

Włodzimierz SOSNOWSKI

PWPT WASKO Sp. z o.o., Zakład Systemów Telekomunikacyjnych

WYMIAROWANIE SIECI SS7

Streszczenie. Niniejszy referat przedstawia elementy wymiarowania sieci sygnalizacji nr 7. Omówiono całkowity czas przesyłania wiadomości sygnalizacyjnej między węzłami początkowym i końcowym, oraz przedstawiono model używany do wyznaczania czasu kolejkwania jednostki sygnalizacyjnej w buforze wyjściowym łącza sygnalizacyjnego.

MEASUREMENT OF SIGNALLING SYSTEM No. 7 NETWORK

Summary. This paper presents elements of dimensioning resources in signalling system No. 7 Networks. It describes overall message transfer time between the point of origin and the point of destination. It presents model used to determine queuing delays in output buffer of signalling link.

1. Wstęp

System sygnalizacji międzycentralowej umożliwia centralom automatycznym wymianę informacji pozwalających na zestawienie łącza informacyjnego dla danych użytkownika. Przez pojęcie danych użytkownika rozumie się zarówno sygnały mowy (np. telefonia analogowa), jak i dane cyfrowe dowolnego typu (np. dla abonentów sieci ISDN).

Można stwierdzić, że "praprzodkiem" systemu sygnalizacji były telefonistki w centralach ręcznych, które w celu zestawienia połączenia telefonicznego posługiwały się słownymi komunikatami. Systemy sygnalizacji między centralami automatycznymi również operują zestawem komunikatów. W przypadku pierwszych systemów sygnalizacji zestaw komunikatów był raczej skromny i umożliwiał przekazanie centrali wywoływanej jedynie numeru abonenta wy-

woływanego oraz informacji identyfikujących łącze informacyjne, które zostało zajęte przez centralę wywołującą dla zestawianego połączenia.

Wszystkie systemy sygnalizacji istniejące do połowy lat siedemdziesiątych były systemami sygnalizacyjnymi w kanale skojarzonym CAS (ang. *Channel-associated Interexchange Signalling*). Cechą tego rodzaju sygnalizacji jest przyporządkowanie jednego łącza sygnalizacyjnego do jednego łącza informacyjnego. Systemy te są wciąż jeszcze używane, ale stopniowo są wypierane przez systemy sygnalizacji w kanale wspólnym CCS (ang. *Common-Channel Interexchange Signalling*).

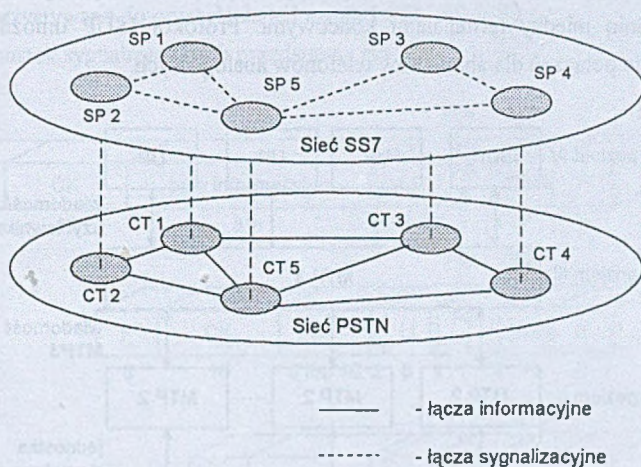
W systemie sygnalizacji w kanale wspólnym kanał sygnalizacyjny SL (ang. *Signalling Link*) przenosi informacje sygnalizacyjne dla wielu łączy informacyjnych (ang. *Trunk*). Pierwsza generacja systemów sygnalizacji w kanale wspólnym została nazywana systemem sygnalizacji nr 6 SS6 (ang. *Signalling System No. 6*). Wersja ta w latach osiemdziesiątych została zastąpiona systemem sygnalizacji nr 7 SS7 (ang. *Signalling System No. 7*).

2. Ogólna charakterystyka systemu sygnalizacji nr 7

Do przesyłania informacji jest wykorzystywany dwukierunkowy kanał sygnalizacyjny utworzony z dwóch kanałów cyfrowych o przepływności binarnej 64 kbit/s, po jednym dla każdego z kierunków [1]. W polskiej sieci telekomunikacyjnej kanał sygnalizacyjny powinien być tworzony w 16 szczelnie strumienia PCM 2048 kbit/s [1]. Informacje wymieniane między centralami są kodowane do postaci ciągu bitów grupowanych w tzw. jednostki sygnalizacyjne SU (ang. *Signal Unit*). Początek i koniec każdej jednostki jest wyznaczany przez ośmiobitowe pole flagi. Sieć sygnalizacyjna jest tworzona w oparciu o istniejącą infrastrukturę oraz zasoby sieci komutacyjnej. Jednakże elementy sieci SS7, tzn. węzły (punkty) SP (ang. *Signalling Point*) oraz łącza SL (ang. *Signalling Link*) tworzą sieć logicznie niezależną od sieci komutacyjnej. Warstwową strukturę sieci telekomunikacyjnej przedstawia rys. 1. Podstawowym rodzajem punktów sygnalizacyjnych są punkty tworzone centralach lokalnych oraz tranzytowych, które obsługują system sygnalizacji nr 7. Jeżeli do przesyłania jednostki sygnalizacyjnej między węzłami początkowym (SP1) oraz końcowym (SP3) wykorzystuje się dodatkowe punkty sygnalizacyjne (SP5), to te dodatkowe punkty (SP5) nazywamy punktami transferu sygnalizacji STP (ang. *Signalling Transfer Point*) (rys. 1).

Każdej usłudze (zdarzeniu) w sieci komutacyjnej odpowiada odpowiednia sekwencja jednostek sygnalizacyjnych przesyłana między punktami sygnalizacyjnymi uczestniczącymi w realizacji usługi (zdarzenia). W przypadku zestawiania łącza dla danych użytkownika, między sąsiednimi centralami uczestniczącymi w procesie zestawiania połączenia, przesyłana jest

sekwencja jednostek sygnalizacyjnych przenoszących w polach informacyjnych niezbędne dane umożliwiające centralom zestawienie połączenia zgodnie z życzeniem abonenta. Dane te obejmują m.in. następujące informacje: numer abonenta wywoływanego, rodzaj przesyłanych danych (np. sygnały mowy, dane cyfrowe dowolnego typu itp.), identyfikację kanału informacyjnego wykorzystywanego do zestawianego połączenia (nr strumienia PCM, nr szczeliny czasowej).



Rys. 1. Uproszczona struktura sieci telekomunikacyjnej

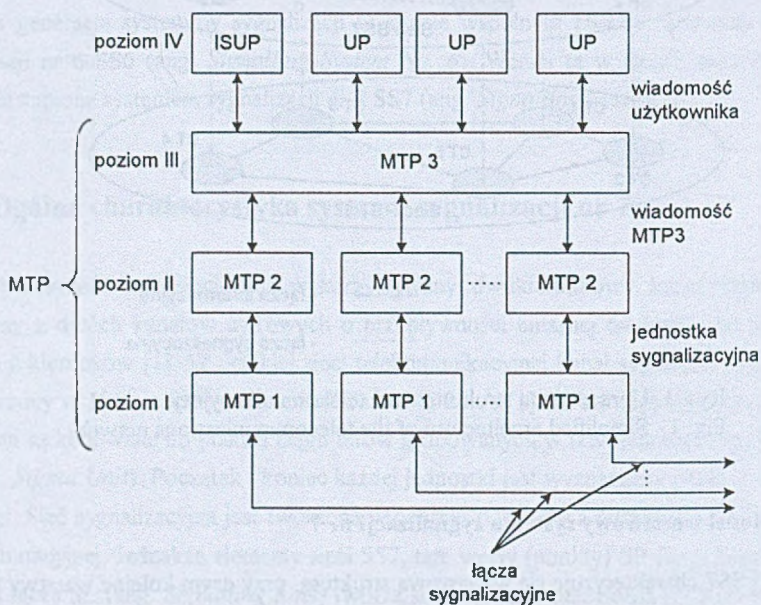
Fig. 1. Simplified architecture of the telecommunications network

2.1. Model warstwowy systemu sygnalizacji nr 7

System SS7 charakteryzuje się warstwową strukturą, przy czym kolejne warstwy przyjęto nazywać poziomami. Model warstwowy sieci sygnalizacyjnej nr 7 przedstawia rys. 2 [2]. Funkcje poszczególnych poziomów:

- Poziom I – łącze sygnalizacyjne (ang. *Signalling data link*) – udostępnia dwukierunkowy kanał cyfrowy dla przesyłanych jednostek sygnalizacyjnych między dwoma sąsiednimi węzłami.
- Poziom II – przęśło sygnalizacyjne (ang. *Signalling link*) – realizuje bezbłędną i niezawodną transmisję jednostek sygnalizacyjnych między dwoma sąsiednimi węzłami.
- Poziom III – poziom sieci sygnalizacyjnej (ang. *Signalling network*) – umożliwia przesyłanie wiadomości użytkownika między odpowiednimi częściami użytkowników poziomu czwartego oraz zarządzanie siecią sygnalizacyjną.

- Poziom IV – część użytkowników MTP (ang. *MTP User Part*) – składa się z różnych części użytkowników. Każda część użytkownika definiuje funkcje i procedury dla systemu sygnalizacji umożliwiające realizację usług sieci telekomunikacyjnej, np. zestawienie połączenia między abonentami sieci komórkowej. Jedną z podstawowych części użytkownika jest ISUP (ang. *ISDN User Part*) – część użytkowników ISDN. ISUP jest odpowiedzialny za zestawianie połączenia dla abonentów ISDN (dla przesyłania sygnałów mowy oraz danych cyfrowych). Realizuje wymianę informacji bezpośrednio między terminalami końcowymi. Protokół ISUP umożliwia również zestawianie połączeń dla abonentów telefonów analogowych.



Rys. 2. Model warstwowy sieci SS7

Fig. 2. Architecture of System Signalling No. 7

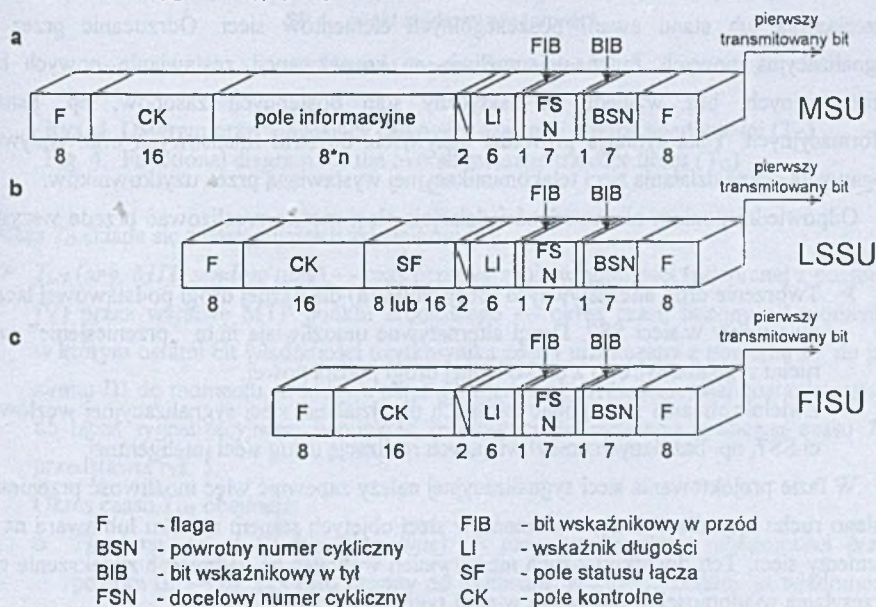
Pierwsze trzy poziomy (łącze, przęsło, sieć) tworzą część transferu wiadomości MTP (ang. *Message Transfer Part*), która realizuje usługi transportowe dla użytkowników umiejscowionych w części użytkowników UP (ang. *Users Part*).

2.2. Jednostki sygnalizacyjne

W systemie SS7 zdefiniowano trzy rodzaje jednostek sygnalizacyjnych:

- MSU (ang. *Message Signal Unit*) – jednostka wiadomości – w polu informacyjnym przesyłane są wiadomości otrzymywane z wyższych poziomów.
- LSSU (ang. *Link Status Signal Unit*) – jednostka statusu łącza – w polu statusu łącza SF (ang. *Status Field*) przesyłane są aktualne informacje dotyczące statusu łącza (stopień natłoku, sprawność łącza itp.).
- FISU (ang. *Fill-in Signal Unit*) – jednostka wypełniająca – nie zawiera pola informacyjnego. Jednostki te nadawane są w sposób ciągły w czasie, gdy łącze nie jest wykorzystywane do przesyłania jednostek LSSU lub MSU.

Formaty jednostek sygnalizacyjnych przedstawia rys. 3.



Rys. 3. Formaty jednostek sygnalizacyjnych: MSU – jednostka wiadomości (a), LSSU – jednostka służbowa (b), FISU – jednostka wypełniająca (c)

Fig. 3. Signal unit formats MSU – message signal unit (a), LSSU – link status signal unit (b), FISU – fill-in signal unit (c)

Ośmiobitowe pole flagi (o unikalnym wzorze 01111110) wyznacza początek i koniec każdej jednostki sygnalizacyjnej. Aby zapewnić unikalność ciągu bitów tworzących flagę, po każdej sekwencji pięciu jedynek wstawiany jest dodatkowy bit 0, który po stronie odbiorczej jest usuwany. Flaga oznaczająca koniec jednostki sygnalizacyjnej oznacza jednocześnie początek następnej jednostki sygnalizacyjnej. Pola BSN, BIB, FSN, FIB są wykorzystywane dla potwierdzenia poprawnie odebranych jednostek lub żądania retransmisji jednostek odebranych

błędnie. Pole LI określa liczbę bajtów pola informacyjnego lub pola SF. Pole CK umożliwia kontrolę poprawności transmisji.

3. Wymiarowanie sieci SS7

Podstawowym zadaniem projektanta sieci sygnalizacyjnej nr 7 jest zapewnienie odpowiedniego poziomu niezawodności działania sieci. Pojęcie niezawodności sieci możemy zdefiniować jako prawdopodobieństwo odrzucenia przez sieć nowego żądania na skutek, np. przeciążenia lub stanu awarii poszczególnych elementów sieci. Odrzucanie przez sieć sygnalizacyjną nowych żądań uniemożliwia w konsekwencji zestawianie nowych łączy informacyjnych, bez względu na faktyczny stan dostępnych zasobów, np. kanałów informacyjnych. Taka sytuacja prowadzi oczywiście do strat finansowych oraz wpływa na negatywną ocenę działania sieci telekomunikacyjnej wystawianą przez użytkowników.

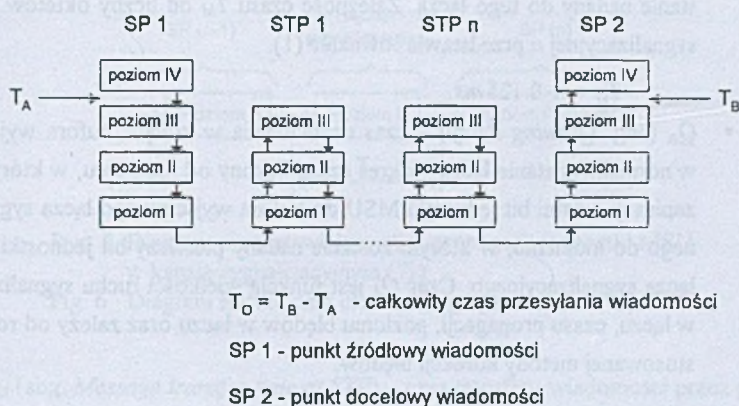
Odpowiedni poziom niezawodności działania sieci można zrealizować przede wszystkim poprzez:

- Tworzenie dróg alternatywnych (obejściowych) dla każdej drogi podstawowej łączącej dwa węzły w sieci SS7. Drogi alternatywne umożliwiają m.in. „przeniesienie” całego ruchu sygnalizacyjnego z uszkodzonej drogi podstawowej.
- Zwielokrotniania szczególnie istotnych dla działania sieci sygnalizacyjnej węzłów sieci SS7, np. baz danych umożliwiających realizację usług sieci inteligentnej.

W fazie projektowania sieci sygnalizacyjnej należy zapewnić więc możliwość przeniesienia całego ruchu sygnalizacyjnego z elementów sieci objętych stanem natłoku lub awarii na inne elementy sieci. Ten dodatkowy ruch nie powinien wpływać na nadmierne zwiększenie czasu przesyłania wiadomości użytkownika w sieci sygnalizacyjnej.

3.1. Całkowity czas przesyłania wiadomości sygnalizacyjnych

Całkowity czas przesyłania wiadomości sygnalizacyjnej T_o (ang. *Overall message transfer time*) jest zdefiniowany jako czas liczony od momentu przekazania wiadomości użytkownika z poziomu IV do poziomu III w punkcie źródłowym do momentu odebrania tej wiadomości przez poziom IV w punkcie docelowym. Interpretację graficzną czasu T_o przedstawiono na rys. 4.



Rys. 4. Diagram przedstawiający całkowity czas przesyłania wiadomości (T_O)
 Fig. 4. Functional diagram for the overall message transfer times (T_O)

Czas T_O składa się z następujących składników [6]:

➤ T_{MS} (ang. *MTP sending time*) — czas przetwarzania wiadomości (odebranej z poziomu IV) przez warstwę MTP punktu źródłowego — okres czasu liczony od momentu, w którym ostatni bit wiadomości użytkownika został przekazany z poziomu IV do poziomu III do momentu, w którym ostatni bit jednostki sygnalizacyjnej zostanie nadany do łącza sygnalizacyjnego w punkcie źródłowym. Interpretację graficzną czasu T_{MS} przedstawia rys. 5.

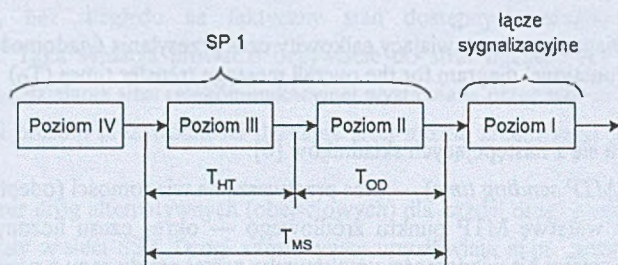
Okres czasu T_{MS} obejmuje:

- o T_{HT} (ang. *Level III handling time*) — czas przetwarzania wiadomości przez poziom III — okres czasu liczony od momentu, w którym ostatni bit wiadomości został przekazany z poziomu IV do poziomu III do momentu, w którym ostatni bit jednostki MSU został przesłany do bufora łącza sygnalizacyjnego. Czas ten jest uwarunkowany fizyczną realizacją węzła.
- o T_{OD} (ang. *Outgoing link delay*) — czas oczekiwania w buforze wyjściowym łącza — okres czasu liczony od momentu, w którym ostatni bit jednostki MSU zostanie zapisany do bufora wyjściowego łącza sygnalizacyjnego do momentu, w którym ostatni bit jednostki MSU zostanie wysłany do łącza sygnalizacyjnego. Okres czasu T_{OD} obejmuje:
 - T_M (ang. *Emission time*) — czas nadawania jednostki do łącza — okres czasu liczony od momentu, w którym pierwszy bit jednostki MSU został nadany do łącza sygnalizacyjnego do momentu, w którym ostatni bit jednostki MSU zo-

stanie nadany do tego łącza. Zależność czasu T_M od liczby oktetów jednostki sygnalizacyjnej n przedstawia równanie (1).

$$T_M = n \cdot 0.125 \text{ ms} \quad (1)$$

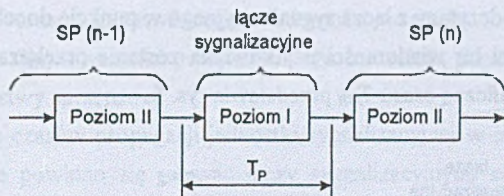
- Q_A (ang. *Queuing delay*) – czas oczekiwania w kolejce bufora wyjściowego w normalnym stanie łącza – okres czasu liczony od momentu, w którym został zapisany ostatni bit jednostki MSU do bufora wyjściowego łącza sygnalizacyjnego do momentu, w którym zostanie nadany pierwszy bit jednostki MSU do łącza sygnalizacyjnego. Czas Q_A jest funkcją wielkości ruchu sygnalizacyjnego w łączu, czasu propagacji, poziomu błędów w łączu oraz zależy od rodzaju zastosowanej metody korekcji błędów.



Rys. 5. Diagram przedstawiający czas przetwarzania wiadomości przez warstwę MTP (T_{MS})

Fig. 5. Diagram for the message transfer part sending time (T_{MS})

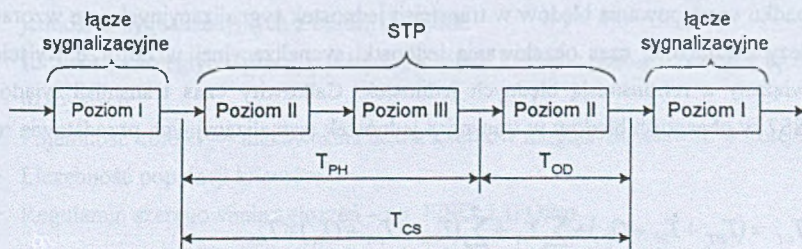
- T_p (ang. *Data channel propagation time*) – czas propagacji jednostki MSU w kanale sygnalizacyjnym – okres czasu liczony od momentu, w którym ostatni bit jednostki MSU zostanie nadany do łącza sygnalizacyjnego w punkcie nadającym do momentu, w którym ostatni bit jednostki MSU zostanie odczytany z łącza sygnalizacyjnego w punkcie odbierającym. Czas ten zależy od długości łącza i jest największy dla łączy sygnalizacyjnych zestawianych w oparciu o kanały satelitarne. Interpretację graficzną czasu T_p przedstawia rys. 6.



Rys. 6. Diagram przedstawiający czas propagacji jednostki MSU w kanale sygnalizacyjnym (T_P)

Fig. 6. Diagram for the data channel propagation time (T_P)

- T_{CS} (ang. *Message transfer time at STP*) – czas transferu wiadomości przez punkt STP – okres czasu liczony od momentu, w którym ostatni bit jednostki MSU zostanie odczytany z łącza sygnalizacyjnego w punkcie STP do momentu, w którym ostatni bit jednostki MSU zostanie nadany do łącza sygnalizacyjnego w tym samym punkcie sygnalizacyjnym. Interpretację graficzną czasu T_{CS} przedstawia rys. 7. Czas ten obejmuje:
 - T_{PH} (ang. *STP processor handling time*) – czas przetwarzania jednostki sygnalizacyjnej w punkcie STP przez poziom III – okres czasu liczony od momentu, w którym ostatni bit jednostki MSU zostanie odczytany z łącza przez punkt STP do momentu, w którym ostatni bit jednostki MSU zostanie zapisany do bufora łącza wyjściowego w tym samym punkcie sygnalizacyjnym.
 - T_{OD} (ang. *Outgoing link delay*) - czas oczekiwania w buforze wyjściowym łącza sygnalizacyjnego.

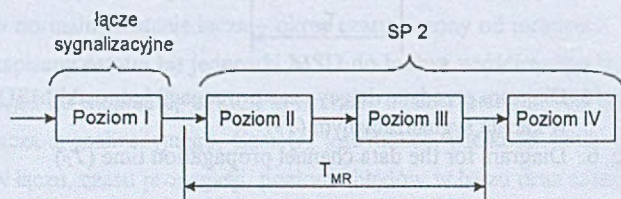


Rys. 7. Diagram przedstawiający czas transferu wiadomości przez punkt STP (T_{CS})

Fig. 7. Functional diagram for the message transfer time at signalling points (T_{CS})

- T_{MR} (ang. *MTP receiving time*) – czas przetwarzania wiadomości (odebranej z łącza) przez warstwę MTP – okres czasu liczony od momentu, w którym ostatni bit jednostki

MSU zostanie odczytany z łącza sygnalizacyjnego w punkcie docelowym do momentu, w którym ostatni bit wiadomości użytkownika zostanie przekazany do poziomu IV. Interpretację graficzną czasu T_{MR} przedstawia rys. 8.



Rys. 8. Diagram przedstawiający czas przetwarzania wiadomości przez warstwę MTP (T_{MR})

Fig. 8. Functional diagram for the message transfer part receiving time (T_{MR})

Na podstawie powyższych definicji całkowity czas transmisji wiadomości między węzłami źródłowym a docelowym (przy braku błędów w transmisji jednostek MSU) wynosi

$$T_{OA} = T_{MS} + \sum_{i=1}^{n+1} T_{Pi} + \sum_{i=1}^n T_{CSI} + T_{MR} \quad (2)$$

gdzie n oznacza liczbę węzłów STP.

Uwzględniając czasy składowe równanie (2) można przedstawić w postaci

$$T_{OA} = (T_{HT} + T_M + Q_A) + \sum_{i=1}^{n+1} T_{Pi} + \sum_{i=1}^n (T_{CSI} + T_{Mi} + Q_{Ai}) + T_{MR} \quad (3)$$

W przypadku występowania błędów w transmisji jednostek sygnalizacyjnych, we wzorach (2) i (3) należy uwzględnić czas oczekiwania jednostki sygnalizacyjnej w buforze wyjściowym łącza związany z retransmisją błędnych jednostek. Całkowity czas transmisji wiadomości w sieci SS7 w obecności błędów w transmisji jednostek sygnalizacyjnych przedstawia równanie (4).

$$T_{OT} = (T_{HT} + T_M + Q_T) + \sum_{i=1}^{n+1} T_{Pi} + \sum_{i=1}^n (T_{CSI} + T_{Mi} + Q_{Ti}) + T_{MR} \quad (4)$$

Przy czym Q_T definiuje się jako całkowity czas oczekiwania w buforze wyjściowym łącza w obecności zakłóceń powodujących błędną transmisję jednostek w łączu oraz $Q_T > Q_A$.

Na podstawie równań (3) i (4) można przedstawić podstawowe metody zmniejszania całkowitego czasu przesyłania wiadomości:

- Ograniczenie liczby punktów transferu sygnalizacji — powyższy cel można zrealizować tworząc hierarchiczną strukturę sieci sygnalizacyjnej.

- Zmniejszenie czasów przetwarzania wiadomości w punktach sygnalizacyjnych (T_{IT} , T_M , T_{CS} , T_M , T_{MR}) - wartości powyższych czasów zależą przede wszystkim od zastosowanej warstwy sprzętowej.
- Zmniejszenie czasów propagacji jednostki sygnalizacyjnej w łączu (T_P) - o ile jest to możliwe, nie powinno się używać łącz sygnalizacyjnych zestawianych w oparciu o kanały satelitarne.
- Zmniejszenie czasów kolejkowania jednostek sygnalizacyjnych w buforach wyjściowych punktów sygnalizacyjnych (Q_A , Q_T). Czas kolejkowania jednostek sygnalizacyjnych w buforze wyjściowym łącza można wyznaczyć wykorzystując teorię kolejek.
- Ograniczenie liczby błędnie przesłanych jednostek sygnalizacyjnych.

3.2. Model kolejkowy

Do oceny efektywności sieci sygnalizacyjnej można wykorzystać modele kolejkowe. Sieć sygnalizacyjna w modelu kolejkowym jest przedstawiana jako systemy stanowisk obsługi, w których krążą klienci. Przy czym stanowiskami obsługi nazywamy łącza sygnalizacyjne łączące sąsiednie węzły, natomiast klientami - przesyłane jednostki sygnalizacyjne. Każde stanowisko obsługi (łącze sygnalizacyjne) jest wyposażone w bufor, w którym klienci (jednostki sygnalizacyjne) oczekują na obsługą (wysłanie przez łącze sygnalizacyjne).

Model kolejkowy opisuje się za pomocą następujących parametrów:

- Typ rozkładu charakteryzującego strumień zgłoszeń — rozkład czasu między napływem kolejnych jednostek sygnalizacyjnych do bufora łącza.
- Typ rozkładu charakteryzującego czas obsługi klientów — rozkład czasu nadawania jednostek sygnalizacyjnych z bufora do łącza.
- Liczba równoległych, pracujących jednocześnie kanałów obsługi — liczba łącz sygnalizacyjnych.
- Pojemność kolejki — maksymalna liczba klientów mogąca oczekiwać w kolejce.
- Liczebność populacji klientów.
- Regulamin szeregowania zgłoszeń – np. FIFO, LIFO itp.

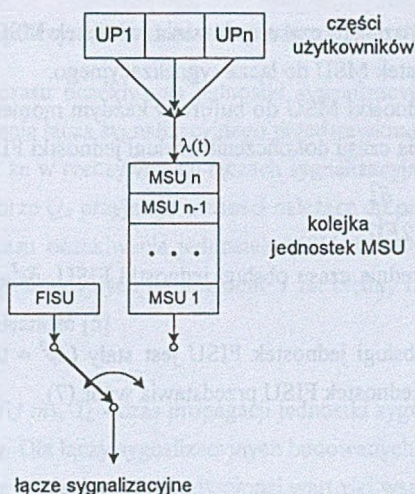
3.3. Model kolejkowy łącza sygnalizacyjnego

Założenia do modelu kolejkowego pojedynczego łącza sygnalizacyjnego [6]:

- Nadawane są jednostki MSU oraz jednostki FISU. W modelu nie uwzględnia się jednostek LSSU. Udział jednostek LSSU w ruchu sygnalizacyjnym jest pomijalnie mały.

- Strumień jednostek MSU jest strumieniem Poissona o intensywności $\lambda(t)$ opisanej rozkładem wykładniczym. Strumień Poissona jest dobrym przybliżeniem rzeczywistego rozkładu napływu jednostek MSU do bufora pod następującymi warunkami:
 - Okres czasu między napływem do bufora wyjściowego łącza jednostek MSU odnoszących się do tego samego połączenia powinien być większy od 1 sekundy. Założenie to jest prawdziwe dla większości zestawianych połączeń.
 - Segmentacja wiadomości powoduje, że okresy czasu między napływem do bufora wyjściowego łącza kolejnych jednostek zawierających kolejne części wiadomości są skorelowane ze sobą, co wyklucza możliwość stosowania rozkładu wykładniczego do opisywania strumienia jednostek MSU zawierających kolejne części tej samej wiadomości.
 - Proces przetwarzania jednostki MSU w punkcie sygnalizacyjnym nie wpływa istotnie na rozkład czasu napływu jednostek do bufora wyjściowego łącza.
- Rozkład czasu nadawania jednostek MSU do łącza jest rozkładem dowolnym.
- Jednostki FISU nadawane są w sposób ciągły w momencie, gdy bufor wyjściowy łącza nie zawiera jednostek MSU. Długość jednostek FISU jest stała i wynosi 6 bajtów, zatem czas transmisji tych jednostek do łącza jest również stały i wynosi 0.75 ms.
- Liczba stanowisk obsługi (łączy sygnalizacyjnych) wynosi 1.
- Jednostki MSU obsługiwane są zgodnie z regulaminem FIFO (ang. First Input First Output).
- Brak błędów w transmisji jednostek sygnalizacyjnych.

Model kolejkowy dla pojedynczego łącza sygnalizacyjnego zgodny z powyższymi założeniami przedstawia rys. 9.



Rys. 9. Model kolejkowy łącza sygnalizacyjnego
Fig. 9. Queueing model of the signalling link

3.4. Średni czas oczekiwania w kolejce

Na podstawie założeń przedstawionych w punkcie 3.3 oraz uwzględniając, że rozkład czasu obsługi jednostek MSU może się różnić od rozkładu czasu obsługi jednostek FISU, możemy stwierdzić, że czas oczekiwania jednostki MSU w buforze (Q_A) składa się z dwóch elementów:

- Q_{AM} – czas obsługi wszystkich jednostek MSU zastanych przez rozważaną jednostkę MSU w buforze.
- Q_{AF} – czas dokończenia obsługi jednostki FISU obsługiwanej w momencie nadejścia rozważanej jednostki MSU.

W pierwszym przybliżeniu możemy założyć, że w łączu sygnalizacyjnym przesyłane są wyłącznie jednostki MSU. Dla jednego łącza sygnalizacyjnego z regulaminem FIFO i dowolnego rozkładu nadawania jednostek MSU do łącza średni czas oczekiwania jednostki MSU w kolejce opisuje wzór Pollaczka-Chinczyna [4]

$$E[Q_{AM}] = \frac{\rho_M E[T_M]}{2(1 - \rho_M)} (1 + C_M^2) \quad (5)$$

gdzie $\rho_M = E[T_M] \cdot \lambda_M$ [erlang] — współczynnik wykorzystania łącza sygnalizacyjnego, $E[T_M]$ [s] — średni czas nadawania jednostek MSU do łącza sygnalizacyjnego, λ_M — intensywność napływu jednostek MSU do bufora wyjściowego łącza, $C_M^2 = \delta_M^2 / E[T_M]^2$ — współ-

współczynnik zmienności rozkładu czasu nadawania jednostek MSU do łącza, δ_M^2 — wariancja czasu nadawania jednostek MSU do łącza sygnalizacyjnego.

Ponieważ nadejście jednostki MSU do bufora w każdym momencie jest jednakowo prawdopodobne, wartość średnia czasu dokończenia obsługi jednostki FISU wynosi [4]

$$E[Q_{AF}] = \frac{E[T_F]}{2} + \frac{\delta_F^2}{2E[T_F]} \quad (6)$$

gdzie $E[T_F]$ — wartość średnia czasu obsługi jednostki FISU, δ_F^2 — wariancja czasu obsługi jednostki FISU.

Uwzględniając, że czas obsługi jednostek FISU jest stały ($\delta_F^2 = 0$ oraz $E[T_F] = T_F$), średni czas dokończenia obsługi jednostek FISU przedstawia wzór (7).

$$E[Q_{AF}] = \frac{T_F}{2} \quad (7)$$

Całkowity średni czas oczekiwania jednostki MSU w buforze wynosi:

$$E[Q_A] = E[Q_{AM}] + E[Q_{AF}] \quad (8)$$

Po uwzględnieniu wyników (5), (7) i (8) otrzymujemy

$$E[Q_A] = \frac{T_F}{2} + \frac{\rho_M E[T_M]}{2(1 - \rho_M)} (1 + C_M^2) \quad (9)$$

3.4.1. Rozkład wykładniczy czasu nadawania jednostek MSU do łącza

Długość jednostek MSU zawiera się w granicach 9+279 bajtów. Średnia długość jednostek MSU zawierających w polu informacyjnym wiadomości części użytkownika ISUP wynosi 23, a rozkład czasów nadawania jednostek opisuje rozkład wykładniczy. Dla wykładniczego rozkładu nadania jednostek $C_B^2 = 1$. Stąd średni czas oczekiwania jednostki MSU w kolejce

$$E[Q_{AW}] = \frac{T_F}{2} + \frac{\rho_M E[T_{MW}]}{(1 - \rho_M)} \quad (10)$$

gdzie $T_{MW} = 23 \cdot 0.125 \text{ms} = 2.875 \text{ms}$

3.4.2. Rozkład jednopunktowy czasu nadawania jednostek MSU do łącza

W przypadku jeżeli przez łącze transmitowane są jednostki MSU o stałej długości wynoszącej 279 bajtów, rozkład czasów nadawania jednostek MSU opisuje rozkład jednopunktowy. Dla rozkładu jednopunktowego $\delta_M^2 = 0$, a więc $C_B^2 = 0$. Stąd średni czas oczekiwania jednostki MSU w kolejce

$$E[Q_A] = \frac{T_F}{2} + \frac{\rho_M T_M}{2(1 - \rho_M)} \quad (11)$$

gdzie $T_M = 279 \cdot 0.125 \text{ms} = 34,875 \text{ms}$

3.5. Maksymalny współczynnik wykorzystania łącza sygnalizacyjnego ρ_{MAX}

Zależność średniego czasu oczekiwania jednostki sygnalizacyjnej w kolejce od wartości współczynnika wykorzystania łącza sygnalizacyjnego przedstawiono na rys. 10.

Zwykle przyjmuje się, że w rzeczywistych łączach sygnalizacyjnych średni czas oczekiwania jednostek MSU w buforze Q_A przyjmuje wartości należące do przedziału $\langle Q_{AW}, Q_{AJ} \rangle$ [6].

Wartość średniego czasu oczekiwania jednostek MSU w buforze (dla poziomu błędów w transmisji jednostek sygnalizacyjnych na poziomie 1 bit błędny na 10^6 bitów transmitowanych) powinna spełniać zależność [5]

$$Q_A(2\rho_{MAX}) < D \quad (12)$$

gdzie $D = \text{Max}(40, 0.4 \times T_L)$ ms, T_L - czas propagacji jednostki sygnalizacyjnej przez łącze sygnalizacyjne w obie strony. Dla łączy sygnalizacyjnych budowanych w oparciu o łącza lądowe, $D = 40$ ms. Uwzględnienie w nierówności podwojonej wartości współczynnika maksymalnego wykorzystania łącza wynika z konieczności zagwarantowania dodatkowego pasma dla obsługi ruchu sygnalizacyjnego wynikającego z przejścia ruchu z uszkodzonego łącza.

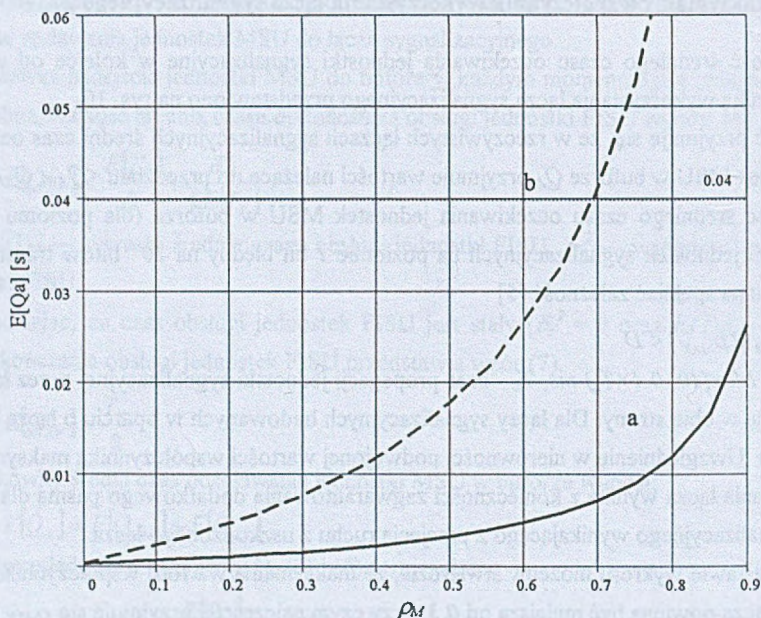
Na podstawie wykresu możemy stwierdzić, że maksymalna wartość współczynnika wykorzystania łącza powinna być mniejsza od 0.3. Przy czym najczęściej przyjmuje się $\rho_{MAX} = 0.2$.

Pojemność łącza sygnalizacyjnego w normalnym stanie pracy (przy braku zakłóceń w pracy sieci) wynosi

$$C = \rho_{MAX} \cdot S_L \quad (13)$$

gdzie $S_L = 64 \text{ kbit/s}$ — przepływność binarna łącza sygnalizacyjnego, ρ_{MAX} — maksymalny współczynnik wykorzystania łącza sygnalizacyjnego w normalnym stanie pracy łącza.

Przyjmując $\rho_{MAX} = 0.2$, pojemność łącza sygnalizacyjnego wynosi $C = 1600$ bajtów/s.



Rys. 10. Średni czasu oczekiwania w kolejce w funkcji współczynnika wykorzystania łącza sygnalizacyjnego przy braku zakłóceń: rozkład wykładniczy czasu obsługi (a), stały czas obsługi jednostek MSU (b)

Fig. 10. Mean queueing delay of signalling channel of traffic in absence of disturbance: negative exponential distribution of the service time (a), constants service time (b)

4. Podsumowanie

W artykule zaprezentowano elementy wymiarowania sieci sygnalizacyjnej. Przedstawiono analizę całkowitego czasu przesyłania wiadomości sygnalizacyjnej. Szczególną uwagę poświęcono modelowi łącza sygnalizacyjnego umożliwiającemu ocenę efektywności sieci sygnalizacyjnej. Dla zminimalizowania czasu przesyłania wiadomości sygnalizacyjnej maksymalny dopuszczalny współczynnik wykorzystania łącza sygnalizacyjnego przyjmuje wartości mniejsze od 0.3. Taka wartość współczynnika wykorzystania łącza sygnalizacyjnego umożliwia przejście dodatkowego ruchu wynikającego z uszkodzenia bądź stanu natłoku w łączu podstawowym. Ze względu jednak na bardzo wysoką wydajność pojedynczego łącza sygnalizacyjnego, które dla $\rho_{MAX} = 0.2$ może obsłużyć nawet kilkaset łącz informacyjnych, tak niska

wartość tego współczynnika nie wpływa istotnie na zwiększenie kosztu użytkowania sieci sygnalizacyjnej.

LITERATURA

1. Załącznik nr 5 do rozporządzenia Ministra Łączności z dnia 4 września 1997r.: Wymagania techniczne i eksploatacyjne dla cyfrowych systemów komutacyjnych dla polskiej sieci telekomunikacyjnej użytku publicznego. Warszawa 1997.
2. ITU-T Recommendation Q.700: Introduction to CCITT Signalling System No. 7. Helsinki 1993.
3. ITU-T Recommendation Q.703: Specifications of Signalling System No. 7 - Message Transfer Part; Signalling Link. Helsinki 1993.
4. Czachórski T.: Modele kolejkowe w ocenie efektywności sieci i systemów komputerowych. Pracownia Komputerowa Jacka Skalmierskiego, Gliwice 1999.
5. ITU-T Recommendation E.733: Methods for dimensioning resources in Signalling System No. 7 networks. 1998.
6. ITU-T Recommendation Q.706: Signalling System No. 7 - Message Transfer Part. Signalling Performance. Helsinki Q.706.

Recenzent: Dr inż. Andrzej Kwiecień

Wpłynęło do Redakcji 3 kwietnia 2000r.

Abstract

This paper provides element of methodology for planning of The Signalling System No. 7. Claus 2 presents basic characteristic of SS7 networks. Architecture of System Signalling No. 7 is described in fig. 2 and signal unit formats are shown in fig. 3.

The MTP handles messages from different USER Parts on time-shared basis. With time-sharing, signalling delay occurs when it is necessary to process more than one message in a given interval time. When this occurs, a queue is built up from which message are transmitted in order of their times to arrival.

Clause 3 describes overall message transfer time between the point of origin and the point of destination. It presents simplified derivation of the formula of mean of the queueing delay.

Mean queuing delay of each channel of traffic in absence of disturbance is given in formula 9 describe. This formula is used to determining a maximum design link utilization, ρ_{MAX} , which ensure that the overall message transfer time objectives described in Recommendation E.723 are met for the reference connection described there.