ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1993

Seria: INFORMATYKA z. 24 Nr kol.1222

Artur LASOŃ

PROBLEMY ZARZĄDZANIA SIECIAMI FDDI

Streszczenie. Referat poniższy dotyczy wybranych problemów zarządania pracą sieci FDDI. W pracy przedstawiona została architektura obiektów zdefiniowanych w standardzie SMT w wersji 6.2, mających wpływ na system zarządzania pracą sieci. Szczególny nacisk położony został na jednostkę obsługi ramek SMT i możliwości wykorzystania dostarczanych przez nią funkcji do budowy procedur zarządzania siecią. Przykłady takich procedur zawarte zostały w pracy.

SOME ASPECTS OF MANAGING FDDI NETWORKS

Summary. The paper concerns some selected aspects of managing FDDI networks. The architecture of objects with impact on network management system defined by SMT rev. 6.2 is presented. An emphasis is put on SMT Frames Service entity and capabilities of utilization its features in network management procedures. Some examples of such procedures are included.

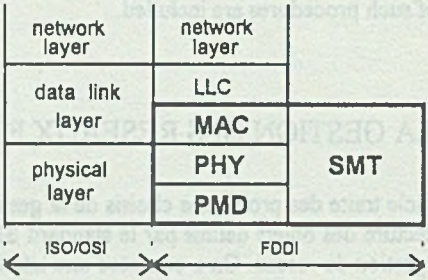
PROBLEMES DE LA GESTION DES RESEAUX FDDI

Resume. L'article traite des problemes choisis de la gestion du reseau FDDI. On a presente l'architecture des objets definis par le standard SMT version 6.2, influant sur le systeme de gestion du reseau. On a consacre une attention particuliere a l'unite de service des trames SMT et la mise a profit de ses fonctions pour les procedures de la gestion des reseaux. L'article comporte des examples de ces procedures.

1. Wprowadzenie

Sieć FDDI *(Fiber Distributed Data Interface)* jest szybką, lokalną siecią komputerową, której pozycja na rynku systemów teleinformatycznych zdecydowanie umacnia się wraz ze wzrostem popularności aplikacji sieciowych w informatyce. Zapewnia ona transmisję danych z szybkością 100 Mbit/s, dzięki wykorzystaniu światłowodów, w warstwie fizycznej charakteryzuje się dużą niezawodnością, jej wielkim atutem jest elastyczność i zdolność do samoczynnej rekonfiguracji w przypadku wystąpienia uszkodzeń medium transmisyjnego. Możliwość konfiguracji sieci FDDI w zamkniętą pętlę o całkowitej długości do 200 km, dołączenia 500 stacji oddalonych pomiędzy sobą nawet do 2 km (lub 60 km stosując droższy światłowód jednomodowy) spowodowało, że technologia FDDI rozważana jest niekiedy nawet jako podstawa do tworzenia sieci miejskich MAN *(Metropolitan Area Network)* lub sieci nadrzędnych *(backbone)* dla wolniejszych, komputerowych sieci lokalnych LAN.

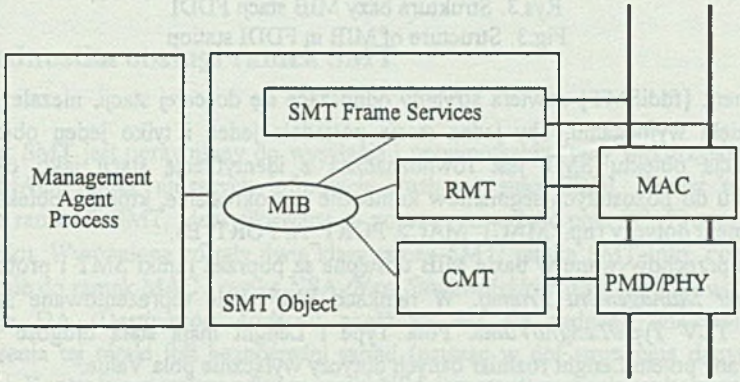
Koncepcja utworzenia standardu szybkiej sieci lokalnej opartej na światłowodzie powstała w USA w grudniu 1982 roku. Pierwsze wersje standardów warstwy fizycznej i podwarstwy dostępu warstwy łącza danych zaprezentowane zostały na forum ANSI *(American National Standard Institute)* już na wiosnę 1983 roku. W rezultacie prac standaryzacyjnych w latach 1987/88 ANSI zatwierdził końcowe wersje norm PMD *(Physical Layer Medium Dependent)*, PHY *(Physical Layer Protocol)* i MAC *(Medium Access Control)* dla standardu FDDI. Wkrótce potem amerykański standard, praktycznie bez żadnych zmian, zakceptowany został przez międzynarodowy komitet normalizacyjny ISO *(International Standard Organization)*. Wzajemne zależności protokołów PMD, PHY, MAC oraz ich usytuowanie względem modelu odniesienia ISO/OSI pokazuje rys.1.



Rys.1. Model odniesienia standardu FDDI
Fig.1.Reference model for FDDI standard

Zupełnie odmiennie wygląda sytuacja w odniesieniu do standardu SMT *(Station Management)*. Zadaniem obiektu SMT, najogólniej rzecz ujmując, jest kontrola i sterowanie pracą obiektów MAC, PHY i PMD oraz zapewnienie protokołu dla zewnętrznego (względem stacji) systemu zarządzającego siecią. Pomimo rozpoczęcia prac

nad SMT już na początku 1984 roku,nie doczekał się on do tej pory ostatecznej aprobaty ani komitetu ANSI, ani ISO. Winę za powyższą sytuację ponosi ostra, bezkompromisowa walka pomiędzy członkami komitetu X3T9 forsującymi dwie odmienne koncepcje standardu SMT. Pierwsza z nich (nazywana minimalistyczną) zakłada ograniczenie SMT do zbioru procedur faktycznie niezbędnych do pracy stacji, druga zaś proponuje opracowanie zbioru funkcji pozwalających na zarządzanie poszczególnymi węzłami FDDI oraz na łatwą budowę aplikacji zarządzających pracą całej sieci. W chwili obecnej wydaje się, że zwycięstwo drugiej koncepcji jest pewne. Najnowsza z dostępnych autorowi wersja SMT 6.2 zawiera specyfikację bazy danych zarządzania MIB *(Management Information Base)*, zgodna jest z wymaganiami ISO 8824 *(Abstract Syntax Notation One - ASN.1)*, definiuje nowy względem wersji poprzedniej obiekt RMT *(Ring Management)*, określa szereg ramek obiektu SMT pozwalających na szeroką kontrolę pracy całej sieci FDDI. Architekturę SMT pokazuje rys.2.



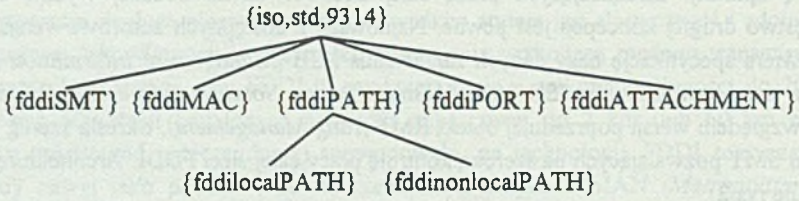
Rys.2 . Architektura obiektu SMT
Fig.2.SMT object architecture

Obiekt CMT *(Connection Management)* kontroluje pracę obiektów warstwy fizycznej PMD i PHY. Jest on obiektem o znaczeniu lokalnym, istotnym jedynie dla poprawnej pracy wyizolowanego węzła. Kluczową rolę w zarządzaniu pracą sieci FDDI pełnią natomiast obiekty obsługujące ramki SMT (SMT Frame Sevices z rys. 2.) i RMT, współpracujące z bazą danych MIB. W kolejnych rozdziałach przedstawiona zostanie ich skrótowa charakterystyka oraz możliwości wykorzystania w zakresie zarządzania pracą sieci FDDI.

2. Baza danych stacji: MIB

Baza danych stacji FDDI jest poddrzewem bazy MIB zdefiniowanej przez ISO, mającą swój początek w punkcie {iso,std,9314}. Standard SMT wymaga, by wartości atrybutów

MIB poszczególnych stacji były przechowywane jedynie w czasie obecności stacji w logicznej pętli sieci. Zanik zasilania stacji, jej zresetowanie, przeprowadzenie zestawu wewnętrznych testów może prowadzić do wyzerowania atrybutów MIB. Powoduje to konieczność reinicjalizacji wszelkich procedur zarządzania siecią opartych na wartościach atrybutów MIB każdorazowo po opuszczeniu danej stacji ścieżki obiegu tokenu. Drzewo bazy MIB stacji FDDI przedstawiono na rys.3.



Rys.3. Struktura bazy MIB stacji FDDI
Fig.3. Structure of MIB in FDDI station

Segment {fddiSMT} zawiera atrybuty odnoszące się do całej stacji, niezależnie od jej typu. Dzięki wymaganiu, aby jedna stacja posiadała jeden i tylko jeden obiekt SMT, identyfikacja obiektu SMT jest równoznaczna z identyfkacją stacji jako całości. W odniesieniu do pozostałych segmentów konieczne jest określenie, którego obiektu danego typu segment dotyczy (np.: MAC1, MAC2, PORT_A, PORT_B).

Dane przechowywane w bazie MIB dostępne są poprzez ramki SMT i protokół PMF *(Parameter Management Frame)*. W ramkach PMF dane reprezentowane są w tzw. układzie TLV *Type/Lenght/Value*. Pola Type i Lenght mają stałą długość 2 oktety, wskazywany polem Lenght rozmiar danych dotyczy wyłącznie pola Value.

3. Obiekt RMT (Ring Management)

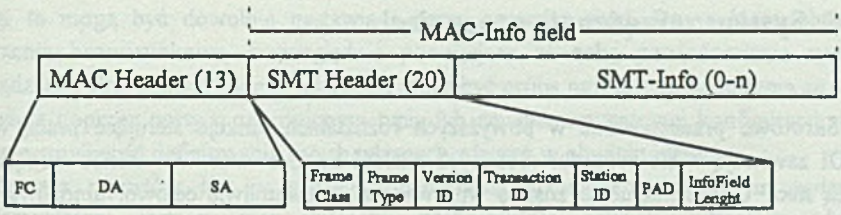
Algorytm obiektu RMT już w obecnej wersji norm wydaje się kompletny i pozbawiony jakichkolwiek nieścisłości. Podstawowym zadaniem RMT jest zapobieganie jednoczesnej pracy w sieci dwóch obiektów MAC o identycznych adresach. Sytuacja taka ma poważny wpływ na pracę sieci FDDI ze względu na specyficzny charakter zastosowanego w podwarstwie MAC protokołu dostępu. Każda ze stacji sieci jest zobowiązana usunąć z pętli wysłane przez siebie ramki. Swoje własne ramki stacja rozpoznaje poprzez śledzenie zawartości pola SA (adres stacji źródłowej) wszystkich przesyłanych w sieci ramek. Jeśli zawartość pola SA zgadza się z własnym adresem, ramka jest usuwana bez jakiejkolwiek analizy jej zawartości. Jeśli więc stacja A wykryje, że stacja B posługuje się tym samym adresem, nie jest w stanie powiadomić o tym stacji B, gdyż stacja B konsekwentnie usuwać będzie z sieci wszystkie wysyłane przez stację A ramki. Jednym z zalecanych sposobów rozwiązania tej sytuacji jest doprowadzenie do reinicjalizacji pętli logicznej całej sieci i

jednoczesna zmiana jednego z adresów, jednakże wówczas proces zarządzający pracą sieci pozbawiony zostanie informacji o przyczynie podjętych działań i domniemywać może, iż jedna ze stacji pracuje z błędnie nastawionymi parametrami timerów. Wydaje się, że tej błędnej interpretacji zapobiec może niewielka modyfikacja protokołu RMT, polegająca na nakazaniu przesłania stosownej informacji do nadrządcy sieci poprzez zdefiniowaną, a nie wykorzystywaną ramkę ESF (*Extended Service Frame*). Aby zapewnić dostarczenie tej wiadomości niezależnie od wzajemnego położenia zarządcy i stacji o zdublowanym adresie, wiadomość tę należy wysłać dwukrotnie, przy wykorzystaniu odmiennych konfiguracji sieci.

Pozostałe funkcje RMT odnoszą się do wykrywania i neutralizowania wpływu na sieć błędów w logicznej topologi sieci. Możliwości wykorzystania tych procedur do budowy niezależnego systemu zarządzania siecią FDDI są raczej niewielkie.

4. Jednostka obsługi ramek SMT

Obiekt SMT jest uprawniony do wysyłania i przyjmowania (przy wykorzystaniu usług obiektu MAC) ramek niosących informacje służbowe sieci FDDI. Ramki tego typu, nazywane ramkami SMT, identyfikowane są poprzez zawartość pola FC *(Frame Control)* w nagłówku. Wyróżnione zostały dwie klasy ramek SMT: ramka SMT-Info, obsługiwana analogicznie do ramek MAC i ramka NSA *(Next Station Addressing)*. Wyjątkowo w ramce NSA pole DA *(Destination Address)* nagłówka nie ma żadnego znaczenia, stacją przeznaczenia tej ramki jest bezpośredni sąsiad (patrząc w dół strumienia danych) stacji nadawczej. Kontrola procedury odbioru ramki NSA jest możliwa dzięki wykorzystaniu pola FS ramki, wskazującego, czy dana ramka została odebrana przez jakąkolwiek ze stacji. Jeśli pole FS wskazuje, że ramka NSA nie została wcześniej odczytana, stacja zobowiązana jest taką ramkę przejąć i skierować do własnego obiektu SMT. NSA umożliwia komunikację obiektów SMT sąsiednich stacji bez znajomości swych adresów fizycznych. Format ramek SMT przedstawia poniższy rysunek. W nawiasach długość pól w oktetach.



Rys.4. Format ramki SMT
Fig.4. SMT frame format

Pola FC, DA, SA są polami nagłówka ramki, charakterystycznymi dla ramki FDDI każdego typu. Pola nagłówka SMT interpretowane są wyłącznie przez obiekt SMT. Pole Frame Class określa klasę ramki SMT. Standard w wersji 6.2 definiuje następujące klasy ramek SMT:

NIF Neighbor Information Frame;
SIF Station Information Frame;
ECF Echo Frame;
RAF Resource Allocation Frame;
RDF Request Denied Frame;
SRF Status Report Frame;
PMF Parameter Management Frame;
ESF Extended Service Frame.

Pole Frame Type zawiera informacje o typie ramki. Dopuszcza się ramki typu rozgłoszeniowego *(Announcement Frame)*, żądanie *(Request Frame)*, odpowiedź *(Response Frame)*. Zasasdy wymiany pomiędzy stacjami ramek SMT poszczególnych klas i typów nazywane są protokołami NIF, SIF, ECF itd. anlogicznie do klas ramek.

Version ID jednoznacznie określa wersję protokołu SMT, według którego dana stacja pracuje, co pozwala na zachowanie kompatybilności sprzętu dostarczanego w różnych terminach i przez różnych dostawców. Transaction ID pozwala na przyporządkowanie ramek typu *Response* odpowiednim żądaniom. Station ID, PAD, InfoField Lenght odpowiednio identyfikuje stację, szereguje pola nagłówka do 32-bitowych słów, określa całkowitą długość pola SMT-Info.

Jednostka obsługi ramek SMT (SMT Frame Services z rys.2) identyfikuje odebraną od swego MAC ramkę, sprawdza, czy nadawca pracuje według tej samej wersji standardu i podejmuje jej obsługę zgodnie z odpowiednim protokołem wewnętrznym. W przypadku gdy stacja nadawcza i odbiorcza posługują się różnymi wersjami standardu, obiekt SMT usiłuje uzgodnić poprzez protokół RDF i PMF, czy któraś ze stacji nie byłaby w stanie zmienić wersji oprogramowania SMT, tak aby umożliwić wymianę danych. Uzgodnienia takie można przeprowadzić wyłącznie jeśli stacje FDDI oprogramowane zostały zgodnie z normą SMT rev.6.2. lub wyższą.

5. System zarządzania pracą sieci

Skrótowo przedstawione w powyższych rozdziałach funkcje sterujące pracą węzła FDDI zawierają wiele procedur mogących znaleźć zastosowanie w systemie zarządzania pracą sieci. Udogodnienie to zostało wprowadzone niewątpliwie celowo, umożliwia ono tworzenie systemów zarządzania siecią opartą na sprzęcie różnych dostawców, wyposażonym w oprogramowanie utworzone według różnych wersji standardów. Poniżej przedstawione zostaną przykłady procedur zarządzania siecią FDDI, opartych na algorytmach obsługi ramek SMT i dostępie do baz danych stacji.

5.1. Budowa i utrzymanie sieciowej mapy FDDI

Budowę mapy sieci FDDI można oprzeć na dwóch odmiennych procedurach. Pierwsza z nich bezpośrednio wykorzystuje protokół obsługi ramek NIF *(Neighbor Information Frame)*. W ramach tego protokołu każda ze stacji sieciowych FDDI zobowiązana jest systematycznie (standardowo co 30 sekund) przesyłać swemu sąsiadowi w dół strumienia danych ramkę typu NSA, zawierającą swój adres sieciowy. Z kolei w odpowiedzi na ramkę tego typu stacja wysyła jej nadawcy informację o swym adresie. W rezultacie wszystkie stacje sieci znają adresy swych sąsiadów zarówno w górze, jak i w dole strumienia danych. Obiekt SMT może nakazać obiektowi MAC kopiowanie wszystkich ramek tego typu i na podstawie ich zawartości, na zasadzie łączania poszczególnych ogniw łańcucha, utworzyć mapę sieci. Stacja o takich właściwościach nazywana jest stacją monitorującą *(monitoring station)*. Opierając się na tym schemacie można utworzyć wyłącznie mapę sieci o jednej, tej samej dla wszystkich stacji pętli logicznej. W przypadku sieci złożonej z szeregu wzajemnie połączonych mostkami podsieci należy zastosować inną opcję. Poprzez protokół PMF dostępna jest dla systemu zarządzania siecią grupa atrybutów bazy danych MIB fddiMACConfigGrp (fddiMAC 20). Między innymi zawiera ona parametry fddiMACUpsteamNbr i fddiMACDownstreamNbr. Dostęp do ich wartości możliwy jest również poprzez mostki sieciowe.

Dodatkowo poprzez MIB każdej ze stacji można uzyskać dane o jej konfiguracji, o liczbie i typie portów, o wykorzystaniu opcjonalnych przełączników łączy itp. Dane na ten temat zawierają gupy atrybutów fddiMACConfigGrp, fddiPATHConfigGrp, fddiPORTConfigGrp, fddiATTACHMENTConfigGrp.

5.2. System raportów

Procedury obsługi ramek SMT zawierają zdefiniowany przez standard protokół SRP *(Status Report Protocol)*, obligujący każdą stację do powiadamiania systemu zarządzania pracą sieci o wystąpieniu określonych zdarzeń. Wyróżniane przez SRP zdarzenia można podzielić na dwie klasy. Pierwsza z nich obejmuje zdarzenia warunkowe. Przykładowo wartość współczynnika błędnie odebranych lub nie odebranych w ogóle ramek przesłana zostanie do systemu zarządzania siecią pod warunkiem przekroczenia zadanego progu. Progi te mogą być dowolnie nastawiane przez zarządcę sieci. Druga klasa obejmuje zdarzenia bezwarunkowe, bezwzględnie pociągające za sobą powiadomienie systemu zarządzania. Przykładem takiego zdarzenia może być próba nawiązania połączenia ze stacją sąsiednią poprzez porty o zabronionym typie lub zmiana wewnętrznej konfiguracji stacji. Istnieje możliwość definiowania swych własnych zdarzeń w obydwu klasach.

System raportów jest w całości zdefiniowany standardem i jedynym zadaniem implementatora jest w tym wypadku zdefiniowanie zestawu własnych zdarzeń powodujących generowanie ramek SRP oraz algorytmów ich obsługi. Ciekawą możliwością wykorzystania SRP jest system nadzoru jakości pracy poszczególnych węzłów sieci.

5.3. Adaptacyjny system przydziału zasobów sieciowych

Transmisja w sieci FDDI może być kontrolowana dwoma oddzielnymi mechanizmami. Transmisja w trybie synchronicznym zapewnia dostęp do sieci w ściśle określonych odstępach czasu, z dokładnie przydzielonym pasmem. Przydział pasma dla trybu synchronicznego dokonywany jest przez jedną ze stacji (zarządcę sieci) poprzez ramki RAF *(Resource Allocation Frames)*. Wolna aktualnie część pasma wykorzystywana jest do transmisji w trybie asynchronicznym. W przypadku przydziału dla transmisji synchronicznej zbyt szerokiego pasma możliwe jest całkowite zablokowanie ruchu asynchronicznego. Aby zapobiec tej sytuacji, stacja udzielająca uprawnień do transmisji synchronicznej zmuszona jest odrzucać żądania przydziału zasobów sieciowych, które spowodowałyby przekroczenie pewnego, wstępnie zdefiniowanego progu. Dopuszczenie do dynamicznych zmian wartości tego progu, w uzależnieniu od aktualnej sumy asynchronicznych obciążeń stacji sieciowych, jest istotą propozycji adaptacyjnego systemu przydziału zasobów w sieci FDDI.

Ustalenie wartości sumarycznego ruchu asynchronicznego w sieci możliwa jest poprzez cykliczny odczyt licznika Token_Ct, wskazującego, ile razy stacja przejęła token (uzyskała dostęp do ośrodka transmisji). Znajomość zmian wartości tego licznika w określonym czasie pozwala na ustalenie średniego czasu obiegu tokenu w pętli, co z kolei jest miarą obciążenia sieci. Wartość licznika Token_Ct dostępna jest poprzez bazę danych MIB. Odczyt zawartości bazy przez system zarządzania pracą sieci możliwy jest przez protokół obsługi ramek PMF.

5.4. Taryfikacja w FDDI

Sieć FDDI w zamyśle jej twórców miała pełnić rolę klasycznej sieci lokalnej, stąd też nie przewidziano w standardzie żadnych możliwości naliczania opłat za świadczone przez sieć usługi. Wykorzystanie procedur statystyki stacji opisanych w SMT pozwala jednak na samodzielne stworzenie systemu tego typu. Każdy obiekt MAC w sieci zobowiązany jest do utrzymywania i ciągłego uaktualniania szeregu liczników statystycznych, w tym licznika wysłanych i poprawnie odebranych przez odbiorcę ramek. Obiekt SMT dysponuje możliwością odczytu (również odczytu cyklicznego) tego licznika poprzez prymityw SM_MA_CONTROL.request z parametrem control_action ustawionym na Present_Status. Fakt przepełnienia licznika stacji obiekt MAC zobowiązany jest zgłaszać samoczynnie poprzez wygenerowanie prymitywu SM_MA_STATUS.indication. Dzięki powyższym funkcjom uzyskujemy pewność, że wartość atrybutu fddiMACCountersGrp (fddiMAC 70) bazy danych jest dostatecznie pewną podstawą dla systemu taryfikacji. Zaznaczyć należy, że nie użytkownik stacji nie ma możliwości zmiany wartości atrybutu {fddiMAC 70}. Dostęp systemu zarządzania siecią do poszczególnych baz stacji możliwy jest poprzez protokół ramek systemowych PMF.

Wadami powyższego systemu będzie niewątpliwie nieuwzględnianie zmiennych długości ramek w FDDI. Rozmiar ramek może się zmieniać w zakresie od kilkunastu do 4500 bajtów. Podjęcie przez jednego z użytkowników sieci działań zmierzających do

grupowania danych w pojedynczych ramkach spowodowałoby postawienie go w wyraźnie uprzywilejowanej pozycji względem pozostałych klientów sieci. Jeśli jednak zjawiska takie nie wystąpią, to ze względu na statystyczny rozkład długości ramek w sieci system ten powinien być systemem sprawiedliwym. Istotną jego zaletą jest zaliczanie ramek jedynie poprawnie odebranych przez stację docelową.

6. Podsumowanie

Standard SMT jest najbardziej obszernym i niewątpliwie najważniejszym standardem definiującym sieć FDDI. Wciąż brak jest jego ostatecznej wersji. W chwili obecnej na rynku dostępny jest pełen zestaw urządzeń sieciowych FDDI, niestety, często w ofertach pomija się kwestie związane z protokołem SMT. Bardzo rzadko podawana jest wersja SMT, według której pracuje stacja, nigdy zaś nie podaje się zakresu implementacji standardu. Jest to bardzo istotne, gdyż znaczna część funkcji SMT jest opcjonalna. Standard SMT w wersji 6.2 zawiera szereg procedur i funkcji umożliwiających stworzenie systemu zarządzającego pracą całej sieci, włączając w to system taryfikacji, algorytm przydziału zasobów sieciowych, system raportów i alarmów, budowę mapy sieciowej. Oprócz wyżej wymienionych, dzięki SMT, wydaje się możliwa budowa systemu zdalnej konfiguracji stacji i systemu bezpieczeństwa sieci. Spore nadzieje wiązać można z niekiedy już cytowaną, nową wersją SMT rev. 7.2.

LITERATURA

[1] FDDI Station Management (SMT), Preliminary Draft Proposed American National Standard, X3T9.5/84-49 rev. 6.2, May 18,1990.
[2] FDDI Media Access Control (MAC-2), Working Draft Proposed American National Standard, X3T9.5/88-139 rev. 4.0, October 29,1990.
[3] F.E.Ross, J.R.Hamstra, "Forging FDDI", IEEE Journal On Selected Areas In Communications, Vol. 11, No.2, February 1993.
[4] A.Lasoń, A.R. Pach, "Koncepcja programu zarządzającego pracą stacji szybkiej sieci lokalnej FDDI", Krajowe Sympozjum Telekomunikacji, 8-10 września 1993.

Recenzent: Dr inż. Andrzej Kwiecień

Wpłynęło do Redakcji 25 września 1993 r.

Some Aspects Of Managing FDDI Networks

Abstract

FDDI *(Fiber Distributed Data Interface)* is high speed, local area network with growing number of worldwide installations. The set of FDDI standards contains four documents. One of them, SMT *(Station Management)* still has not been approved. Figure 1 shows the reference model for the set of FDDI standards. In the new version of SMT 6.2 completely redone is SMT Frame Services Entity, specifications of RMT *(Ring Management)* and MIB *(Management Information Base)* are new ones. The relations between components of SMT object are illustrated in figure 2. The main services provided by RMT include detection of duplicate MAC address and resolution of problems with this phenomenon connected. The modification of RMT function is proposed.

The MIB for FDDI defined in SMT is a subtree of the {iso,std,9314} tree. The internal structure of MIB is shown in fig.3. Remote access to MIB attributes of each station is possible through PMF *(Parameter Management Frame)*. Values of attributes are carried in PMF frames in a Type/Length/Value (TLV) encoding.

SMT Frame Services Entity provides peer-to-peer layer management protocol. Fig. 4 shows SMT frames format. Within MAC header, the FC field value identifies the frame as an SMT frame. SMT header identifies the frame's Class and Type and provides other information to supply the context for the SMT information in the frame. The Class of frame identifies the function of the frame performed in network management system. Utilization of NIF, RAF, SRF and PNF frames and remote access to station's MIBs allows to construct the idea of building logical ring map, adaptive resource allocation mechanism, billing system and status report procedure.