

## Sterowanie połączeniem na poziomie sieci i węzła

Aby można było zrealizować przekazywanie - przenoszenie informacji między stykami sieci telekomunikacyjnej konieczne jest zrealizowanie połączenia, poprzez wykorzystanie elementów tworzących sieć telekomunikacyjną. W najogólniejszym ujęciu elementami tymi są: linie (łącza) abonenckie, łącza międzywęzłowe oraz węzły. Elementy te znajdują się na określonej drodze połączeniowej DP. Mówimy także, że ciąg tych elementów tworzy tak zwany łańcuch połączeniowy. Zauważmy, że między dwoma stykami sieci może być więcej niż jedna droga połączeniowa a co więcej w ramach tej samej drogi dla realizacji konkretnego połączenia możemy dokonać wyboru z większej liczby elementów. Na przykład między bezpośrednio połączonymi *i*-tym i *j*-tym węzłem mamy zbiór łączy z którego wybieramy jedno łącze.

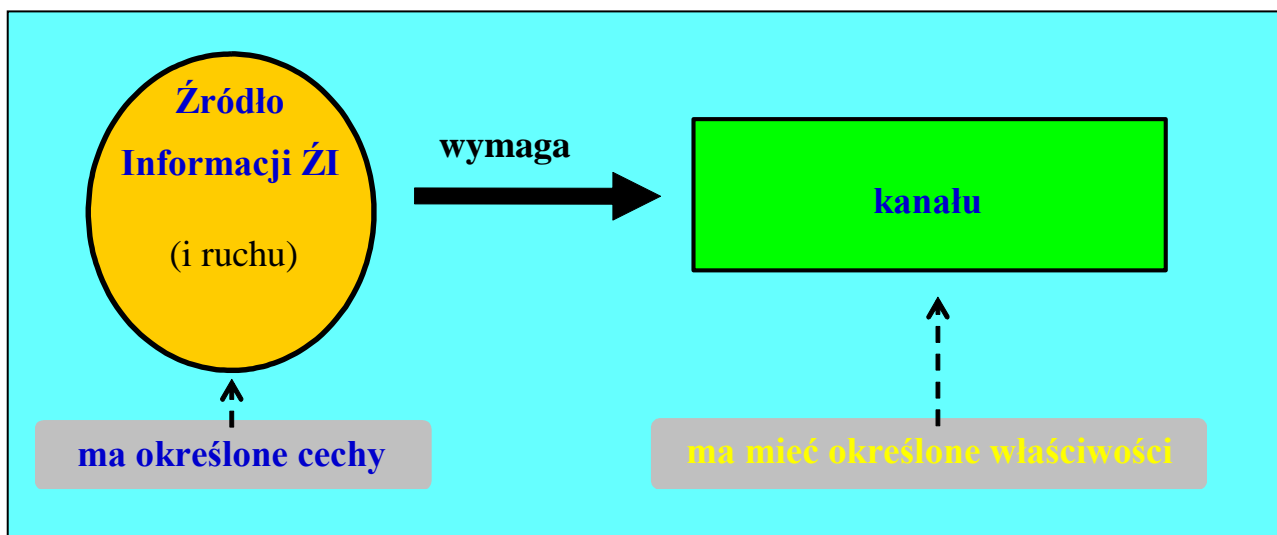
**Wybrane na drodze połączeniowej zasoby tworzą kanał(y) dla przenoszenia informacji między stykami sieci telekomunikacyjnej od źródła do odbiorcy informacji.**

Dla zestawienia połączenia czyli wyboru drogi połączeniowej a w niej elementów tworzących połączenie konieczna jest funkcja sterowania. Jej realizacja wymaga także przenoszenia informacji sterujących między węzłami komutacyjnymi. W tym przypadku jest to informacja niezbędna dla realizacji funkcji sterowania.

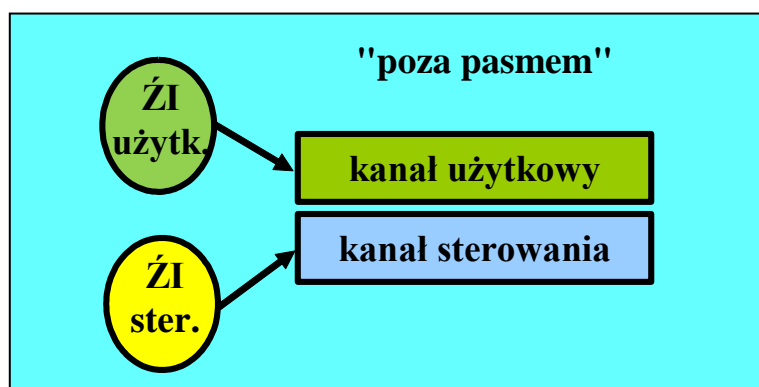
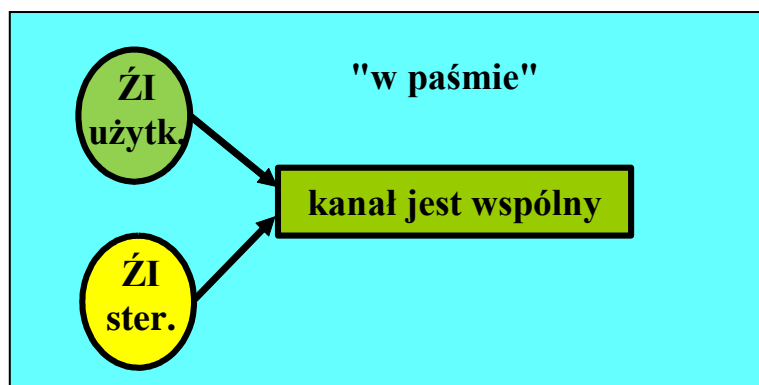
Aby zatem udostępnić abonentowi usługę **musimy zapewnić przenoszenie dla dwóch strumieni informacji:**

- użytkowej, tzn. tej którą chce jeden abonent przekazać drugiemu abonentowi,
- sterującej, tzn. tej która jest konieczna dla utworzenia kanału(ów) umożliwiającego(ych) przenoszenie informacji użytkowej.

Źródło każdej z tych informacji ma określone cechy i wymaga kanału o określonych właściwościach dla jej poprawnego przenoszenia.



Kanały dla tych dwóch strumieni informacji mogą być wspólne lub rozdzielone. W pierwszym przypadku mówimy, że informacja sterująca jest przesyłana "w paśmie" a w drugim przypadku, że jest przesyłana "poza pasmem". Oczywiście słowo pasmo dotyczy pasma informacji użytkowej i ma ono tu odniesienie zarówno do techniki analogowej, gdzie pasmo to ma znaczenie pierwotne czyli opisuje sygnał w dziedzinie częstotliwości, jak i techniki cyfrowej, gdzie odnosi się do przepływności.



Proszę zauważyć, że nie mówimy tu jak kanał jest zrealizowany, tzn. z jakich elementów funkcjonalnych jest utworzony, w jakiej technice i technologii oraz jakie systemy zostały zastosowane.

Użyte wcześniej określenie, że "musimy zrealizować połączenie aby można było przenieść informację między stykami sieci" może dotyczyć dwóch rodzajów sieci - zorientowanych połączeniowo albo zorientowanych bezpołączeniowo. Jak wiemy praca każdej z nich jest inna a tym samym funkcja sterowania przynajmniej na poziomie sieci jest także inna.

W przypadku **sieci zorientowanych połączeniowo** sterowanie musi w pierwszej fazie (fazie połączenia) doprowadzić do utworzenia kanału - jeżeli informacja użytkowa jest przesyłana tylko w jedną stronę (od AAb do BAb) lub dwóch kanałów, gdy informacja użytkowa musi być przesyłana w obu kierunkach. Aby to zrealizować **sterowanie musi** wykonać następujące niezbędne zadania:

1. **stwierdzić żądanie** określonej usługi przez terminal abonenta,
2. **określić drogę** połączeniową umożliwiającą osiągnięcie terminala abonenta żadanego,
3. **wybrać zasoby** na tej drodze umożliwiające zestawienie kanału(ów) o wymaganych właściwości dla kanału(ów) użytkowego(ych),
4. **zestawić kanał(y)** czyli połączyć i poinformować o tym fakcie terminal żadanego abonenta,
5. **stwierdzić** czy terminal żadanego abonenta jest w stanie brać udział w wymianie informacji,
6. **stwierdzić zgłoszenie się** terminala żadanego abonenta.

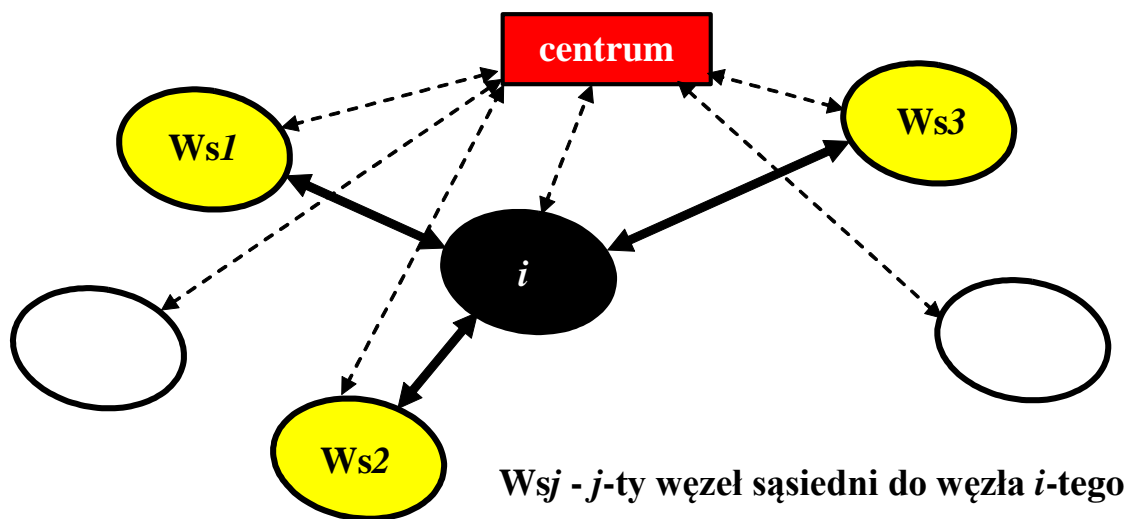
Sterowanie musi także wykonywać określone inne zadania zarówno w fazie połączenia (druga faza) jak i rozłączenia (trzecia faza). Aby nie komplikować naszych rozważań na razie nie będziemy ich omawiali. Zostanie to uczynione w innym miejscu.

Oczywiście pierwsze pytanie jakie się tu nasuwa to **kto (co) ma te zadania realizować**. Teoretycznie może być wiele rozwiązań. Ale my skupimy uwagę na tych które są w praktyce stosowane. Historyczny rozwój techniki i technologii spowodował, że **zadania te zostały ułożone** w węzłach komutacyjnych.

Jeżeli tak jest to z tego wynika, że **węzeł komutacyjny musi mieć dane** konieczne do realizacji wymienionych zadań. Dane te węzeł może pozyskać na dwa skrajnie odmienne sposoby:

- **lokalnie** od swoich sąsiednich węzłów, tzn. węzłów z którymi jest bezpośrednio połączony,

- **centralnie** od specjalnie do tego celu przeznaczonego elementu funkcjonalnego znajdującego się np. w centrum zarządzania.



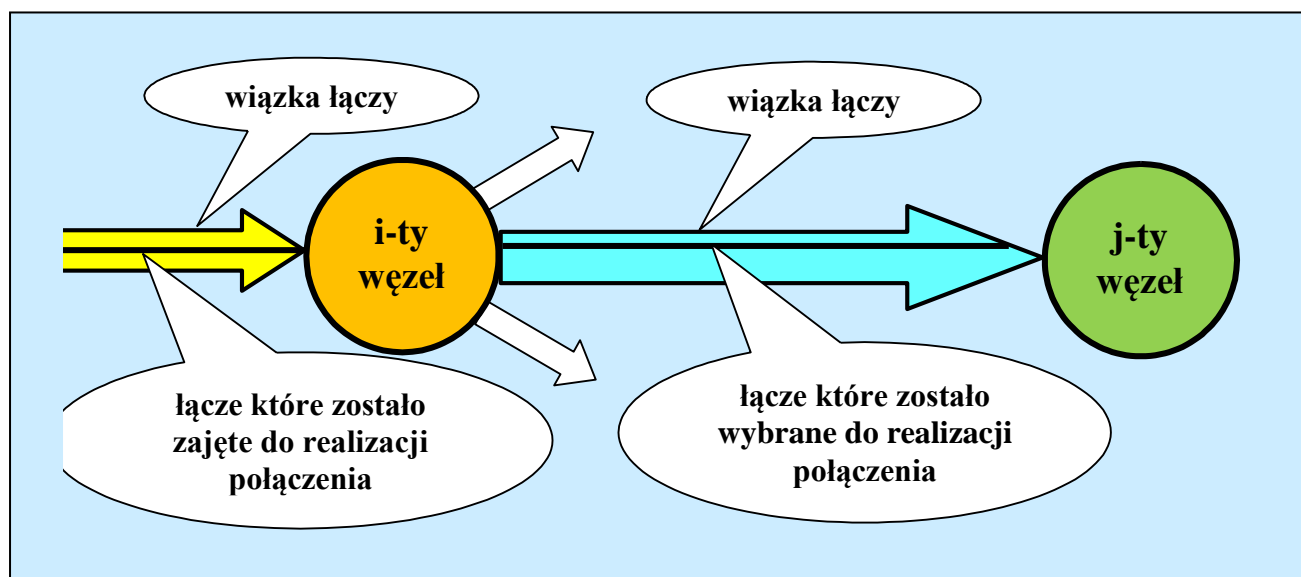
Podstawowe dane to informacja o tym jak osiągnąć terminal żadanego abo-  
nenta, tzn. jak poruszać się w sieci aby dotrzeć do tego terminala. Dobrze  
byłoby aby to dotarcie i użyte zasoby na realizację kanału(ów) użytkowych  
było optymalizowane (proszę się zastanowić co to znaczy?). Jest to zatem  
problem optymalizacji wyboru drogi połączeniowej. Ta optymalizacja może  
być realizowana lokalnie, tzn. z punktu widzenia konkretnego węzła lub  
globalnie, tzn. z punktu widzenia całej sieci. To zagadnienie i jego rozwiąza-  
nie jest samo w sobie skomplikowane.

W sieci telekomunikacyjnej przyjęto **jako podstawową metodę określania  
drogi połączeniowej** (nie jest to jedyna) w której droga ta jest określana we-  
dług **zasady "hop-by-hop"**. Sprowadza się ona do tego iż kolejny ostatnio  
wyznaczony węzeł będący w drodze połączeniowej wyznacza następny wę-  
zeł, który będzie brał udział w tworzeniu połączenia.

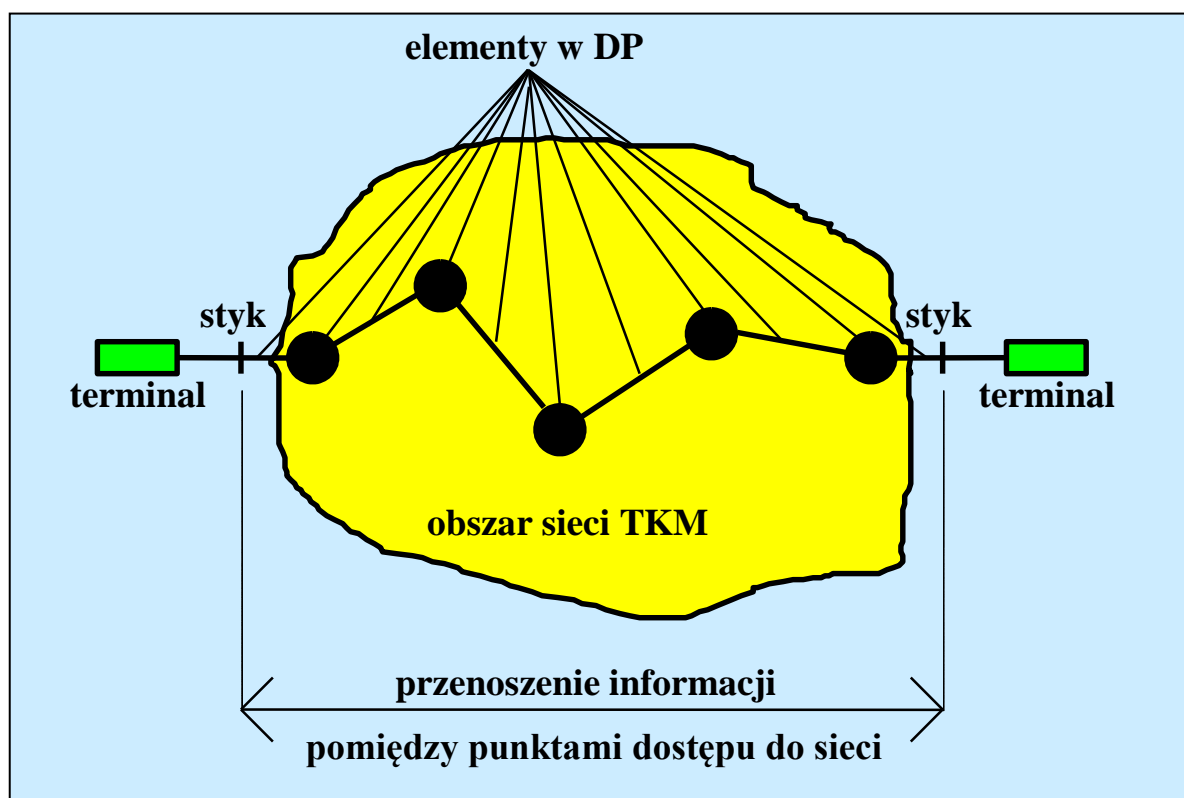
Jeżeli *i*-ty węzeł wybierze *j*-ty węzeł jako kolejny w drodze połączeniowej to  
musi, w ramach dostępnych wolnych zasobów (łączy dla komutacji kana-  
łów; zastanowić się jak to może być rozwiązane w przypadku komutacji pa-  
kietów lub komórek), **wybrać łącze i zająć je, a następnie zestawić w węźle  
połączenie pomiędzy łączem przychodzącym i wybranym łączem wychodzą-  
cym do j-tego węzła.**

Następnie *i*-ty węzeł **przekazuje niezbędne informacje** do *j*-tego węzła (**po-  
przez kanał sterowania** nazywany też kanałem sygnalizacji), który to węzeł  
z kolei powtarza wymienione czynności.

Zadania te są realizowane skokami od węzła do węzła aż zostanie osiągnięty węzeł do którego dołączony jest terminal żadanego abonenta.



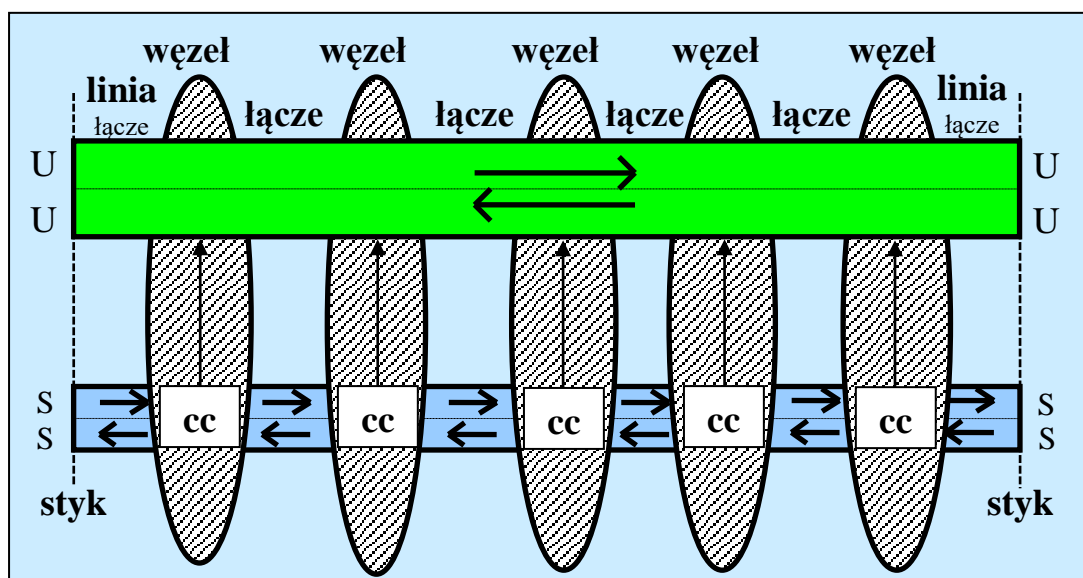
Na kolejnym rysunku zaznaczono elementy na drodze połączeniowej nie wnikając w istotę techniki i technologii ich realizacji.



terminal=urządzenie końcowe,  
aparat,  
stacja abonencka.

Miedzy dwoma węzłami komutacyjnymi mamy łącza, bo są one konieczne do realizacji połączenia, i na przykład jeżeli zastosujemy łącza zrealizowane w systemie PCM30/32 to tych łączy mamy 30. Do realizacji połączenia wykorzystamy tylko **jedno łącze** jeżeli potrzebna będzie nam **przepustowość 64kbit/s** i wówczas tym sposobem zrealizujemy jeden kanał "tam" (od AAb do BAb) oraz drugi kanał "powrót" (od BAb do AAb), każdy o przepustowości 64kbit/s. Natomiast jeżeli potrzebna będzie nam dla realizacji połączenia **przepustowość 128kbit/s** wówczas wykorzystamy **dwa łącza** każde po 64kbit/s i te dwa łącza utworzą kanały po 128kbit/s dla obu kierunków. Z punktu widzenia połączenia terminali abonentów te dwa łącza tworzą jedno łącze chociaż technicznie są rozróżnialne jako dwa łącza (proszę wrócić do wykładu co to jest kanał i łącze!!!).

W wyniku realizacji pierwszej fazy obsługi realizacji żądanej usługi mamy sytuację przedstawioną ogólnie na kolejnym rysunku. Rysunek dotyczy sytuacji, gdy informacja użytkowa i informacja sterująca mają swoje własne kanały. Proszę zwrócić na istotną różnicę między rysunkiem **kanału użytkowego** i **kanału sterującego** wynikającą bezpośrednio z przeznaczenia obu rodzajów kanałów. Jeden służy do wymiany informacji między terminalami obu abonentów, drugi natomiast do wymiany informacji między elementami sterującymi oznaczonymi ogólnie przez C (Control – Sterowanie, często oznaczane przez CC- Call Control)).



U - kanał Użytkowy

CC – Call Control

S - kanał Sterowania (Sygnalizacji)

Dotychczas omówione zagadnienie sterowania połączeniem obejmuje poziom sieciowy chociaż w jednym fragmencie wnika już w poziom węzła, tzn. wówczas gdy mówi się o połączeniu łącza wejściowego z łączem wyjściowym

węzła. Proszę jednak zwrócić uwagę na fakt, że w tu przedstawionym sterowaniu połączeniem na poziomie sieci zajmuje się także węzeł komutacyjny a dokładnie mówiąc określone funkcje zrealizowane w postaci programów znajdujących się w sterowaniu.

Aby omówić sterowanie połączeniem na poziomie węzła, tzn. między łączem wejściowym i łączem wyjściowym, konieczne jest chociaż w bardzo ogólnym stopniu przybliżyć strukturę takiego węzła komutacyjnego. Domyślamy się że jest ona w dużym stopniu uzależniona od konstruktorów i producenta tego węzła. Niemniej można podać wyabstrahowaną blokowo-funkcjonalną strukturę takiego węzła.

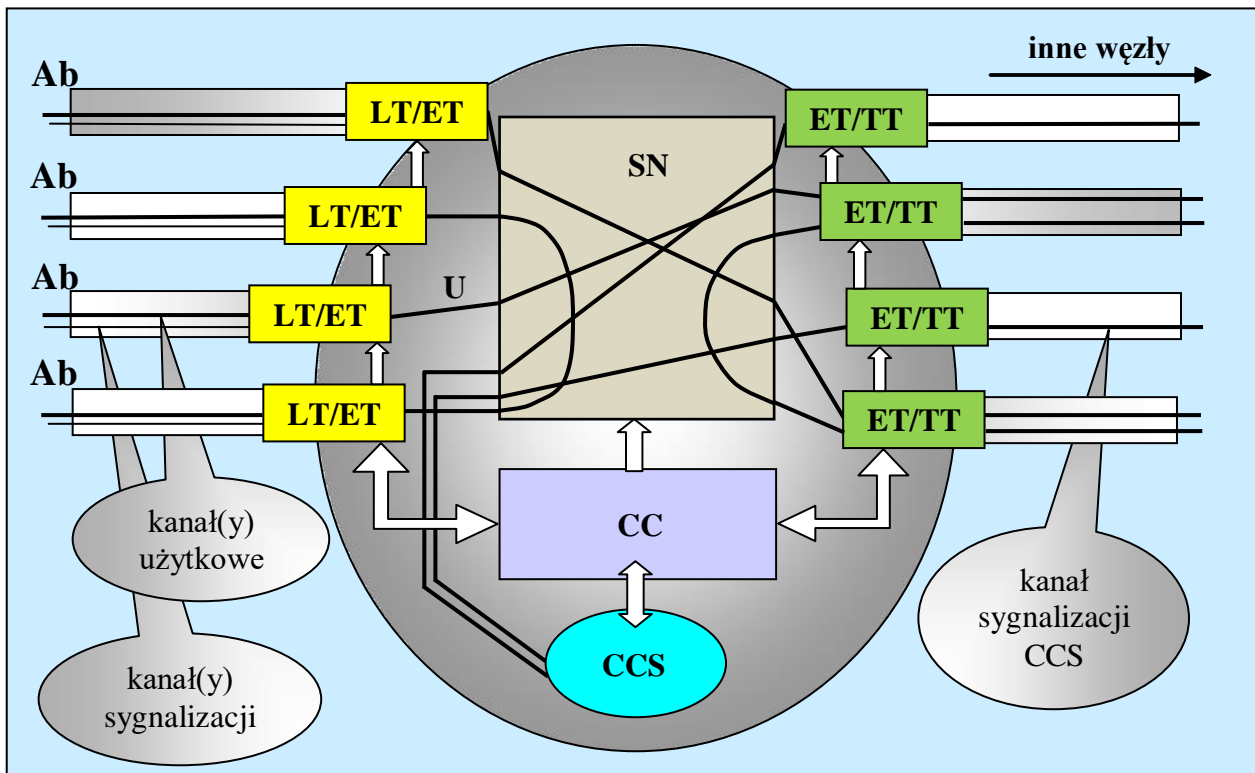
Węzeł komutacyjny ma kontakt z otoczeniem poprzez linie (łącza abonenckie) i łącza międzywęzłowe. Oba te elementy sieci wymagają w węźle zakończeń, które obsługują te elementy. Są to wyposażenia końcowe, które z uwagi na technologiczność są pogrupowane w moduły wyposażzeń końcowych (to pogrupowanie nie zostało zaznaczone na rysunku). Oczywiście w rozważanym ogólnym przypadku będziemy mieli dwa typy takich wyposażzeń: liniowe (abonenckie) i łączy (międzywęzłowe). Dla zrealizowania funkcji łączenia tych wyposażzeń między sobą konieczny jest blok komutacji SN, nazywany połem komutacyjnym PK. Z kolei realizacja określonego algorytmu obsługi żądania usługi wymaga bloku sterowania CC. Także z uwagi na konieczność wymiany informacji sterującej między sterowaniem poszczególnych węzłów wydzielono blok dla obsługi wymiany tej informacji nazywany blokiem sygnalizacji międzywęzłowej CCS. Taka struktura modelu węzła komutacyjnego została przedstawiona na kolejnym rysunku.

Użyte na tym rysunku skróty mają następujące znaczenie:

- LT/ET – Line Termination/Exchange Termination (ZŁ/ZC – zakończenie liniowe / zakończenie centralowe),
- TT/ET - Trunk Termination/ Exchange Termination (ZŁ/ZC - zakończenie łącza międzywęzłowego/zakończenie centralowe),
- SN – Switching Network (PK – pole komutacyjne),
- CC – Call Control (BS – blok sterowania, obsługa wywołania, obsługa żądania usługi),
- CCS – Common Channel Signalling.

Rozróżnienie ZL i ZŁ oraz ZC wynika z faktu rozdzielenia funkcji transmisyjnych (ZL i ZŁ) i funkcji komutacyjnych (ZC). Oczywiście realizacja każdej z tych funkcji jest zależna od typu linii (łącza abonenckiego) lub łącza międzywęzłowego oraz od typu zastosowanego systemu wymiany informacji sterującej, nazywanych sygnalizacją abonencką lub sygnalizacją międzywęzłową.





**LT/ET** – Line Termination / Exchange Termination

**TT/ET** – Trunk Termination / Exchange Termination

**CC** – Call Control **CCS** – Common Channel Signalling

**SN** – Switching Network

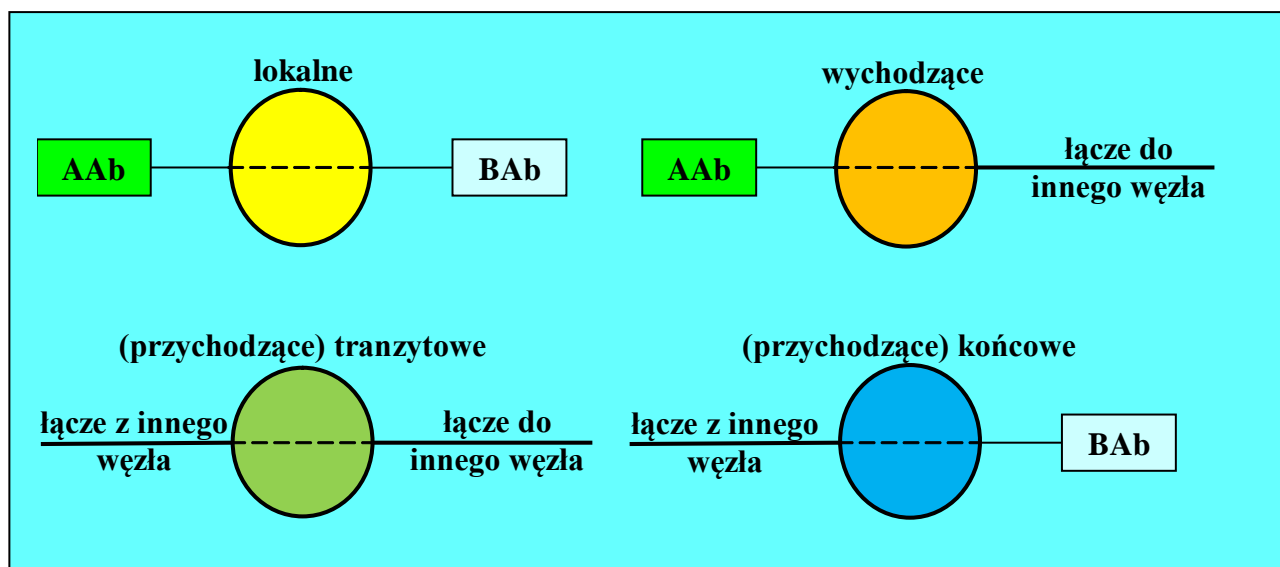
**U** – kanał(y) użytkowe

Z punktu widzenia realizacji połączenia w węźle komutacyjnym możemy wyróżnić kilka przypadków:

- ✓ połączenie lokalne – obaj abonenci należą do tego samego węzła komutacyjnego,
- ✓ połączenie wychodzące – abonent żądający usługi należy do rozważanego węzła komutacyjnego, natomiast abonent żądany należy do innego węzła komutacyjnego,
- ✓ połączenie (przychodzące) tranzytowe – obaj abonenci nie należą do rozważanego węzła komutacyjnego,
- ✓ połączenie (przychodzące) końcowe – abonent żądający usługi należy do innego węzła komutacyjnego a abonent żądany należy do rozważanego węzła komutacyjnego.



Wymienione sytuacje zobrazowano na kolejnym rysunku.



W **fazie I (wywołania)** muszą być zrealizowane następujące podstawowe funkcje (**zadania**):

➤ przypadek **gdy abonent żądający** usługę dołączony jest do analizowanego węzła:

- wykrycie wywołania na linii (żądania usługi),
- identyfikacja linii abonenckiej i jej uprawnień,
- poinformowanie abonenta o gotowości przyjęcia żądania usługi,
- odbiór cyfr numeru abonenta żadanego (BAb); to zadanie może być połączone z poprzednimi zadaniami (**gdy łącze jest cyfrowe**),
- analiza prefiksu (decyzja: połączenie lokalne, połączenie wychodzące),
- ♦ **połączenie lokalne:**
  - stwierdzenie czy abonent żądany jest wolny,
  - przeliczenie numeru abonenta na numer wyposażenie końcowego,
  - zestawienie połączenia przez pole komutacyjne między wyposażeniami końcowymi węzła,
  - zawiadomienie abonenta żadanego o połączeniu (dzwonienie),
  - po zgłoszeniu (rozpoczęcie fazy II) naliczanie opłaty w postaci impulsów licznikowych.
- ♦ **połączenie wychodzące:**
  - ruting (wybór następnego węzła),
  - wybór łącza do tego węzła,
  - zestawienie połączenia przez pole komutacyjne między wyposażeniami końcowymi węzła,
  - poinformowanie sąsiedniego węzła o połączeniu przychodzącym (minimum informacji to: numer łącza, numer abonenta żadanego),

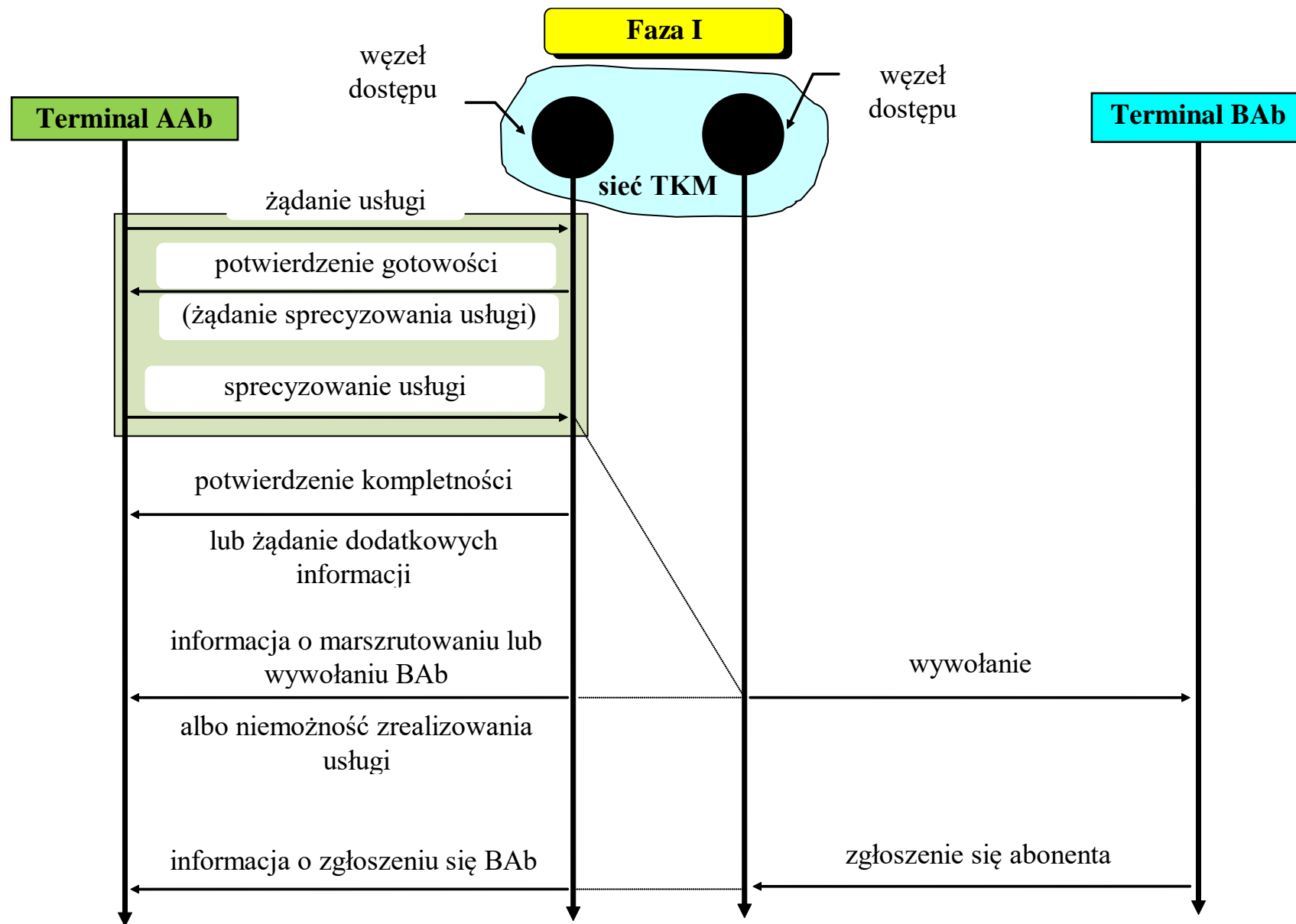
- oczekiwanie na potwierdzenie z sąsiedniego węzła, że połączenie zostało zrealizowane,
  - po otrzymaniu potwierdzenia o zgłoszeniu się abonenta żadanego (rozpoczęcie fazy II) naliczanie opłaty w postaci impulsów licznikowych.
- przypadek gdy połączenie jest **połączeniem przychodzącym** z innego węzła:
- odbiór informacji o połączeniu przychodzącym (minimum informacji to: numer łącza, numer abonenta żadanego),
  - analiza prefiksu (połączenie końcowe, połączenie wychodzące tranzytowe),
  - ◆ **połączenie przychodzące końcowe** (abonent żądany należy do tego węzła):
    - stwierdzenie czy abonent żądany jest wolny,
    - przeliczenie numeru abonenta na numer wyposażenie końcowego,
    - zestawienie połączenia przez pole komutacyjne między wyposażeniami końcowymi węzła,
    - zawiadomienie abonenta żadanego o połączeniu (dzwonienie) oraz poinformowanie o tym fakcie poprzedniego węzła,
    - po zgłoszeniu się abonenta żadanego (rozpoczęcie fazy II) poinformowanie o tym fakcie poprzedniego węzła.
  - ◆ **połączenie przychodzące tranzytowe**:
    - ruting (wybór następnego węzła),
    - wybór łącza do tego węzła,
    - zestawienie połączenia przez pole komutacyjne między wyposażeniami końcowymi węzła,
    - poinformowanie sąsiedniego węzła o połączeniu przychodzącym (minimum informacji to: numer łącza, numer abonenta żadanego),
    - oczekiwanie na potwierdzenie z sąsiedniego węzła, że połączenie zostało zrealizowane,
    - po otrzymaniu potwierdzenia (rozpoczęcie fazy II) powiadomienie o tym fakcie poprzedniego węzła.

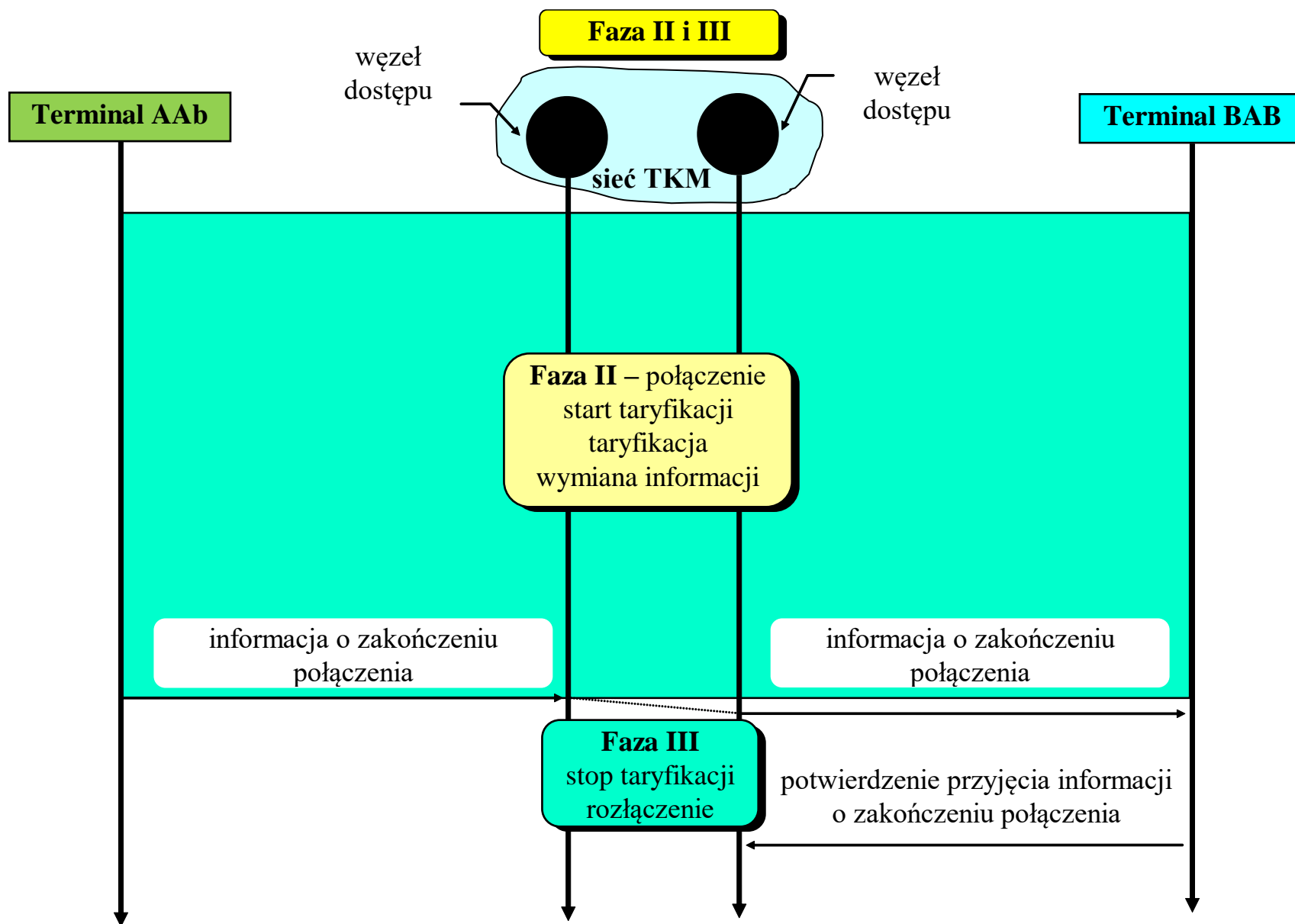
W **fazie II (połączenia czyli wymiany informacji)** w wyposażeniach końcowych węzłów abonentów biorących udział w połączeniu realizowana jest funkcja nadzoru, której głównym celem jest wykrycie informacji o zakończeniu połączenia. Powoduje to w węźle początkowym zakończenie naliczania impulsów taryfikacyjnych i dopisanie ich do konta abonenta oraz przejście do **fazy III (rozłączenia)**. Przy zwalnianiu zasobów, pomijając szczegóły, przyjęto zasadę, że zwolnić zasoby może tylko ten kto je zajął. Pozostali uczestnicy tego procesu mogą jedynie prosić o zwolnienie zasobów.

Na kolejnych rysunkach w ogólnej formie pokazano wymianę informacji dla tych trzech faz, która ma miejsce tylko na liniach (łączach) abonentkich. Pominięto wymianę informacji sterującej (sygnalizacyjnej - jest to stos protokołów) między węzłami. Jest to zagadnienie zbyt złożone jak na ten poziom omawiania procesów łączenia w sieci telekomunikacyjnej.

Oczywiście wymienione wyżej funkcje nie wyczerpują zagadnienia opisu procesu łączenia (komutacji), a tylko definiują płaszczyznę dalszego szczegółowego omawiania tej problematyki, którą my na tym wykładzie kończymy na przedstawionym poziomie szczegółowości.

Należy także zwrócić uwagę na fakt, że przy opisie algorytmów obsługi pojawiają się funkcje (zadania), które dotyczą nie tylko poziomu węzła komutacyjnego ale także poziomu sieci. Jest to oczywiste, gdyż w omówionym rozwiązaniu, które jest stosowane jako podstawowe rozwiązanie, węzeł komutacyjny bierze czynny udział w realizacji połączenia na poziomie sieci.





Dotychczas **przedstawiona struktura węzła komutacyjnego** uwidaczniała elementy funkcjonalne tego węzła na bardzo **ogólnym poziomie**. Z praktycznego punktu widzenia elementy te są pogrupowane lub tworzą bloki albo moduły funkcjonalne i konstrukcyjne. Takie **podejście do konstrukcji węzła komutacyjnego** podyktowane jest względami:

- funkcjonalnymi,
- technologicznymi,
- niezawodnościowymi
- i eksploatacji.

**Struktura węzła komutacyjnego** z podziałem na moduły została przedstawiona na kolejnym rysunku. Pokazano w nim:

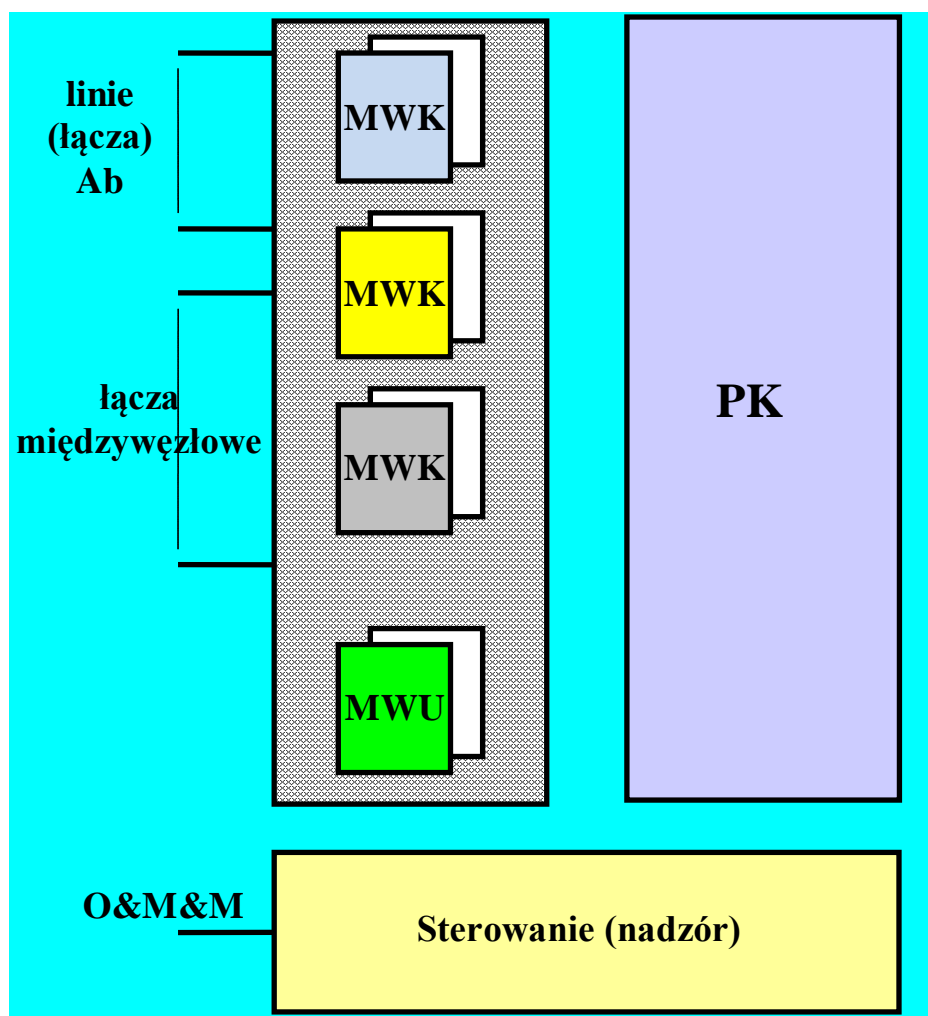
- **moduły wyposażenia końcowych** (MWK) w których można wyróżnić:
  - moduły zakończeń linii (łączy) abonenckich (maksymalnie od 128 do około 4000 abonentów na moduł),
  - moduły zakończeń łączy międzywęzłowych (standardowy styk to PCM30/32) (maksymalnie od 1 do 16 2Mbit/s łączy na moduł),
- **moduły wyposażenia usługowych** (MWU), jak np.:
  - moduły odbiorników cyfr DTMF (OC DTMF),
  - moduły sygnalizacji (SS7 z ISUP, R2, MF),
  - moduły konferencji,
- **moduł (blok) nadzoru i sterowania węzła**, który ma styk do centrum O&M&M (Operation, Maintenance, Management)
- **moduł (blok) pola komutacyjnego** (PK).

Proszę pamiętać, że **w konkretnym rozwiązaniu** węzła komutacyjnego znajdują się tylko te moduły, które są konieczne i wynikają z potrzeb i lokalizacji węzła w sieci telekomunikacyjnej.

**Liczność oraz pojemność poszczególnych typów modułów**, liczona w obsługiwanych **portach** (np. linia abonencka to jest jeden port, system PCM30/32 to też jeden port), uzależniona jest od **pojemności** węzła komutacyjnego (liczba abonentów, liczba łączy międzywęzłowych), wymaganej **mocy przetwarzania** (**BHCA** - Busy Hour Call Attempts, jest to maksymalna liczba żądań usług, którą sterowanie węzła jest w stanie obsłużyć w godzinie największego ruchu) oraz konkretnego rozwiązania (producenta) węzła. W ramach poszczególnych typów modułów mogą być różne wersje i odmiany modułów.

Należy pamiętać, że **moduły zakończeń linii (łączy) abonenckich** w większości **są wyniesione** poza część centralną węzła (nazywana jest ona **Host'em**). Mówimy wówczas o **modułach wyniesionych**, które powinny być możliwie blisko abonenta. Podyktowane to jest czynnikiem ekonomicznym (kosztami). **Proszę** na podstawie posiadanej wiedzy spróbować **uzasadnić**, że

wówczas uzyskamy niższe koszty realizacji obsługi abonentów węzła komutacyjnego.

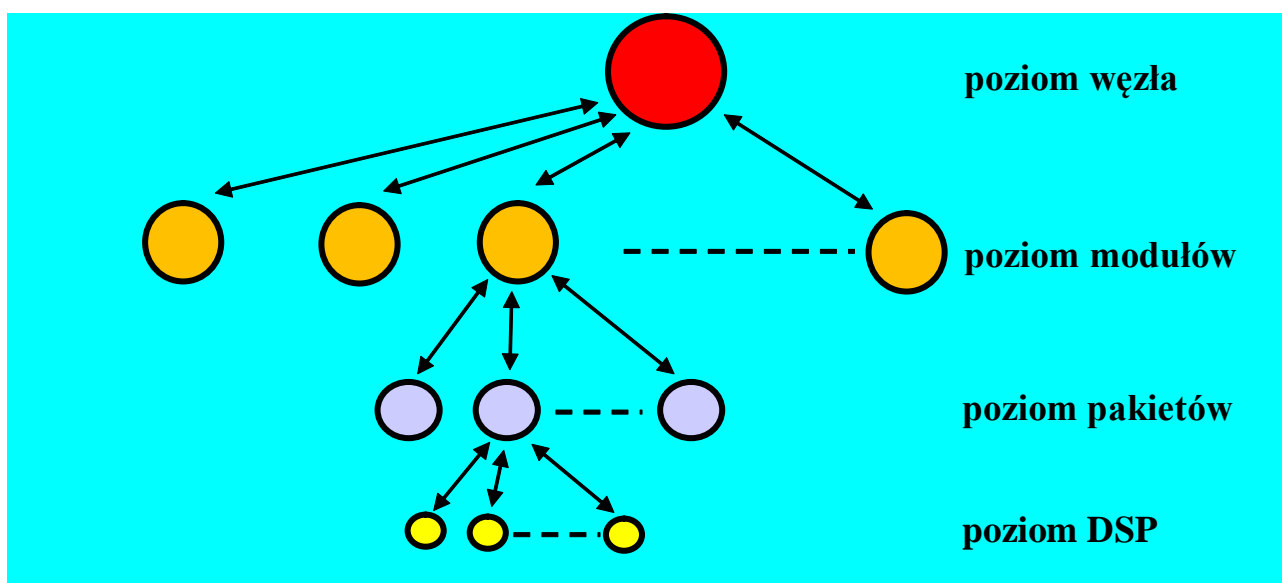


Każdy z modułów ma co najmniej jeden komputer sterujący, a blok sterowania (nadzoru) jest realizowany jako system wielokomputerowy lub komputer wieloprocesorowy. W przypadku modułów abonenckich oprócz komputera sterującego modulem na każdych 16 abonentów daje się jeden mikrokomputer jednomodułowy. Jednocześnie jeżeli moduł obsługuje abonentów analogowych (usługa POTS) to na jednego do kilku abonentów przypada jeden procesor sygnałowy DSP (zależnie od stanu technologii). Proszę także pamiętać o bardzo dużej niezawodności węzła komutacyjnego. Musi on dostarczać usług przez 24 godziny na dobę i to przez długi okres czasu eksploatacji liczony w latach (aktualnie powyżej 10 lat). Z tego punktu widzenia sterowanie jest bardzo czułym elementem funkcjonalnym (dlaczego tak jest?) dlatego wymaga specjalnych metod zwiększania niezawodności pracy, np. przez gorącą rezerwę komputerów, przejmowanie funkcji uszkodzonego komputera przez pozostałe komputery, automatyczne rekonfigurowanie sterowania.



Wszystkie elementy sterujące w postaci komputerów (mikrokomputerów) tworzą hierarchiczną sieć sterowanie węzła komutacyjnego, która składa się z czterech poziomów:

- sterowanie **węzła** (nadzór) - systemy wielokomputerowe lub wieloprocesorowe,
- sterowanie **modułów** - systemy wielokomputerowe,
- sterowanie **pakietów** - system jednokomputerowy jednomodułowy,
- **procesory sygnałowe** DSP.



Komunikacja między tymi komputerami zrealizowana jest w postaci sieci komputerowej, która może przybierać różne struktury w zależności od rozwiązania i producenta węzła komutacyjnego. Proszę dla przykładu **obliczyć liczbę komputerów** dla każdego z poziomów jeżeli węzeł ma pojemność 50000 abonentów i 1000 łączy 2Mbit/s (PCM30/32), a wykonany jest z modułów abonenckich o pojemności 1000 abonentów i modułów łączy PCM30/32 o pojemności 4.

Oprogramowanie realizowane jest w języku C, C++ lub w specjalnym języku dedykowanym dla telekomunikacji o nazwie CHILL oraz nowszym np. Erlang. Są to języki, które gwarantują współbieżność i komunikację procesów uruchamianych i obsługiwanych w systemach operacyjnych czasu rzeczywistego. Oprogramowanie to specyfikują i realizują setki specjalistów z telekomunikacji i informatyki. Jest ono utrzymywane, uzupełniane i modyfikowane przez cały czas eksploatacji danego węzła komutacyjnego. O możliwościach usługowych węzła komutacyjnego i tym samym sieci telekomunikacyjnej decyduje to oprogramowanie. Można bez wymiany sprzętu - jego części twardej - nadać nowe cechy i właściwości usługowe widziane przez abonenta danej sieci telekomunikacyjnej jedynie tylko przez wymianę oprogramowania czyli części miękkiej.

Oprócz oprogramowania, które jest odpowiedzialne za sterowanie połączeniami musi być także wykorzystywane oprogramowanie potrzebne operatorowi dla zapewnienia właściwej realizacji funkcji eksploatacji posiadanej sieci telekomunikacyjnej i dostarczanych usług. O tych funkcjach powiemy w innym miejscu realizacji materiału tego przedmiotu.

Dotychczas omówione sterowanie na poziomie sieci i węzła komutacyjnego dotyczyły, jak sobie to na początku powiedzieliśmy, sieci zorientowanych połączeniowo. Spróbujmy krótko omówić to zagadnienie dla sieci zorientowanych bezpołączeniowo przedstawiając istotne różnice w obu rozwiązaniach.

Podstawowa istotna różnica wynika z tego, że jest tylko jedna faza realizacji połączenia, tzn. wymiana informacji. Zatem nie ma funkcji zestawiania połączenia od końca do końca, tzn. od terminala do terminala czyli nie ma też tworzenia kanału od terminala do terminala.

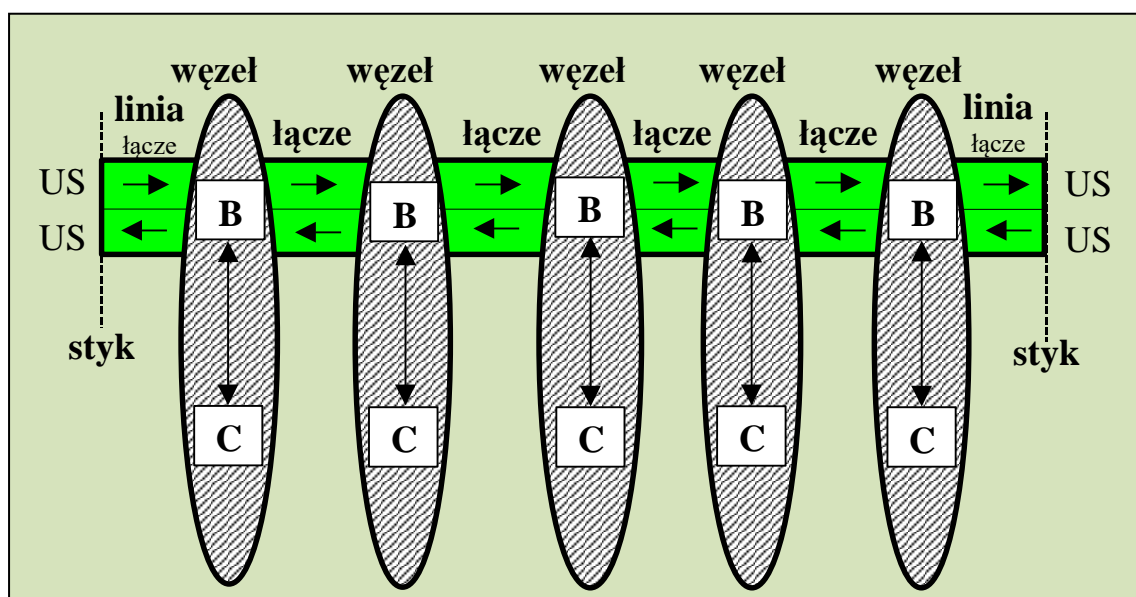
Z tego od razu wynika, że można uprościć problem wymiany informacji sterującej. Co więcej nie potrzeba dla niej dodatkowych kanałów sterujących, przynajmniej dla tych prostych rozwiązań, które aktualnie w większości przypadków się stosuje. Informacja użytkowa zostaje uzupełniona o informacje niezbędne dla realizacji funkcji sterowania (adresy) i jest przekazywana wraz z nią od terminala do węzła a następnie od węzła do węzła.

Węzeł w oparciu o tą informację sterującą i posiadane dane o sieci, które uzyskuje w identyczny sposób jak w poprzedniego typu sieci, określa następny węzeł do którego należy wysłać informację użytkową i wybiera łącze, którym wyśle tą informację użytkową. Przy czym w danej chwili łącze to nie musi być wolne, gdyż zakłada się współużywalność zatem musi być możliwość buforowania informacji w węźle komutacyjnym. Proszę zauważyć, że dzięki takiemu podejściu zwiększa się stopień wykorzystania zasobów w stosunku do poprzedniego rozwiązania sieci, tzn. sieci zorientowanej połączeniowo. Czy jest to uzyskiwane "za darmo", jeżeli nie to kosztem czego?

Funkcja buforowania jest wpisana jako zasada pracy tego typu sieci telekomunikacyjnej. Jest to konieczne z dwóch powodów:

- z odebranej informacji sterowanie musi wydobyć adresy aby mogło określić następny węzeł do którego zostanie odebrana informacja wysłana,
- zasoby w kierunku tego węzła mogą być aktualnie zajęte a to oznacza konieczność buforowania odebranej informacji.

Zatem poprzedni rysunek obrazujący realizację połączenia będzie teraz przedstawiał się następująco.



US - kanał Użytkowy i Sterowania

B – Buforowanie

C – Control (sterowanie)

**Węzły komutacyjne** dla tego typu sieci nie mają tak dużej liczby portów jak w przypadku poprzednio omówionego typu sieci, a ich **pojemności są znacznie mniejsze**. Także z uwagi na uproszczenie sterowania połączeniem sterowanie tych węzłów jest znacznie prostsze. **Pojemność węzłów** dla tych sieci określa się poprzez **przepustowość** jaką są w stanie obsłużyć. Proszę zauważyć, że parametr ten może być mylący z uwagi na to, że są to na ogół sieci pakietowe w których pakiety mogą mieć różną długość. Węzeł komutacyjny i jego sterowanie jest w stanie obsłużyć określoną liczbę pakietów w jednostce czasu. Zatem jeżeli pakiety będą długie to węzeł jest w stanie obsłużyć większy strumień bitów, a jeżeli będą krótkie to obsłuży mniejszy strumień bitów.

Zauważmy, że **fakt buforowania** umożliwia wprowadzenie dodatkowych **mechanizmów zmniejszających błędy** w przekazywaniu informacji, na przykład poprzez funkcję przechowywania wysłanej informacji przez określony czas lub do momentu potwierdzenia jej poprawnego albo błędnego odbioru. W tym ostatnim przypadku węzeł nadaje ponownie informację. Oczywiście taki mechanizm nie może być stosowany w przypadku usług mających ograniczenia czasowe czyli usług czas rzeczywistego. Proszę zastanowić się dlaczego to ograniczenie wyklucza stosowanie tego mechanizmu zmniejszania stopy błędów.