

PSTN, IDN, ISDN i GSM

kolejne kroki rozwoju telekomunikacji

Przejdziemy obecnie do omówienia etapów rozwoju sieci telekomunikacyjnej dla usługi telefonii, biorąc pod uwagę zmiany w technologii prowadzące do sieci z integracją technik.

Można tu wyróżnić trzy główne etapy rozwoju sieci telekomunikacyjnej:

- ✓ pierwszy, gdy zarówno transmisja i komutacja oparte są na technice analogowej,
- ✓ drugi, gdy w transmisji zostaje wprowadzona technika cyfrowa,
- ✓ trzeci, gdy technika cyfrowa zostaje także wprowadzona do węzła komutacyjnego.

W tym ostatnim przypadku (etap trzeci) mówimy o Sieci z Integracją Technik, tzn. funkcja komutacji i transmisji jest realizowana w oparciu o tą samą technikę, technikę cyfrową. W języku angielskim mówi się o zintegrowanej sieci cyfrowej – IDN (Integrated Digital Network).

O takim a nie innym rozwoju sieci zadecydowały dwa czynniki, postęp technologii oraz koszty realizacji każdej z technik.

W pierwszym etapie używano sygnałów analogowych dla przenoszenia sygnału mowy (telefonii) i stąd mówimy o technice analogowej realizacji urządzeń zarówno dla funkcji transmisji jak i funkcji komutacji. Dla zmniejszenia kosztów łączy międzywęzłowych zastosowano telefonię wielokrotną, tzn. podział FDM. Niestety wzrost krotności systemów transmisyjnych oraz długości łączy międzywęzłowych powodował pogorszenie się stosunku mocy sygnału do mocy szumu na skutek coraz większej liczby urządzeń znajdujących się w tym łączy wprowadzających sygnał szumu. W technice analogowej szum dodaje się do sygnału użytecznego, jakim jest w tym przypadku mowa, i nie można go usunąć czy zmniejszyć. Powodowało to pogorszenie zrozumiałości mowy w połączeniu realizowanym w takiej sieci telekomunikacyjnej. To wymagało radykalnego rozwiązania technicznego. Takim rozwiązaniem była cyfryzacja sygnału mowy, która usuwała tę niedogodność.

Dlatego drugi etap rozwoju sieci TKM dotyczy sytuacji, gdy mamy cyfrową transmisję sygnału mowy. Urządzenia transmisyjne operowały na sygnale cyfrowym i dlatego mówimy o technice cyfrowej. Stan technologii nie po-

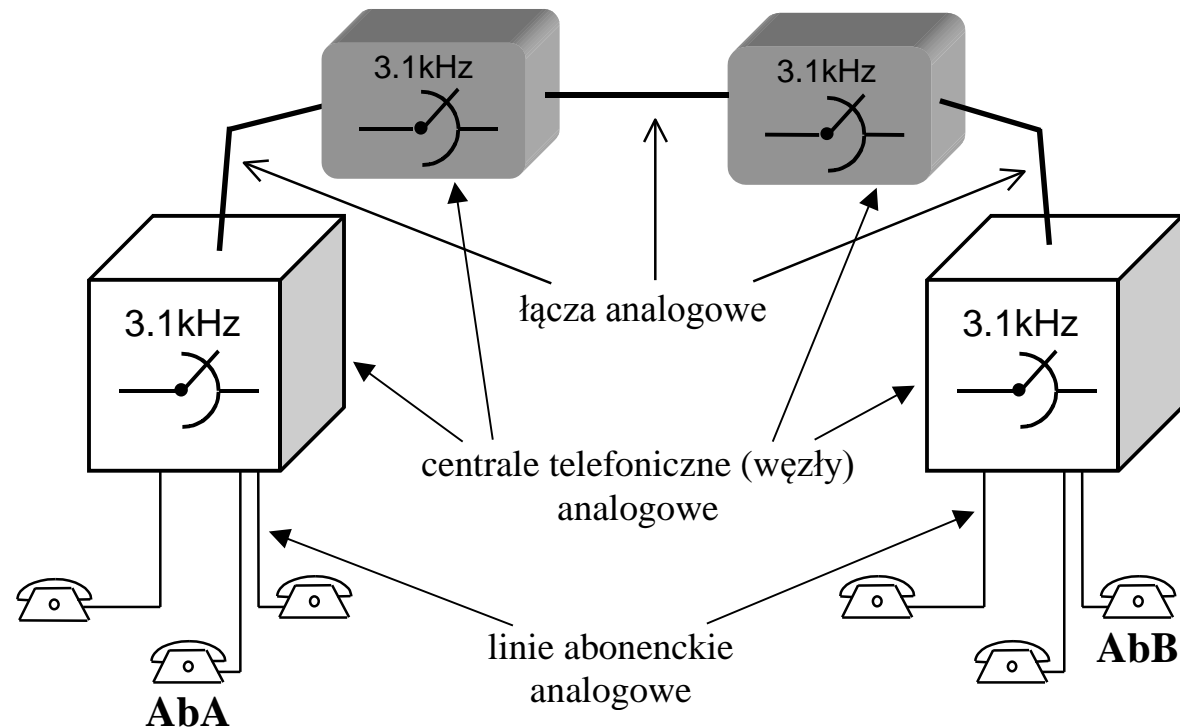
zwalał jednakże na ekonomicznie uzasadnione wprowadzenie tej techniki do węzła komutacyjnego. Dlatego w węźle tym sygnał był nadal analogowy. Punkt komutacyjny był punktem przestrzennym i komutował sygnał analogowy. Taka sytuacja wymagała w łańcuchu połączeniowym ciągłego przechodzenia z techniki cyfrowej na analogową i na odwrót. Z punktu widzenia sygnałowego było to niekorzystne. Każde przetwarzanie z postaci analogowej na cyfrową wprowadza szum kwantyzacji. Liczba tych przetworzeń musiała być ograniczona, gdyż w przeciwnym przypadku nastąpiłoby pogorszenie zrozumiałości mowy i korzyści jakie wiążemy z techniką cyfrową zostaną zniweczone.

Gdy nastąpił rozwój cyfrowych układów scalonych w technologii TTL i możliwa była produkcja tych układów w średniej skali integracji (upakowania), wówczas rozwiązania techniczne funkcji komutacji w technice cyfrowej stały się konkurencyjne w stosunku do rozwiązań w technice analogowej. Koszty punktu przełączającego w obu technikach stały się porównywalne. Wzrost gęstości upakowania elementów TTL, a następnie rozwój technologii CMOS spowodował, że te relacje stały się wyraźnie korzystne dla techniki cyfrowej. To spowodowało wprowadzenie do sieci telekomunikacyjnej węzłów komutacyjnych wykorzystujących technikę cyfrową w realizacji funkcji komutacji. W ten sposób wyżej wymieniona wada poprzedniego etapu rozwoju sieci TKM została wyeliminowana. Przetwarzanie sygnału analogowego na cyfrowy i odwrotnie pozostało jedynie w węzłach komutacyjnych do których byli dołączeni abonenci biorący udział w połączeniu. Ten etap rozwoju sieci doprowadził do sieci telekomunikacyjnej w której funkcja komutacji i transmisji międzywęzłowej jest realizowana w oparciu o tą samą technikę, tzn. technikę cyfrową. Dlatego też ten etap nosi nazwę „Sieci z Integracją Technik”.

Ponieważ wymienione etapy rozwoju dotyczyły sieci telekomunikacyjnej świadczącej tylko jedną usługę, usługę mowy (telefonii) to sieci te należą do sieci określanych skrótem PSTN (Public Switched Telephone Network – Publiczna Komutowana Sieć Telefoniczna).

Bardzo ważne jest aby jeszcze raz podkreślić fakt, że sieć ta jest zaprojektowana aby obsłużyć tylko i wyłącznie jedną usługę, usługę mowy. W związku z tym urządzenia zaprojektowane i umieszczone w tej sieci są przygotowane tylko dla tej jednej usługi, a węzły komutacyjne potrafią „zrozumieć” i obsłużyć tylko tą usługę.

Komutacja i Transmisja Analogowa

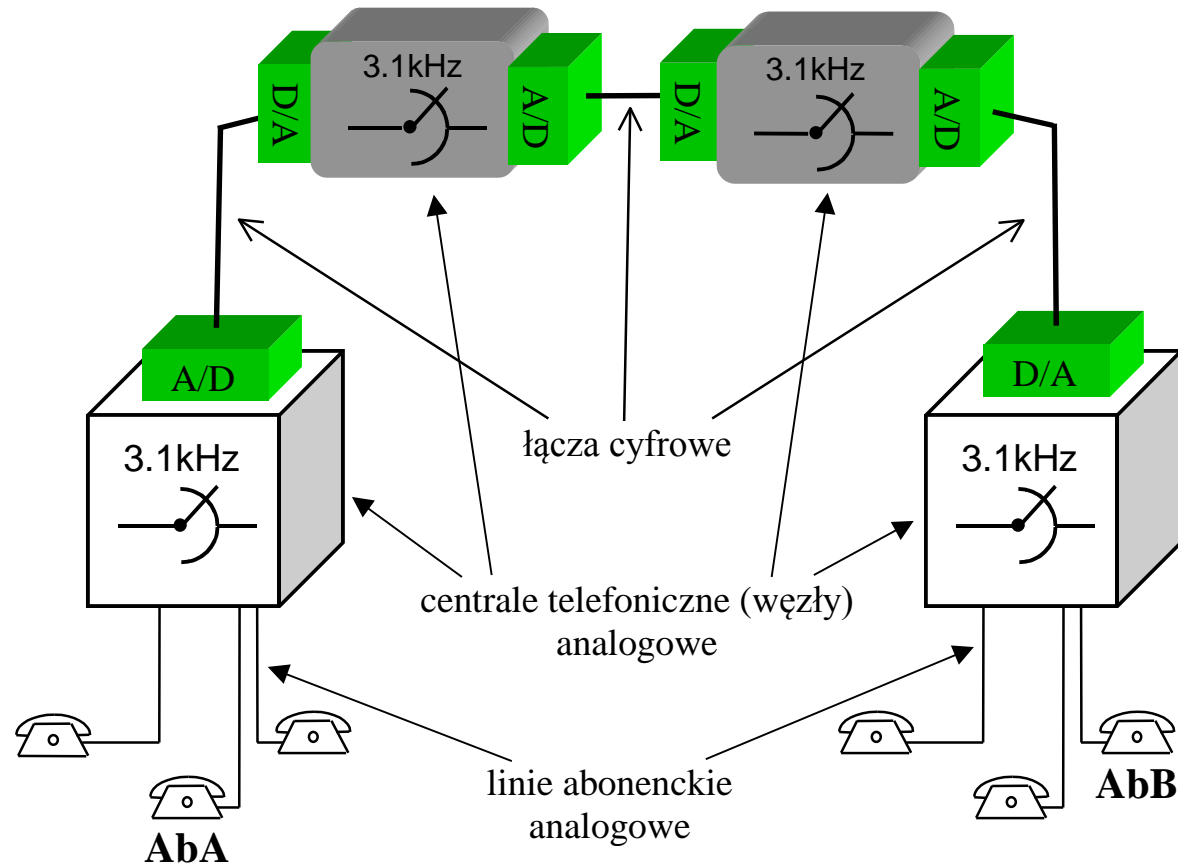


Wszystkie elementy sieci telekomunikacyjnej są dostosowane do sygnału w paśmie od 300Hz do 3400Hz, tzn. sygnał ma pasmo 3.1kHz. W przypadku linii abonenckiej pasmo sygnału nie musi być ograniczane do 3.1kHz.

Sterowanie węzła komutacyjnego może być „zaszyte w okablowaniu” w przypadku systemów w technologii elektromechanicznej albo może być sterowaniem SPC w przypadku systemów w technologii quasisieelektronicznej.

Stosowane są różnego typu systemy sygnalizacji międzywęzłowej i są to systemy sygnalizacji analogowej.

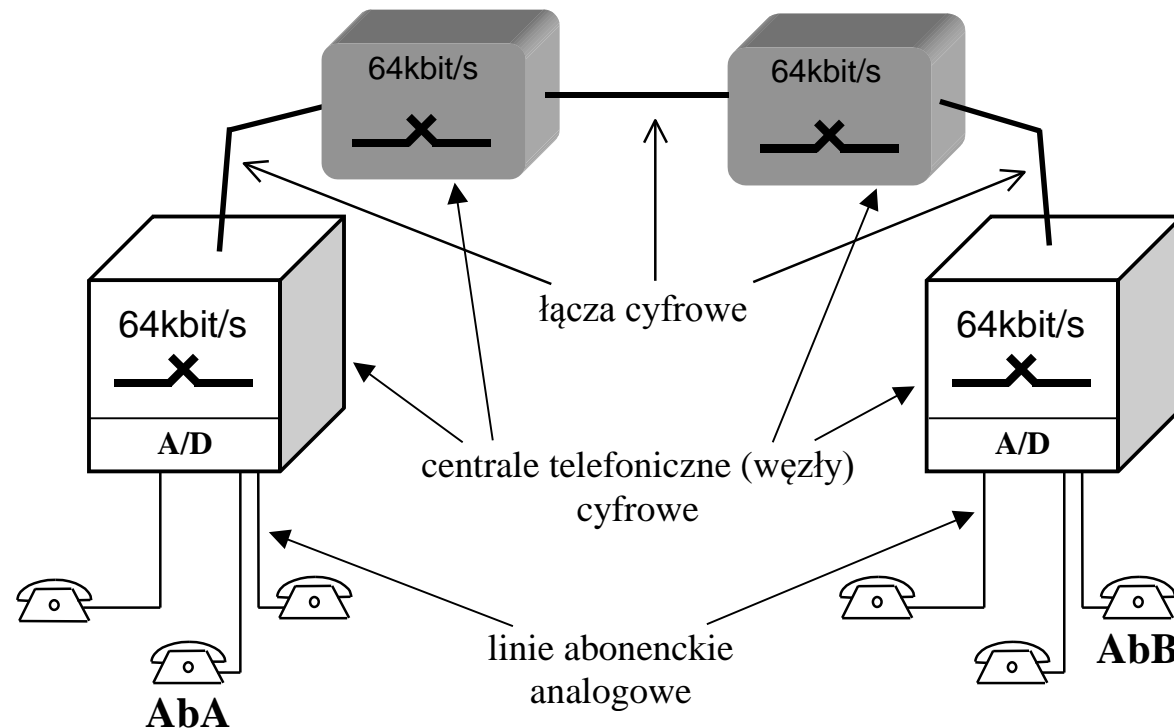
Komutacja Analogowa a Transmisja Cyfrowa



Uwagi zamieszczone pod rysunkiem dla pierwszego etapu dotyczą także tego rysunku poza tym, że sygnały na łączach międzywęzłowych są cyfrowe, a sygnały sygnalizacji międzywęzłowej muszą być także zamieniane na postać cyfrową.

Sekwencja przetworników A/D i D/A pokazana na rysunku uwzględnia tylko jeden kierunek sygnałów – od AbA do AbB. Dla drugiego kierunku jest ona komplementarna.

Komutacja i Transmisja Cyfrowa (IDN)



Wszystkie elementy sieci telekomunikacyjnej są dostosowane do przenoszenia sygnału analogowego o paśmie 3.1kHz w postaci cyfrowej. W przypadku linii abonenckiej pasmo sygnału nie musi być ograniczane do 3.1kHz, gdyż to ograniczenie realizuje przetwornik A/D, który znajduje się w centralowym wyposażeniu abonenckim ET (Exchange Termination – zakończenie centralowe).

Sterowanie węzła jest sterowaniem SPC.

Stosowana jest cyfrowa sygnalizacja międzywęzłowa we wspólnym kanale (CCS7 – CCS numer 7).

Sieć PSTN

Dotychczas omówione etapy rozwoju sieci telekomunikacyjnej obejmowały sieć w której jedyną usługą była telefonia nazywana obecnie usługą mowy. Działanie sieci i jej elementów było podporządkowane, zarówno z punktu widzenia obsługi (sterowania) jak i sygnałów (właściwości kanału), tylko tej usłudze. Z tej racji, jak to już wcześniej zostało powiedziane, sieci te określały skrótem PSTN (Public Switched Telephone Network – Publiczna Komutowana Sieć Telefoniczna). Realizowana przez te sieci usługa oznaczana jest także skrótem POTS (Plain Old Telephone Service).

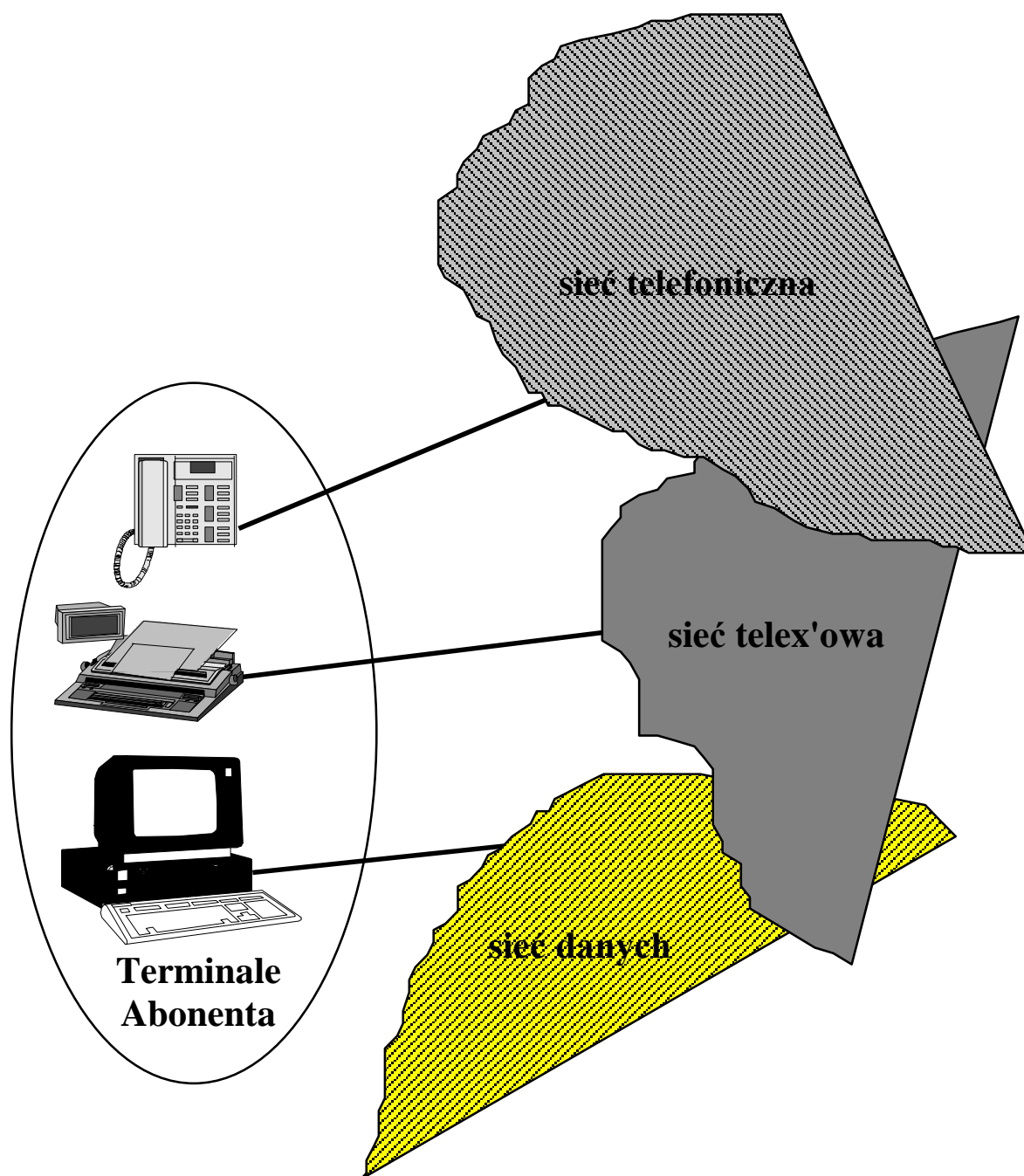
Sieć ta ma największą liczbę użytkowników i przynosi aktualnie najwięcej zysków operatorom i w końcowym etapie rozwoju (IDN) była płaszczyzną dla kolejnego etapu rozwoju sieci telekomunikacyjnej przekształcającego sieć PSTN w sieć ISDN. A ta ostatnia z kolei sieć jest platformą rozwoju sieci GSM. Spróbujemy więc bliżej i nieco dokładniej przyjrzeć się niektórym funkcjom i sposobom ich realizacji.

Przypomnijmy sobie jakie cechy posiada sieć telekomunikacyjna PSTN. Otóż cechy te można wymienić według określonych kryteriów:

- *usługi*: tylko jedna usługa - telefonia (mowa),
- *technika łączenia (komutacji)*: cyfrowa bazująca na PCM,
- *technika przenoszenia (transmisji)*: cyfrowa bazująca na PCM,
- *tryb pracy sieci*: zorientowana połączeniowo,
- *rodzaj komutacji*: komutacja kanałów,
- *sygnalizacja abonent – sieć*: analogowa ASS (Analogue Subscriber Signalling – abonencka sygnalizacja analogowa),
- *sygnalizacja w sieci*: CCS,
- *struktura sieci*: hierarchiczna,
- *adresacja*: jednolity plan numeracji.

Inne usługi na bazie sieci PSTN

W okresie, gdy sieć PSTN była jedyną największą publiczną siecią telekomunikacyjną istniała także równoległe odrębna sieć teleksowa oraz zaczynała rozwijać się sieć danych. Abonent, który chciał korzystać z usługi każdej z tych sieci musiał być abonentem podłączonym do tych sieci przy pomocy osobnych linii abonenckich. Oczywiście takie rozwiązanie było kosztowne. Zostało ono pokazane na kolejnym rysunku.

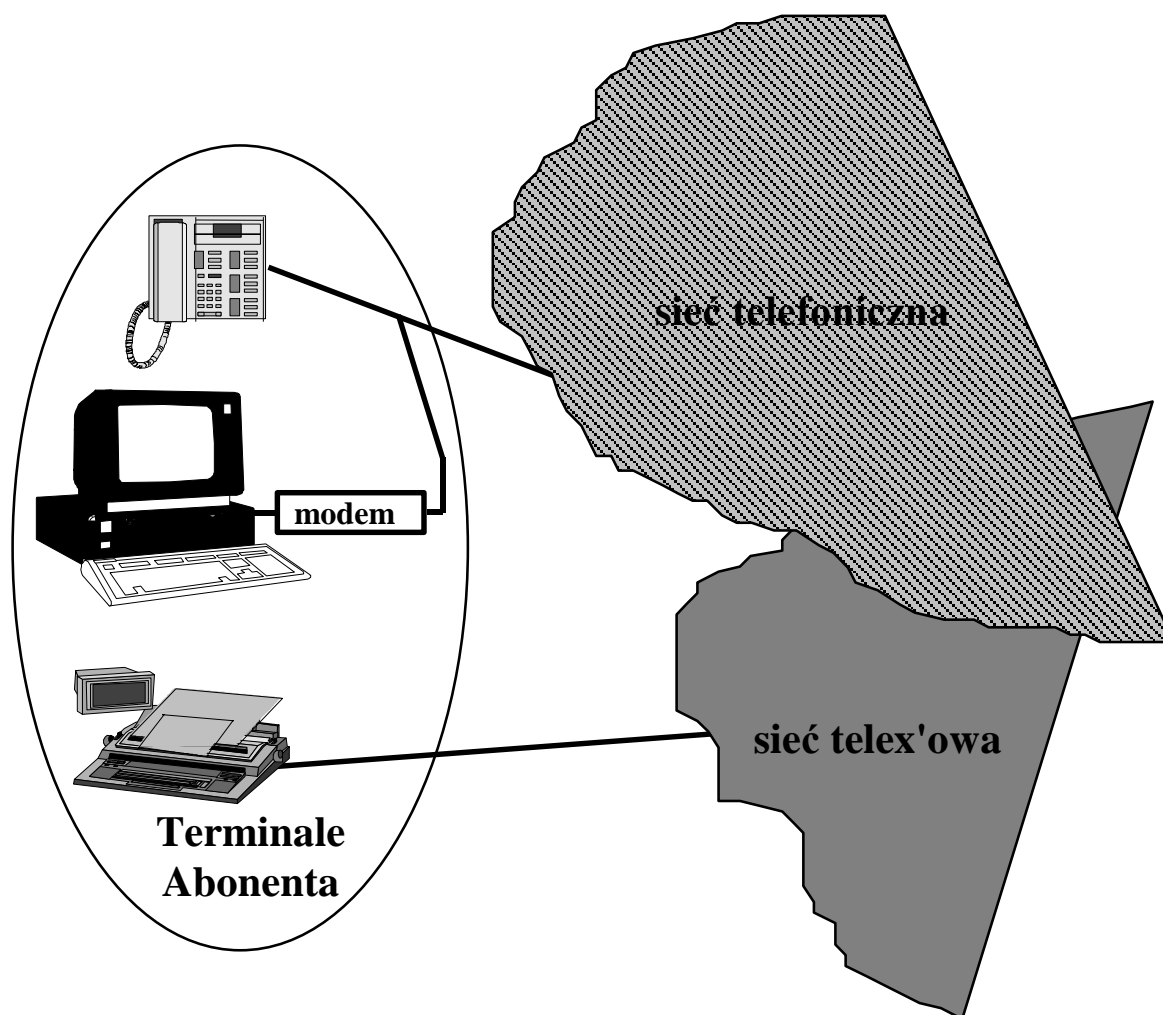


Zatem zastanawiano się jak można by było wykorzystać istniejącą dużą sieć PSTN do realizacji usług pozostałych dwóch sieci bez ponoszenia dodatkowych kosztów w sieci PSTN. Tym rozwiązaniem okazało się zastosowanie MoDem'u (Modulacja i Demodulacja). Jego zadaniem było po stronie nadawczej (źródła informacji) przetworzenie sygnału, który jest generowany przez typowe urządzenie danych, np. komputer, na sygnał którego widmo zawarte byłoby w paśmie od 300Hz do 3400Hz. To przekształcenie jest konieczne, gdyż sieć PSTN jest zaprojektowana do przenoszenia takich sygnałów w tym paśmie. Funkcję tą realizuje modulator znajdujący się po stronie terminala abonenta. Oczywiście po stronie odbiorczej musi mieć miejsce

The diagram illustrates the components and signal flow of a PSTN communication system. It shows the following elements and connections:

- źródło informacji** (information source) and **modulator**: These two components are grouped under the label **urządzenia u abonenta** (subscriber equipment). An arrow points from the source to the modulator.
- sygnał pierwotny (źródłowy)** (primary signal): A callout bubble points to the arrow connecting the source and modulator.
- sygnał w paśmie 300-3400Hz** (signal in the 300-3400Hz band): A callout bubble points to the arrow connecting the modulator to the network.
- sieć PSTN 300-3400Hz** (PSTN network): The central component of the communication path.
- demodulator** and **odbiornik informacji** (information receiver): These two components are grouped under the label **urządzenia u abonenta** (subscriber equipment). An arrow points from the network to the demodulator, and another arrow points from the demodulator to the receiver.

©S.Kaczmarek/2015.02/ver.2.0



Z punktu widzenia abonenta sieć udostępnia usługę wymiany danych. Abonent z aparatu telefonicznego zestawia najpierw połączenie tak jakby to miała być usługa „mowa”, a następnie podłącza zamiast układu rozmównego w aparacie telefonicznym modem wraz z np. komputerem. Oczywiście dalszym krokiem w rozwoju terminala było wbudowanie do modemu funkcji identycznych jak w terminalu telefonicznym abonenta a związanych z obsługą realizacji połączenia. Taki modem nie wymaga już aparatu telefonicznego, gdyż ma wbudowane wszystkie funkcje związane z realizacją połączenia dla usługi „mowa” z wyjątkiem układu rozmównego. Funkcje te realizowane są automatycznie i np. wywoływane są z poziomu okien komputera.

Krokiem w likwidacji kolejnej sieci (telex’owa) było zastosowanie w terminalu abonenta tej samej zasady co dla danych ale w tym przypadku dla przesyłania dokumentów, czyli nie tylko tekstu. Tym urządzeniem wykorzystującym tą zasadę jest FAX. Zawiera on blok odczytujący dokument linia po linii i generujący odpowiedni sygnał elektryczny, który następnie jest przekształcany w sygnał o paśmie od 300Hz do 3400Hz. Po stronie odbiorczej mamy odwrotny proces i w ten sposób uzyskujemy kopię dokumentu. Oczywiście urządzenie zwane FAX’em zawiera zarówno część na-

dawczą jak i odbiorczą. Ma także wbudowane funkcje związane z obsługą realizacji połączenia takie jak typowy aparat telefoniczny z wyjątkiem układu rozmównego.

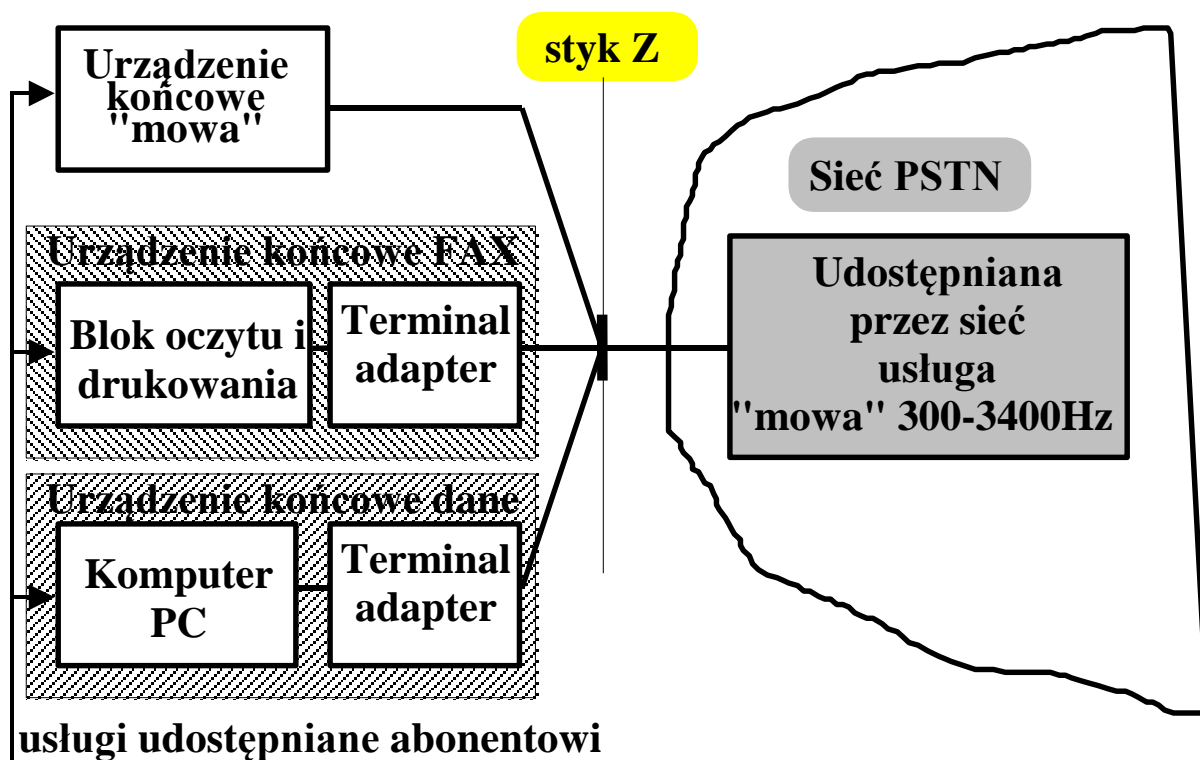
Dzięki modemowi w obu przypadkach na jednej linii abonenckiej możliwa jest z punktu widzenia abonenta realizacja innych usług (przesyłanie danych, przesyłanie dokumentów) na bazie jednej usługi realizowanej przez sieć PSTN, tzn. usługi mowa. Takie rozwiązanie wymaga więc doposażenia terminali abonenckich innych niż aparatów (terminali) telefonicznych w tzw. adaptery TA (TA - Terminal Adapter). Ich zadaniem jest dopasowanie się do styku Z sieci telekomunikacyjnej. Te adaptery mogą być blokami funkcjonalnymi wchodzącymi w skład tych terminali np. w FAX'ie lub blokami zewnętrznymi np. w komputerze. Adaptery te zawierają nie tylko modemy ale wybrane funkcje aparatu telefonicznego w przypadku, gdy realizują także obsługę połączenia.

Podsumowując te rozważania możemy powiedzieć, że:

- ✓ **na styku Z (a/b) realizowane są:**
 - **kanały użytkowe dla „mowy” o paśmie od 300Hz do 3400Hz,**
 - **kanały sygnalizacyjne dla usługi „mowa”,**
- ✓ **zadaniem TA jest zrealizowanie:**
 - **przejścia fizycznego z styku dla danego urządzenia końcowego na styk Z i odwrotnie,**
 - **przejścia funkcjonalnego z styku dla danego urządzenia końcowego na styk Z i odwrotnie,**
- ✓ **TA może być wewnętrzną częścią urządzenia końcowego lub być elementem oddzielnym.**

Zostało to przedstawione poglądowo na rysunku. Pokazano na nim trzy usługi z których może korzystać abonent: telefonia (mowa), FAX i dane. Usługi te są w sieci realizowane na bazie jednej i tej samej usługi „mowa w paśmie 300 – 3400Hz”.

Urządzenia końcowe Abonenta



Zauważmy, że konieczność zastosowania modemu w przypadku sygnałów, które ze swej natury są cyfrowe, np. dane, wynika z faktu istnienia linii abonenckiej, która przeznaczona jest w tym przypadku do przenoszenia sygnałów analogowych. Pozostałe elementy sieci mogą być zrealizowane w technice cyfrowej czyli np. tworzą sieć IDN z podstawowym kanałem o przepływności 64kbit/sek, która to cecha nie jest w ogóle wykorzystana.

Spostrzeżenia:

- W przypadku sieci PSTN będącej w fazie IDN nie wykorzystujemy jej możliwości dla przesyłania informacji cyfrowej.
- Wraz ze wzrostem ilości przenoszonej przez sieć PSTN informacji, której postać pierwotna z natury rzeczy jest cyfrowa, wydajność sieci maleje.
- Wykorzystanie usługi mowa dla realizacji innych usług jest nieefektywne.
- Elementem sieci który wprowadza te ograniczenia jest przede wszystkim analogowa linia abonencka.

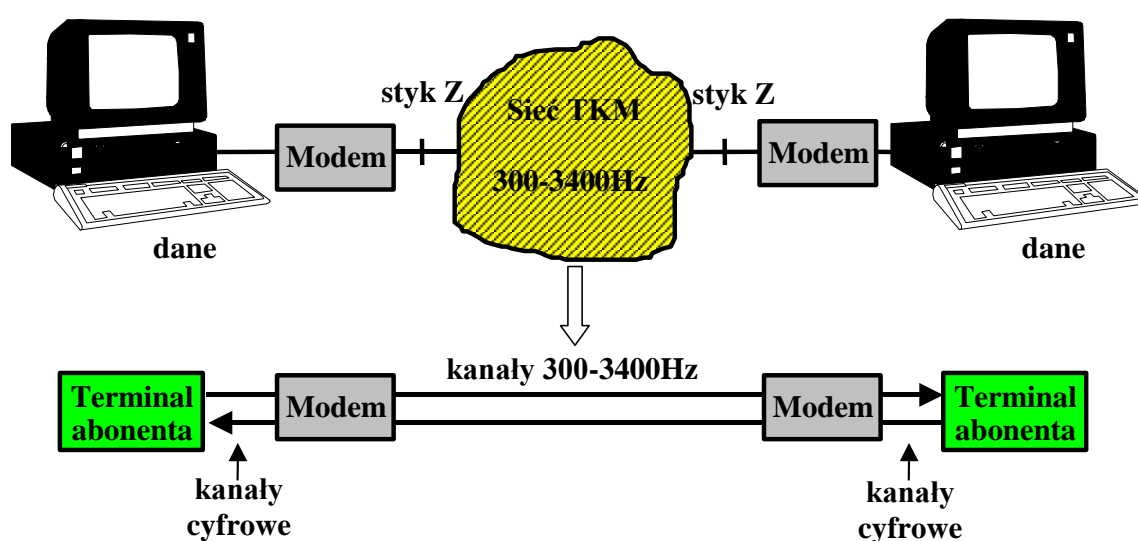
Wniosek !!!

Ze względu na coraz większy wzrost przenoszonej przez sieć PSTN informacji, która jest cyfrowa, należy dokonać cyfryzacji tego ostatniego elementu sieci telekomunikacyjnej jakim jest linia abonencka.

Wymiana danych w sieci telekomunikacyjnej z dostępem analogowym lub cyfrowym

W sieci z dostępem analogowym:

- konieczne jest stosowanie dodatkowych urządzeń przetwarzających u abonenta – MODEM'y,
- ograniczona szybkość przenoszonego strumienia danych z uwagi na możliwości kanału (o jego możliwościach decyduje najgorszy element tego łańcucha a jest nim analogowa linia abonencka, sieć telekomunikacyjna jest już IDN),
- właściwości kanału nie są dostosowane do potrzeb usługi przenoszenia danych,
- sieć telekomunikacyjna nie rozróżnia usługi „dane”, „widzi” tylko jedną usługę mowa,
- brak udogodnień dla obsługi danych.

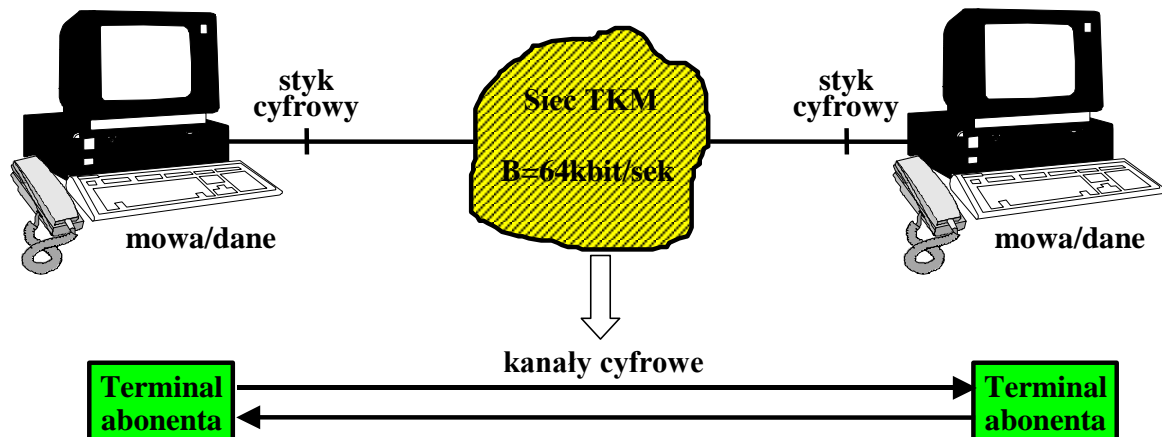


W sieci z dostępem cyfrowym:

- nie ma potrzeby stosowania modem'ów,
- mamy do dyspozycji cyfrowy kanał podstawowy o przepływności 64kbit/sek.

Stan ten przedstawiono na kolejnym rysunku. Styk cyfrowy nie jest tu jeszcze zdefiniowany ale zakładamy, że jego minimalna przepływność musi być dopasowana do sieci czyli powinna wynosić 64kbit/sek. Także pokazano, że

na tym styku jest zrealizowana usługa mowa co wymaga umieszczenia przetwornika analogowo – cyfrowego dla sygnału mowy w terminalu. Zauważmy, że takie rozwiązanie powoduje usunięcie tego przetwornika z wyposażenia abonenckiego znajdującego się w węźle komutacyjnym (dostępowym) sieci telekomunikacyjnej.

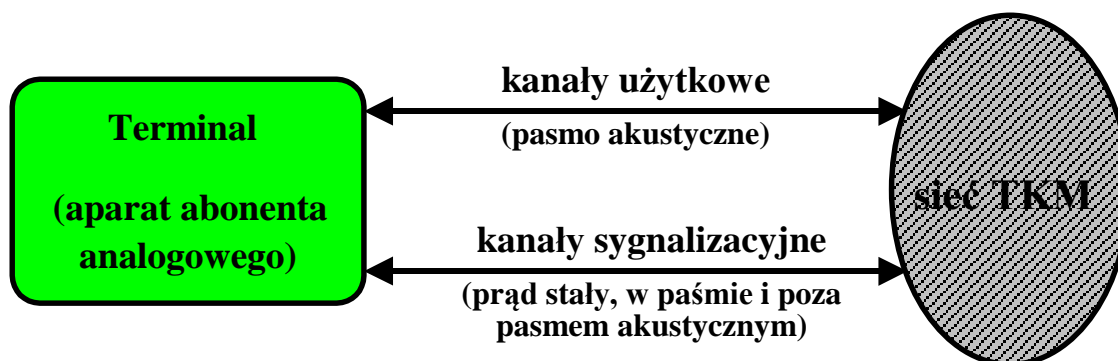


Dla realizacji trzech pozostałych ograniczeń konieczne są głębsze zmiany w samej sieci telekomunikacyjnej, tzn. wprowadzenie odpowiedniej sygnalizacji na styku terminal abonenta – sieć i na styku węzeł – węzeł oraz rozbudowania sterowania węzła komutacyjnego o tworzenie kanału o ściśle określonych wymaganiach na potrzeby danej usługi.

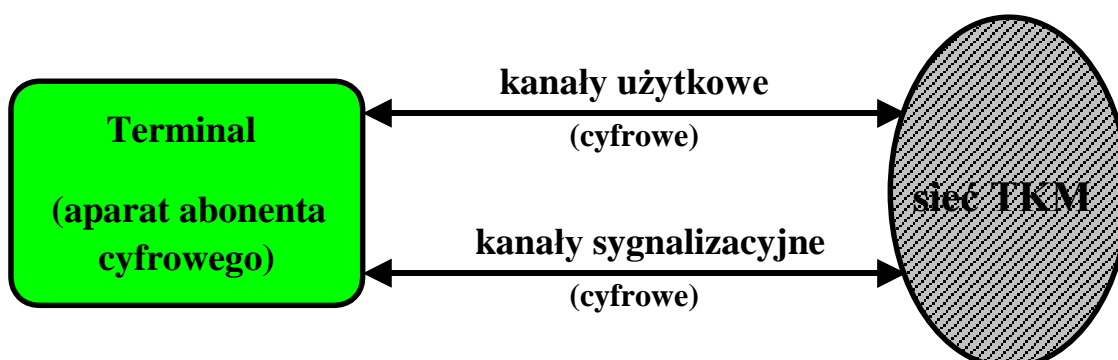
W sumie realizacja wyżej wymienionych postulatów, tzn. cyfryzacji linii abonenckiej oraz wprowadzenie zmian w sieci PSTN, przekształca tą sieć z sieci IDN w sieć ISDN (Integrated Services Digital Network – sieć cyfrową z integracją usług).

Sieć ISDN

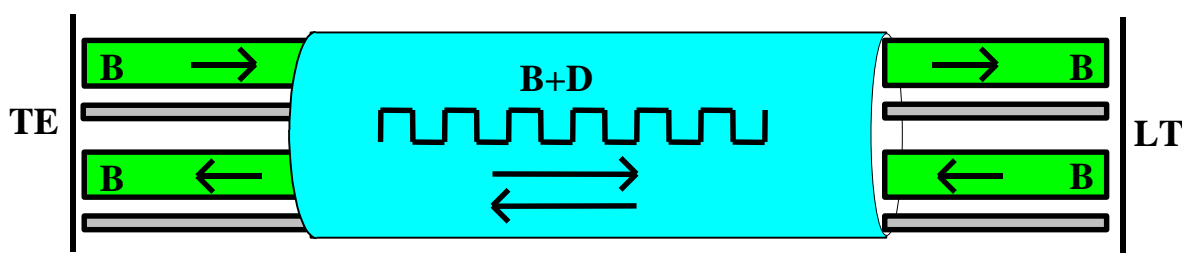
Z poprzednich rozważań wynika, że pierwszym krokiem jaki należy uczynić aby móc mówić o przekształceniu sieci PSTN w sieć ISDN jest cyfryzacja linii abonenckiej. W związku z tym przypomnijmy sobie ogólną organizację połączenia terminala abonenckiego z siecią PSTN, gdy mamy analogową linię abonencką. Otóż mamy na tej linii kanały użytkowe dla sygnałów mowy oraz kanały sygnalizacyjne. Przedstawiono to na ogólnym rysunku.



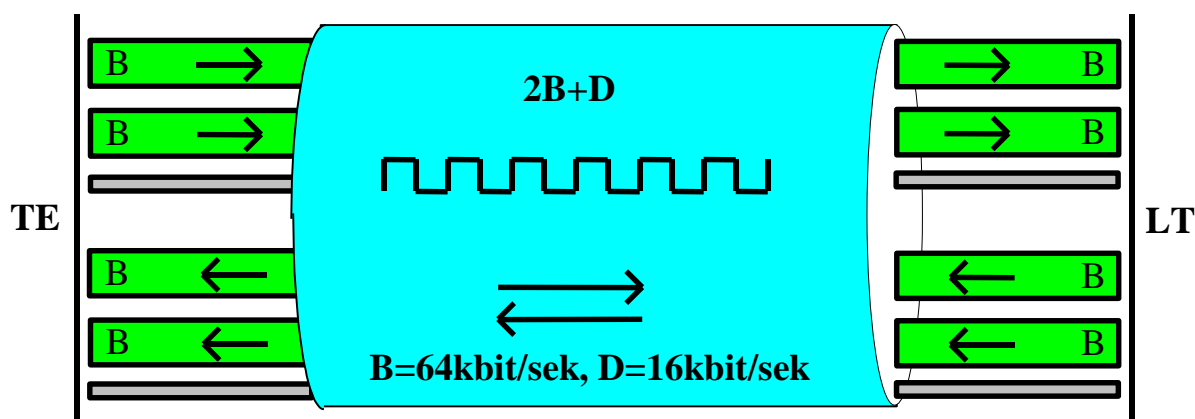
Ponieważ chcemy cyfryzację linii abonenckiej zrealizować minimalnym kosztem to zakładamy, że wykorzystamy istniejącą parę przewodów miedzianych z której dotychczas korzystał abonent z terminalem analogowym. Typowa maksymalna długość tej linii wynosi około 6km. Na tej miedzianej parze kablowej musimy utworzyć cyfrowe kanały użytkowe i kanały sygnalizacyjne.



Na etapie prac badawczo - rozwojowych były proponowane różne rozwiązania co do pojemności tak utworzonego abonenckiego łącza cyfrowego. Pierwsza propozycja zakładała, że na tym łączu będzie możliwe zrealizowanie jednego połączenia z wykorzystaniem kanału B o przepływności 64kbit/sek, a dla sygnalizacji przeznaczono kanał D o przepływności 16kbit/sek. Oczywiście na łączu tym kanały te były realizowane dla obu kierunków. Pokazano to rysunku.



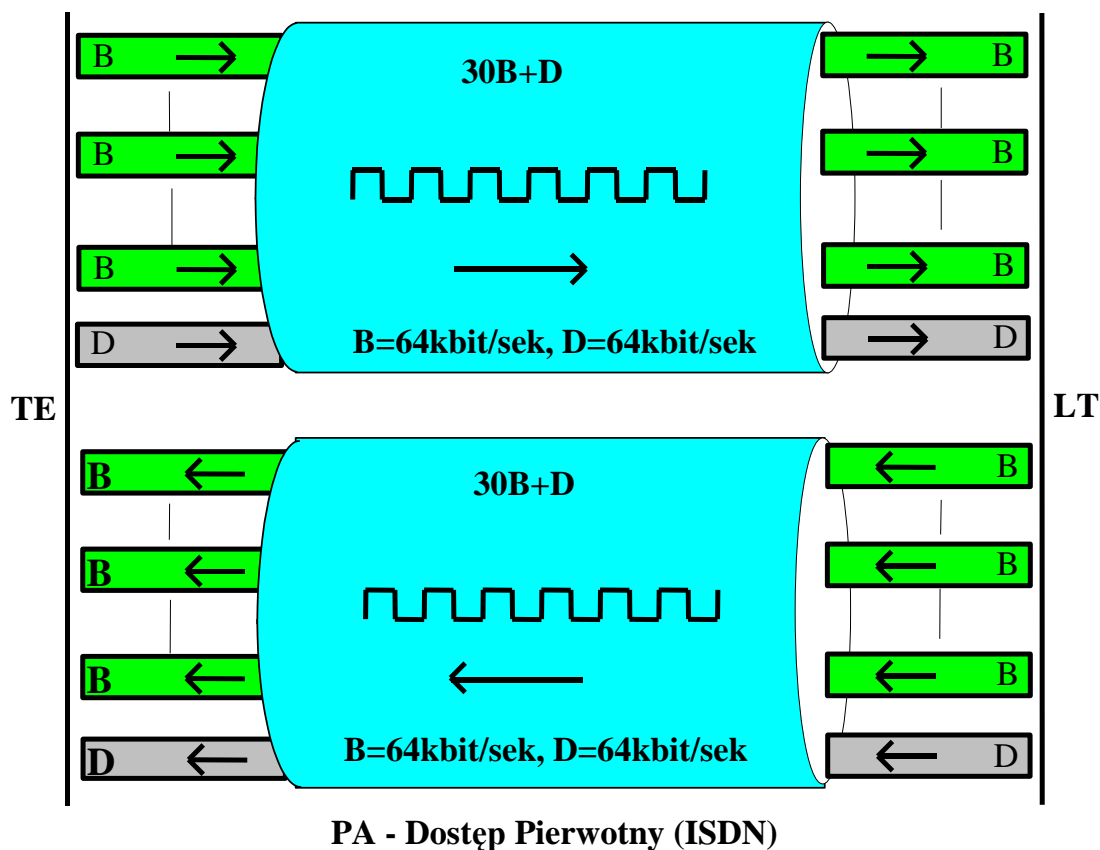
Jednakże rozwiązanie to nie zostało zatwierdzone jako standard z bardzo prostego powodu. Mianowicie uważano, że abonent ISDN powinien mieć możliwość używania większej liczby terminali i realizować jednocześnie więcej niż jedno połączenie. Takie podejście wymagało dodania co najmniej jeszcze jednego kanału B. W ten sposób zaproponowano dla indywidualnego abonenta ISDN łącze, które realizuje Dostęp Podstawowy (BA – Basic Access) nazywane też dostępem 2B+D. Ograniczenie się do dwóch kanałów B wynikało tylko i wyłącznie ze stanu wiedzy i techniki, gdy opracowywano rozwiązania dla ISDN.



BA - Dostęp Podstawowy (ISDN)

Dodatkowo założono, że oba kanały B mogą być łączone i w ten sposób otrzymuje się kanał o przepływności 128kbit/sek. Kanał B może być wykorzystany zarówno do realizacji połączeń z komutacją kanałów jak i komutacją pakietów. Z kolei kanał D został głównie przeznaczony do realizacji wymiany wiadomości sygnalizacyjnych na styku abonent ISDN - dostępowy węzeł komutacyjny ISDN. Dla zrealizowania tej wymiany stosuje się technikę pakietową. Kanał ten można jednocześnie wykorzystać także do tworzenia połączeń między abonentami ISDN z zastosowaniem komutacji pakietów. Liczba tego typu połączeń w ramach kanału D może być większa od jedności.

W sieci publicznej oprócz abonentów indywidualnych są także abonenci zbiorowi, np. centrali abonenckie ISDN. Dla podłączenia i obsługi tych abonentów przewidziano styk o większej pojemności. Zrealizowany jest on na łączy transmisyjnym systemu PCM30/32. W ten sposób uzyskano 30 kanałów B i jeden kanał D (16 – ta szczelina) o przepływności 64kbit/sek. Tego typu dostęp do węzła komutacyjnego nazwano Dostępem Pierwotnym (PA – Primary Access) lub dostępem 30B+D. Jego strukturę z punktu widzenia kanałów przedstawiono na rysunku.



Podobnie jak dla BA założono, że kanały B mogą być łączone i w ten sposób utworzyć można kanały o przepływnościach $n \cdot 64 \text{ kbit/sek}$, gdzie $n \in \{1, 2, \dots, 30\}$. Kanał ten można wykorzystać zarówno do realizacji połączeń z komutacją kanałów jak i komutacją pakietów. Kanał D jest przeznaczony do tych samych celów co w BA z tym, że ma większą przepływność niż w BA.

Zauważmy, że można zatem na PA realizować połączenia o maksymalnej przepływności równej $30B$. Ponieważ w sieci ISDN dla abonenta ISDN jest to maksymalnie dostępna przepływność to określa ona także górną graniczną wartość przepływności usługi równą 1920 kbit/sek , umownie nazywaną 2 Mbit/sek . Ta graniczna wartość przepływności jest kryterium według którego usługi dzielimy na usługi wąsko- lub szerokopasmowe. Usługi które wymagają nie większej przepływności niż ta wartość graniczna nazywamy usługami wąskopasmowymi a sieci telekomunikacyjne mające to ograniczenie nazywamy sieciami wąskopasmowymi. Zatem rozważana sieć ISDN jest siecią wąskopasmową.

W tym miejscu rozważań komentarza wymagają jednak zmiany jakie należy wprowadzić w węzle komutacyjnym aby można było mówić o sieci ISDN. Otóż jak to zostało już stwierdzone dotyczą one głównie:

- ✓ wprowadzenia nowego typu sygnalizacji na styku „terminal abonenta – sieć” - jest to sygnalizacja DSS1 (Digital Subscriber Signalling number 1 – cyfrowa abonencka sygnalizacja numer 1),
- ✓ poszerzenia możliwości istniejącej sygnalizacji CCS na styku „węzeł – węzeł”, jest to sygnalizacja CCS No7 z ISUP (z ISDN User Part – z częścią dla użytkownika ISDN),
- ✓ rozbudowania sterowania Call Control (sterowania wywołaniem) węzła komutacyjnego o możliwość tworzenia kanału o ściśle określonych wymaganiach wynikających z potrzeb danej usługi.

Istota tych zmian wynika z konieczności rozróżniania przez sieć ISDN usług i ich indywidualnej obsługi zgodnie z jej wcześniej zdefiniowanymi wartościami atrybutów. To wymaga przekazywania tych wartości z terminala do węzła dostępowego, a następnie przekazania do Call Control tego węzła dla odpowiedniej obsługi i realizacji połączenia w tym węźle. Na poziomie sieci wartości tych atrybutów muszą być przekazywane między węzłami, a to z kolei wymaga odpowiednio zmienionej sygnalizacji CCS czyli ISUP'a.

Prostym przykładem wzrostu złożoności obsługi żądania usługi może być np. konieczność sprawdzania czy abonent żądany jest w stanie brać udział w realizacji określonej usługi, tzn. czy ma odpowiedni terminal dla danej usługi, np. dla wideotelefonii musi mieć wideotelefon, dla faksu grupy 4 musi mieć ten właśnie fax. Ten problem w ogóle nie występował w sieci PSTN, gdyż realizowała ona tylko jedną usługę dla jednego typu terminala (jaką i jakiego?).

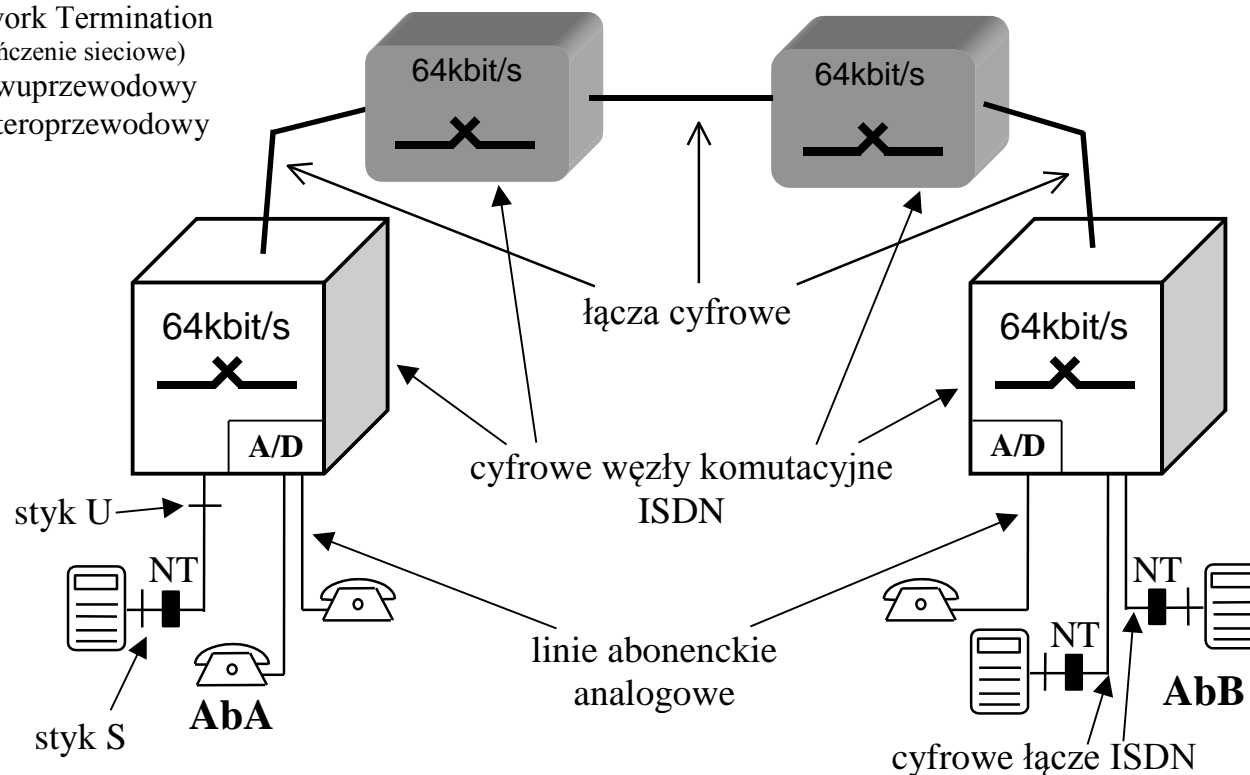
Spostrzeżenie!!!

Istota integracji usług w jednej sieci telekomunikacyjnej sprowadza się do konieczności rozróżniania poszczególnych usług przez sieć telekomunikacyjną (w tym przypadku przez węzły komutacyjne) i sterowania ich obsługą zgodnie z wymaganiami narzuconymi przez usługę (definiującymi usługę poprzez wartości jej atrybutów).

Na kolejnym rysunku przedstawiono sieć ISDN z jej istotnymi elementami.

Sieć ISDN

NT – Network Termination
(zakończenie sieciowe)
styk U – dwuprzewodowy
styk S - czteroprzewodowy



Wszystkie elementy sieci telekomunikacyjnej są dostosowane do realizacji wielu usług przenoszenia sygnału na bazie kanału B=64kbit/sek, a nie tylko usługi przenoszenia dla sygnału mowy.

Sterowanie węzłów jest sterowaniem SPC z możliwością indywidualnej obsługi konkretnej usługi.

Musi być stosowana sygnalizacja międzywęzłowa CCS No7 z ISUP.

Kanały udostępniane abonentowi ISDN

Wąskopasmowa sieć ISDN, oznaczana przez N-ISDN lub po prostu ISDN, oferuje dla pojedynczej usługi (połączenia) maksymalną przepływność równą 1920kbit/sek.

W ramach bazowych kanałów D i B abonentowi ISDN dla realizacji połączeń w sieci ISDN udostępniane są następujące kanały:

Kanały sygnalizacyjne:

D_{16} - kanał o przepływności 16 kbit/s

D_{64} - kanał o przepływności 64 kbit/s

Kanały użytkowe:

B - kanał o przepływności 64 kbit/s

$n \times B$ - kanał o przepływności $n \times 64$ kbit/s

H_0 - kanał o przepływności $6 \times B$ (384 kbit/s)

$n \times H_0$ - kanał o przepływności $n \times (6 \times B)$ ($n \times 384$ kbit/s)

H_{12} - kanał o przepływności $30 \times B$ (1.920 Mbit/s)

Zauważmy, że przy dostępie podstawowym BA z powyższego zbioru kanałów abonent ISDN ma do dyspozycji następujące kanały:

- sygnalizacyjny D_{16} ,
- użytkowe: B i $2B$,

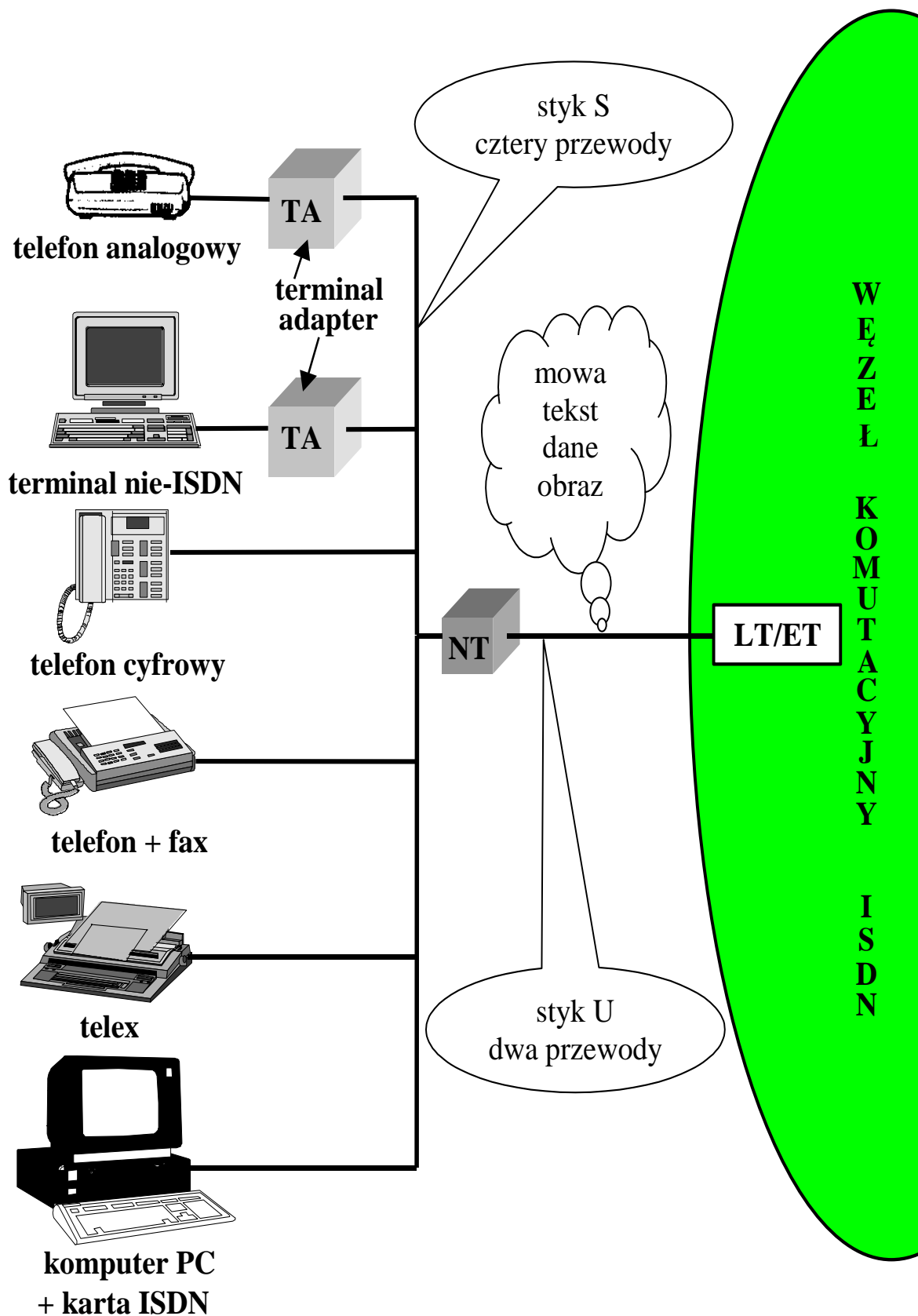
natomiast przy dostępie pierwotnym PA są to kanały:

- sygnalizacyjny: D_{64} ,
- użytkowe: B, $n \times B$, H_0 , $n \times H_0$, H_{12} .

Spostrzeżenie:

Należy pamiętać, że w węzłach komutacyjnych funkcja łączenia (komutacji) jest realizowana na bazie szczeliny czasowej o przepływności 64kbit/sek co odpowiada kanałowi B (patrz rysunki sieci). Zatem jeżeli dla realizacji usługi istnieje potrzeba utworzenia połączenia w którym ma być kanał o przepływności będącej wielokrotnością kanału B, to węzeł komutacyjny musi zestawić przez pole komutacyjne tyle połączeń ile jest wymaganych kanałów B.

Przykładowe wyposażenie abonenta ISDN



Praktycznie abonent ISDN może posiadać do ośmiu terminali.

Sieci PSTN, PSTN/ISDN i sieci komórkowe

Ponieważ abonenci stają się coraz bardziej ruchliwi a jednocześnie nie chcą zrezygnować z możliwości posiadania ciągłego dostępu do usług sieci telekomunikacyjnej to jedynym rozwiązaniem tego problemu było poszerzenie możliwości sieci telekomunikacyjnej, które gwarantowałyby obsługę żądań abonentów niezależnie od ich przestrzennego zmieniającego się położenia (proszę sobie przypomnieć wykład dotyczący problemu ruchliwości abonentów).

Dotychczas omawianie rozwiązania sieci telekomunikacyjnej miały jedno podstawowe założenie, że abonent jest abonentem stacjonarnym. Jest to zatem abonent, który z założenia nie zmienia swojego miejsca pobytu z punktu widzenia dostępu do usług telekomunikacyjnych. Faktycznie oznacza to że jego identyfikacja jest realizowana poprzez wyposażenie węzła komutacyjnego do którego dołączone jest łącze abonenckie na którego końcu jest terminal lub terminale abonenta. Numer abonenta sieć, a dokładniej mówiąc węzeł komutacyjny do którego ten abonent jest dołączony, identyfikuje z określonym wyposażeniem węzła do którego ten numer jest przyporządkowany. W przypadku ISDN także możemy identyfikować terminal ale odbywa to się już na poziomie tego terminala. Oczywiście istnieje możliwość wykupienia przez abonenta udogodnienia o nazwie „przenoszenie numeru”. Dzięki tej usłudze abonent może ze swojego terminala osobiście przenieść swój numer na wyposażenie innego abonenta. Od tego momentu wszystkie połączenia kierowane pod jego numer zostają przekierowywane na nowe wyposażenie. Oczywiście funkcja ta nie może być i nie jest dowodem na to że abonent ma zapewnioną realizację połączeń przy przemieszczaniu się z miejsca na miejsce. Innym rozwiązaniem pozwalającym na uzyskiwanie połączeń niezależnie od miejsca przebywania w sieci jest usługa sieci IN pod nazwą „UPT - Universal Personal Telecommunication” ale wymaga ona osobistego rejestrowania się abonenta w nowym miejscu przebywania. Jest to zatem zwiększenie możliwości w stosunku do poprzedniego udogodnienia ale nie jest to swoboda w uzyskiwaniu połączeń niezależnie od miejsca przebywania i bez ingerencji abonenta.

Zatem przypomnijmy sobie jakie zmiany i funkcje należy wprowadzić do dotychczasowych rozwiązań w sieci telekomunikacyjnej aby można było zrealizować powyższy postulat, tzn. pełną swobodę przemieszczania się i dostępu do usług telekomunikacyjnych bez dodatkowych czynności wykonywanych przez abonenta.

Oczywiście podstawowa zmiana dotyczy realizacji łącza abonenckiego. Musi to być łącze oparte na systemie radiowym. Ponieważ przestrzeń w którym jest tworzony kanał ma bardzo złożoną charakterystykę propagacji to konieczna jest specjalna realizacja tego kanału aby sprostać wymaganiom jakościowych na poziomie transmisji. Jest to zagadnienie trudne i złożone.

Z faktu że do realizacji łącza między abonentem i częścią stałą sieci wykorzystujemy otwartą przestrzeń do której każdy ma dostęp powoduje konieczność zabezpieczenia się przed tym dostępem przez osoby nie będące abonentami. Jest to nazywane zapewnieniem autentyczności abonenta. Także bardzo ważnym zagadnieniem jest zapewnienie prywatności połączenia, tzn. zabezpieczenie przed podsłuchiwaniami.

Ponieważ przydzielone widmo na tworzenie kanałów jest skończone a chcemy uzyskać system o dużej pojemności (sieć publiczna) to konieczny jest podział obszaru na komórki i odpowiedni rozdział tego pasma między komórki. Stąd też bierze się nazwa sieci komórkowej. Nie wnikając w szczegóły tego podziału prowadzi to w konsekwencji do tego, że abonent przemieszczając się zmienia też komórki. Fakt ten rodzi kilka problemów do rozwiązania.

Podstawowym z nich to lokalizacja abonenta czyli ciągła identyfikacja komórki w której się znajduje abonent. Drugim problemem wynikającym z takiego rozwiązania jest konieczność przełączania aktualnie realizowanego połączenia, gdy abonent przekracza granice dwóch komórek (nazywane to jest także przekazywaniem połączenia). Proszę zauważyć, że czas tego przełączania musi być na tyle krótki aby istotnie nie pogorszyć jakości usługi. W szczególnym przypadku może się tak zdarzyć, że nie ma zasobów sieciowych aby można było zrealizować to przełączenie. Ma to zatem wpływ nie tylko na jakość ale także na poziom usług.

W związku z tymi uwagami dotychczasowa sieć telekomunikacyjna musi ulec modyfikacji i rozbudowie o dodatkowe elementy. Są to w ogólności:

- stacja bazowa BTS, która z jednej strony odpowiedzialna jest za realizację łącza radiowego do stacji ruchomej MS, a z drugiej strony tworzy styk do sieci stałej; proszę zauważyć że komórka wraz z stacją bazową jest odpowiednikiem stopnia koncentracji w dotychczas omawianych stacjonarnych sieciach telekomunikacyjnych,
- kontroler BSC stacji bazowych, który został wprowadzony ze względu na optymalizację wykorzystania zasobów i steruje on kilkoma stacjami bazowymi,
- rejestr HLR (Home Location Register), który jest bazą danych stacji ruchomych abonentów zarejestrowanych na stałe i zarządzanych przez

operatora; przechowuje ona ich stałe parametry i informacje o ich chwilowym położeniu,

- rejestr VLR (Visitor's Location Register), który jest bazą danych stacji ruchomych chwilowo przebywających w obszarze obsługiwanym przez dany węzeł komutacyjny,
- centrum AUC (Authentication Centre) identyfikacji abonentów, jest to baza danych umożliwiająca stwierdzenie czy konkretny abonent jest dopuszczony do realizacji połączeń,
- rejestr EIR (Equipment Identity Register) identyfikacji wyposażenia stacji ruchomej, jest to baza danych z dopuszczonymi do używania stacjami ruchomymi oraz stacjami skradzionymi lub zgubionymi.

Węzeł komutacyjny stosowany w sieci komórkowej jest to typowy węzeł komutacyjny obsługujący specyficzne łącza do abonentów i w związku z tym wyposażony w odpowiednie oprogramowanie. Oznaczany on jest przez MSC (Mobile Switching Centre). Jeden z węzłów MSC sieci komórkowej, który tworzy styk z innymi typami sieci nazywany jest GMSC (Gateway Mobile Switching Centre) i jest bramą do tych sieci.

Struktura sieci komórkowej, poza tą częścią która wynika z obsługi łączy radiowych, jest taka sama jak dla dotychczas omawianych sieci i do jej realizacji wykorzystywany jest ten sam rodzaj sprzętu.

Wymienione bazy danych komunikują się między sobą jak i z sterowaniem MSC poprzez sieć sygnalizacji SS7 z warstwą użytkową MAP (Mobile Application Part). Na ogół HLR lokalizowany jest przy GMSC, podobnie jak AUC i EIR.

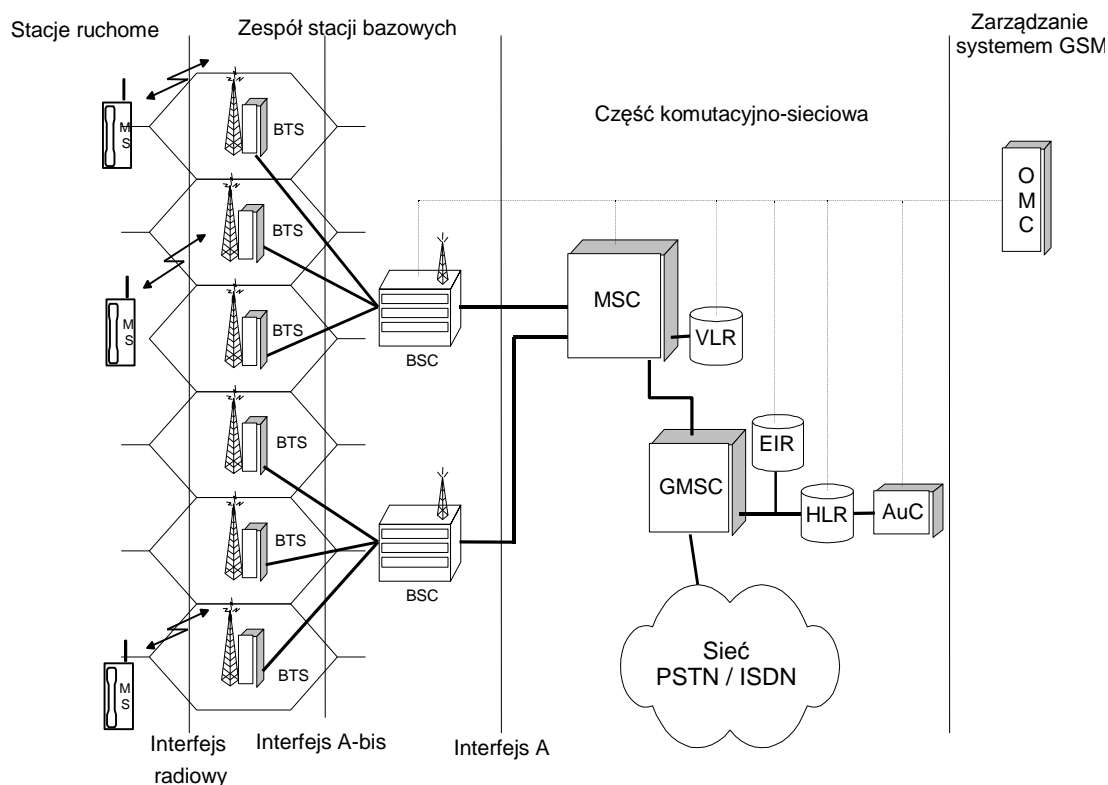
Sieci komórkowe, podobnie jak sieci stacjonarne, przechodziły różne etapy rozwoju technologii. Rozwój ten był uzależniony zarówno od stanu technologii telekomunikacji w ogóle, jak i też od kraju czy też kontynentu na którym miał miejsce ten rozwój.

Oczywiście w pierwszym etapie tworzone były sieci bazujące na technice analogowej czyli technice odpowiedniej dla sieci PSTN. Przykładem takiego rozwiązania jest system NMT (Nordic Mobile Telephone), który pracuje w paśmie 450MHz lub 900MHz. Był on dopasowany do współpracy z siecią PSTN. System ten ma 180 kanałów, odstęp między kanałami wynosi 25kHz, stosowana jest modulacja FM o dewiacji 5kHz. Pracuje w trybie duplexowym z podziałem częstotliwości – inne pasmo w górę i inne pasmo w dół. W systemie tym mamy stacje ruchome MS, stacje bazowe BS oraz węzły komutacyjne MTX, które dołączone są do sieci PSTN. Opcjonalnie MTX mogą być połączone między sobą. Jak widać to rozwiązanie różni się istotnie

od wcześniej omówionych ogólnych wymagań na sieć komórkową. System ten i jemu podobne należą do systemów *pierwszej generacji*.

Wymagania te i przytoczone nazewnictwo dotyczą nowszej generacji sieci komórkowych określanych skrótem GSM (Global System of Mobile communication). Jest to system który bazuje na sieci ISDN, w którym wprowadzono elementy wymienione przy omawianiu ogólnych wymagań na sieć komórkową. System ten pracuje w paśmie 900MHz (DCS 1800MHz) w trybie dwupiętrowym. Posiada on dla każdego kierunku po 124 (374) przedziały częstotliwości o szerokości 200kHz każdy (patrz wykład na temat maksymalizacji wykorzystania zasobów). Jest to więc dostęp z podziałem częstotliwości. Jednakże dodatkowo w każdym z tych pasm jest tworzony podział na 8 szczelin czasowych. Mamy więc tu podział z dostępem czasowym. Mówimy więc że system GSM pracuje według zasady wielodostępu z podziałem czasowym i częstotliwościowym TDMA/FDMA. Uzyskuje się dzięki temu 992 (2992) kanały. W szczelinie czasowej przesyłane są pakiety, które mają różną strukturę i przeznaczenie. Tworzy się w ten sposób określone kanały logiczne. W każdej szczelinie czasowej przesyła się pakiety o długości 148 bitów, poza jednym typem który ma długość 88 bitów. Czas trwania szczeliny czasowej wynosi 0.577ms. Na bazie 8 szczelin czasowych tworzy się ramkę, 26 ramek tworzy wieloramkę, 51 wieloramek tworzy superramkę, 2048 superramek tworzy hyperramkę.

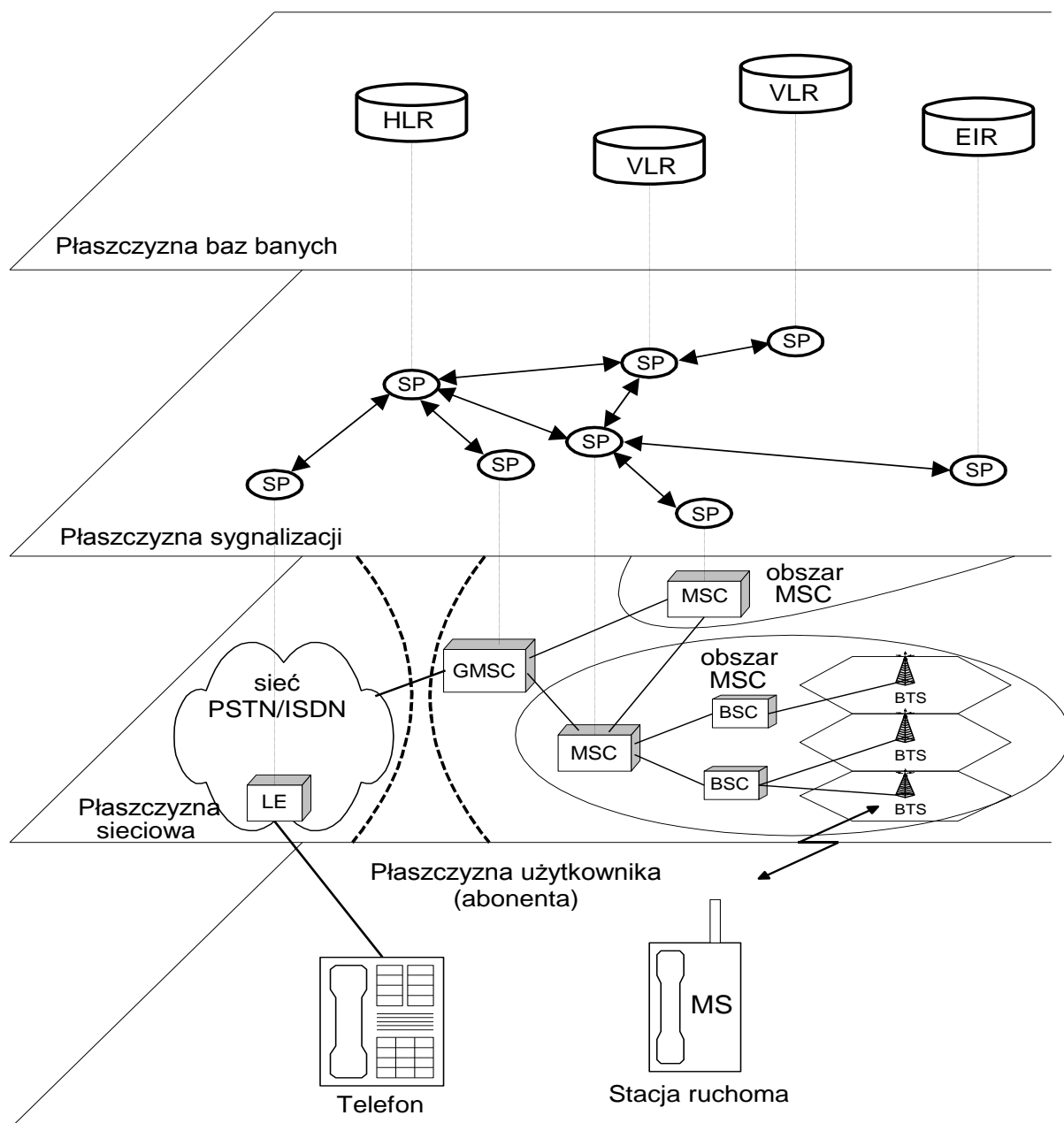
Architekturę systemu GSM przedstawiono na rysunku, w nieco innej formie niż przy omawianiu problemu ruchliwości abonentów, umieszczając na nim podstawowe elementy funkcjonalne i ich lokalizację. OMC (Operation and Maintenance Centrum) to skrót od nazwy centrum użytkowania i utrzymania. System GSM należy do systemów *drugiej generacji*.



Strukturę płaszczyznową tego systemu pokazującego dokładniej powiązania poszczególnych elementów i wynikającej stąd zasady komunikacji pokazano na kolejnym rysunku. Wyróżniono cztery płaszczyzny: abonenta (użytkownika), sieciową, sygnalizacji oraz baz danych. W tej ostatniej płaszczyźnie pokazano tylko bazy HLR i VLR. Na tym rysunku widoczne są istotne różnice w stosunku do sieci stacjonarnej (stałej).

System GSM przewidziany został dla usługi mowa co jest jego istotnym ograniczeniem. Aby udostępnić usługi typu dane wprowadza się do tego systemu podsystemy GPRS (General Packet Radio Service) oraz HSCSD (High Speed Circuit Switching Data). System GSM oraz wymienione podsystemy bazują na ISDN więc istnieją ograniczenia maksymalnej przepływności dla jednego połączenia do 2Mbit/s (30B). Mimo tego nie wykorzystują one tej możliwości w uzyskiwaniu maksymalnej przepływności.

Potrzeba zwiększenia przepływności oraz dostępu do usług dostarczanych przez całą infrastrukturę telekomunikacyjną spowodowała prace nad systemem trzeciej generacji pod nazwą UMTS (Universal Mobile Telecommunications System). System ten umożliwia bezprzewodowy dostęp do całej infrastruktury telekomunikacyjnej w dowolnym czasie i w dowolnym miejscu na świecie. Ma on zapewnić usługi wymagające przepływności do 2Mbit/s.



Niezależnie od tego prowadzi się także prace nad szerokopasmowymi systemami komórkowymi MBS (Mobile Broadband System), które mają umożliwić styk radiowy dla abonenta o przepływności do 155Mbit/s. W ten sposób chce się zrealizować systemy, które byłyby dopasowane i bazowałyby na sieci szerokopasmowej B-ISDN (na temat sieci B-ISDN zostanie przeznaczony osobny wykład).

Przykładem mogą być systemy:

- WiFi - IEEE 802.11, szybkość przesyłania do 108 Mbit/s, zasięg do 100m, w paśmie 5GHz, wspiera QoS, 128 urządzeń w sieci, sieć dostępowa,

- **WiMAX** - IEEE 802.16, szybkość przesyłania do 15 Mbit/s, zasięg 3-10 km (max. 50 km), poniżej 6 GHz, powyżej 10 GHz, wspiera QoS, sieć dostępową,
- **LTE** – maksymalna szybkość przesyłania w dół do 100 Mbit/s - w górę do 50 Mbit/s, wspiera QoS, sieć dostępową RAN.

Można wyżej wymienione systemy i ich szybkości oraz powiązanie z siecią stacjonarną (stałą) zobrazować graficznie, tak jak to pokazano na kolejnym rysunku.

