

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI
WARSZAWA-MIEDZESZYN

BIULETYN

INFORMACYJNY

10 (176)

1978

MINISTERSTWO ŁĄCZNOŚCI

BIULETYN INFORMACYJNY

ROK 18

WARSZAWA 1978

NR 10/176/

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI
Branżowy Ośrodek
Informacji Naukowej Technicznej i Ekonomicznej

Redakcja Biuletynu Informacyjnego

Redaktor Naczelny - prof. mgr inż. Lesław Kędziński
Z-ca Redaktora Naczelnego - doc. dr inż. Krystyn Pławko

Redaktorzy działów:

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

Adres Redakcji:

Instytut Łączności

Branżowy Ośrodek

Informacji Naukowej Technicznej i Ekonomicznej

Warszawa-Miedzeszyn, ul. Szachowa 1

NA PRAWACH RĘKOPISU - DO UŻYTKU SŁUŻBOWEGO

Redaktor: J. Borkowska

Montaż tekstu: E. Milkiewicz

Dział Wydawniczy Instytutu Łączności
Format B5. Nakład 620. Wpłynęło do
Działu Wydawniczego 28.09.1978 r.
Druk ukończono w listopadzie 1978 r.

Andrzej Klimontowicz
KIEROWANIE RUCHU TELEFONICZNEGO

SPIS TREŚCI

| | Str. |
|--|------|
| 1. Wprowadzenie | 1 |
| 2. Strumienie zainteresowań a strumienie ruchu | 1 |
| 2.1. Uwagi wstępne | 1 |
| 2.2. Tranzytowanie ruchu | 4 |
| 2.3. Drogi kolejnego wyboru | 6 |
| 2.3.1. Uwagi wstępne | 6 |
| 2.3.2. Paradoxe Erlanga | 8 |
| 2.3.3. Metoda R.I. Wilkineona | 9 |
| 2.3.4. Możliwości wyznaczania wartości przelewu | 11 |
| 3. Wybrane problemy niezawodności sieci łączny | 13 |
| 4. Kierowanie ruchu | 17 |
| 4.1. Sieci pierwotne i wtórne | 17 |
| 4.2. Strategie kierowania ruchu | 17 |
| 4.3. Wymagania stawiane systemom komutacyjnym przez poszczególne strategie | 22 |
| 5. Problemy przestrajania sieci | 25 |
| 5.1. Pojęcie i celowość przestrajania sieci | 25 |
| 5.2. Tendencje wielowarstwowej budowy sieci | 28 |
| 6. Problematyka kierowania ruchu w sieci krajowej Polski | 30 |
| 6.1. Możliwości i celowość stosowania różnych strategii | 30 |
| 6.2. Prace prowadzone w kraju | 33 |
| Wykaz literatury | 38 |



KIEROWANIE RUCHU TELEFONICZNEGO

1. WPROWADZENIE

Niniejszy artykuł przeglądowy opisuje krótko najważniejsze problemy i metody kojarzenia strumieni zainteresowań telefonicznych w strumieniu ruchu załatwianego przez wiązki łączy międzycentralowych oraz najistotniejsze w chwili obecnej zagadnienia kierowania ruchu w sieci telefonicznej. Kierowanie ruchu w sieci rozważane jest z jednej strony ze względu na możliwości uzyskiwania dużej obciążalności sieci, a więc swego rodzaju maksymalnego "upychania" ładunku ruchu w możliwie taniej sieci, z drugiej zaś strony ze względu na zapewnienie w tworzonej sieci możliwie dużej przeciążalności ruchowej/wynikającej bezpośrednio z charakterystyki budowy sieci lub uzyskiwanej przez wprowadzanie do sieci zmian w rozgospodarowywaniu kanałów linii teletransmisyjnych/. Jest to drugi z zamierzonej serii artykułów, dotyczących możliwości wykorzystywania teorii ruchu telekomunikacyjnego do zadań projektowania sieci i central telefonicznych. Prezentowane w nim zagadnienia są niejako łącznikiem pomiędzy problematyką oceny generacji i rozplywu zainteresowań w ruchu telefonicznym [7] a rozważaniami dotyczącymi oceny obciążalności ruchowej układów komutacyjnych.

2. STRUMIENIE ZAINTERESOWAŃ A STRUMIENIE RUCHU

2.1. Uwagi wstępne

Wartość oczekiwana współczynnika natłoku dla wiązek doskonałych oceniana jest w sieciach telefonicznych najczęściej w oparciu o model zakładający podawanie na wiązkę łączy strumienia zgłoszeń o stałej intensywności λ i intensywności zanikania zgłoszeń na każdym łączy $\mu = 1/t_m$ /gdzie t_m - średni czas obsługi zgłoszenia, tj. średni czas zajęcia łącza na obsługę jednego zgłoszenia przyjętego do obsługi/, a więc wiązek doskonałych, na które poda-

wany jest ruch o średnim natężeniu $A = \lambda/\mu$. Przy dodatkowym założeniu pracy ze stratami zgłoszeń natrafiających na natłok prowadzi to do określenia podstawowego modelu wiązki doskonałej, na którą podawany jest poissonowski strumień zgłoszeń i która pracuje ze stratami zgłoszeń, nie uwzględniając możliwości wpływu odrzucania zgłoszeń nie przyjętych do obsługi na proces napływu zgłoszeń do układu. Nie jest to jedyny model istotny dla problematyki oceny załatwiania ruchu przez układy komutacyjne o różnej budowie i o różnych charakterystykach podawania na nie strumieni zgłoszeń. Szersze omówienie możliwych i ważnych praktycznie modeli różnych strumieni zgłoszeń, reguł obsługi i zależności obsługi od cech strukturalnych układu komutacyjnego wchodzi w zakres szerokiej tematyki ujętej ogólnie hasłem "ocena obciążalności układów komutacyjnych". W niniejszym artykule nie wydaje się konieczne ani szerokie rozważanie wielu modeli komutacyjnych, ani też szczegółowe wyprowadzanie zależności opisujących jakość załatwiania ruchu w poszczególnych modelach. Ograniczmy się do podstawowych układów wiązek doskonałych i układów przelewu ruchu, złożonych z wiązek doskonałych, oraz do przytoczenia dla takich układów najważniejszych wzorów, odnoszących się do pracy ze stratami ruchu i bez uwzględniania zgłoszeń powtarzanych przez abonentów, którzy otrzymali odmowę obsługi ze względu na natłok.

Przede wszystkim zajmiemy się tzw. "wzorem B Erlanga na straty ruchu", tj. wzorem dla oceny wartości oczekiwanej współczynnika strat a w tym przypadku jednocześnie i współczynnika natłoku/ dla wiązki doskonałej o poissonowskim wejściu, pracującej ze stratami zgłoszeń natrafiających na natłok. Wzór "B" ma postać:

$$E_{1,N}/A/ = B \frac{\frac{A^N}{N!}}{N \sum_{\nu=0}^N \frac{A^\nu}{\nu!}} \quad /1/$$

gdzie: $E_{1,N}/A/$ - wartość oczekiwana współczynnika natłoku,
 B - wartość oczekiwana współczynnika strat,
 N - liczba łączy w wiązce.

Wartość średnia ruchu załatwianego przez wiązkę złożoną z N łączy, na którą jest podawany ruch o średnim natężeniu A i dla której natłok opisany jest przez wzór "B" Erlanga, wynosi:

$$A_z = A \left[1 - E_{1,N}/A \right] = A - A_{\text{stracone}} \quad /2/$$

Przy ustalonej wartości współczynnika natłoku /równego w prezentowanym przypadku współczynnikowi strat/ wartość ruchu oferowanego A , jaki może być podany na wiązkę doskonałą, rośnie szybciej niż liczba łączy w wiązce N .

Przykładowo: przy $B = 0,01 = 1\%$ i przy podwajaniu liczby łączy w wiązce tak, że stosunek kolejnych wartości liczby łączy w wiązce wynosi 2, odpowiednie stosunki $A(N)/A(N/2)$ wynoszą:

| N | 2 | 4 | 8 | 16 | 32 | 64 | 128 | 256 |
|-----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $\frac{A(N)}{A(N/2)}$ | 15,3 | 5,6 | 3,6 | 2,8 | 2,5 | 2,3 | 2,2 | 2,1 |
| A_z/N | 0,08 | 0,21 | 0,39 | 0,55 | 0,68 | 0,78 | 0,85 | 0,91 |

Jak widać, tempo wzrostu wartości A zbliża się asymptotycznie do dynamiki wzrostu N . Jednocześnie wzrasta też średnie wykorzystanie łączy w wiązce, lecz dynamika przyrostu zmniejsza się ze wzrostem wiązki. Popularnie mówiąc: wiązka w miarę wzrostu ma coraz bardziej "liniową" charakterystykę.

Prezentowana tu zależność, mimo różnic ilościowych dla różnych wartości B /im wartości B mniejsze, tym początkowa dynamika większa, zaś dalej - różnice wyraźnie malejące/ oraz mimo różnic przebiegu zmian dla wiązek o różnej strukturze /np. dla wiązek doskonałych i niedoskonałych/, ma jednak jakościowo charakter uniwersalny i ilustruje tzw. "prawo wiązki", które można najbardziej lapidarnie scharakteryzować następująco:

- "W miarę wzrostu wielkości wiązki łączy jej obciążalność rośnie, natomiast jej przeciążalność /tj. możliwe zwiększenie wartości A przy stałej wartości N , jakie jest dopuszczalne przy ustalonym stosunku wzrostu współczynnika strat/ maleje".

Prawo wiązki ma zasadnicze znaczenie dla zagadnienia tworzenia strumieni ruchu w kwadratowej macierzy strumieni zainteresowań. Nasuwa ono oczywisty i ważny praktycznie wniosek, że z drobnych strumieni zainteresowań /przynajmniej tam, gdzie jest im "po drodze", tj. na odcinkach dróg międzycentralowych, prowadzących w tym samym kierunku z niewielkimi odchyleniami od linii prostej, łączącej w zainteresowaniach centrale "i" i "j"/ warto tworzyć wspólne strumienie ruchu, kierując te strumienie zainteresowań na wspólną wiązkę łączy. Zabieg taki powinien być szczególnie efektywny dla małych strumieni ruchu, którym "jest zupełnie po

drodze". Celowość jego zmniejszać się powinna wraz ze wzrostem strumieni składowych i z ich rozbieżnością kierunku docelowego.

W tym obrazie na pierwszy plan wysuwają się duże strumienie zainteresowań, narzucające niejako "wynikowe kierunki przepływu" strumieniom małym, dla których warto przyjąć wspólną drogę ze strumieniem silnym, gdyż po tej drodze idąc, zwiększają ją np. o 2 łączy, zaś na indywidualnej dla nich drodze trzeba alternatywnie tworzyć 8 łączy.

Przedstawione uwagi można sprowadzić do pytań:

- 1/ Czy i w jakim zakresie celowe jest łączenie strumieni zainteresowań we wspólne strumienie ruchu?
- 2/ Czy zawsze warto łączyć w strumieniu ruchu całe strumienie zainteresowań, czy też korzystniejsze będzie tylko częściowe ich zlewianie?

Odpowiedzi na te pytania nie są trywialne. Zależą one od wartości rozpatrywanych strumieni ruchu, od usytuowania geograficznego central komutacyjnych, od kosztów systemów transmisyjnych i komutacyjnych, jakie mogą być zastosowane do realizacji ruchu oferowanego w różnych możliwych wariantach jego rozgospodarowania na kierunki międzycentralowe. Znajdujemy się u wejścia w interesującą dziedzinę optymalizacji sieci. Jest to dziedzina dostatecznie szeroka, aby poświęcić jej odrębny cykl rozważań. W ramach naszych możliwości tematycznych zasygnalizujemy tylko najważniejsze problemy z pogranicza zagadnień "ruch" i "sieć".

2.2. Tranzytowanie ruchu

Tranzytowanie ruchu, czyli łączenie strumienia zainteresowań na pewnym odcinku z ukierunkowanym już strumieniem ruchu, jest zabiegiem nie nasuwającym wątpliwości zasadniczo tylko w najprostszych przypadkach, a więc w warunkach, gdy:

- rozpatrywane są tylko dwa strumienie zainteresowań,
- natężenia ruchu rozważanych strumieni wyraźnie się różnią,
- jeden ze strumieni jest niewielki, tak że połączenie go z innym strumieniem powinno wyraźnie zwiększyć średnie wykorzystanie łączy w układzie przepływu obu strumieni,
- kierunki zainteresowań nie są diametralnie przeciwne lub też wspólny odcinek "przeciwny" jest niewielki w porównaniu z dal-

szą drogą, już zgodną z kierunkiem zainteresowania, jaką strumień "sublokator" ma do przebycia w ewentualnym towarzystwie innych, dołączanych w kolejnych węzłach komutacyjnych, strumieni zainteresowań.

W prostym przypadku, tj. w przypadku rozważania dwóch strumieni zainteresowań, kryterium alternatywnego wyboru "tranzyt lub droga bezpośrednia" jest porównanie kosztów realizacji obu wariantów. Z wyjątkiem przypadków, gdy rozważany jest ukształtowany stan istniejący i ewentualna rezygnacja z drogi bezpośredniej nie może zwrócić kosztów poniesionych w przeszłości na budowę odrębnej linii, droga bezpośrednia projektowana charakteryzuje się niższym kosztem przypadającym na jedno łącze niż droga tranzytowa. Wynika to z faktu, że gdyby nawet budowa odrębnej linii dla drogi bezpośredniej wymagała większych nakładów niż powiększenie liczby łączy w drodze tranzytowej, to zawsze istnieje możliwość wydzielenia wiązki bezpośredniej w liniach budowanych dla drogi tranzytowej i uzyskania "współliniowej" drogi bezpośredniej o koszcie /na 1 łącze/ mniejszym o koszt komutacji w węzle pośredniczącym od kosztu drogi tranzytowej.

Sytuacja wyraźnie się komplikuje, gdy rozważany jest wpływ wielu strumieni zainteresowań. Znalezienie rozwiązania najtańszego, wymagałoby dokonania przeglądu wszystkich możliwych wariantów kojarzenia strumieni zainteresowań. W dużych układach wielocentralowych otrzymujemy zbiory wariantów o liczności nie kwalifikującej ich do rozważań praktycznych. Na przykład w ruchu międzystrefowym sieci polskiej każda strefa numeracyjna powiązana jest zainteresowaniami ze stu kilkudziesięcioma pozostałymi strefami.

W tak złożonych przypadkach często określa się /z wykorzystaniem EMC/ wariant suboptymalny, eliminując np. kolejno drogi bezpośrednie, obciążone najmniejszymi strumieniami zainteresowań i przelewając ruch na drogi tranzytowe najkrótsze, zaś później eliminując w ten sam sposób słabo obciążone drogi tranzytowe, aż do granicy wzrostu opłacalności.

W praktyce występują najczęściej dla końcowych central międzymiastowych warunki sprzyjające prostocie wyboru wariantu suboptymalnego, zapewniającego godziwe wykorzystanie łączy w wiązkach międzycentralowych. Z reguły mamy tu liczne drobne strumienie kierowane "na cały kraj", wyraźnie większy strumień /najczęściej - największy strumień/ kierowany "do centrum własnego województ-

wa" i nieco średnich lub dużych strumieni, nieregularnie kierowanych do stref we własnym województwie lub w innych województwach. Wspomniany "godziwy wariant suboptymalny" bazuje na schemacie:

- drobne strumienie dołączyć do kierunku "centrum własnego województwa",
- średnie i duże strumienie uwzględnić jako podstawę do tworzenia dróg bezpośrednich wewnątrzwojewódzkich lub skróconych międzywojewódzkich, przy czym mogą to być drogi ostatecznego wyboru lub też drogi pierwszego wyboru z przelewem szczytów ruchu poprzez centrum własnego województwa /patrz punkt 2.3/.

Dla sieci miast wojewódzkich pozostaje wybór wariantu suboptymalnego np. w oparciu o wspomniany już algorytm kolejnej eliminacji słabo obciążonych gałęzi sieci.

Trzeba podkreślić, że w praktyce najczęściej dokonuje się w jednym programie optymalizacyjnym zarówno wyznaczenia tranzytów /pełnego przelewu ruchu/ jak i wyznaczenia dróg kolejnego wyboru /przelewu szczytów ruchu/.

Pewną pomocą w rozważaniach jest zalecenie płynące z doświadczeń praktycznych, że /przynajmniej dla stosowanych dotychczas analogowych systemów transmisyjnych/ strumienie zainteresowań w sieci międzymiastowej można orientacyjnie podzielić na trzy przedziały wartości:

- 1/ do około 5 erlangów - strumień do opłacalnego tranzytowania,
- 2/ od ok. 5 do ok. 45 erl. - strumień do opłacalnego tranzytowania szczytów ruchu /patrz punkt 2.3/,
- 3/ powyżej 45 erl. - strumień, który może być opłacalnie kierowany drogą bezpośrednią bez przelewu.

2.3. Drogi kolejnego wyboru

2.3.1. Uwagi wstępne

Rozważania zamieszczone w punkcie 2.1 mogą również prowadzić do wniosku, że powiększenie dopuszczalnej wartości współczynnika strat powinno zwiększyć średnie wykorzystanie łącza w wiązce, przy czym skuteczność takiego zabiegu będzie malała wraz ze wzrostem rozpatrywanych wiązek, ponieważ w wiązkach dużych wyko-

rzystanie łączy jest już wysokie i w małym stopniu zależne od przyjętego poziomu dopuszczalnych strat.

Zwiększenie strat ruchu zwiększa wprawdzie wykorzystanie łączy wiązki bezpośredniej /zmniejsza jej koszt na jednostkę załatwianego ruchu/, ale niedopuszczalnie obniża jakość załatwiania ruchu w tak potraktowanym kierunku zainteresowań. Trzeba ten ruch, tracony w proporcjach przekraczających wyraźnie ogólny poziom współczynników strat w sieci, załatwić w przeważającej części /tak, aby straty wynikowe były porównywalne ze współczynnikami strat wynikowych dla przeciętnych kierunków zainteresowań, ustalonych jako dopuszczalne w sieci/. Nasuwa się od razu przypuszczenie: może "wlać" ten ruch do strumienia umożliwiającego połączenie tranzytowe po możliwie najkrótszej drodze, tak jak to jest właściwe w przypadku tranzytowania ruchu?

Rozważmy przypuszczenia skrajne:

- 1/ Gdybyśmy przelali ruch tracony na wiązce bezpośredniej na drogę tranzytową nie obciążoną żadnym innym ruchem, to suma łączy dróg bezpośredniej i tranzytowej byłaby stała, niezależna od progu "odcięcia". Koszt łączny dla liczby łączy na drodze tranzytowej większej od zera byłby większy od kosztu realizacji ruchu wyłącznie na drodze bezpośredniej.
- 2/ Gdybyśmy przelali ruch tracony na wiązce bezpośredniej na drogę tranzytową obciążoną własnym ruchem /dla ustalenia uwagi - takim samym dla obu odcinków przy wykorzystaniu jednego węzła pośredniczącego/ i potraktowali ruch tracony tak, jak przypadkowy ruch świeży, moglibyśmy spodziewać się efektu "zagęszczenia" ruchu na wiązce tranzytowej identycznego, jak dla problemu tranzytowania całości ruchu równego /co do wartości średniej/ ruchowi traconemu na drodze bezpośredniej.

W rzeczywistości możemy spodziewać się efektów zbliżonych do przedstawionych przypuszczeń skrajnych, z tym że będą one w pewnym stopniu odkształcone ilościowo, ponieważ /o czym dalej/ nie możemy traktować przelewu szczytów ruchu tak, jak przelewu pełnego całego ruchu świeżego. Można jednak już teraz sformułować ostrzeżenie, że najlepsze wyniki zagęszczenia ruchu uzyskamy, gdy ruch przelewany będzie wyraźnie mniejszy od ruchu własnego na drodze tranzytowej. Jeżeli ruch własny drogi tranzytowej byłby np. pomijalnie mały w porównaniu z ruchem przelewany, dochodzi do gło-

su przypuszczenie skrajne $1/1$ i nie można spodziewać się żadnego zysku z przeprowadzonej operacji.

2.3.2. Paradoks Erlanga

Zanotujmy w uproszczeniu:

$$E_{1,N}/A/ = E_N/A/$$

Rozpatrzmy układ dwóch łączy, na które podawany jest ruch o średnim natężeniu A zgodnie z warunkami właściwymi dla modelu Erlanga dla układów ze stratami ruchu.

Otrzymamy:

$$E_2/A/ = \frac{A^2}{A^2 + 2A + 2}$$

Przetniemy teraz wiązkę po pierwszym łączy. Otrzymujemy:

$$E_1/A/ = \frac{A}{1 + A}$$

oraz

$$A' = A \cdot E_1/A/ = \frac{A^2}{1 + A}$$

Jeżeli przypiszemy wartości średniej A' własności ruchu średniego A , to możemy napisać:

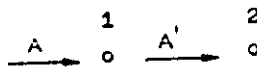
$$E_1/A'/ = \frac{A'}{1 + A'} = \frac{A^2}{A^2 + A + 1}$$

i /w założeniu niezależności procesów/ wyrażenie określające prawdopodobieństwo jednoczesnej zajętości obu łączy, a więc spodziewany natłok na wiązkę dwułączowej tak potraktowanej:

$$E_2^1 = E_1/A/ \cdot E_1/A'/ = \frac{A^2}{A^2 + 2A + 2 + 1/A}$$

Jak widać:

$$E_2(A)/E_2^1 = 1 + 1/A^3 + 2A^2 + 2A^{-1} > 1$$



Rys. 1. Schemat podawania ruchu w przykładzie ilustrującym paradoks Erlanga

Retraktowanie strumienia ruchu A tak samo, jak przypadkowego ruchu świeżego, prowadzi do zbyt niskiej oceny wartości natłoku, a w ślad za tym i strat, dla całej wiązki. Ruch przelewowy A o charakterze zmienionym w stosunku do ruchu świeżego /zwiększony stosunek wariancji do wartości średniej/, jest obsługiwany przez drugie łącze gołej, niż byłby przez nie obsługiwany ruch świeży o takiej samej wartości średniej. Ta zmiana charakteru ruchu przelewowego wpływa również i na warunki obsługi omawianego strumienia zmieszanego z ruchem własnym wiązki, na którą jest on przelewany /współczynnik strat ma dla niego wartość większą niż dla własnego ruchu wiązki/. Wpływa ona również na wzrost współczynnika strat dla całego strumienia ruchu, powstałego ze zlania się strumieni: przelewowego i świeżego /w stosunku do warunków spływu strumieni świeżych o takich samych wartościach średnich/.

2.3.3. Metoda R.I. Wilkinsona

Metoda ta, zwana "metodą ERT" /Equivalent Random Theory/, została opublikowana w 1956 roku prawie jednocześnie przez Amerykanina R.I. Wilkinsona [23] i specjalistę z RFN G. Bretschneidera [1]. Ma ona na celu przybliżoną ocenę wartości strat ruchu powstałego ze zlania się dowolnej liczby niezależnych, dowolnie odkształconych od warunków "świeżości" przez częściową obsługę na wiązkach bezpośrednich, strumieni ruchu.

Metoda ERT jest oparta na zastąpieniu złożonego układu generacji, odkształcania i spływu ruchu prostym układem wiązki doskonałej "przeciętej" w miejscu odpowiadającym spływowi ruchu i charakteryzującej się w punkcie przecięcia wartościami:

- średniej wartości ruchu M,
- wariancji ruchu V,

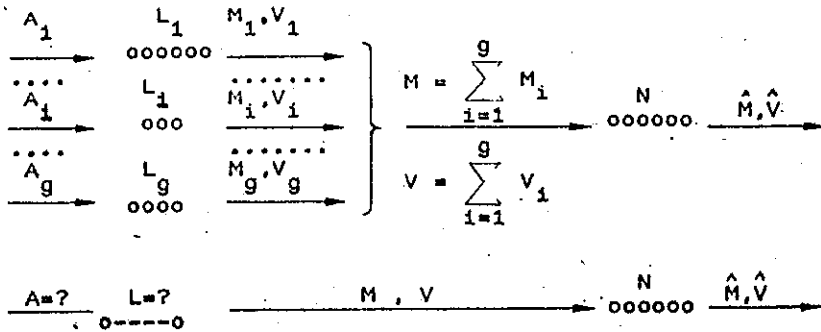
takimi samymi, jak układ złożony. Sytuację pokazuje rys. 3.

Wartość M wyznacza jest w oparciu o wzór "B" Erlanga:

$$M = \sum_{i=1}^g A_i \cdot E_{L_i} / A_i / = A \cdot E_L / A / \quad /3/$$

Wartości V_i wyznaczone są ze wzoru Riordana [23]:

$$V = M / 1 - M + \frac{A}{L + 1 - A + M} \quad /4/$$



Rys. 2. Układ złożony i wiązka zastępcza w metodzie ERT

Uwzględniając:
$$V = \sum_{i=1}^g V_i$$

wyznacza się z zależności /3/ i /4/ wartości M i V dla wiązki zastępczej, co w uwikłanej postaci ustala wartości A i L . Bezpośrednie wykorzystanie wzorów /3/ i /4/ do znajdowania wartości A i L jest bardzo kłopotliwe. Najczęściej wykorzystywane są zbiory odpowiednich tablic i wykresów, ułatwiające takie zadanie. Dobrą i stosunkowo łatwo osiągalną pozycją tego rodzaju jest publikacja G. Bretschneidera z 1956 r.. Trzeba jednak zwrócić uwagę, że Bretschneider posługuje się nie wartością wariancji V , lecz wielkością nazywaną "wartością rozszewu" lub "wskaźnikiem rozproszczenia": $D = V - M$, co formalnie zmienia niektóre wartości wykorzystywane w toku obliczeń.

W przypadku braku zbioru specjalnych tablic i wykresów mogą być pomocą /łatwą do stosowania i dającą dobrą na ogół dokładność oceny/ wzory przybliżone, opublikowane przez Y. Rappa w 1964 r. [15]:

$$A \approx V + 3 \frac{V}{M} \sqrt{\frac{V}{M}} - 1 \quad /5/$$

$$L \approx \frac{A}{1 - \frac{1}{M + \frac{V}{M}}} - M - 1 \quad /6/$$

ograniczające potrzebne materiały pomocnicze do łatwo dostępnych tablic wzoru "B" Erlanga.

Mając wartości A i L , wyznacza się już prosto:

$$\hat{M} \approx A \cdot E_{L+N}/A/$$

i ewentualnie:

$$\hat{V} \approx \hat{M} / 1 - \hat{M} + \frac{A}{L + N + 1 - A + \hat{M}} \quad /8/$$

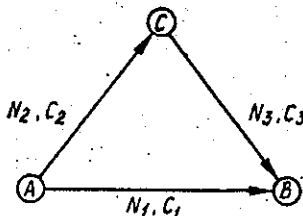
2.3.4. Możliwości wyznaczania wartości przelewu

W niniejszym punkcie rozpatrzmy tylko najbardziej ważkie metodologicznie aspekty możliwości wyznaczania optymalnych ekonomicznie wartości przelewu, nie rozwijając szczegółów, gdyż to poważnie wykracza poza ramy prezentowanego przeglądu i wymagałoby odrębnego cyklu omówień, w pierwszym przybliżeniu równie obzerne go jak referowany tu materiał.

Dzięki metodzie ERT wiemy już, jak w przybliżeniu oceniać obciążalność wiązki na drodze tranzytowej, na którą kierujemy szczyty ruchu przynajmniej w założeniu, że mamy na tej drodze do czynienia z wiązkami doskonałymi i że rozważania metody ERT, dotyczące zasadniczo pierwszego odcinka drogi tranzytowej, można z dostateczną dokładnością wykorzystywać i dla dalszych odcinków tej drogi. Trzeba bowiem zwrócić uwagę, że dla dwóch odcinków drogi tranzytowej już się nieco łamie przyjęty schemat rozumowania: ruch załatwiany na pierwszym odcinku i podawany na drugi jest zmieniony co do wartości średniej i wariancji w stosunku do podawanego na pierwszy odcinek, zaś dodatkowo jego wartość uzależniona jest od możliwości obsługi na drugim odcinku.

Pozostaje zasadnicze pytanie: ile ruchu przelać ekonomicznie na drogę tranzytową?

Rozpatrzmy najprostszы układ drogi bezpośredniej /droga 1 pomiędzy centralami A i B/ oraz drogi tranzytowej /droga złożona z odcinków 2 i 3/, przedstawiony na rys. 3.



Rys. 3. Przykład najprostszego układu dróg kolejnego wyboru

Na rysunku 3 symbole N_1 i c_1 oznaczają odpowiednio: liczbę i koszt /przypadający na jedno łącze/ łączy w odcinkach międzycentralowych dróg "1".

Koszt całego układu wg rys. 3 można wyznaczyć jako:

$$C = c_1 N_1 + c_2 N_2 + c_3 N_3 \quad /9/$$

Mimo prostoty zapisu zależność /9/ może być różnie interpretowana. Dotyczy to określenia wielkości c_1 . W najprostszym przypadku mogą to być wartości uważane za stałe, wyrażające w pewnej skali porównywalne koszty inwestycyjne, lub inwestycyjne i eksploatacyjne odniesione do jednego roku przewidywanej eksploatacji linii. W innych przypadkach mogą to być koszty zależne od krotności systemu teletransmisyjnego /a więc zmieniające się skokowo w funkcji N_1 /. W przypadku współliniowości drogi bezpośredniej i tranzytowej wartości c_1 i $c_2 + c_3$ różnią się łącznie kosztami tranzytu przez centralę "C" i mogą również wykazywać skoki, zależne od wartości $N_1 + N_2$ i $N_1 + N_3$.

W niektórych ujęciach /jak to np. sygnalizuje Y. Rapp w publikacjach z 1964 r./ równanie kosztów może być dodatkowo rozbudowane oceną skapitalizowanego kosztu czasu abonentów, wpływającego na wyznaczenie kompromisu pomiędzy wysokością nakładów inwestycyjno-eksploatacyjnych a zapotrzebowaniem na usługi.

Pozostaliśmy przy zależności /9/. Minimum nakładów C można wyznaczyć, rozpatrując kształtowanie się pochodnej cząstkowej $\frac{\partial C}{\partial N_1}$.

Dla stałych wartości c_1 będzie to rozpatrzenie równania:

$$\frac{\partial C}{\partial N_1} = c_1 + c_2 \cdot \frac{\partial N_2}{\partial N_1} + c_3 \cdot \frac{\partial N_3}{\partial N_1} \quad /10/$$

Rozwiązywania tego problemu nie będziemy referować. Wspomnieć jednak należy, że:

1. Rozwiązanie minimalizacji równania /9/ wymaga wyznaczenia pochodnych cząstkowych

- wartości natłoku na wiązkę bezpośrednią w funkcji ruchu oferowanego na tę wiązkę i liczby jej łączy względem zmian liczby jej łączy,
- wartości ruchu oferowanego na wiązkę bezpośrednią w funkcji jej natłoku i liczby łączy względem zmian liczby jej łączy,
- wartości ruchu przelewowego względem ruchu oferowanego na wiązkę bezpośrednią.

Postępowanie jest złożone i wymaga stosowania metod iteracyjnych z wykorzystaniem EMC.

2. Proste lecz pracochłonne rozwiązanie "problemu trójkąta" można osiągnąć metodą "przeгляdu zupełnego", tj. obliczenia i porównania kosztów wariantów dla całego zakresu zmian $0 \leq N_1 \leq N_{1max}$, gdzie: N_{1max} odpowiada zależności:

$$B_{\text{ldopuszczalne}} = A_{AB} \cdot E_{N_1} / A_{AB}$$

3. W pracach Y. Rappa z 1964 r. znaleźć można wzór przybliżony:

$$A_{AB} \left[E_{N_1} / A_{AB} - E_{N_1} + 1 / A_{AB} \right] = \xi / 1 - \eta / 1 - \xi^2 // \quad /11/$$

gdzie:

$$\xi = \frac{c_1}{c_2 + c_3} \quad \text{/w praktyce: } 0,2 + 0,8/.$$

$\eta = \text{const}$ /do oszacowań wstępnych można przyjmować wartość równą 0,3/.

Zależność /11/ umożliwia wstępne oszacowanie wartości N_1 i zmniejszenie obszaru przeglądu /choć warto dodatkowo porównać sąsiedztwo punktów skoku funkcji kosztów, jeżeli takie punkty występują/.

4. Rozwiązanie problemu trójkąta to dopiero pierwszy poziom rozwiązania iteracyjnego dla dużej sieci. Przy relacjach wspólnych dla pewnej liczby przelewów występują wzajemne uzależnienia, co wymaga wielokrotnych obliczeń iteracyjnych.
5. Wiele metod praktycznych /np. metoda szkoły Lotzego z 1973 r. [6]/ stosuje z sukcesem aparat obliczeniowy bardzo uproszczony.

3. WYBRANE PROBLEMY NIEZAWODNOŚCI SIECI ŁĄCZY

W punkcie 2 główna uwaga była zwrócona na problemy oceny minimalnych kosztów budowy sieci łączy, w założeniu stałych wartości strumieni ruchu i nieograniczonej niezawodności działania łączy i ich nośników - linii telekomunikacyjnych. Wiąże się z tym zwiększenie wykorzystania łączy w sieci i /zgodnie z prawem wiązki, stosującym się też do układów złożonych/ osiągnięte są warunki większej obciążalności sieci, ale jednocześnie i mniejszej jej przeciążalności.

Nieprzewidziane przypadki nadmiernego wzrostu strumienia ruchu podawanego na w pełni sprawną sieć telefoniczną i przypadki czasowego zmniejszenia sieci o pewną liczbę łączy uszkodzonych dają zasadniczo taki sam efekt - przeciążenie sieci, najczęściej ograniczone do jednej z jej gałęzi, czasem - oddziałujące na pewną liczbę gałęzi.

Rozważymy problem przeciążeń wynikających z przedstawionych przyczyn. Pominiemy przypadki koincydencji wzrostu ruchu i uszkodzeń łączy jako mniej prawdopodobne i wymagające specjalnego traktowania. Pominiemy też przypadki uszkodzeń nie usuwających łączy z układu obsługi; ta poważna klasa uszkodzeń omawiana jest w ramach problematyki oceny obciążalności układów komutacyjnych.

Przeciążenie sieci telefonicznej może występować z różnym nasileniem: od nieznacznych oddziaływań na warunki obsługi zgłoszeń do całkowitego lub prawie całkowitego przerwania łączności. Podzielimy orientacyjnie przeciążenia na trzy klasy:

- 1/ często występujące przeciążenia o umiarkowanym wpływie na warunki załatwiania ruchu, zwiększające wartość współczynnika strat na wiązkach bezpośrednich bez przelewu z często przyjmowanej wartości nominalnej 1% do kilku, kilkunastu, sporadycznie - do kilkudziesięciu %.
- 2/ rzadko występujące drastyczne przeciążenia, zwiększające natłok do kilkudziesięciu % lub nawet przerywające łączność na wiązkach bezpośrednich bez przelewu.
- 3/ przeciążenia niezbyt duże, lecz występujące trwale /np. wskutek oddziaływania procesów wzrostu/.

Trzecia, ważna praktycznie klasa przeciążeń będzie podstawą omawiania strategii niestacjonarnych w następnym punkcie. Tu skupimy się nad klasami pierwszą i drugą.

Przeciwdziałanie skutkom pierwszej klasy przeciążeń sprowadza się do uwzględnienia w sieci warunków umożliwiających tolerowanie takich przeciążeń bez niebezpieczeństwa przeradzania się ich w przeciążenia klasy drugiej.

Przeciążenia klasy pierwszej są na ogół wywołane normalnie obserwowanymi wahaniami średniego natężenia ruchu w GNR dla różnych dni, krótkotrwałymi zwiększeniami chwilowych intensywności napływu zgłoszeń w GNR lub w godzinach roboczych, bądź też niesprawnością i wyłączeniem z pracy poszczególnych łączy w wiązkach. Sytu-

ację ilustruje zestawienie w tablicach 1 i 2 orientacyjnych procentowych wartości udziału łączy uszkodzonych "N_u" lub /alternatywnie/ przeciążenia

$$P\% = ((A_p - A_{Norm}) / A_{Norm}) \cdot 100\%$$

powodujących różny wzrost strat dla różnych wielkości wiązek doskonałych.

T a b l i c a 1
Wartości N_u%

| N \ B | 1% | 5% | 10% | 20% |
|-------|----|----|-----|-----|
| 10 | 0 | 20 | 30 | 45 |
| 20 | 0 | 17 | 27 | 40 |
| 50 | 0 | 13 | 22 | 36 |
| 100 | 0 | 11 | 18 | 30 |

T a b l i c a 2
Wartości P%

| N \ B | 1% | 5% | 10% | 20% |
|-------|----|----|-----|-----|
| 10 | 0 | 38 | 67 | 116 |
| 20 | 0 | 28 | 48 | 79 |
| 50 | 0 | 17 | 32 | 55 |
| 100 | 0 | 14 | 24 | 43 |

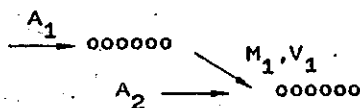
Jak widać, nawet dla dużych wiązek łączy wzrost strat do poziomu 20%, co może być tolerowane w niezbyt częstych i niezbyt długo trwających przypadkach, dopuszcza jednocześnie niesprawność 30% łączy lub alternatywnie: wzrost ruchu podawanego na wiązkę o ponad 40%. Pierwsza wartość jest bardzo duża dla indywidualnych uszkodzeń łączy. Osiągnięcie i przekroczenie drugiej jest bardziej prawdopodobne przy silnych sezonowych wahaniami ruchu; przykładowi wiązki 100-łączowej odpowiada bardzo już wysokie średnie wykorzystania łączy w wiązce: nominalnie około 0,83, zaś przy 20% strat - około 0,96. Dążenie do jeszcze wyższych wartości nominalnego wykorzystania jest już niebezpieczne dla jakości pracy wiązki ze względu na przeciążenia, natomiast zaprojektowanie wiązki 100-łączowej dla strat nominalnych B = 0,2% daje nominalne wykorzystanie równe 0,77 /obciążalność niższa o ok. 7%/, zaś przeciążalność dla wzrostu strat do 20% równą 55% /a więc o 12% większą w stosunku do wartości nominalnej ruchu oferowanego/.

Wpływ przeciążeń związanych z wahaniami ruchu uwidoczni się podobnie, choć nieco słabiej w układach wiązek niedoskonałych /patrz: tablica 3/, zaś bardzo silnie zaznacza się w układach przelewu ruchu wg schematu pokazanego na rys. 4. W tym przypadku prawie cały nadmiar ruchu podawanego na wiązkę pierwszego wyboru

zostaje przelany na wiązkę drugiego wyboru, bardzo pogarszając nie tylko warunki obsługi tego strumienia, ale przede wszystkim ruchu własnego wiązki przelewowej A_2 . Przykładowo: dla 20-lączkowej wiązki pierwszego wyboru i 30% przelewu w normalnych warunkach mamy przelew około 8 erl., zaś przy wzroście strumienia A_1 o 80% - przelew ok. 27 erl., a więc ponad 3-krotnie większy.

T a b l i c a 3
Wartości $P\%$ dla
dostępności $K = 20$

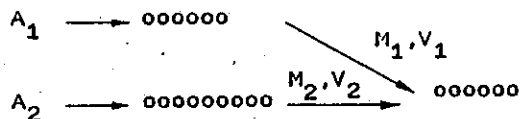
| N \ B | 1% | 5% | 10% | 20% |
|-------|----------------|----|-----|-----|
| 10 | wartości jak w | | | |
| 20 | tabl. 2 | | | |
| 50 | 0 | 20 | 34 | 61 |
| 100 | 0 | 17 | 31 | 54 |



Rys. 4. Klasyczny układ dróg
kolejnego wyboru

Aby zaradzić zbytniemu wzrostowi strat ruchu własnego wiązek przelewowych lansowane jest ostatnio zastępowanie układów wg rys. 4 układami z "wiązkami bezpieczeństwa" /service-protection groups/ wg schematu podanego na rys. 5.

Rys. 5. Układ przelewu
ruchu z "wiązką bezpie-
czeństwa"



Druga klasa przeciążeń wiąże się głównie z grupowymi uszkodzeniami łączy i z uszkodzeniami linii teletransmisyjnych. Uszkodzenie linii może całkowicie wyłączyć z ruchu całą wiązkę łączy, przerywając łączność pomiędzy centralami aż do czasu naprawienia linii, bądź też utworzenia zastępczej drogi z rezerw sieci. Podstawowym środkiem zaradczym jest tu rozdzielenie wiązki pomiędzy różne /niezależne niezawodnościowo/ linie teletransmisyjne, co znacznie zmniejsza prawdopodobieństwo całkowitej przerwy łączności, chociaż podnosi koszt sieci przez zwiększenie średniej długości łączy w wiązce.

W ręcznej telefonii międzymiastowej stosowany jest podział wiązek pomiędzy 2 lub 3 linie co, jak widać z tabl. 1, mogło da-

wac dobre efekty, szczególnie dla małych wiązek i dla ruchu z oczekiwaniem i z możliwością organizacji priorytetów. Jak z tej samej tablicy widać, dla ruchu automatycznego /szczególnie dla dużych wiązek/ bardziej stosowny byłby podział pomiędzy 3 lub 4 linie.

4. KIEROWANIE RUCHU

4.1. Sieci pierwotne i wtórne

Sieć telekomunikacyjna, tj. sieć przeznaczona do przekazywania sygnałów za pomocą energii elektromagnetycznej, jest zbiorem sieci wtórnych i kanałów rezerwowych, powiązanych ze sobą technicznie przez korzystanie z tej samej sieci teletransmisyjnej.

Sieć teletransmisyjna jest częścią sieci telekomunikacyjnej; obejmuje ona wszystkie węzły teletransmisyjne oraz łączące je gałęzie teletransmisyjne tej sieci.

Sieć wtórna jest siecią służby telekomunikacyjnej i przeznaczona jest do przekazywania wiadomości określonego rodzaju /np. telefonicznych, telegraficznych itp./; sieć ta jest zbiorem węzłów komutacyjnych odpowiedniej służby i aparatów końcowych, połączonych ze sobą wiązkami łączą.

Sieć pierwotna jest wyodrębniona organizacyjnie ze względu na możliwości sterowania nią, częścią sieci teletransmisyjnej; składa się ona ze zbioru grup kanałów telekomunikacyjnych i z węzłów, w których umieszczone są urządzenia końcowe kanałów. Sieć pierwotna obejmuje kanały i urządzenia, które mogą bądź to być przypisane trwale określonej sieci wtórnej i mogą być wymienne w ramach tej sieci wtórnej /ale na poziomie sterowania komutacją grup kanałów tworzących łącza i kanały rezerwowe, a nie na poziomie sterowania w ramach sieci łączy określonej sieci wtórnej/, bądź też mogą być wymienne pomiędzy pewnymi sieciami wtórnymi.

4.2. Strategie kierowania ruchu

Strategia kierowania ruchu telekomunikacyjnego określa algorytm działania urządzeń sterujących w sieci telekomunikacyjnej, zgodnie z którym urządzenia te dokonują wyboru drogi połączeniowej poprzez sieć dla przyjętego do obsługi zgłoszenia, bądź też

decydują o nieprzyjęciu do obsługi pewnych zgłoszeń.

Najobozerniejszą dotychczas klasyfikację strategii kierowania ruchem opublikował w 1967 r. Charles Grandjean [4]. Wyróżnił on w niej sześć podstawowych czynników:

- a/ rodzaj charakteru stochastycznego wyboru tras połączeniowych,
- b/ zależność wyboru tras od stanu zajętości dróg w sieci,
- c/ zależność rodzaju stosowanej strategii od czasu, w sensie zależności od pory dnia,
- d/ zależność wyboru drogi od kosztów z nią związanych,
- e/ zależność wyboru drogi od jakości transmisji,
- f/ sposób zestawiania kolejnych odcinków drogi połączeniowej.

W stosunku do wymienionych czynników wyróżniane są przypadki, określające charakterystyczne grupy rodzajów strategii.

I tak, w aspekcie stochastycznego charakteru wyboru tras, wyróżnione zostały:

- strategie probabilistyczne, tj. strategie, w których zbiorowi możliwych tras, pomiędzy punktami wyjściowym i docelowym, przypisany jest określony rozkład prawdopodobieństwa wyboru tras w założeniu, że każda z tras jest osiągalna i wolna,
- strategie deterministyczne, w których wybór tras dokonywany jest wg określonego deterministycznie przepisu.

W aspekcie zależności wyboru tras od stanu zajętości dróg w sieci wyróżnione są:

- strategie statyczne, w których wybór drogi jest niezależny od stanu zajętości odcinków sieci na trasie budowanego połączenia, z wyjątkiem stanu odcinków dołączonych do węzła komutacyjnego, realizującego wybór,
- strategie dynamiczne, uzależniające wybór trasy od stanów swobody odcinków położonych pomiędzy punktami wyjściowym i docelowym.

Strategie dobierane w zależności od pory doby określone zostały mianem strategii niestacjonarnych. Strategie stosowane niezależnie od pory doby zostały zaliczone do strategii stacjonarnych.

Ula określenia najważniejszych z punktu widzenia potrzeb praktycznych strategii kierowania ruchem wystarcza skupienie rozważań na dwóch spośród sześciu wymienionych zagadniczych czynników klasyfikacyjnych, tj. na zależności wyboru tras od zajętości dróg

w sieci i na zależności rodzaju stosowanej strategii od pory dnia.

Ze względu na wybrane czynniki można wyróżnić następujące rodzaje strategii:

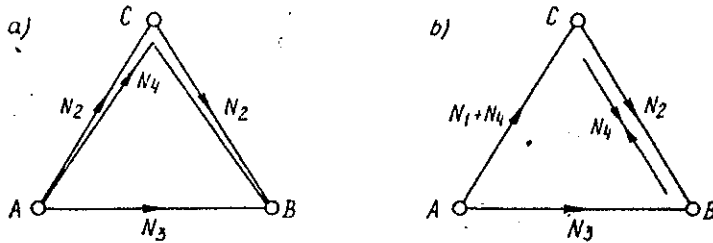
- 1/ statyczne stacjonarne,
- 2/ statyczne niestacjonarne,
- 3/ dynamiczne stacjonarne,
- 4/ dynamiczne niestacjonarne.

Strategie statyczne stacjonarne stanowią najlepiej opanowany w praktyce rodzaj strategii kierowania ruchem. Najbardziej charakterystycznym i ważnym praktycznie wariantem stosowania tych strategii są układy dróg kolejnego wyboru z przelewem ruchu wg trwale ustalonej kolejności dróg, tj. tzw. układy hierarchiczne.

Strategie statyczne niestacjonarne nie były dotychczas stosowane w praktyce, a przynajmniej nie były stosowane w postaci rozwiniętej. Przykładem najprostszego zespołu strategii niestacjonarnych może być stosowana w niektórych relacjach systemu "miasto-miasto" praktyka realizacji ruchu automatycznego tylko w ciągu ustalonej części doby, ze zmianą sposobu obsługi na półautomatyczny dla pozostałego okresu. Najogólniej: niestacjonarność strategii statycznych w odniesieniu do hierarchicznych układów dróg kolejnego wyboru może wyrażać się bądź uzależnioną od pory doby zmianą porządku wyboru dróg, bądź zmianami ilościowymi w poszczególnych wiązkach /z zachowaniem ustalonej hierarchii lub z jej odpowiednią zmianą/.

Zasadę realizacji zmian ilościowych w poszczególnych wiązkach wyjaśnia rysunek 6. Na klasycznym przykładzie trójkąta pokazano tu przypadek podziału wiązki o liczności $N_3 + N_4$, przyporządkowanej relacji A-B, na część stałą N_3 i na część N_4 , mogącą ulegać przełączeniom w centrali C. Przełączenie części N_4 daje /kosztem relacji A-B/ możliwość powiększenia relacji A-C do $N_1 + N_4$ łączy, a ponadto pozostawia do dyspozycji odcinek C-B dodatkowe N_4 łączy, dla ewentualnego wzbogacenia wybranego kierunku ruchu pomiędzy węzłami B i C, bądź też nawet obu kierunków ruchu. Omawiana zasada tworzy podstawę szczególnej odmiany komutacji, nazwanej komutacją krosową. KOMUTACJA KROSOWA może być stosowana w najprostszym układzie strategii statystycznej, tj. w układzie dróg bezpośredniego wyboru bez przelewu; może być również kojarzona z układem hierarchicznym dróg kolejnego wyboru, a nawet można przewidywać celowość stosowania jej w skojarzeniu ze strategią dyna-

miczną, przy czym takie skojarzenie można traktować jako strategię dynamiczną niestacjonarną.



Rys. 6. Zasada realizacji zmian ilościowych w wiązkach:
 a/ - stan przed przeorganizowaniem wiązek
 b/ - stan po przeorganizowaniu wiązek.

Najistotniejszą cechą strategii dynamicznych jest uzależnienie wyboru trasy zestawianego połączenia od stanów ruchowych sieci. W wyidealizowanym przypadku można by tu mówić o uzależnieniu od aktualnego stanu ruchowego sieci, co wyrażałoby się pełną informacją o możliwościach przejść przez węzły i odcinki sieci, informacją o istniejących aktualnie rezerwach wolnych łączy z uwzględnieniem "wąskich gardeł", tj. najniższych stanów aktualnych rezerw w poszczególnych odcinkach i możliwością traktowania informacji jako aktualnej aż do powzięcia decyzji o wyborze drogi /z zafiksowaniem nowego stanu dla dalszych działań/. Do tych trzech warunków dochodzi czwarty: możliwości przewidywania skutków powziętej decyzji dla dalszych przebiegów obsługi ruchu w sieci. Pełna realizacja trzech warunków wymienionych w pierwszej kolejności jest mało realna, jednak śmiało można mówić o możliwości przybliżonego, praktycznie wystarczającego ich spełnienia przez nowoczesne systemy komutacji elektronicznej z programowanym sterowaniem, wyposażone w centra nadzoru sieci. Dotychczasowy brak realności w przybliżeniu idealnego rozwiązania strategii dynamicznej ma swą przyczynę w losowym charakterze strumieni zgłoszeń podawanych na sieć i w korzystnym skądinąd fakcie, że w krótkich odcinkach czasu strumienie zgłoszeń mają na ogół charakter w przybliżeniu stacjonarny, co uniemożliwia /przynajmniej w obecnej fazie rozwoju badań/ trafne przewidywanie skutków powziętej decyzji [7].

Wspomniana trudność skłoniła Grandjeana i Dejeana [3] do próby określenia wartości progowych, po przekroczeniu których wiązk-

ka jest zablokowana dla wyboru jej w połączeniach tranzytowych /progi x/ oraz wartości progowych, po zejściu poniżej których wiązka zostaje ponownie udostępniona dla ruchu tranzytowego /progi y/, przy czym $x > y$, tworząc tzw. "zakładki grandjeanowskie". Koncepcja "zakładek" jest bardzo interesująca, ale jej rozwinięcie nie znalazło to tej pory dostrzegalnego odbicia w literaturze światowej.

Również Heinz Schwärtzel, który w 1965 roku opublikował ciekawą i dającą nadzieję pozytywnego rozwoju sprawę artykuł [17], mniej więcej w dwa lata później doszedł wraz z H. Tillmanem [18] do wniosku, że:

- krótkotrwałe wahania ruchu nie dają podstaw do zmian w planie kierowania,
- wahania o średniej długości czasu są trudne do rozpoznania, a stan prac teoretycznych nie pozwala jeszcze na ocenę ich przydatności do podejmowania decyzji o zmianach planu kierowania,
- wahania o długim czasie trwania są łatwe do rozpoznania i przewidywania, co pozwala na zmiany planu kierowania bez uciekania się do wyrafinowanych środków matematycznych i technicznych.

Wydaje się, że dorywcześnie Schwärtzel nie powrócił do tego tematu.

Przedstawione omówienia skłaniają do ostrożnego traktowania perspektyw rozwoju dynamicznego kierowania ruchu w ścisłym sensie, tj. jako strategii przydatnej w normalnych stanach sieci, nie odbiegających nazbyt od spodziewanych średnich, tak pod względem wartości strumieni zgłoszeń, jak i liczby uszkodzonych łączy. Taka perspektywa wydaje się realna dopiero dla systemów umożliwiających traktowanie sieci jako komutacyjnego układu przestrajalnego /mogącego zmieniać trasy połączeń w czasie ich trwania/.

Wydaje się raczej, że strategie dynamiczne /stacjonarne lub niestacjonarne/ mogą zapewnić istotne zmniejszenie skutków poważnych aperiodycznych przeciążeń, wynikających bądź to z ekstremalnych wahań strumieni zgłoszeń, bądź też z poważnych uszkodzeń licznych łączy w odcinkach sieci.

Można natomiast znaleźć potwierdzenie istotnego znaczenia strategii niestacjonarnych, a dokładniej- znaczenia niestacjonarnych zespołów strategii statycznych, wykorzystujących możliwości komutacji krosowej.

Warto dodać, że stosowanie komutacji krosowej pozwala nie tylko na realizację strategii niestacjonarnych, ale umożliwia rów-

niez dokonywanie w sieci pewnych korekt rozptyłu łączy w związku z różnymi trendami zmian rozptyłu ruchu na przestrzeni lat.

4.3. Wymagania stawiane systemom komutacyjnym przez poszczególne strategie

Pojęcie strategii kierowania ruchu ma wyraz techniczny w określaniu algorytmów działania urządzeń sterujących zestawianiem połączeń w ramach poszczególnych centrów /węzłów/ komutacyjnych sieci. Strategia kierowania ruchu w sieci telekomunikacyjnej stanowi więc wynik skojarzenia algorytmów działania urządzeń sterujących w poszczególnych węzłach, z uwzględnieniem wzajemnych uwarunkowań.

W wielu przypadkach węzły sieci telekomunikacyjnej wyposażone są w urządzenia różnych systemów, często o wyraźnie różnych algorytmach sterowania zestawianiem połączeń przechodzących poprzez węzeł. W takich przypadkach nie można mówić o jednolitej strategii kierowania ruchu w obrębie całej sieci. W różnych fazach zestawiania połączenia podawane do obsługi zgłoszenia mogą znajdować się w zasięgu oddziaływania różnych strategii, zależnie od miejsca pojawienia się tych zgłoszeń i od adresu żądanego przez nie węzła docelowego. Strategia wynikowa dla wybranej relacji może więc być trudnym do jednoznacznego określenia skojarzeniem cech kilku różnych strategii z tym, że na ogół najsilniejsze piętno na wyniku wyciskają węzły o najbardziej ograniczonych możliwościach wyboru wariantów strategii sterowania ruchu.

Wymagania stawiane systemom komutacyjnym central sieci telefonicznej przez poszczególne strategie kierowania ruchu można uszeregować, poczynając od najprostszych /istotnych ze względu na konieczność wykorzystywania pracujących w sieci starych systemów o ograniczonych możliwościach sterowania/, kończąc zaś na wymaganiach złożonych - realnych dla wprowadzanych i przyszłościowych systemów komutacji elektronicznej z programowanym sterowaniem. W takim założeniu mamy układ ośmiu następujących strategii i ich możliwości zastosowań.

a. Najprostsza strategia stacjonarna /drogi podstawowe bez przebiegu/

W układach sieci wielobocznej, nawet z centrami ruchu przychodzącego, strategia ta nie stawia systemom praktycznie żadnych wymagań.

W sieciach gwiazdzystych strategia najprostsza wymaga bądź to przyjęcia jawnej numeracji kierunków w relacjach, do których odnosi się struktura gwiazdzista, bądź też stosowania w takich przypadkach na ramionach gwiazdy dodatkowego wyposażenia węzłów komutacyjnych, tj. urządzeń umożliwiających absorpcję cyfr i pozwalających na wyposażenie tych węzłów w liczbę stopni rozdzielczych mniejszą niż w centralach strefy wewnętrznej, strefy o budowie najczęściej wielobocznej. Dotyczy to systemów w zasadzie bezrejestrowych /tj. takich, w których urządzenia rejestrujące są tylko wyposażeniem dodatkowym wybranych węzłów/; dla systemów rejestrowych omawiana strategia nie stawia żadnych wymagań w dowolnej strukturze sieci.

b. Najprostsza strategia niestacjonarna /bez przelewu ruchu, lecz z komutacją krosową/

Strategia ta stawia systemom komutacyjnym wymagania wzbogacające w stosunku do poprzedniej o potrzebę wyposażenia węzłów w dodatkowe układy komutacji krosowej i o warunek takiego przygotowania zwielokrotnień cząstkowych wyjść pól komutacyjnych, aby odpowiadały one warunkom przeorganizowania wiązek w przypadkach, gdy przeorganizowanie to ma mieć charakter okresowy. Obok tego omawiana strategia wymaga wyposażenia central komutacyjnych w urządzenia obserwacji ruchu, konieczne ze względu na podstawowe cechy strategii niestacjonarnej.

c. Strategia statyczna stacjonarna oparta na drogach kolejnego wyboru

Istotnym wymaganiem jest tu możliwość powtarzania przez system sygnałów wybierczych wysyłanych do węzłów na trasie tworzonego połączenia. Dla systemów bez sygnalizacji zwrotnej możliwości stosowania omawianej strategii są bardzo ograniczone, sprowadzone praktycznie tylko do alternatywnego wyboru dróg dołączonych bezpośrednio do węzła wyjściowego. Dla systemów z sygnalizacją zwrotną możliwości stosowania tej strategii są z reguły w pełni realizowalne.

d. Najprostsza strategia dynamiczna stacjonarna oparta na wyborze nieuwarunkowanym z powtarzaniem prób zestawienia połączenia

Oprócz wymagań wymienionych w punkcie c/, strategia ta wymaga

szczególne oprogramowania pracy rejestru wyjściowego. Nie jest to strategia perspektywiczna z uwagi na związany z jej stosowaniem niepomijalny wzrost ruchu jałowego w sieci.

e. Strategia statyczna niestacjonarna

Wymagania stawiane przez tę strategię są połączeniem wymagań wg punktów b/ i c/.

f. Najprostszą strategią dynamiczną niestacjonarną

Wymagania i omówienia dotyczące tej strategii stanowią połączenie treści punktów b/ i d/.

g. Strategia dynamiczna stacjonarna

Można tu raczej mówić o rodzinie strategii dynamicznych. Sprawa zdefiniowania optymalnych strategii dynamicznych jest jeszcze otwarta. Z wyjątkiem najprostszej, wszystkie strategie dynamiczne wymagają znajomości, przez organ decydujący o wyborze drogi, stanów ruchowych na wszystkich potencjalnych trasach tworzenia drogi połączeniowej. Stąd wynikają warunki wyposażenia sieci bądź to w centralny ośrodek sterujący, bądź też w zespół współpracujących ośrodków wymieniających informacje o stanach ruchowych i sprawnościowych sieci. Dla pojęcia o stanach sprawnościowych informacje mogą mieć wartość decyzyjną; dla informacji o stanach ruchowych istotne są dotychczas wątpliwości wymienione w punkcie 4.2.

h. Strategia dynamiczna niestacjonarna

Proste odmiany strategii z tej rodziny wymagają, oprócz wymagań omówionych w punkcie g/, dodatkowo: pamięci stanów ruchowych, programu wychwytywania i weryfikacji zależności powtarzających się periodycznie oraz układów komutacji krosowej i odpowiednich planów ewentualnych zwielokrotnień cząstkowych. Obecnie wymagania te nie mają stosownego odbicia w eksploatowanych systemach komutacyjnych, wydaje się jednak, że możliwe skojarzenie systemów komutacyjnych o podziale czasowym z realizacją w telefonii zasady "komutacji razowej" /termin tłumaczony bezpośrednio z języka rosyjskiego [19]/, mogą otworzyć nowe perspektywy rozwoju dla tej rodziny strategii.

5. PROBLEMY PRZESTRAJANIA SIECI

5.1. Pojęcie i celowość przestrajania sieci

Zagadnienie przestrajania sieci nabiera obecnie coraz większej wagi wśród problemów związanych z optymalizacją sieci telekomunikacyjnych. W niniejszym punkcie zreferowane są skrótowo najistotniejsze problemy przestrajania sieci, sformułowane w oparciu o pracę Ch.M. Chaszimowa [2].

Zgodnie z [2], sieć bez możliwości tworzenia dróg kolejnego wyboru i bez możliwości przeorganizowywania wiązek łączy w poszczególnych relacjach przez zmiany przyporządkowania łączy /lub ich niepodzielnych grup/ w obrębie sieci kanałów pomiędzy węzłami sieci, nazywana jest **siecią niekomutowaną**.

Sieci niekomutowane, najprostsze ze względu na strukturę i na algorytmy sterowania, są jednak najbardziej wrażliwe na wpływy uszkodzeń łączy, lub ich grup, na uszkodzenia wyposażenia węzłów i na wpływy sporadycznych przeciążeń ruchowych; czynniki te prowadzą często do poważnego obniżenia efektywności obsługi zgłoszeń.

Wymienione cechy sieci niekomutowanej są oczywistym skutkiem braku w nich mechanizmów "wzajemnej pomocy", wyrażającej się bądź to przelewem ruchu z nazbyt przeciążonych wiązek na inne wiązki w sieci, bądź też przerzucaniem łączy z wiązek mniej obciążonych na rzecz organizowania dodatkowych łączy dla wiązek przeciążonych.

Mimo wprowadzenia cytowanego określenia sieci niekomutowanych przez samego Chaszimowa, zalicza on do sieci niekomutowanych również sieci z hierarchicznymi układami dróg kolejnego wyboru. Klasyfikacja taka nie wydaje się przekonywująca. W niniejszym artykule wykorzystamy dla sieci ze sztywno ustalonymi, hierarchicznymi drogami kolejnego wyboru inne hasło, a mianowicie - **najprostsze sieci komutowane**.

Najprostsze sieci komutowane wykazują zwiększoną w stosunku do sieci niekomutowanych obciążalność ruchową. Jest to bezpośrednia analogia do porównywania układów k wiązek doskonałych N-łączowych z układem k . N-łączowej wiązki niedoskonałej. Jednakże /znowu tak samo jak w przypadku wiązek niedoskonałych, w których projektowaniu naczelną zasadą jest zachowanie symetrii ruchowej, zaś najistotniejszą przestroga - niedopuszczanie do nadmiernych prze-

ciężen ruchowych poszczególnych wielokroci prostych, stanowiących podstawowe elementy układu zwielokrotnienia cząstkowego wyjść/ sieci te są wrażliwe na lokalne przeciążenia, wynikające bądź to z wahań wartości strumieni ruchu oferowanego, bądź też z uszkodzeń łączy w liniach międzycentralowych. Jest to szczególnie widoczne w układach symetrycznych wg rys. 4. Pewne zmniejszenie ujemnego wpływu przeciążeń lokalnych może przynieść stosowanie częściowo symetryzowanych układów hierarchicznego przelewu z wiązkami bezpieczeństwa, tj. układów wg rys. 5. Na znaczenie tego pierwszy wskazał A. Lotze w roku 1966 [11]. Warto tu wspomnieć o polskiej pracy A. Miernika [13], który rozważył możliwość stosowania w sieciach międzymiastowych układów przelewu wzajemnego, tj. układów k wiązek łączy, z których każda może oferować w drodze przelewu zgłoszenia na pozostałe k-1 wiązek. Zwiększa to obciążalność rozważanych k wiązek łączy a jednocześnie wymaga zwiększenia w sieci liczby łączy w wiązkach przejmujących powstające przelewy ruchu jako zgłoszenia tranzytowe. W warunkach ustalonych wartości ruchu oferowanego i stałej liczby sprawnych łączy w wiązkach, układy przelewu wzajemnego nie wykazują istotnych zalet w stosunku do układów klasycznych przelewu jednostronnego wg rys. 4. Wykazują one jednak warte uwagi zalety jako elementy strukturalnie sieci, przeciwdziałające wpływom lokalnych przeciążeń odcinków sieci, sprzyjające wygładszonemu rozkładowi nadmiarów ruchu na więkzszą liczbę wiązek i uzyskiwaniu przez to korzystnej charakterystyki niezawodnościowej sieci przy stosunkowo niskich kosztach jej budowy. Sieć opartą na zasadzie przelewu wzajemnego można nazwać **p r o s t ą s i e c i ą k o m u t o w a n ą**. Jest ona swego rodzaju następnym krokiem po sieci najprostszej do sieci komutowanej wg Chaszimowa.

S i e c i ą k o m u t o w a n ą, wg Chaszimowa, nazywana jest sieć, w której drogi połączeniowe tworzone są indywidualnie dla obsługi każdego zgłoszenia. Do zestawienia drogi mogą być tu wykorzystywane dowolnie wybrane zestawy odcinków łączy międzywęzłowych w ramach zestawów dopuszczalnych systemowo dla obsługi określonego zgłoszenia /a więc zestawy nie tworzące pętli w sieci, spełniające warunki stawiane przez jakość transmisji oraz uzależnione od rachunku ekonomicznego kosztów i zysków z usług telefonicznych/. Tak określona sieć komutowana jest typową siecią o dynamicznej strategii sterowania ruchu.

Uwzględniając zmienność strumieni zgłoszeń w czasie i w prze-

strzeni, Chaszimow [2] formułuje pogląd o celowości podziału sieci na dwie części: na sieć niekomutowaną, załatwiającą podstawową część każdego ze strumieni ruchu i na sieć komutowaną, załatwiającą szczyty ruchu. Sieci te powiązane są ze sobą przelewem ruchu, ale różnią się wyposażeniem i kosztami ich budowy. Tak utworzoną wspólną sieć nazywa Chaszimow siecią przestrajalną lub częściowo komutowaną.

Sieci przestrajalne mają kilka cech korzystnych, a mianowicie:

1. Zapewniają dobre wykorzystanie wyposażenia sieci i jej korzystną charakterystykę niezawodnościową, niewiele tylko /przy prawidłowym zaprojektowaniu/ ustępujące jakości sieci komutowanej.
2. Są tańsze i łatwiejsze do budowy niż sieci komutowane, ponieważ kontrola stanów ruchowych dla wybo. u drogi zestawiania połączenia dotyczy tylko łączy komutowanej części sieci i wspomagana jest tylko łatwo uzyskiwanymi informacjami o wartościach średnich i o aktualnych stanach sprawnościowych całej sieci. Cecha ta nie uwidoczniła się w trywialnych, lecz ważnych praktycznie przypadkach sieci komutowanych najprostszych i prostych.
3. Mogą być w praktyce wyraźnie tańsze i łatwiejsze do budowy niż sieci komutowane /nawet trywialne/, ponieważ koncepcja ich umożliwia wykorzystywanie w niekomutowanej części sieci istniejących, z reguły prymitywnych systemów komutacyjnych o sterowaniu bezpośrednim. Organizacja przelewu ruchu na sieć komutowaną wymaga jedynie uwzględnienia warunku: "jeżeli wiem, z jakiej wiązki podawane jest zgłoszenie, to wiem, jakie cyfry zostały już wykorzystane do zestawienia połączenia".

Sieci przestrajalne wg przedstawionej koncepcji Chaszimowa są to układy odpowiadające określeniu sieci wtórnych. Wydaje się, że dla całościowego potraktowania tematu jest to przypadek szczególny. W pojęciu ogólnym sieci przestrajalnej /nawet wtedy, gdy interesuje nas szczególnie wybrana sieć wtórna/ warto uwzględnić możliwości sięgania do rezerwowych kanałów transmisyjnych, a nawet do możliwości czasowego przerzucania kanałów transmisyjnych z jednej sieci wtórnej do innej /korzystających z urządzeń wspólnej dla nich sieci pierwotnej/. Z tego względu do sieci przestrajalnej w sensie Chaszimowa odnosić będziemy hasło "przestrajalna

sieć wtórna" z ewentualnym wstępnym określeniem: "najprostsza" lub "prosta", dla ujęcia omówionych, trywialnych, lecz bardzo istotnych dla obecnego etapu rozwoju sieci przypadków.

5.2. Tendencje wielowarstwowej budowy sieci

Zagadnienia przestrajalnych sieci wtórnych znalazły wyraz w publikowanych równoległe do omówionej pracy Chaszimowa [2] pracach radzieckich naukowców z moskiewskiej szkoły Akademii Nauk ZSRR [8, 9]. Najogólniej biorąc, w pracach tych uwzględniona jest możliwość dodatkowego podziału sieci komutowanej na dwie warstwy: na warstwę komutowaną najbardziej rzadko i w oparciu o przesłanki uzyskane w stosunkowo długich okresach czasu, tj. na warstwę opartą na koncepcji komutacji krosowej i na warstwę komutowaną w zależności od aktualnej sytuacji ruchowej. Wspomniane prace, z których pierwsza [8] prezentuje koncepcję trzywarstwowej struktury sieci, zaś druga [9] omawia podstawowe możliwości tworzenia układów komutacji krosowej, są pracami podstawowymi, formułującymi zasadnicze zarysy problemu. Można spodziewać się, że przyczyniły się one już do opracowania w jednostkach projektowych ZSRR i innych krajów odpowiednich metod praktycznych. W Polsce prace nad tym zagadnieniem prowadzone są z inicjatywy Instytutu Łączności/ w Instytucie Automatyki Politechniki Warszawskiej.

Sieć trzywarstwowa jest to sieć wtórna, w której wyróżnione są:

- łącza służące tylko do załatwiania jednoznacznie określonych strumieni ruchu, tj. łącza sieci niekomutowanej, tworzące pierwszą warstwę;
- łącza powiązane z układami komutacji krosowej, tworzące drugą warstwę, będące swego rodzaju elastycznym dodatkiem do warstwy pierwszej lub do warstwy trzeciej;
- łącza sieci komutowanej, tworzące trzecią i ostatnią warstwę, załatwiające szczyty ruchu, w założeniu - zgodnie z koncepcją strategii dynamicznej, aczkolwiek w praktyce obecnej uwzględniane są na ogół strategię bazujące na znacznie bardziej ograniczonych informacjach o stanach ruchowych sieci.

Wydaje się intuicyjnie oczywiste, że sieć trzywarstwowa powinna być korzystna ekonomicznie ze względu na stosunkowo proste sterowanie, przy zachowaniu walorów obciążalnościowych i przecią-

zależnościowych zbliżonych do cech sieci komutowanej. Dotychczas jednak nie można raczej poprzeć precyzyjnie takiego poglądu za pomocą odpowiednich ocen ilościowych. Bardzo istotną natomiast cechą sieci trzywarstwowej wydaje się możliwość stopniowej racjonalizacji rozwoju sieci telefonicznej w miarę postępu wprowadzanej do niej, zmieniającej się ilościowo i jakościowo, puli nowych urządzeń technicznych. Nawet poczynając od stanu sieci niekomutowanej lub też konglomeratu sieci niekomutowanej z najprostszą siecią komutowaną można spodziewać się dobrych wyników omawianej racjonalizacji rozwoju sieci w oparciu o koncepcję sieci trzywarstwowej. W miarę wyposażania węzłów sieci w urządzenia do pomiarów ruchu można mówić o możliwościach wprowadzania komutacji krosowej i o strategiach niestacjonarnych. W dalszym rozwoju sieci można podnosić jej walory przez stopniowe udoskonalanie warstwy sieci komutowanej poprzez jej przebudowę od trywialnego rozwiązania najprostszego do rozwiązania właściwego, tj. do wykorzystania strategii dynamicznej.

Uzyskujemy tu obraz stopniowego, niejako naturalnego, przekształcania sieci, z sukcesywnym podnoszeniem jej walorów odpornościowych i przeciążalnościowych, a także w pewnej mierze i obciążalnościowych. Przekształcanie sieci jest przy tym oszczędne pod względem konieczności uruchamiania dużych nakładów inwestycyjnych na bardzo nowoczesne i często jeszcze nie opanowane produkcyjnie i eksploatacyjnie urządzenia.

Przedstawione uwagi pozwalają na postawienie wniosku, że w większości zadań projektowania ilościowego sieci łączy można z wystarczającą dokładnością wykorzystywać dwa rodzaje pomocniczych, dostępnych bez większych trudności materiałów tabelarycznych:

- Dla systemów bezrejestrowych: stosowanie tablic Erlanga, tablic BPO /British Post Office/ dla stopniowań, bądź też tablic wzoru mPJ [10] i tablic adaptacji wzoru mPJ do zwielokrotnień cząstkowych różnych typów [5].
- Dla systemów z wybierakami krzyżowymi i dla systemu elektronicznego E-10: stosowanie hierarchicznego układu dróg kolejnego wyboru z wiązkami bezpieczeństwa i wykorzystywanie tablic opartych na tzw. "procedurze RDA" [20, 21], służącej do przybliżonej oceny obciążalności układów wiązek doskonałych i zwielokrotnień cząstkowych z przelewem ruchu. Procedura ta nawiązuje do podstawowych prac nad oceną obciążalności układów z przele-

wem ruchu [22] i jest praktycznym wyrazem wykorzystania tych prac dla układów komutacyjnych z cząstkowym zwielokrotnieniem wyjść [12].

Warto wspomnieć, że do rozeznania i ustalenia poglądu o przydatności układów przelewu ruchu z wiązkami bezpieczeństwa przyczyniła się praca polska A. Rucińskiego [16], który wniósł szereg nowych naświetleń do zagadnienia oceny efektywności obsługi poszczególnych strumieni ruchu, załatwianych przez wspólną wiązkę przelewową.

6. PROBLEMATYKA KIEROWANIA RUCHU W SIECI KRAJOWEJ POLSKI

6.1. Możliwości i celowość stosowania różnych strategii

Jak wynika z wcześniejszych omówień, możliwość stosowania podstawowych strategii kierowania ruchu telefonicznego w sieci krajowej uwarunkowana jest decydująco cechami systemów komutacyjnych, instalowanych w procesie rozwoju jej sieci oraz możliwością wyposażenia węzłów sieci w urządzenia do pomiarów ruchu i w układy komutacji krosowej.

Można więc stwierdzić, że:

- dla systemów central telefonicznych bezrejestrowych możliwe jest stosowanie tylko najprostszej strategii statycznej /stacjonarnej lub niestacjonarnej/, co daje już możliwość budowy prostego wariantu rozwiązania trywialnej sieci dwuwarstwowej;
- dla central z wybierakami krzyżowymi możliwe jest stosowanie nieco bardziej rozwiniętej strategii statycznej /stacjonarnej lub niestacjonarnej/, opartej na hierarchicznych układach dróg kolejnego wyboru;
- dla central elektronicznych już dziś możliwe jest standardowe stosowanie strategii identycznych jak dla central z wybierakami krzyżowymi, zaś w przyszłości - również strategii dynamicznych, po sprecyzowaniu i zweryfikowaniu praktycznych algorytmów takich strategii dla centrów sterowania siecią i po powiązaniu tych centrów drogami wymiany informacji o stanach ruch-

wych i sprawnościowych gałęzi i węzłów wtórnej sieci telefonicznej, przez nie nadzorowanej.

Obok wymienionych wariantów, odnoszących się do najistotniejszych dziś praktycznie rodzajów automatycznych central telefonicznych, warto wspomnieć o możliwościach związanych z kojarzeniem tych różnych rodzajów central w jednej sieci strefowej czy też krajowej. I tak np. warunki stosowania wariantu przypisywanego możliwościom systemowym central z wybierakami krzyżowymi są osiągalne i dla stosowania central bezrejestranych w warstwie sieci niekomutowanej /w jej całości lub w dowolnej części/ z wykorzystaniem central systemu rejestrowego do budowy warstwy najprostszej sieci komutowanej. Warstwa komutacji krosowej może być tworzona w oparciu o dowolny z wymienionych systemów i, oczywiście, systemy rejestrowe mogą wchodzić w skład warstwy sieci niekomutowanej. W aktualnej problematyce automatyzacji międzymiastowej sieci telefonicznej w Polsce przykład współpracy central bezrejestranych i central rejestrowych we wspólnej sieci ma kapitalne znaczenie praktyczne. Jest to zagadnienie najbardziej właściwego ustawienia współpracy nowej sieci automatycznych central międzymiastowych z istniejącą, bezrejestrową siecią "miasto-miasto". Trzeba jednak podkreślić, że prezentowany tu przykład dotyczy tylko wybranej części zagadnień współpracy nowych central z urządzeniami sieci "miasto-miasto".

Łączenie omawiania możliwości stosowania różnych strategii kierowania ruchem z rozważaniem rozwiązań technicznych automatycznych central telefonicznych, i to central możliwie nowoczesnych, jest swego rodzaju naturalną tendencją, uzasadnioną rozwojem techniki telekomutacyjnej i rozpowszechnianiem się automatyzacji zestawiania połączeń. Obok tego warto jednak uwzględnić fakt, że /jak dotychczas/ największe możliwości elastycznej organizacji dowolnej strategii kierowania ruchem można przypisywać centralom ręcznym, a bardziej ściśle - centralom, w których rolę centralnych organów sterujących pełnią ludzie. Zasadniczym niedostatkiem takich central, w stosunku do central automatycznych, jest stosunkowo długi czas potrzebny na zestawienie połączenia i na reakcję układu na zmieniające się stany obciążeniowe i sprawnościowe sieci. Ten ostatni mankament może być znacznie zmniejszony przez wspomaganie pracy ludzi pomocniczym wyposażeniem informatycznym /komputerami o dodatkowych możliwościach automatycznej wymiany in-

formacji z innymi komputerami w układzie i urządzeniami technicznymi własnego węzła/.

Elastyczność systemu sterowania czyni z central ręcznych cenny środek technicznego zabezpieczenia możliwości pracy najważniejszych elementów sieci telekomunikacyjnej w warunkach skrajnych i niemożliwych do precyzyjnego przewidzenia zakłóceń. Nie chodzi tu o pochwałę urządzeń prymitywnych, przysłowiowych "kłapek i wtyczek". Na uwagę zasługuje raczej nowoczesny związek "człowiek-maszyna" wg modelu "sputnik". Takie właśnie skojarzenie nowoczesnej techniki z obsługującym ją człowiekiem legło u podstaw awaryjnego systemu łączności telekomunikacyjnej w Japonii, wyraźnie narażonej na destrukcyjne wpływy możliwych trzęsień ziemi.

Wszystkie dotychczasowe omówienia dotyczyły kierowania ruchem telefonicznego w sieci telekomunikacyjnej w oparciu o pojęcia strategii, związane z określeniem wtórnej sieci telefonicznej. Nie rozbudowując tej tematyki, trzeba jednak wspomnieć o możliwościach przestrajania sieci pierwotnej przez zmiany przyporządkowania grup kanałów telekomunikacyjnych do różnych sieci wtórnych i do różnych gałęzi łączących bezpośrednio węzły komutacyjne sieci. Takie przestrajanie sieci pierwotnej nie jest procesem wewnętrznym tej sieci. Uzasadnione jest ono modelowanymi lub przewidywanymi kłopotami sieci wtórnych. Z jednej strony uwydatnia się tu problem decyzyjny: "jak najwłaściwiej rozdzielić kanały pomiędzy żądające ich sieci wtórne?", z drugiej zaś strony zagadnienie: "jak przywrócić sieciom wtórnym przypisane im liczby łączy w przypadku konieczności wyłączenia z pracy pewnych grup kanałów sieci pierwotnej?". Pierwszy problem dotyczy stanów przeciążeniowych i niesprawności łączy, obserwowanych w obrębie sieci wtórnych i wywołujących niekiedy zapotrzebowanie na dodatkowe kanały /na ogół dla wymiany grup kanałów w gałęziach, rzadziej - dla organizacji dodatkowych łączy w kierunkach bezpośrednich/ w sieci pierwotnej. Drugi problem dotyczy głównie stanów sprawności kanałów, nadzorowanych bezpośrednio przez urządzenia sieci pierwotnej.

Pogląd o celowości stosowania różnych strategii kierowania ruchem w sieci telefonicznej daje się streścić w twierdzeniu, że w sieci krajowej powinny być wprowadzane możliwie nowoczesne systemy komutacyjne. Zasadniczym celem jest tu rozbudowa sieci automatycznej. Trzeba jednak uwzględnić potrzebę właściwego wykorzy-

stania istniejących urządzeń, o możliwościach ograniczonych, lecz jeszcze w pełni sprawnych technicznie.

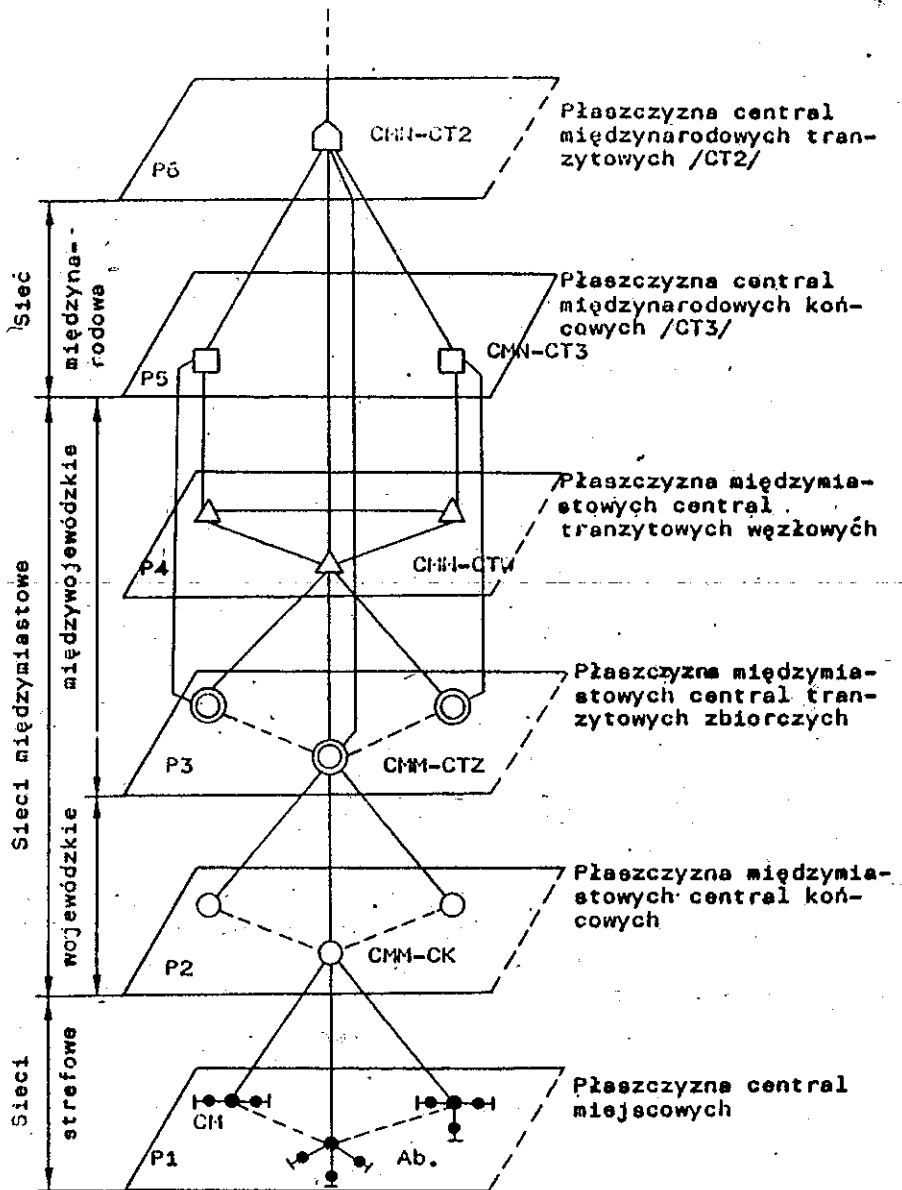
6.2. Prace prowadzone w kraju

Prace nad zagadnieniami niezawodności i odporności na nieprzewidziane narażenia sieci telekomunikacyjnych oraz nad związanymi z tym problemami kierowania ruchu telefonicznego prowadzone są od początku lat siedemdziesiątych przez Instytut Łączności i są sukcesywnie rozwijane i rozszerzane przez szereg innych placówek, z których wymienić trzeba /wspomniany już/ Instytut Automatyki Politechniki Warszawskiej oraz Instytut Systemów Telekomunikacyjnych Wojskowej Akademii Technicznej. Pomijając tu publikacje nie dotyczące bezpośrednio kierowania ruchu telefonicznego oraz opracowania wewnętrzne, dostępne tylko w postaci maszynopisów, wspomnieć należy wymienione wcześniej prace A. Rucińskiego i J. Miernika [16, 13], ciekawą przyczynkową pracę A. Pawlickiej [14] oraz bardzo istotne dla praktyki opracowanie [24] wykonane przez Instytut Łączności na polecenie Departamentu Służby Eksploatacyjnej Ministerstwa Łączności.

Ostatnia ze wspomnianych publikacji [24] pt. "Zasady kierowania ruchu w sieci łączy telefonicznych międzymiastowych i międzynarodowych" zasługuje na szersze omówienie, chociaż warto wspomnieć, że jej główni autorzy: dr inż. A. Brodowski i mgr inż. J. Zabowski zapowiedzieli obszernie omówienie tego tematu na łamach "Biuletynu Technicznego MK".

Podstawowe założenia [24] określają międzymiastową sieć łączy telefonicznych PRL jako typową sieć z hierarchicznym układem dróg kolejnego wyboru. Schemat powiązań między centralami takiej sieci, z uwzględnieniem podziału hierarchicznego na płaszczyzny, pokazany jest na rysunkach 7 i 8. Schemat ten oparty jest jednak na dwóch podstawowych założeniach, umożliwiających niejednoznaczną interpretację. Są to założenia, że:

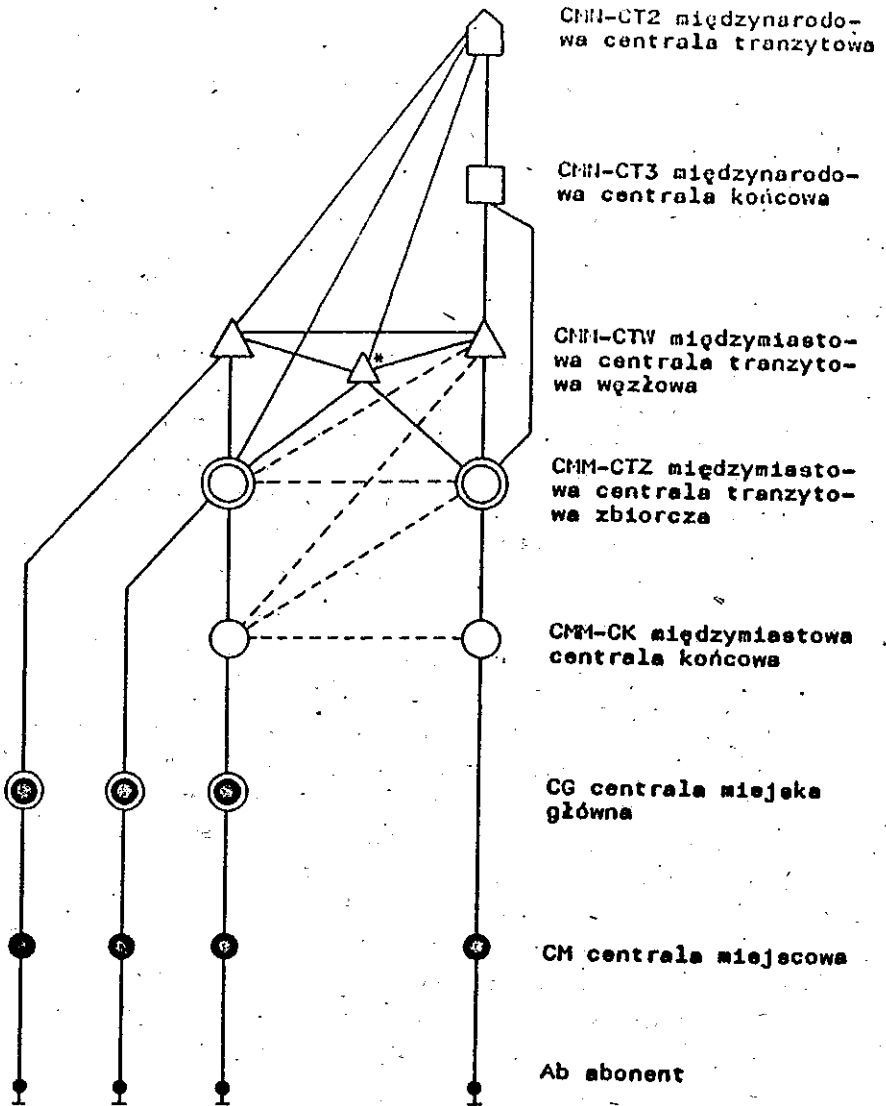
1. Hierarchia płaszczyzn jest ustalona sztywno, tj. że np. określonej centrali zbiorczej "patronuje" jedna centrala węzłowa, przez którą powinny być realizowane drogi hierarchiczne, a więc drogi ostatniego wyboru dla wszystkich relacji międzymiastowych.
2. Z punktu widzenia wyboru kierunków łączenia, w każdej centrali



Rys. 7. Podział sieci krajowej na płaszczyzny central z punktu widzenia połączeń krajowych i międzynarodowych.

Oznaczenia:

- łączą ostatniego wyboru
- - - - - łącza bezpośrednie



Rys. 8. Powiązania central automatycznej sieci telefonicznej resortu łączności

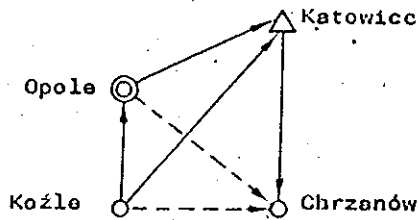
międzydzielnicową mogą być organizowane co najwyżej dwie drogi kolejnego wyboru, przy czym druga /droga ostatniego wyboru kierunku wyjściowego z centrali dla określonej relacji/ powinna być drogą o niskim poziomie strat prawdopodobnych.

Niejednoznaczność układu tych założeń ujawnia trzecie założenie, ustalające, że:

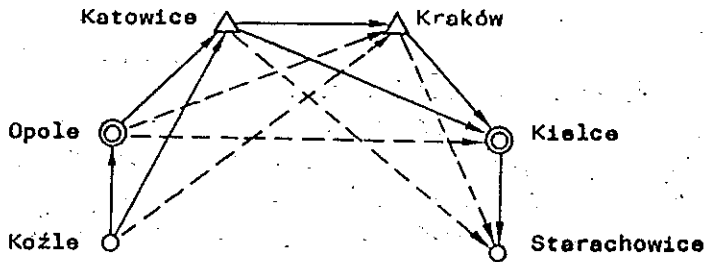
3. Podział na kierunki łączenia wyposażone w wiązki wysokiego wykorzystania /pierwszego wyboru/ i na kierunki obsługiwane przez wiązki o niskich stratach /wiązki ostatniego wyboru/ jest uzależniony nie tylko od schematu hierarchii płaszczyzn sieci, lecz i od wartości ruchu kierowanego na wiązkę. Praktycznie, każda wiązka łączy, na którą kierowany jest ruch o wartości oczekiwanej przekraczającej 45 erlangów, może /zgodnie z ustaleniami omawianego dokumentu/ być kierunkiem ostatniego wyboru. Kierunek taki nie musi pokrywać się z drogą hierarchiczną wg założenia 1/, co widać wyraźnie na rys. 9, zacytowanym bezpośrednio z publikacji [24].

Oprócz sygnalizowanej niejednorodności opisu układu hierarchicznego sieci międzydzielnicowej wg wytycznych publikacji [24], na uwagę zasługuje również Zasada 16 umieszczona w punkcie 2.6 na stronie 8 omawianego dokumentu. Zasada ta mówi, że "każda międzydzielnicowa centrala tranzytowa zbiorcza powinna być połączona bezpośrednią wiązką łączy o małych stratach w obu kierunkach z centralą międzydzielnicową węzłową w Warszawie", przy czym punkt 2.6 ma tytuł: "Kierowanie ruchu międzynarodowego w sieci krajowej". W zestawieniu z tą zasadą budzi wątpliwości treść Zasady 13 /wątpliwe sformułowania podkreślone/ mówiącej, że: "Pomiędzy ACMN-CT2 w Warszawie i ACMN-CT3 w Katowicach i w Szczecinie będą wydzielone wiązki łączy międzynarodowych w obu kierunkach dla realizacji ruchu tranzytowego i przelewowego przez ACMN-CT2 w Warszawie.

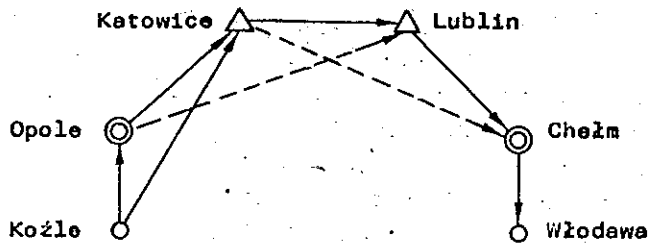
Przedstawione uwagi, choć może najistotniejsze, nie wyczerpują całości tematyki związanej z analizą dokumentu [24]. Nie są one również wynikiem chęci podważania praktycznej wartości tego dokumentu. Mają one natomiast na celu podkreślenie otwartości zakresu badań nad zagadnieniami kierowania ruchu telefonicznego, nawet w obszarach objętych akceptowanymi przez kierownictwo resortu łączności dokumentami. Poparciem dla takiego poglądu może być wypowiedź dyrektora Departamentu Służby Telekomunikacyjnej na



a/ Drogi alternatywne w relacji Koźle-Chrzanów



b/ Drogi alternatywne w relacji Koźle-Starachowice



c/ Drogi alternatywne w relacji Koźle-Włodawa

Rys. 9. Przykłady tworzenia dróg połączeniowych we fragmentach sieci krajowej

- wiązki wys. wykorzyst.
- wiązki o małych stratach
- △ CM1-CTW
- ⊙ CM1-CTZ
- CM1-CK

konferencji zorganizowanej i prowadzonej przez Ministra łączności w końcu pierwszej połowy roku 1978, a poświęconej problematyce zwiększenia efektywności prac doktorskich i habilitacyjnych. Na konferencji tej Dyrektor DST zgłosił 5 propozycji zadań potrzebnych dla praktyki, a możliwych do włączenia do tematyki prac doktorskich. Jedną z propozycji było opracowanie nowych, perspektywicznych zasad kierowania ruchu w międzymiastowej i międzynarodowej sieci telefonicznej kraju.

WYKAZ LITERATURY

1. Bretschneider G.: Die Berechnung von Leitungsgruppen für überfließenden Verkehr in Fernsprechwählanlagen. Siemens-Halske Sonderdruck SH 5129, München 1956.
2. Chašimow Ch.M.: Voprosy perestroenija na telefonnyh setjach. W: "Sistemy raspredelenija informacii". Praca zbiorowa. Moskwa; Nauka 1972 s. 196-200.
3. Dejean J., Grandjean Ch.: Transitions in the occupation condition of a group of switches. Elect. Commun. 1967. nr 2. s. 261-268.
4. Grandjean Ch.: Verfahren der Leitweglenkung in Nachrichtennetzen. Elekt. Nachrichtenwes. 1967 nr 3 s. 208-215.
5. Herzog U.: Adaptation of the MPJ loss formula to gradings of various type. Institute for Switching and Data Technics, Technical University Stuttgart. 4th Report on studies in congestion theory. Sztuttgart, 1967.
6. Herzog U., Lörcher W., Lotze A., Scherer R.: Alternate routing tables for the economic dimensioning of telephone networks. IfSaDT, Univ. Stuttgart, Sztuttgart 1973.
7. Klimontowicz A.: Generacja i rozptyw zainteresowań w ruchu telefonicznym. Biul. Inf. It. 1977 nr 15 /166/.
8. Kovaleva V.D., Charkevič A.D.: Nekotorye soobraženija o trech-slojnom postroenii seti svjazi. W: "Sistemy raspredelenija informacii". Moskwa Nauka 1972, s. 54-61.
9. Kovaleva V.D., Melik-Gajkazova E.I.: O postroenii avtomatičeskich sistem krossovoj kommutacii. W: Sistemy raspredelenija informacii. Praca zbiorowa. Moskwa: Nauka 1972, s. 154-160.

10. Lotze A., Wagner W.: Table of modified Palm-Jacobaeus loss formula. IfSaDT, Univ. Stuttgart, Sztuttgart 1963.
11. Lotze A.: Verkehrstheoretische Fragen bei der Gestaltung internationaler Fernwahlnetze. Nachrichtentech. Z. 1966. nr 11 s. 633-639.
12. Lotze A.: History and development of grading theory. Proc. of the Vth International Telettraffic Congress. New York 1967, s. 148-161.
13. Miernik J.: Ocena obsługi ruchu w układzie wiązek doskonałych z przelewem wzajemnym. 1978 Rozprawa doktorska. Politechnika Warszawska, Wydział Elektroniki, Warszawa.
14. Pawlicka A.: Automatyczny tranzyt międzymiastowy w zagadnieniach kierowania i pomiarów ruchu telefonicznego. Biuletyn Inf. Ił 1978 nr 3 /169/.
15. Rapp Y.: Planning of junction network in a multi-exchange area. Ericsson Tech. 1964 nr 1 s. 77-130 i 1965 nr 2 s. 187-240.
16. Ruciński A.: Ocena efektywności obsługi strumieni składowych ruchu przelawowego. Referaty Inet. Telekom. P.W. 1978 z. 53.
17. Schwärtzel H.: Die verkehrsabhängige Regelsteuerung für Leitweglenkung in Fernsprechnetzen. Arch. elekt. Übertr. 1965 nr 3 s. 150-154.
18. Schwärtzel H., Tillman H.: Flexible Leitweglenkung im weltweiten Fernsprechnet. Siemens Inform. Fernsprech-Vermittlungstechnik, 1967 nr 2 s. 117-123.
19. Sistemy razovoj kommutacii. Praca zbiorowa. Moskwa: Nauka 1972.
20. Tables for variance coefficient D and overflow traffic R of one stage gradings with limited access. IfSaDT, Univ. Stuttgart. Sztuttgart 1965.
21. Tables for overflow variance coefficient and loss of gradings full available groups. IfSaDT, Univ. Stuttgart. Sztuttgart 1966.
22. Wallström B.: Congestion studies in telephone systems with overflow facilities. Ericsson Tech. 1966 nr 3 s. 187-351.
23. Wilkinson R.I.: Theories for toll traffic engineering in the USA. Bell System Tech. J. 1956 nr 2 s. 424-514.
24. Zasady kierowania ruchu w sieci łączy telefonicznych międzymiastowych i międzynarodowych. MŁ Dep. Służby Telekom. /opracowanie Ił/. Warszawa 1976.

