do komutacji pakietów,
- c/ pamięć do magazynowania pakietów.

Dostęp do urządzeń składania i rozkładania pakietów może się odbywać poprzez komutację łączy i specjalne kanały wyjściowe i wejściowe. Użytkownicy, którzy zazwyczaj generują dużą liczbę pakietów, mogliby mieć bezpośredni dostęp do wyposażenia komutacji pakietów z urządzenia stykowego, tak jak to pokazano na rys. 18.

### S k ł a d a n i e   p a k i e t ó w

Użytkownikom wykorzystującym usługę komutacji pakietów są przyporządkowane odpowiednie słowa sterujące do składania i

rozkładania pakietów. Zasadnicza rola tych słów sterujących jest podobna do tej, jaką odgrywały słowa sterujące przy komutacji łączy.

Pomijając proces tworzenia połączenia, który jest realizowany identycznie jak w komutacji łączy, kompletacja pakietów odbywa się następująco:

Po przekazaniu znaku z komutatora łączy do kanału wejściowego, następuje sprawdzenie czy jest to znak pusty, czy też znak reprezentujący informację użytkową. Jeżeli jest to znak pusty nie jest podejmowana żadna czynność i jest on ignorowany, w innym przypadku znak ten jest umieszczany w buforze znaku w słowie sterującym i uruchamiany jest licznik. Po odebraniu czterech znaków /zawartość słowa w pamięci/ w buforze, cała zawartość jest przekazywana do odpowiedniego obszaru w pamięci pakietów zgodnie z adresem zawartym w słowie sterującym. Adres ten jest następnie modyfikowany dla przygotowania do wprowadzenia następnych znaków i proces kompletacji się powtarza. Za każdym razem badana jest zawartość licznika i kiedy osiągnie on określoną zawartość, pakiet jest skompletowany.

#### D e k o m p l e t a c j a   p a k i e t ó w

Jest to funkcja odwrotna do składania pakietów. Tutaj dostęp do słowa sterującego, znajdującego się w urządzeniu składania i rozkładania pakietów, jest rytmiczny z pracą kanału wychodzącego o przeplocie kopert. Czteroznakowe słowa należące do rozkładanego pakietu są przekazywane z pamięci pakietu do buforu w słowie sterującym, umieszczonym w pamięci składania i rozkładania pakietów; te cztery znaki są następnie prze-

kazywane do kanału wychodzącego. W przypadku, gdy te znaki są przekazywane do urządzenia końcowego o szybkości mniejszej niż 600 bit/s, wówczas wprowadza się znaki puste uzupełniające do szybkości 600 bit/s. Konieczna jest zatem informacja o tym, jaką szybkością pracuje urządzenie końcowe do którego przekazywane są znaki. Informacja ta jest zawarta w słowie sterującym dla usługi komutacji pakietów.

#### U r z ą d z e n i e   s t y k o w e   d o   k o m u t a c j i p a k i e t ó w

Urządzenie to umożliwia nadawanie i odbiór pakietów przekazywanych pomiędzy centralami poprzez sieć łączy międzycentralowych.

Dla każdego kanału w łączy międzycentralowym jest przydzielone słowo sterujące, którego funkcja pośrednika do przekazywania informacji i sterowania jest podobna jak w uprzednio opisanych przypadkach i również procesy towarzyszące transmisji są podobne.

W urządzeniu stykowym odbywa się również kodowanie i dekodowanie zabezpieczające z zastosowaniem kodu cyklicznego dla zabezpieczenia pakietów. Przypadki wykrycia błędu są sygnalizowane do procesora, który realizuje proces korekcji.

#### S t e r o w a n i e   p r o g r a m o w e

Sterowanie programowe ma być realizowane przez niezależne funkcjonalnie moduły programowe, które obejmują między innymi przetwarzanie zgłoszeń, utrzymanie systemu oraz zarządzanie. Procesor powinien być szczególnie zabezpieczony przed możliwością wystąpienia błędów i uszkodzeń w wyposażeniu dla

sprostania wysokim kryteriom niezawodności. Przepuszcza się, że będzie stosowany system wieloprocesorowy o niezależnych funkcjach przetwarzania, przy czym każdy z tych procesorów będzie miał jednakowy dostęp do modułów wspólnej pamięci. Osobnym zagadnieniem jest prawidłowe działanie programów. Przewiduje się stosowanie języków specjalizowanych o wysokim poziomie do pisania programów sterujących, modyfikacji i prowadzenia dokumentacji.

Poszczególne procesory powinny mieć możliwość samokontroli i nawet niekiedy izolowania uszkodzeń. Zastosowanie programów diagnostycznych do sprawdzania prawidłowości działania poszczególnych jednostek oraz lokalizacji uszkodzeń jest nieodzownym warunkiem pewności pracy całego systemu komutacyjnego. Wiele funkcji, jakie spełniają poszczególne zespoły, mogą być realizowane przez program lub odpowiednie układy /sprzęt/. Odpowiedni kompromis pomiędzy tymi dwoma sposobami realizacji funkcji jest w głównej mierze zagadnieniem ekonomicznym. Szczególnie korzystne jest sprzętowe rozwiązanie najczęściej powtarzanych funkcji, które przy realizacji programowej wymagałyby częstego angażowania procesora głównego. Już teraz można sądzić, że przy komutacji pakietów większość funkcji będzie realizowana programowo. Z pewnością będzie stosowana modułowa struktura oprogramowania. Dokumentacja programowa powinna być tutaj prowadzona szczególnie troskliwie, aby w każdej sytuacji można było szybko odtworzyć działanie poszczególnych programów.

### 6.5. Prace w zakresie wprowadzania sieci teleinformatycznej

Na podstawie analizy wymagań użytkowników w Wielkiej Brytanii opracowano model ruchu w sieci i przewidywaną jej strukturę, co pozwoliło na oszacowanie niektórych efektów ekonomicznych. Okazało się, że opłacalną ekonomicznie pojemnością centrali komutacyjnej jest centrala dla 2000 do 6000 użytkowników.

Przewiduje się, że w 1981 roku będzie potrzeba 20 central komutacyjnych do transmisji danych, aby zaspokoić potrzeby załatwiania ruchu pochodzącego od 5000 urządzeń końcowych.

Interesujący jest udział kosztów przypadających na poszczególne części sieci. Szacunkowy udział tych kosztów kształtuje się następująco:

wyposażenie stykowe	6 - 20%
sieć w obszarze lokalnym	50 - 60%
centrale komutacyjne	20 - 25%
sieć międzycentralowa	5 - 7%

Podane wyżej liczby wskazują na potrzebę stosowania odpowiednich rozwiązań technicznych w sieci lokalnej, gdzie udział kosztów jest największy.

W zakresie budowy central komutacyjnych, z uwagi na wagę i wielkość problemu, przewiduje się pięcioletni program rozwoju. Ten program przewiduje wyprodukowanie dwóch prototypów central, z których jeden byłby zastosowany do badań i rozwoju oprogramowania, drugi byłby oddany do doświadczalnej eksploatacji, mając na uwadze również świadczenie w ograniczonym zakresie usług.

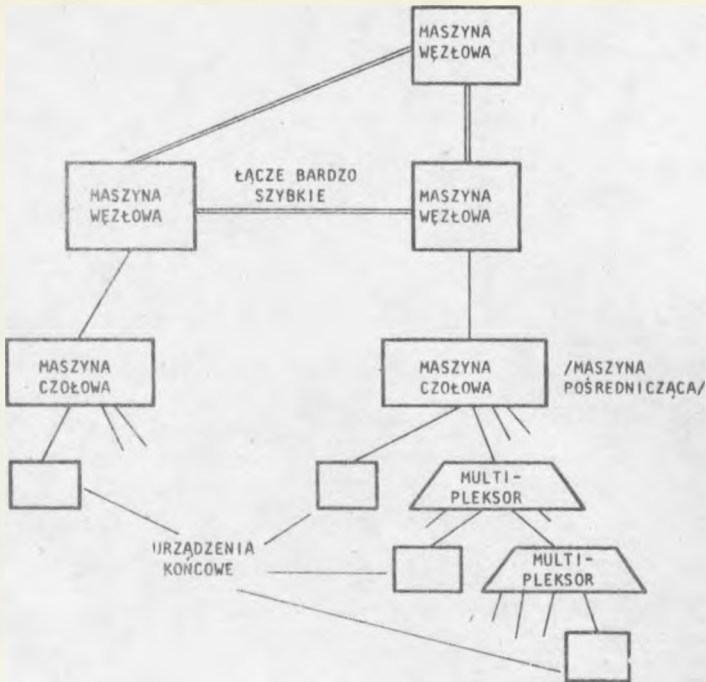


W celu zaspokojenia najpilniejszych potrzeb w zakresie usług transmisji danych przewiduje się w Wielkiej Brytanii wcześniejsze oddanie do dyspozycji nie komutowanej sieci cyfrowej o takiej strukturze, aby przyszłe centrale mogły stanowić element łączący i integracyjny. Centrale te byłyby wprowadzane sukcesywnie do istniejącej i stale rozbudowywanej sieci cyfrowej.

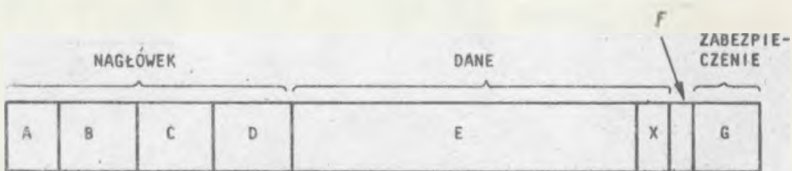
#### WYKAZ LITERATURY

1. Malik R.: Networks - the race with technology. Data Syst. 1973 nr 11, s. 20-22.
2. Lawrence R.: ARPA network implications. Data Exchange 1971 nr 9, s. 3-7.
3. Adam T.W., Orbell A.G.: A digital data exchange. W: International Switching Symposium. Cambridge, Massachusetts: IEEE 1972, s. 234-242.
4. Martin J.: Future development in telecommunications. Englewood Cliffs: Prentice Hall 1971, ss. 426.
5. Gobler H., Staudinger W.: Das deutsche Datennetz mit elektronischen Datenvermittlungssystem /EDS/. Fernmelde Ing. 1972. nr 5, s. 1-37; nr 6, s. 1-40.
6. Materiały na sympozjum Compagnie Générale de Constructions Téléphoniques - LMT. Warszawa - Jabłonna 1973, s. 1-45.
7. Profit A., Dupont A.: Proposition pour l'architecture du réseau HERMES. Issy-Les-Moulineaux: CNET 1972, ss. 48. Dokumentacja techniczna.

8. CCITT, Zielona Księga 1972 t. VIII, Zalecenie serii X.
9. Hartley G.C.: Opportunities and problems of synchronous networks. W: IEEE International Conference on Communications, Montreal, 14-16 June 1971. New York: IEEE 1971, s. 31-5 - 31-9.
10. Allery G.D., Chapman K.J.: Features of a synchronous data network for United Kingdom. W: International Switching Symposium. Cambridge, Massachusetts: IEEE 1972, s. 31-10-31-13.
11. Gabler H.G.: Data network planning in the Federal Republic of Germany. W: IEEE International Conference on Communications, Montreal, 14-16 June 1971. New York: IEEE 1971, s. 31-14-31-16.
12. Hummel E.: Betriebliche Leistungsmerkmale des neuen elektronischen Datenvermittlungssystem EDS. Jahrb. elekt. Fernmeldewes. 1971, s. 411.

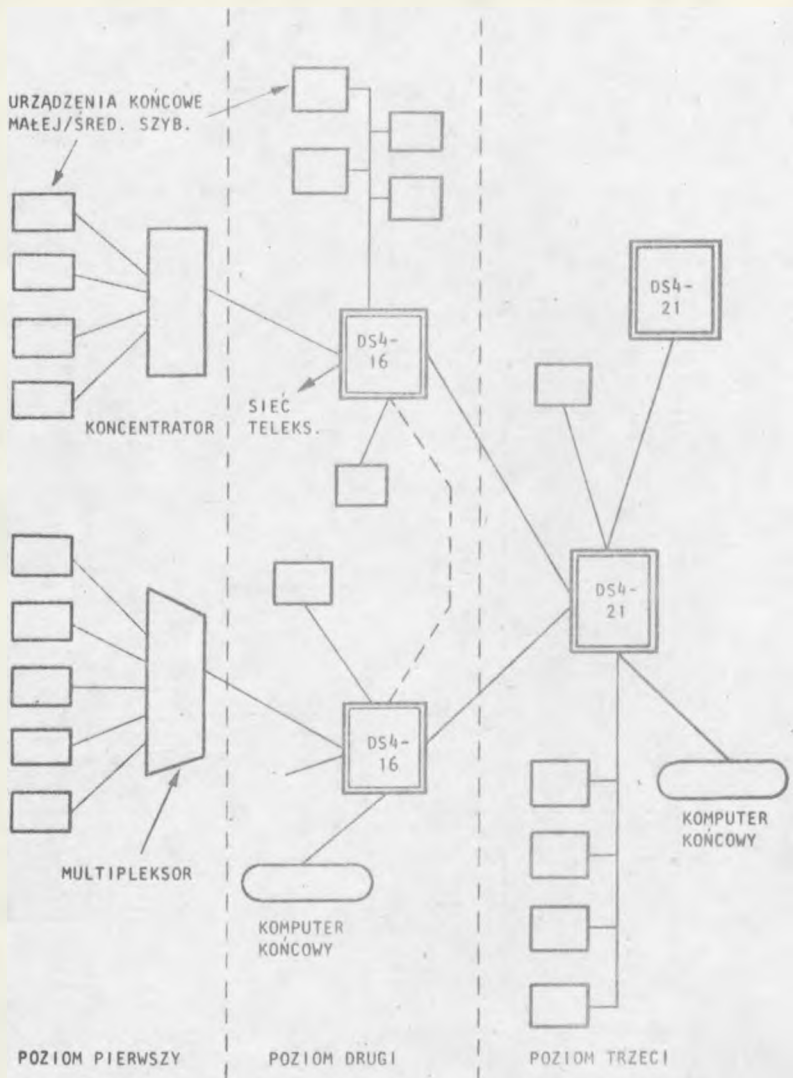


Rys. 1. Przykład struktury sieci transmisji danych o komutacji wiadomości

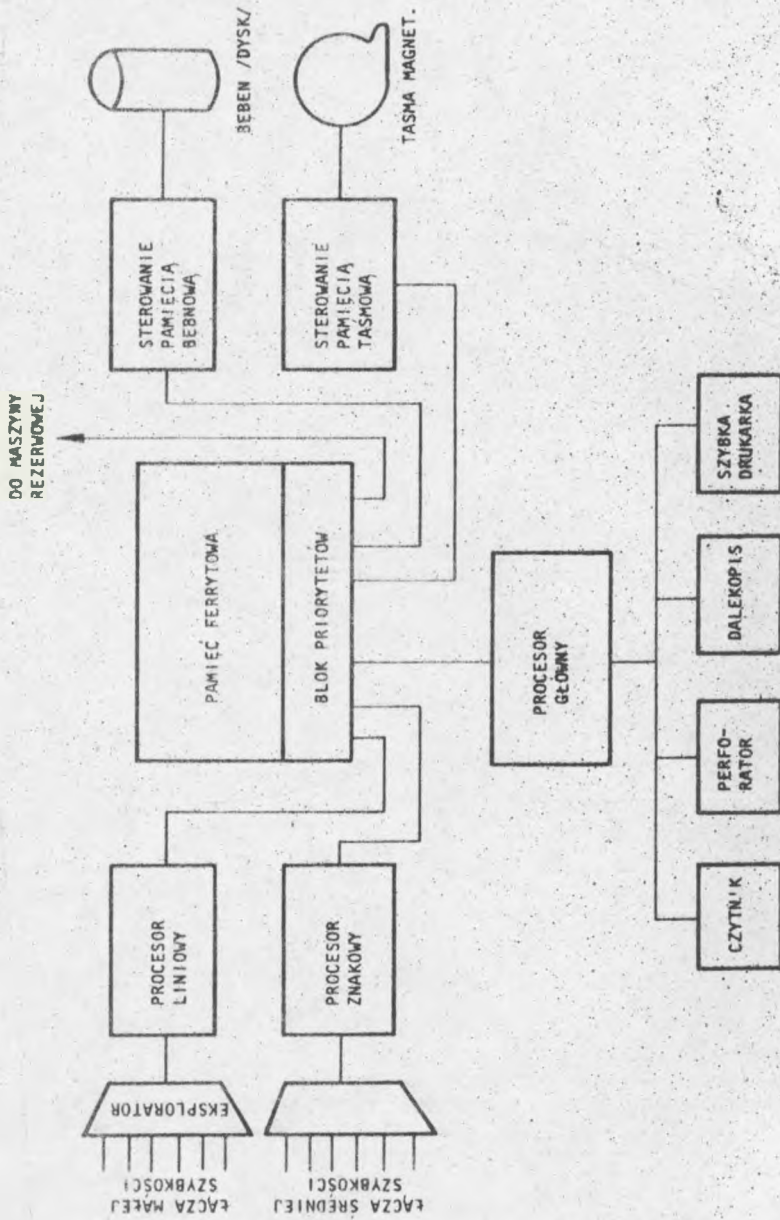


Rys. 2. Format pakietu

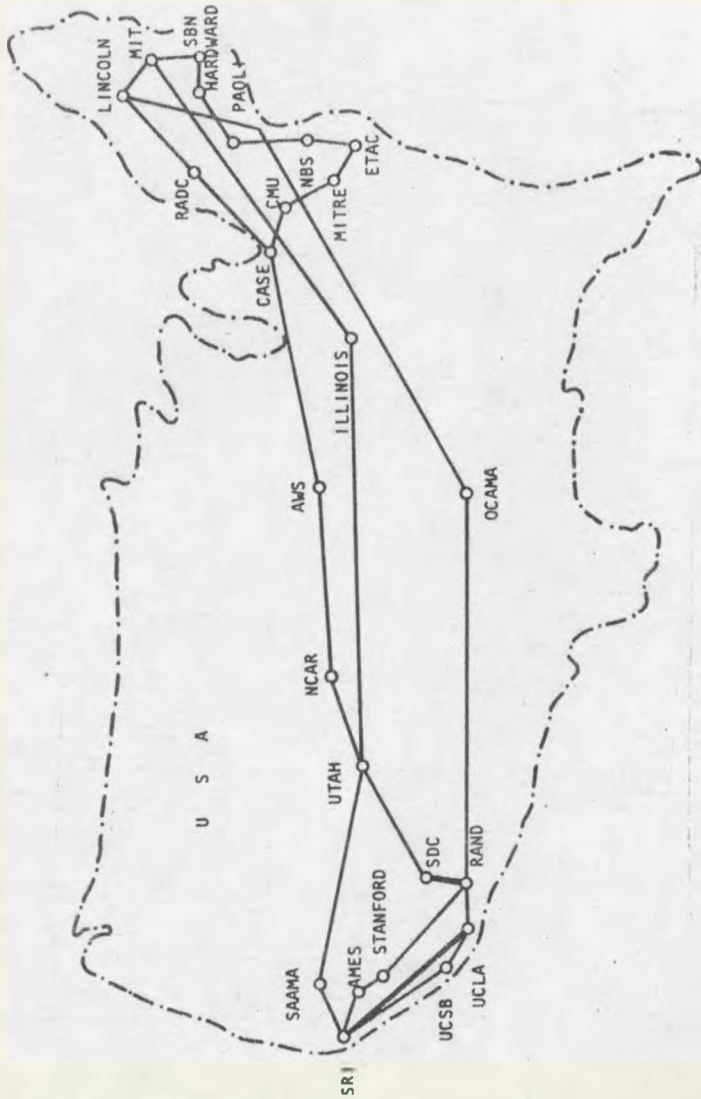
A - typ pakietu /użytkowy, sterujący, kontrolny/; B - stopień priorytetu /bardzo pilny, pilny, niepilny, awaryjny, itp./; C - kod adresowy miejsca przeznaczenia; D - kod adresowy miejsca nadania; E - blok danych; X - wskaźnik informujący, czy będzie następny blok danych /występuje przy pakietach o zmiennej długości/; F - pole licznika węzłów, przez które przeszedł pakiet; G - bity zabezpieczenia przed błędami /najczęściej jest stosowane zabezpieczenie pakietu za pomocą kodu cyklicznego/



Rys.3. Przykład sieci hierarchicznej opartej na sprzęcie systemu DS-4, pokazujący możliwości dołączania różnych urządzeń i terminali na każdym z trzech poziomów sieci

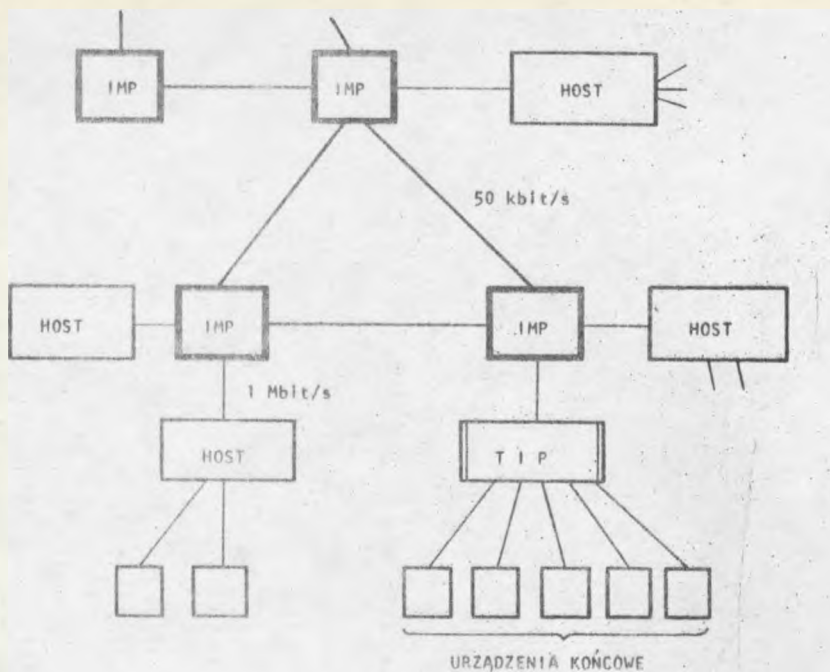


Rys. 4. Budowa węzła komutacyjnego systemu DS4-21



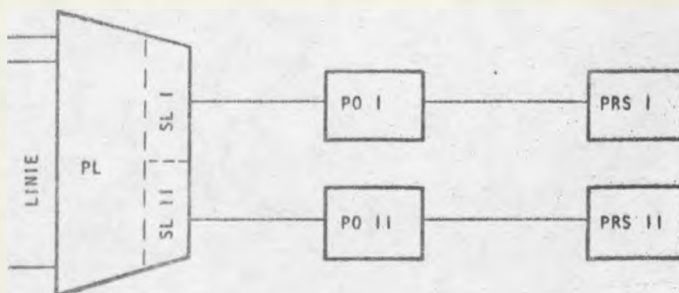
Rys. 5. Zasięg sieci ARPA /marzec 1972/

DO NASTĘPNYCH IMP

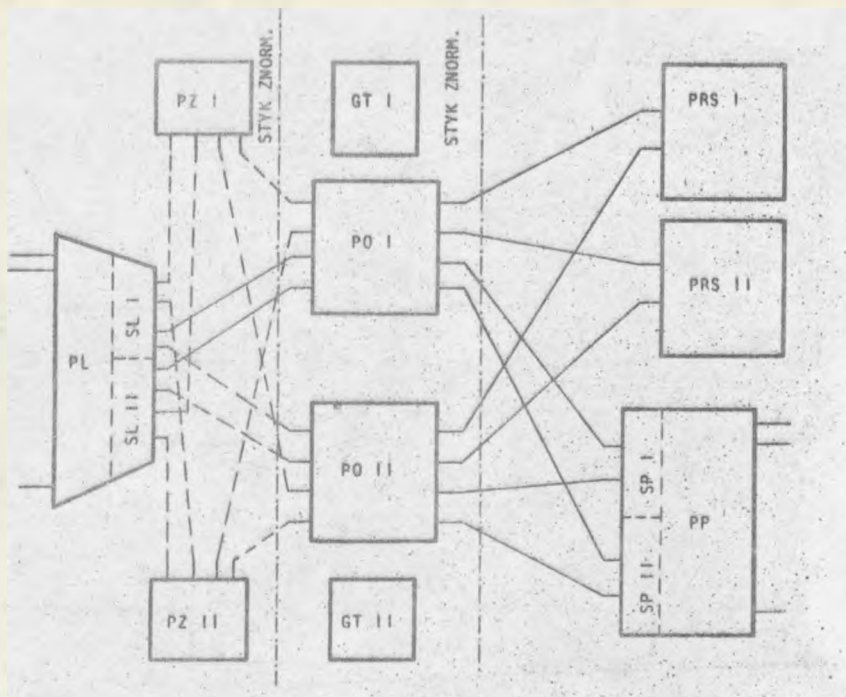


Rys. 6. Struktura sieci o komutacji pakietów ARPA

IMP - procesor węzłowy /Interface Message Processor/; HOST - komputer gospodarz; TIP - procesor pośredniczący /czołowy/ przystosowany do współpracy z urządzeniami końcowymi /Terminal Interface Processor/

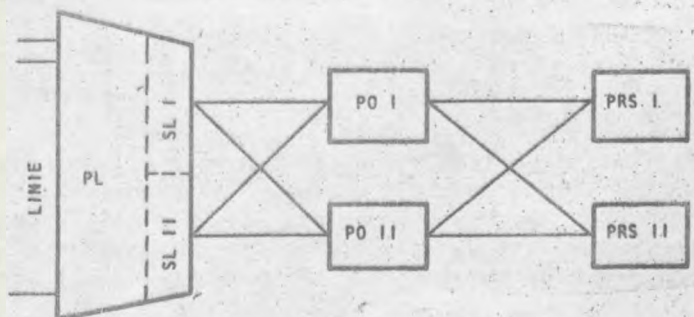


Rys. 8. Struktura równoległa systemu



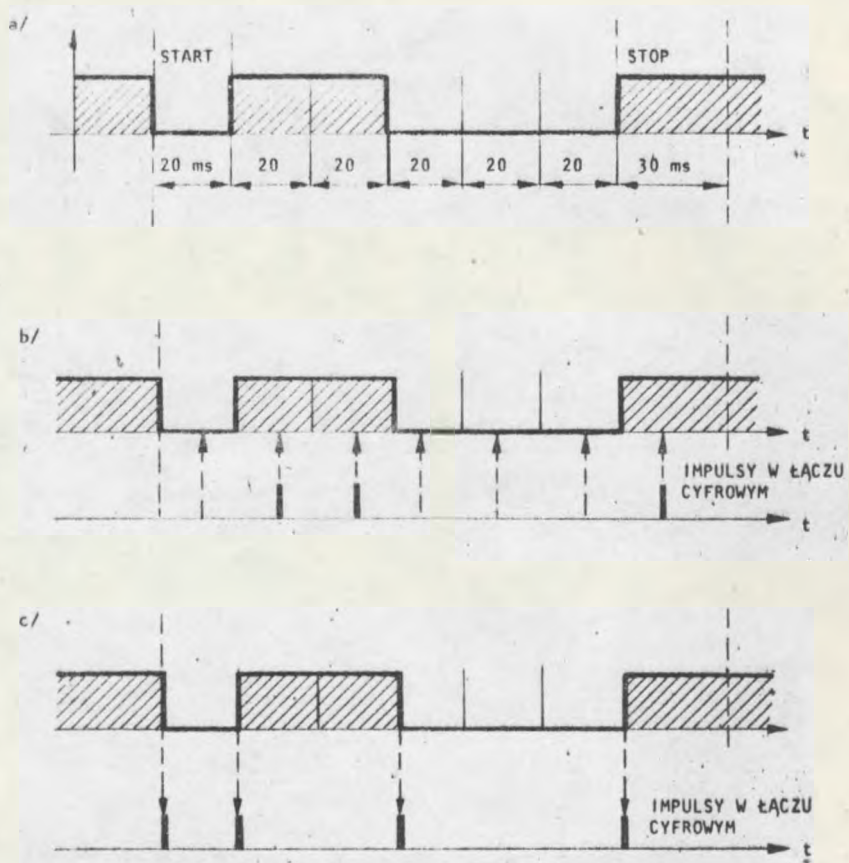
Rys. 7. Schemat blokowy systemu EDS

PO - pamięć główna; PL - procesor liniowy; PZ - procesor znakowy;  
 SL - urządzenie sterowania linii; SP - urządzenie sterujące kanałami  
 wyposażenia peryferyjnego; PRS - procesor główny; PP - procesor pery-  
 feryjny; GT - generator taktu

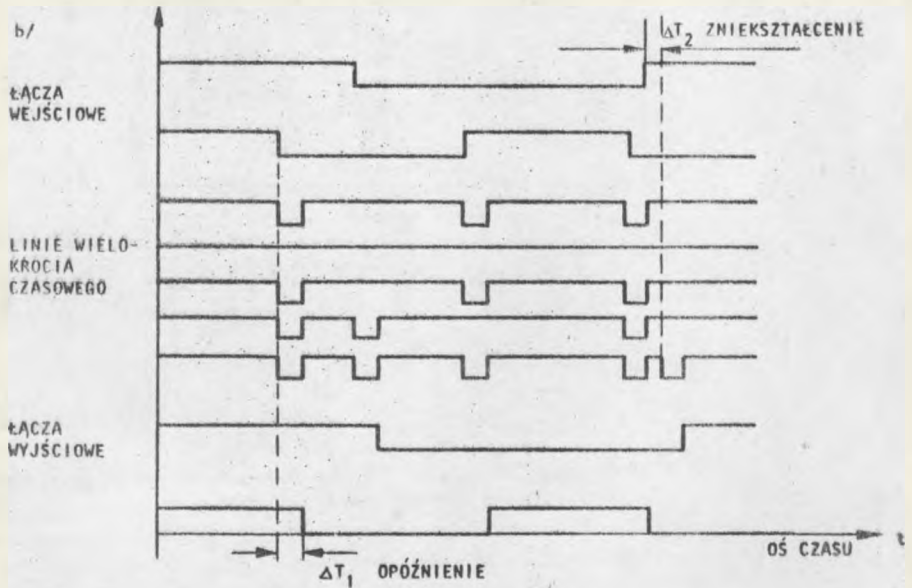


Rys. 9. Struktura modułarna systemu

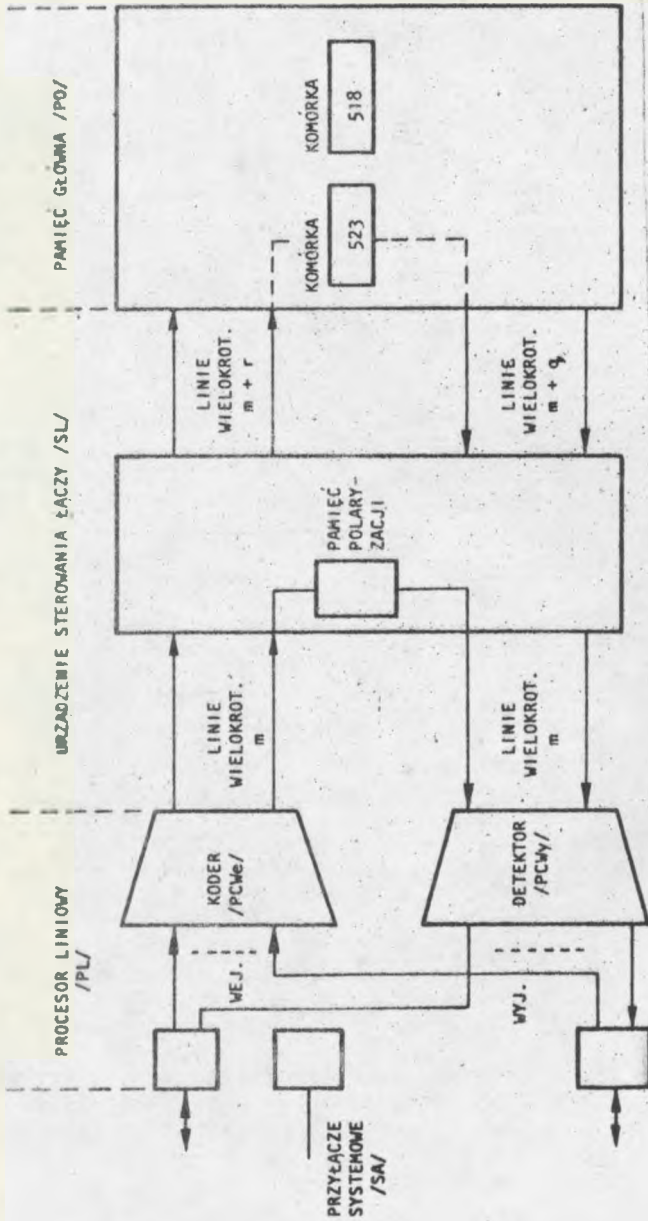




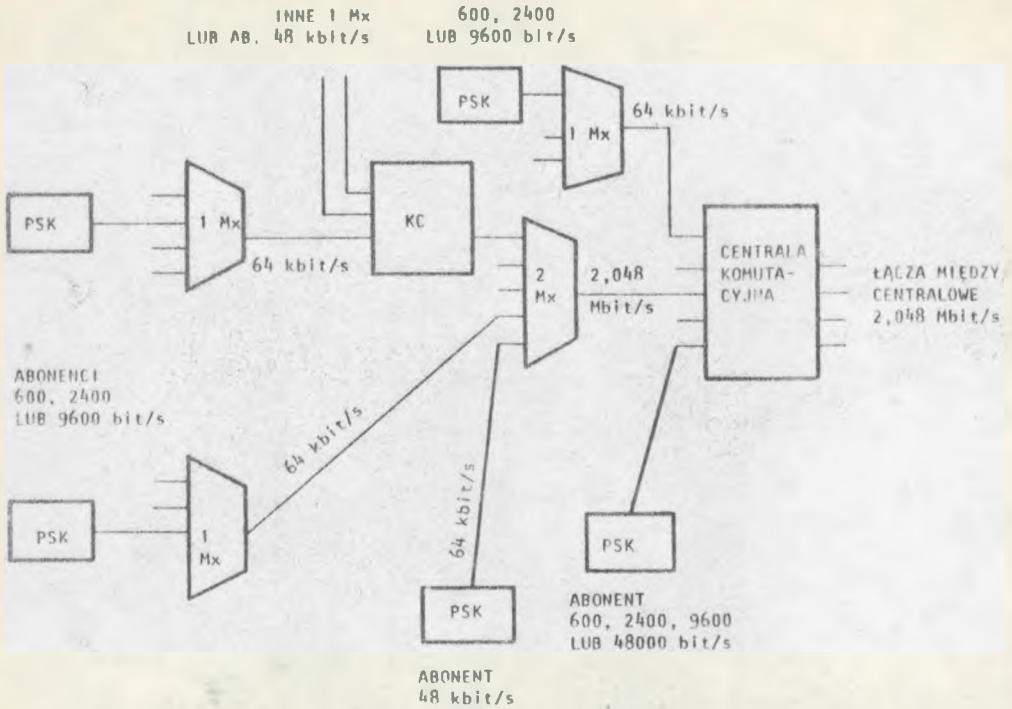
Rys. 10. Związki pomiędzy sygnałem binarnym i jego odpowiednikami w kanale cyfrowym o podziale czasowym: a/ sygnał binarny /tutaj telegraficzny/, b/ zależności pomiędzy sygnałem binarnym a sygnałem cyfrowym przy transmisji synchronicznej, c/ zależności pomiędzy sygnałem binarnym a sygnałem cyfrowym przy transmisji asynchronicznej



Rys. 11. Zasada pracy urządzeń zwielokrotniających do przekazywania sygnałów asynchronicznych: a/ zasada pracy urządzenia zwielokrotniającego, b/ wykres przebiegu impulsów w urządzeniu zwielokrotniającym

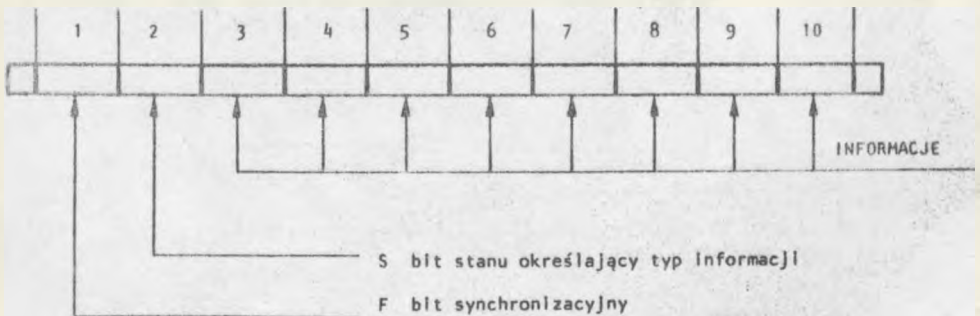


Rys. 12. Uproszczony schemat systemu EDS



Rys. 13. Uproszczony schemat blokowy sieci

PSK - przyłącze sieciowe końcowe; Mx - multipleksor; KC - koncentrator



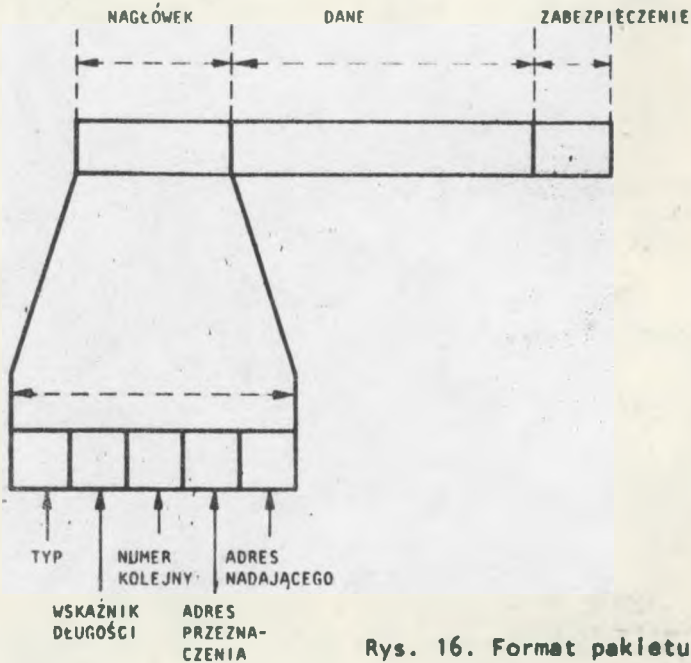
Rys. 14. Struktura koperty

F	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>4</sub>	P <sub>5</sub>	P <sub>6</sub>	S
F	P <sub>7</sub>	P <sub>8</sub>	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>	Q <sub>4</sub>	S
F	Q <sub>5</sub>	Q <sub>6</sub>	Q <sub>7</sub>	Q <sub>8</sub>	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	S
F	R <sub>3</sub>	R <sub>4</sub>	R <sub>5</sub>	R <sub>6</sub>	R <sub>7</sub>	R <sub>8</sub>	S

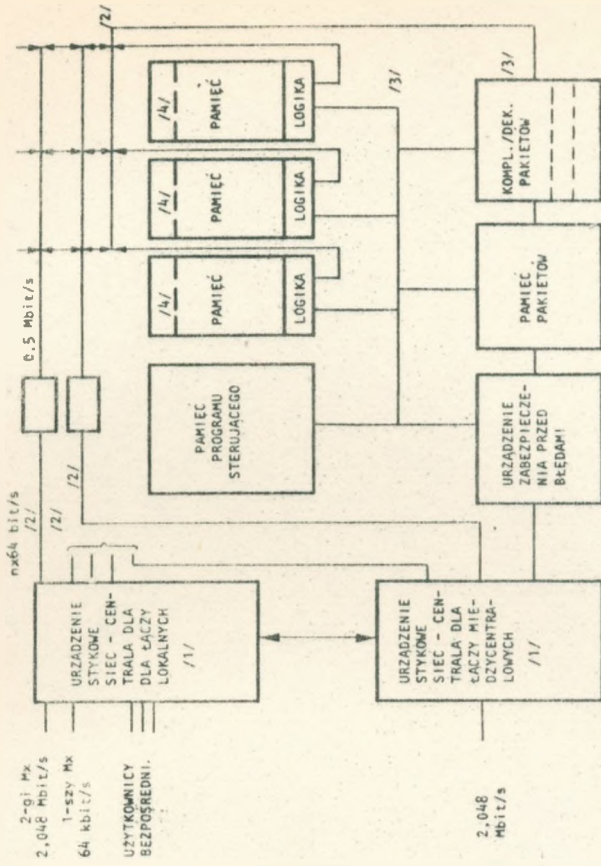
Rys. 15. Przykład rozmieszczenia ośmiobitowych znaków P, Q i R w ko-  
pertach typu 6 + 2

F - bit synchronizacji; S - bit stanu

/P<sub>1...8</sub>, Q<sub>1...8</sub>, R<sub>1...8</sub> - odpowiednie bity znaków P, Q i R/



Rys. 16. Format pakietu



Rys. 17. Schemat prostego komutatora czasowego

ŁACZA  
CYFROWE  
DUŻEJ  
SZYBKOSCI

- /1/ styk sieć - centrala
- /2/ kanały z przebiegiem kopert /jednej szybkości/
- /3/ inne komutatory dla /jednej szybkości/
- /4/ format słowa sterującego komutacją tarczy
- /5/ format słowa sterującego kompletowaniem pakietów
- /6/ format słowa sterującego dekompletowaniem pakietów

Adres punktu komutac.	Adres sř. steruj. przesnac.	Pole stanu koperty	Bufor koperty
Bufor znaku	Adres pamieci pakietu	Licznik	Licznik
Bufor znaku	Adres pamieci pakietu	Licznik	Licznik
Bufor znaku	Adres pamieci pakietu	Licznik	Licznik

Rys. 18. Schemat blokowy centrali komutacyjnej

2016

