

SDH

Dla zapewnienia współpracy urządzeń SDH różnych producentów, w 1985r. w USA opublikowano standard SONET (*Synchronous Optical NETwork*). Prace nad tym standardem prowadził Amerykański Instytut Standardów – ANSI (*American National Standards Institute*). W standardzie SONET określono przepływności, formaty danych, parametry optyczne, protokoły sygnalizacji APS (*Automatic Protection Switching -przełączanie na rezerwę*) i nadzoru oraz inne parametry. W 1986 r. SONET-em zainteresował się CCITT (*International Consultative Committee on Telephony & Telegraphy*). W 1989r. opublikowano w Księdze Niebieskiej w zaleceniach G.707, G.708 i G.709 zbiór standardów określonych mianem SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*).

Zalecenie G.707 określa stosowane przepływności binarne na poszczególnych poziomach zwielokrotnienia synchronicznego. W zaleceniu tym określono również strukturę modułu STM-1 oraz strukturę i funkcję nagłówka sekcji SOH. Zalecenie G.707 definiuje między innymi zasady zwielokrotnienia sygnałów składowych różnych poziomów hierarchii plezjochronicznej. Do chwili obecnej trwają prace nad szczegółami dotyczącymi standardów SDH.

Podstawy hierarchii synchronicznej wywodzą się z amerykańskiego systemu SONET umożliwiającego współpracę światłowodowych urządzeń transmisyjnych różnych producentów z sieciami plezjochronicznymi.

W synchronicznej hierarchii cyfrowej zdefiniowano pięć poziomów zwielokrotniania, przy czym tylko trzy najniższe mają certyfikat ITU – T. Jako podstawową na najniższym poziomie przyjęto przepływność binarną 155,52 Mbit/s (dokładnie 155 520 kbit/s) dla modułu transportowego STM-1, umożliwiającą łatwą współpracę z siecią plezjochroniczną PDH o przepływności 140 Mbit/s. Przepływności wyższych poziomów są wielokrotnością poziomu podstawowego uzupełnioną o nagłówki:

- STM-1 (155 Mbit/s),
- STM-4 (622 Mbit/s),
- STM-16 (2,5 Gbit/s),
- STM-64 (10 Gbit/s).

Proces zwielokrotniania przebiega dwuetapowo. W pierwszym kroku następuje multipleksacja kontenerów wirtualnych VC niższego rzędu do kontenerów wyższego rzędu. W drugim etapie zachodzi łączenie kontenerów wirtualnych VC z nagłówkiem sekcji SOH (*Section Overhead*) w celu utworzenia modułów transportowych STM (*Synchronous Transport Module*) o wymaganej przepływności dla strumienia zbiorczego.

Pomimo że rozmiar fizyczny modułu transportowego jest stały i wynosi 125 μ s, jego pojemność informacyjna (i związana z tym przepływność) może rosnać bez ograniczeń, gdyż zależy wyłącznie od postępu technologicznego umożliwiającego wzrost upakowania kolejnych paczek kontenerów wirtualnych VC-4 w ramach modułu transportowego STM-n przez zwielokrotnienie "n".

Jest to istotna cecha systemu, zapewniająca, że sieci SDH mogą stanowić elastyczny system transportowy dla wielu typów przekazów teletransmisyjnych, wykonanych w różnych technologiach, bez ograniczania górnej przepływności informacyjnej systemu.

Zalecana w Polsce struktura zwielokrotnienia

Zalecenia dla struktury zwielokrotnienia w Polsce przewidują odwzorowanie w kontenery jedynie sygnałów o przepływnościach:

- 2 048 kbit/s
- 34 368 kbit/s
- 139 264 kbit/s

Warto zwrócić uwagę, że przepływność 34 Mbit/s powinna być

wykorzystana jedynie do transmisji sygnałów telewizyjnych, wideo lub usług szerokopasmowych. Wynika to z kompromisu pomiędzy EUROPA i AMERYKĄ, który polega na tym, że kontener VC-3 jest wspólny do przenoszenia strumieni 34 i 45 Mbit/s. Stąd też, pomimo możliwości umieszczenia w module STM-1 czterech strumieni 34 Mbit/s w kontenerach VC-31, faktycznie wprowadzane są tylko trzy, co oznacza przeniesienie łącznie 48 strumieni 2Mbit/s. Jest to więc nieefektywne, bowiem przy bezpośredniej multipleksacji strumieni 2Mbit/s można wprowadzić do ramki STM-1 63 takie sygnały.

Wyposażenie każdego węzła sieci SDH w styk optyczny zgodnie z zaleceniem G.957, umożliwia transmisję bez konwersji elektryczno – optycznej.

Rozbieżności w przyjętych sygnałach powodują, że hierarchia systemów cyfrowych kształtuje się inaczej dla systemów amerykańskich i europejskich, jednak standaryzacja struktury i zawartości największych kontenerów wirtualnych VC-3 po stronie amerykańskiej i VC-4 po stronie europejskiej umożliwia umieszczenie ich w przestrzeni użytkowej modułu transportowego STM-1 i po przesłaniu rozładowanie modułu według uzgodnionej procedury.

Zalety systemu SDH

- **Uproszczenie sieci** – pojedyncza krotnica synchroniczna spełnia funkcje całej hierarchii urządzeń w sieci,
- **Duża żywotność sieci** – funkcje zarządzania w sieci synchronicznej umożliwiają natychmiastową identyfikację uszkodzenia linii lub węzła, a architektura pierścieniowa umożliwia automatyczną rekonfigurację i przełączenie ruchu,
- **Sterowanie programowe w sieci** – możliwe dzięki utworzeniu kanałów zarządzania wewnątrz modułu STM-N (wykonuje szereg nowych zadań),
- **Standaryzacja** – oznacza, że urządzenia transmisyjne różnych

producentów będą mogły współpracować ze sobą. Operatorzy mogą więc wybierać urządzenia od różnych producentów,

łączenie elementów sieciowych w podsieci i sieci może odbywać się na różne sposoby w zależności od potrzeb i wymagań (np. niezawodnościowych). Najczęściej stosowaną strukturą SDH jest struktura pierścienia, która pozwala na wprowadzenie skutecznych zabezpieczeń (protekcji) jakości transmisji. Na rysunku 12 a,b,c,d pokazane są stosowane typowe topologie sieci SDH.

a) punkt – punkt

PTEPTEREG

b) punkt – wielopunkt

PTEPTEADMREGREG

c) topologia szkieletowa

MUXMUXADMREGREGREGMUXMUX

d) pierścień

ADMADMADMADM

PTE – Path Terminal Equipment

ADM – Add Drop Multiplexer

DXC – Digital Cross Connect

REG – Regenerator

MUX – Multiplekser

Rysunek 12. Typowe topologie sieci SDH

Bezpieczeństwo transmisji w systemach SDH

Protekcja ścieżki

Pierścieniowa struktura systemów SDH i funkcje automatycznego przełączania realizowane przez krotnicę pozwalają na zapewnienie protekcji dla każdego zestawionego połączenia. W pierwszej fazie zestawiamy w systemie SDH drogę podstawową sygnału od portu A do B najczęściej po najkrótszej trasie. Następnie możemy zestawić drogę protekcyjną w odwrotnym kierunku niż droga podstawowa i zakańczamy ją na tych samych portach co drogę podstawową. Zestawiona droga realizuje transmisję w dwóch kierunkach. W wypadku uszkodzenia drogi podstawowej następuje przełączenie ruchu na drogę rezerwową. Mamy tu kilka możliwości przełączania w zależności od ustawień poczynionych przez administratora systemu. W wypadku kiedy zostanie uszkodzona droga dla obu kierunków transmisji przełączona zostaje transmisja w obu kierunkach na drogę rezerwową. Jeśli zostanie uszkodzony tylko jeden kierunek transmisji można wybrać przełączanie obu kierunków lub tylko jednego. Po przełączeniu system cały czas sprawdza czy uszkodzenie nie ustąpiło. Jeśli okaże się, że droga podstawowa została naprawiona (uszkodzenie ustąpiło), można ustawić dwa sposoby reakcji:

- transmisja zostaje ponownie przełączona na drogę podstawową
- transmisja jest kontynuowana po drodze rezerwowej dopóki nie nastąpi jej uszkodzenie

System nadzoru daje możliwość wymuszenia transmisji po drodze uszkodzonej (z błędami), bądź manualnego przełączania transmisji z jednej drogi na drugą. Przy zastosowaniu protekcji ścieżki niezbędna przepływność w całym pierścieniu SDH jest równa sumie przepływności wszystkich kanałów realizowanych w tym pierścieniu.

Protekcja liniowa

Istnieje inna możliwość zapewnienia bezpieczeństwa transmisji – poprzez zwiększenie liczby zainstalowanych kart i połączeń kablowych tzw. protekcja liniowa. Polega ona na podwojeniu

ilości kart liniowych dla każdego kierunku transmisji, oraz połączenie ich kablami ułożonymi po innych trasach. Uszkodzenie dowolnego kabla lub karty liniowej powoduje przełączenie transmisji na zapasowy zestaw kart i inną drogę kablową. Zaletą tej metody protekcji jest dostępność pełnego pasma w każdym fragmencie pierścienia SDH. Jest ona niezastąpiona w wypadku tworzenia protekcji dla połączenia punkt – punkt zrealizowanego z zamiarem dalszej jego rozbudowy.

Przykład komercyjnego rozwiązania systemu SDH

Zestawienie danych technicznych urządzeń SMA firmy SIEMENS

Siemens w ramach rodziny urządzeń synchronicznych oferuje szeroką gamę multiplekserów synchronicznych wyposażonych w przepływności liniowe STM-1, STM-4 i STM-16. Każdy multiplekser dysponuje modułem komutacyjnym dla zwielokrotnienia i kierowania sygnałów wraz z integralnymi zakończeniami linii oraz bogatym zestawem protekcji dla ruchu liniowego i tributary. Sedno rodziny multiplekserów tkwi w optymalnym zestawie dostępnych półek systemowych oraz wspólnym, bogatym zestawie modułów.

SMA-1 udostępnia cztery pozycje tributary dla sygnałów PDH lub STM-1 z pozycją piątą użytą dla zapewnienia protekcji 1:N dla kart tributary 2Mbit/s. Pracując jako multiplekser końcowy lub transferowy SMA-1 umożliwia zestawienie różnych kombinacji modułów tributary w celu stworzenia ruchu o poziomie nie przekraczającym całkowitej pojemności sygnału zbiorczego STM-1 na poszczególnych portach liniowych.

Jako multiplekser węzłowy, SMA-1 może skoncentrować ruch przychodzący z czterech częściowo wypełnionych sygnałów optycznych STM-1 dołączonych do kart tributary budując sygnały zbiorcze o poziomie nie przekraczającym całkowitej pojemności sygnału zbiorczego STM-1 na poszczególnych portach liniowych.

Cross-connect może być utworzony z jednego lub maksymalnie

czterech multiplekserów typu SMA-1. Pojedynczy SMA-1 oferuje możliwość przełączenia ruchu odpowiadającego czterem strumieniom STM-1.

Grupa czterech multiplekserów SMA-1 może być połączona, tworząc cross-connect o możliwościach przełączania 8 x STM-1; po dwa liniowe porty STM-1 zainstalowane w każdym z czterech multiplekserów SMA-1.

Multiplekser SMA-1 poprzez wymianę modułów liniowych może być łatwo rozbudowany od STM-1 do STM-4 tworząc wtedy multiplekser SMA-4c. Wykorzystując dostępne mechanizmy protekcji można przeprowadzić rozbudowę minimalnie lub wcale nie przerywając ruchu.

Korzyści z możliwości użycia modułów liniowych jako kart tributary uwidacznia się przy dokonywaniu rozbudowy SMA-1 do SMA-4c. Moduły liniowe STM-1 mogą być ponownie wykorzystane jako moduły tributary w nowym multiplekserze SMA-4c lub w innym multiplekserach sieci.

Multipleksery synchroniczne SMA

Multipleksery synchroniczne SMA umożliwiają współpracę systemów o różnej przepływności (STM-1, STM-4 i STM-16). Są to lokalne krotnice krzyżowe (cross-connect) przełączające kontenery VC na wszystkich poziomach hierarchii SDH (z rozdzielczością VC12, czyli 2Mbit/s).

Jeśli szukają Państwo pomocy w napisaniu własnej pracy - potrzebują Państwo fachowych konsultacji to polecamy stronę [pisanie prac](#) - profesjonalna pomoc w pisaniu prac w granicach prawa.