

**FDDİ
VE FDDİ ŞEBEKELERİ PERFORMANS ANALİZİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Müh. Hilmi ŞENER**

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 16 Ocak 1995

Tezin Savunulduğu Tarih : 1 Şubat 1995

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Günsel DURUSOY

Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Ahmet DERVİŞOĞLU

Doç. Dr. Ümit AYGÖLÜ

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

OCAK 1995

ÖNSÖZ

Bu ödevde beni yönlendiren, çalışmalarımı yöneten ve bu konuda her türlü yardımı gösteren değerli hocam Sayın Prof. Dr. Günsel DURUSOY'a teşekkür eder, saygılarımı sunarım.



İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	v
SUMMARY.....	vi
1. GİRİŞ.....	1
2. FDDİ'İN GENEL YAPISI VE BİLEŞENLERİ.....	2
2.1. GİRİŞ.....	2
2.2. FDDİ NEDİR ?.....	4
2.3. FDDİ'İN STANDARTLAŞTIRILMASI.....	5
2.4. TEMEL FDDİ PRENSİPLERİ.....	5
2.4.1. Halka yapısı.....	6
2.4.2. Fiziksel Tabaka.....	7
2.4.3. Ortam Erişim Kontrolü (MAC).....	13
2.4.4. FDDİ İstasyon yönetimi.....	15
2.4.5. Güvenilirlik.....	16
2.5. FDDİ-II.....	22
3. PRATİKTE FDDİ.....	22
3.1. KABLO SİSTEMLERİ.....	24
3.2. TEK ve ÇOK MODLU FİBER.....	26
3.3. OPTİK PENCERELER.....	26
3.3.1. Vericiler : LED'ler ile lazerler'in karşılaştırılması.....	27
3.3.2. Alıcılar : PIN Diyotlar ile APD'lerin karşılaştırılması.....	27
3.3.3. Güç kayıpları.....	28
3.3.4. Spektral bozulmalar.....	29
3.4. İSTASYON TİPLERİ ve BAĞLANTILAR.....	32
3.5. FDDİ BİLEŞENLERİ.....	32
3.5.1. Köprüler.....	35
3.5.2. Yönlendiriciler.....	35
3.5.3. Yoğunlaştırıcılar.....	38
4. FDDİ - ETHERNET BAĞLAŞMASINDA İKİ FARKLI ALGORİTMANIN ANALİZİ.....	38
4.1. GİRİŞ.....	41
4.2. FİLTRELEME ALGORİTMALARI.....	41
4.2.1. Durdurma ve Durdurmalı Filtreleme Algoritması.....	43
4.2.2. Durdurma ve Yönlendirmeli Filtreleme Algoritması.....	44
4.2.3. Tablo hata oranları.....	45
4.3. GÖZLEM ve ANALİZ.....	47
4.4. SSFA'NIN PERFORMANS ANALİZİ.....	54
4.5. SRFA'NIN PERFORMANS ANALİZİ.....	54
4.5.1. Yerel Ethernet'de Trafik Analizi.....	58
4.5.2. Uzak Ethernet'lerde İzin Verilen Maksimum Trafik.....	60
4.6. KARŞILAŞTIRMALI ANALİZ (SSEA-SRFA).....	64
4.7. TRAFİK ANALİZİ.....	69
4.8. SONUÇLAR.....	72

5. ÇOK ORTAMLI SİSTEMLER ve FDDİ OMURGA ŞEBEKESİNİN BU SİSTEMDEKİ YERİ.....	72
5.1. TRAFİK KAYNAKLARININ MODELLENMESİ.....	72
5.1.1. Ses kaynakları.....	74
5.1.2. Veri kaynakları.....	75
5.2. ŞEBEKE YÜKLEME MODELLERİ ve PERFORMANS GEREKLERİ.....	76
5.2.1. Benchmark Yükleme Modeli	78
5.3. ŞEBEKE YÜKLEME MODELLERİNİN SONUÇLARI.....	78
5.3.1. BM1 Modelinin Sonuçları.....	80
5.3.2. BM2 Modelinin Sonuçları.....	82
6. FDDİ PARAMETRELERİNİN SEÇİMİ	82
6.1. ŞEBEKEDEN TTRT DEĞERİNİN SEÇİMİ.....	84
6.2. ASENKRON ÖNCELİK SINIFLARININ BELİRLENMESİ ORTALAMA ÇEVİRİM ZAMANI ve ÇIKIŞ VERİMİ HESABI.....	84
6.2.1. Ortalama çevrim zamanının hesaplanması.....	87
6.2.2. Asimetrik trafik ortamında, öncelik sınıfı sürelerinin seçimi.....	89
SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	89
KAYNAKLAR.....	91
ÖZGEÇMİŞ.....	92

KISALTILARAK KULLANILAN TERİMLER

ANSI	: Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsü.
BM1	: 1. Benchmark yükleme modeli .
BM2	: 2. Benchmark yükleme modeli.
CAM	: Etkin adreslenebilen bellekler.
CFM	: Konfigürasyon yönetimi .
CM	: Bağlantı yönetimi .
DAS	: Çift bağlantılı istasyon .
EEAT	: Ethernet tarafında Ethernet adresleri tablosu .
ECM	: Varlık koordinasyon yönetimi .
EFAT	: Ethernet tarafı FDDI adresleri tablosu .
FDDI	: Dağılmış veri fiber arabağlaşımı .
FEAT	: FDDI tarafında Ethernet adresleri tablosu .
H-MUX	: Hibrit çoğullayıcı .
HRC	: Hibrit halka kontrolü .
HS-LAN	: Yüksek hızlı LAN .
MAC	: Ortam erişim kontrolü .
PCM	: Fiziksel bağlantı yönetimi .
PHY	: Fiziksel tabaka protokolü.
PMD	: Fiziksel ortam bağımlı alt tabakası .
RMT	: Halka yönetimi .
SAS	: Tek bağlantılı istasyon .
SMT	: İstasyon yönetimi tabakası .
SRFA	: Durdurma ve yönlendirmeli filtreleme algoritması .
SSFA	: Durdurma ve durdurmalı filtreleme algoritması .
THT	: Bayrak tutma zamanlayıcısı .

T-Opr : Ortalama bayrak dolaşma süresi.

TRT : Bayrak turu zamanlayıcısı .

TTRT : Bayrak tur süresi .

TVX : Geçerli iletim zamanı sayıcısı .

WBC : Geniş band kanal .



ÖZET

Dağılmış Veri Fiber Arabağlaşımı (FDDI), 100Mbit/s iletişim kapasitesinde bir yerel alan şebekesidir. İletişim ortamı fiber optiktir ve halka şebekede bayrak geçirme protokolünü kullanır. FDDI, ANSI (American National Standards Institute) X3T9 Teknik Komitesi tarafından X3T9.5 olarak geliştirilmiştir. OSI modelinin tanımlanması ve tabakalı veri için gerekli arabirimlerin sunulması, hazır şebekeler için FDDI standartlarının gelişmesine yardımcı olmuştur. FDDI'nın hızlı gelişmesindeki en önemli faktör yüksek performanslı, çeşitli uygulamalara yönelik video iş istasyonlarının artan kullanımudur.

FDDI-II yapısının gerçekleştirilmesi de devre-bağlaşmalı veri trafiği alanında yeni bir dönem açmıştır. FDDI-II 1980'lerin sayısal PBX'lerinin yeni bir nesli olarak görülebilir. Ortam olarak optik fiberin kullanılması, yüksek band genişliğine sahip, güvenli, gizli ve elektromagnetik etkiden etkilenmeyen optik fiber LAN teknolojisini ortaya koymuştur. Ayrıca ikili-halka yapısı, kullanılan veri kodlama tekniği, asenkron, senkron, devre bağlaşmalı veri trafiğinin yüksek kapasitede iletimi, FDDI'nın avantajlarının bir parçasını oluşturur.

FDDI, sonzamanlarda Ethernet ve Bayraklı Halka gibi düşük hızlı "alt" şebekeleri birbirine bağlamada önem kazandığı gibi, fiyatların ucuzlamasıyla masaüstü bilgisayar ağlarında da kullanılması olası olacaktır. FDDI, Elektronik Posta (E-Mail) grafik veri tabanları, ses ve video ile yürütülen sunuşlar gibi çok ortamlı uygulamalarda kullanılabilecek bir standarttır.

Bu çalışmada FDDI'nın temel birimleri tartışılmış, performans analizleri çıkarılmış, çıkış veriminin artırılması için kullanılan protokol farkları (Timed token protokol) anlatılmış ve rakip teknolojilerle teknik olarak ve kullanılabilirlik açısından karşılaştırılmıştır.

SUMMARY

FDDI AND PERFORMANCE ANALYSIS OF FDDI NETWORKS

The Fiber Distributed Data Interfaces (FDDI) specifications of the ANSI committee X3T9.5 (ISO 9314) describe a 100-Mbps, token ring, fiber based LAN. The LAN has two counter-rotating fiber optic rings (usually implemented in the same fiber sheath).

The standard allows up to 500 stations to communicate via fiber optic cables using a timed-token access protocol which was finally standardized as the Media Access Control (MAC) PROTOCOL for the IEEE 802.4 Token Bus and for FDDI. It belongs to the class of Token Passing Protocols and allows the integration of time-critical (synchronous) and nontime-critical (asynchronous) traffic.

Normal data traffic as well as time constrained traffic such as voice, video, and real-time applications are supported. All major computer vendors, communications vendors, and integrated circuit manufacturers are offering products supporting this standard.

The Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) P802 standards project was developing local area network (LAN) standards with data rates up to 20 Mbit/s. FDDI followed the packet data architectural concepts of IEEE P802 and chose the emerging 4Mbit/s token ring protocol of IEEE 802.5 as the starting point for the FDDI protocol. These choices placed FDDI in an ideal position to be both the backbone network and the follow-on network to the IEEE P802 LAN's.

In another standards arena, the Open Systems Interconnection (OSI) model had been put in place. This layered the design of computer interconnections, allowing the development of separate standards for development of a set of FDDI standards.

Another factor of significance in the development of FDDI was on increased use of high-performance video workstations for a variety of applications. This brought an emphasis on facilitating low-cost implementations.

Driven by these forces, FDDI grew to satisfy the needs of many applications, including the back-end (I/O channel) interface, LAN backbone, and front-end high performance LAN applications. As a result, the set of services offered by FDDI is broad enough to allow individual optimization of FDDI networks to satisfy the needs of diverse environments.

One enhancement, FDDI-II, will offer significantly increased services by integrating circuit-switched data traffic capabilities into what had originally been strictly a packet LAN. The impetus for FDDI-II came from the new generation of digital PBX's of the early 1980's. Their needs were similar to those of many real-time applications including digital voice and video networks as well as sensor and control data streams. All of these disciplines contributed to the emerging FDDI-II design definition which began in late 1984.

Two of the most mature and widely used of these tools are Hewlett-Packard's remote procedure call service, Network Computing System (NCS), and SUN Microsystems's file service, Network File System. (NFS). With the explosion of distributed applications based on these tools, network performance of FDDI speeds will be critical. FDDI has the potential to provide the bandwidth requirements for these applications, but to truly deliver this potential and achieve high performance distributed computing in FDDI networks, several factors will need to be considered. Among these factors are FDDI topologies, network protocol and the design of distributed processing tools to utilize the dual ring (200Mb/s) bandwidth potential of FDDI.

The FDDI standard specifies four items:

- Physical Media Dependent (PMD) - specifies the optical transceivers, connectors and media characteristics.
- Physical Layer (PHY) - specifies data encoding, decoding, and clocking.

- Media Access Control (MAC) - specifies the frame format, addressing, token passing mechanism.
- Station Management (SMT) - specifies the management of the ring, including the interoperability of stations, token management recovery, etc.

FDDI's basic topology is characterized by their attachment types and number of Media Access Controllers (MACs). A Dual Attachment Station (DAS) has two physical attachments, one to each ring of the dual trunk ring, and one or two MACs (single or dual MAC). High end workstations, servers, and routers will generally be DAS stations. Stations that have only one physical attachment (Single Attachment Station-SAS) are connected to one of the dual rings by stations called concentrators. Lower and desktop workstations and Personal Computers (PCs) are likely to be FDDI SAS stations.

Advantages of a ring design: A ring can be shown to offer superior reliability, availability, and serviceability, even in the face of physical damage to the network. A ring topology can be designed to be capable of continued operation despite any projected failure.

Other advantages include the interconnect simplicity of the physical hardware at the interface level.

Ring topologies offer advantages in the ease of initial configuration and reconfiguration as the network requirements change.

Failing stations or fiber links can be isolated through the use of appropriate protocols. These protocols also provide for the logical addition and deletion of stations without detrimental effects on existing ring traffic.

Actual physical addition or removal of stations from the network is also facilitated because ring initialization, failure isolation, recovery, and reconfiguration mechanisms can provide for continued operation even while the cables are being rearranged.

Ring topologies inherently impose no restrictive logical limit on the length of ring links, the number of stations, or the total extent of the network that can be accommodated.

Ring topologies and the protocols supported by them ,offer significant performance advantages. These include insensitivity to load distribution, the ease of fairly allocating the available bandwidth, low arbitration times, bounded access delay, and no requirement for long preambles.

FDDI-II Concepts:

FDDI-II is an upward-compatible enhancement of the basic FDDI that adds a circuit-switched service to the existing packet capability. Circuit-switched service provides a continues connection between two or more stations. Instead of using addresses, the connection is established based upon some prior agreement, which may have been negotiated using packet messages or established by some other suitable convention known to the stations involved. This prior agreement typically takes the form of knowing the location of a time slot, or slots, that occur regularly relative to a readily recognizable timing marker.

A common timing marker used in North America is the Basic System Reference Frequency (BSRF), a 125 μ s clock used by the public networks. Use of this clock is assumed for FDDI-II. In local FDDI usage, this is referred to as the cycle clock and is signaled by the JK starting delimiter of the FDDI-II cycle format.

In FDDI-II, a circuit-switched connection is described as N bits beginning at byte M after the cycle clock marker in Wideband Channel (WBC) number X. The last descriptor is necessary because FDDI-II has 16 WBC's that may be independently assigned to either packet-switched or circuit-switched data. This definition allows connections at data rates of all multiples of 8 kbits/s (i.e., N=1) up to the 6.144Mbit/s data rate of a WBC. If need be, multiple WBC's may be used to accommodate higher data rates.

The data transferred in a circuit-switched mode is best described as a stream of data.

The data rate is appropriate to the service being provided with, for example, 64 kbits/s being used for a digital voice data stream rates, even up to many Mbit/s in the case of video, are used for other applications. Once a connection is established, the data rate remains constant.

Most packet data traffic occurs in random quantities and at random times. This is referred to as asynchronous traffic, more regular in nature and occurring in relatively predictable quantities on a regular time basis, is referred to as synchronous (packet) traffic.

In contrast, isochronous data occur in precise amounts on a precise time basis. They typically represent a sequence of digital samples from a sensor (e.g., voice or video). More importantly, isochronous data must be synchronized with clock information to ensure the accurate regeneration of the sampling clock (as distinct from the bit clock) to minimize distortion in data reconstruction. Isochronous data are more easily transferred in a circuit-switched network.

Networks that carry isochronous data must maintain precise synchronism with the cycle clock. For the FDDI ring, this means that one station (called the cycle master) must insert a delay for all isochronous data so that the ring appears to be an exact multiple of 125µs in length. FDDI incorporates this delay in the cycle master in such a way that it does not cause any delay in the packet traffic. This is essential in providing an integrated services network with acceptable packet service.

Data Encoding: FDDI uses a 4 of 5 code, that is a code with 4 data bits for every 5 code bits. Such a code has an efficiency of 80 percent, in contrast to the "Manchester" codes used in many other networks, which are 1 of 2 codes with an efficiency of 50 percent. There is, however, no perfectly balanced non-adaptive 4 of 5 code. This means that for some code values there are more ones than zeroes. The code chosen for FDDI has a maximum plus or minus 10 percent DC unbalance. Experimental work done in the development of the standard indicates that this causes about a 1 dB link power penalty for equivalent error rates when a long sequence of worst case code values is transmitted. Since the balanced alternatives either have lower code efficiencies, or, in the case of an 8 of 10 code, require a significantly more complex decoder and encoder, this seems a good tradeoff.

It will require the use of worst case code value patterns to test receiver sensitivity and must be allowed for in the sensitivity specification.

In the 32-member symbol set, 16 symbols are data symbols, each representing four bits of ordered binary data. Three symbols are used for line-stated signaling which is recognized by the physical layer hardware, two are used as control indicators, and four are used for starting and ending delimiters. The remaining symbols of the symbol set are not to be transmitted since they violate code run length and dc balance requirements.

The focus on developing FDDI as a standard for a highly reliable network was a good one. FDDI has won acceptance in a number of military arenas normally closed to commercial standards, with SAFENET and aircraft notable examples. FDDI's reputation as a highly reliable network has proved an important factor in its acceptance.

The 1990's have brought increasing emphasis on multimedia, e.g., video and services. This has stirred interest in the FDDI-II enhancement. While some support its use, others have shown that FDDI synchronous service is satisfactory for some bounded multimedia applications. Others have analyzed the performance tradeoffs between the use of FDDI isochronous and synchronous services for multimedia applications.

In any case, it is evident that FDDI, including FDDI-II, can satisfy a variety of multimedia applications. Although implementers will in all likelihood choose different solutions, no problem is foreseen, since both alternatives may coexist in the same FDDI ring.

Even more important, adopting new ideas improved the FDDI standards. Indeed, as the standards progressed, the overall capability and applicability of FDDI grew considerably. By the time FDDI matured, it had become a family of standards with much broader appeal than was imagined in the early days. It is the premier high-performance LAN of today. FDDI and the follow-up work to it now under way in X3T9.5 can be expected to dominate high-speed LAN networking into the next millennium.

1.GİRİŞ

Bu çalışmada FDDI şebekeler, kuruluş biçimleri ve performansları açısından incelenmiştir. İkinci bölümde FDDI'nın genel yapısı anlatılmış, tabakalı yapı detaylı olarak incelenmiştir. Ayrıca FDDI protokolunda kullanılan kodlama sistemi de tanıtılmıştır. FDDI'nın devre bağlaşmalı trafiği kapsayan şekli ile nasıl çalıştığı açıklanmış, genel anlamda halka yapısının çalışma şekli üzerinde durulmuştur.

Üçüncü bölümde optik fiberin karakteristik özellikleri verilmiş, FDDI'da kullanılan tipleri ele alınmıştır. Dördüncü bölümde, FDDI-Ethernet bağlaşmasında kullanılabilecek iki algoritma, karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. Burada, şebekenin Ethernet tarafında ve FDDI tarafında biriken trafik yükü hesaplanmış, köprülerin çalışma prensibi anlatılmıştır. Her iki algoritmanın birbirine göre üstünlükleri tartışılmış, yapılan performans incelemelerinden elde edilen sonuçlar doğrultusunda grafiksel bilgiler verilmiştir. Ayrıca ele alınan şebekede, kuyruklama sistemine ait teletrafik hesapları yapılmış ve durum denklemleri elde edilmiştir.

Beşinci bölümde çok ortamlı uygulamalar için FDDI'nın omurga şebeke olarak kullanılması sonucu elde edilen çıkış verimi ve bekleme zamanı değerleri verilmiştir.

Bu inceleme yapılırken şebekenin simetrik olarak yüklendiği zaman Benchmark 1 (BM1), asimetrik olarak yüklendiğinde Benchmark 2 (BM2) adı verilen modeller kullanılmıştır ki bunlar, pratikte gerçeğe yakın sonuçlar vermektedir.

Altıncı bölümde ise FDDI halkası için en uygun olan parametre değerleri saptanmaya çalışılmış, özellikle TTRT (Bayrak tur süresi) ve öncelik sınıflarının seçimi için uygun yöntemler sunulmuştur.

Sonuçta FDDI şebekeler ile alternatif şebekeler karşılaştırılmıştır.

2. FDDI'IN GENEL YAPISI VE BİLEŞENLERİ

2.1. GİRİŞ

“ FDDI : Geleceğin Etherneti. ” 80' lerde şebekeler üzerinde çalışan kişiler, FDDI 'ı bu şekilde adlandırmıştır. Fiber optik ortam tabanlı FDDI protokolü tüm bilgisayar çeşitleri ve çevreleriyle birlikte 100Mbit/s iletim kapasitesinde çok amaçlı bağlantıyı tanımlamaktadır.

FDDI' daki gelişmeye paralel olarak süper bilgisayarlar ve çok ortamlı kullanıcı uygulamalarındaki ses ve video tabanlı fonksiyonlar için hesaplama teknolojisindeki gelişmeler, haberleşme sistemlerinde yeni bir nesli teşvik etmektedir. Bu şebekeler, iletim kapasitesindeki dramatik artış ve gerçek zaman haberleşme ihtiyacı ile karakterize edilirler. FDDI, geniş band uygulamalar için gerekli olan yüksek bit hızını karşılamakta temel olarak, senkron servis ve buna ek olarak FDDI-II ile de gerçek zamandaki gereksinimlere cevap vermektedir.

Bugün , FDDI şebeke ürünleri ticari olarak mevcuttur ve protokol de genel olarak HS-LAN yapısıdır. Var olan sistemlerdeki pratik tecrübeler FDDI ürünlerinin iyi olduğu sonucunu vermiştir.

İş istasyonları ve kişisel bilgisayarlar için olan uygun adaptör kartları kadar gelişmiş yoğunlaştırıcı yapısı da FDDI pazarını genişletmektedir. Bundan başka FDDI'ın yüksek hızdaki MAC tabakasına yüksek tabakalardaki protokollerin uyumu gelişme halindedir.[1]

2. 2. FDDI NEDİR ?

FDDI, Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsü (ANSI) tarafından tanımlanan uluslararası bir şebeke standardıdır. Birbirine ters yönde işleyen iki halkalı FDDI yapısı, birbirine 100 km kadar uzakta bulunan 500 istasyona kadar olan bir çerçevede, veri iletimi ile gerekli bağlantıları sağlayabilmektedir.

100Mbit/s'lik iletim kapasitesi , ön-işlemci ve ard-işlemci bilgisayar çevresinde yüksek performanslı bağlantılara izin vermektedir. Eğer FDDI, bir omurga şebeke olarak kurulursa, düşük hızdaki alt şebeke ve konsantratörleri birbirine bağlayabilir. İkili halka topolojisi FDDI'a, kablo kopması ve düğüm arızaları durumunda hatayı düzeltme imkanı sağlar. Normal operasyonda, bir halka veri iletimi için kullanılırken, 2. halka yedek (stand-by) modunda çalışmaktadır. Halka yapısında bir kesinti olduğunda ikili halka yapısı , hatalı durumu izole edecek şekilde tek bir halka yapısına dönüşür.

Her halka 100Mbit/s hızda çalışır ve iletim ortamına, kapalı halka olacak şekilde seri bağlanan istasyonlardan oluşur. FDDI için seçilen iletim ortamı fiber optiktir ve yüksek band genişliği, güvenilirlik ve düşük bit hata oranı sunmaktadır. Bir başka güvenilirlik mekanizması, optik bypass bağlama şeklidir. Bu mekanizma istasyonda kurulduğunda, bir arıza veya bağlama sorunu sonrası, ışığın direkt olarak bir sonraki istasyona geçmesini sağlar.

Paket bağlaşmasında, temel FDDI protokolü, yüksek iletim kapasitesini, kullanıcı uygulamalarındaki ihtiyaca göre band genişliği kavramını, garantili band genişliği ve cevap zamanı (gerçek zamanlı trafik) ile verimli kılmaktadır.

MAC (Ortam Erişim Kontrol) protokolü, paket trafiği için Lojik Link Kontrol alt tabakası tarafından ihtiyaç duyulan tüm servisleri sağlamaktadır. FDDI şebekelerinde, veri, çerçeve (frame) adı verilen paketler şeklinde iletilmektedir. Bu paketler ardışıl olarak, aktif istasyonlar arasında işlem görmektedir. Paylaşılan iletim ortamı Zamanlı Bayrak Protokolü (Timed Token Protocol) 'ne göre merkezi olmayan bir şekilde kontrol edilmekte, yüksek hızda iletimler için, senkron (cevap zamanı gereksinimleri ve band genişlikleri tahmin edilen, garantili band genişlik ve cevap süreli uygulamalar için) ve asenkron (patlamalı veya sınırsız band genişliğine ihtiyaç olan uygulamalarda dinamik band genişliği paylaşımı için) servisler için uygun şartlarda optimize edilmektedir.

Her istasyonun tahsis edilmiş senkron band genişliği vardır ve asenkron servis, band genişliğini, tahsis edilmediği veya kullanılmadığı zamanlarda anlık olarak tahsis etmektedir.

Bir istasyon geçmekte olan bayrağın varlığını algıladığında iletme hak kazanır. İlk olarak yüksek öncelikli senkron çerçeveleri iletir. Arta kalan zaman, asenkron çerçeveleri iletmek için kullanılabilir. Asenkron çerçeveleri iletmek için istasyona izin verilen süre, maksimum bayrak tur süresi gözönünde bulundurulmak şartıyla, bu istasyondaki bayrak gelişlerinin süresine bağlıdır. Protokol, her bayrak gelişinde birden çok çerçeve iletimine olanak verdiğinden ve çerçeve iletiminden hemen sonra bayrağı hemen iletmek zorunda olduğundan, yüksek iletim kapasitesinin etkili olarak kullanılması sağlanmaktadır.

FDDI-II, devre bağlaşmalı servisi (isochronous service) , var olan paket veri servisine ilave etmektedir. FDDI' ın tabakalı yapısında bir gelişme yapılırken hemen hemen aynı fiziksel tabaka standartları kullanılmakta ve paket bağlaşmalı trafik için protokol değişimi olmaksızın karşılanabilmektedir. FDDI-II protokolü, aynı FDDI ortamında, halkanın iletim kapasitesini dinamik olarak bölme yoluyla devre bağlaşmalı servis ile paket bağlaşmalı servisi birleştirmektedir. Devre bağlaşmasında band genişliği, istasyonlar arasında sürekli bağlantıyı sağlamak üzere tekrardan, tahsis edilmiş alt kanallara bölünmektedir.

2. 3. FDDI'IN STANDARTLAŞTIRILMASI

ANSI'nin (Amerikan Uluslararası Standartlar Enstitüsü) X3T9.5 hizmet grubunun, FDDI'ın standartlaştırılmasına ilişkin ilk çalışmalara paralel olarak, LAN'ların yeni generasyonu da IEEE 802 standart komitesi tarafından önerilmiştir. Açık Sistem haberleşme yapısına uygun olması, FDDI protokolünü OSI Referans modeline yöneltmiştir.

Şekil 2.1 de gösterildiği gibi FDDI, fiziksel tabakayı ve yaygın LAN-HSLAN arabirimleriyle yüksek tabaka protokollerinde uyumlu MAC alt tabakasını

kapsamaktadır. [2] Bu yüzden düşük hızlı LAN'lerden FDDI'a geçiş, bir FDDI omurga yapısıyla birbirine bağlanan LAN'larda olduğu gibi başarıyla yapılabilmektedir.

FDDI dört temel tabakadan oluşur:

- PMD (Physical Medium Dependent) Fiziksel Ortam Bağımlı alt tabakası :

Bu bölüm fiber optik bir ortam ve PMD fonksiyonlarından oluşur. Bu ortam ve fonksiyonlar, kaliteli işaret üretilmesini sağlar.

- PHY (Physical Layer) Fiziksel Tabaka Protokolü:

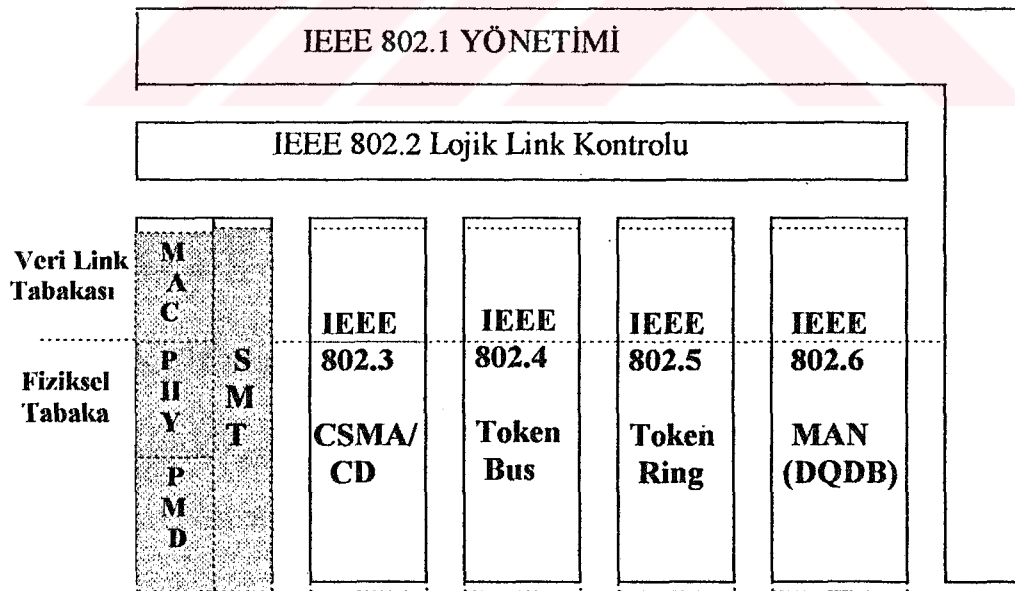
PHY'nin görevi, işaretlerin bilgiye dönüşmesini sağlamaktır.

- MAC (Media Access Control) Ortam Erişim Kontrol alt tabakası:

Bu tabakanın görevi, halka üzerinden gönderilen verilerin iletimini ve güvenilirliği kontrol etmektir.

- SMT (Station Management) İstasyon Yönetimi Tabakası:

Bu element halkanın yapısal yönetiminden, performansının ve meydana gelecek hataların düzeltilmesinden, özet olarak halkanın tüm yönetiminden sorumludur.



Şekil 2.1 OSI Referans Modelinde FDDI Protokolleri

Çok kapsamlı gerçek zamanlı uygulama talepleri, paket bağlaşması ve devre bağlaşması yeteneklerini birleştiren FDDI-II 'nin tasarımını zorunlu kılmıştır. Bu yüzden Hibrit Halka Kontrol (HRC) yapısı, protokole dahil edilmiştir. (Şekil 2.2)

WAN'larda (Geniş Alan Şebekesi) FDDI'a adapte edilmek üzere seçilmiştir. PHY, MAC ve PMD'ye ilişkin döküman ANSI ve ISO tarafından hazırlanmış ve sunulmuştur. ANSI, 1992 yılında, istasyon yönetimi standartlarını tamamlamak üzere çalışırken SONET haritalama ve simetrik kablo kullanımı konusunda döküman mevcut değildir.

2. 4. TEMEL FDDI PRENSİPLERİ

FDDI'nın kuruluş amaçlarından birisi yüksek iletim hızının efektif şekilde gerçekleştirilmesidir ve bu, gelişmiş fiber optik teknolojisi, LAN'larda kullanılarak başarılmıştır. Bu gibi yüksek hızlı şebekeler için hazır sistemlerin bulunması büyük bir önem taşır.

2. 4. 1. HALKA YAPISI

Fiziksel konfigürasyon, ikili halka yapısında ve 500 düğüm noktası kapsayacak şekilde hazırlanmıştır. Toplam halka uzunluğu 100 km'e kadar çıkmaktadır. Bu, 1000 fiziksel bağlantı ve 200 km fiber yola karşılık düşmektedir. Fakat, seçilen zaman sayıcı parametrelerine göre daha geniş bir şebeke oluşturulabilir. Bunun yanı sıra, artan halka gecikmeleri, büyük paket gecikmeleri ve verim kaybı gibi sonuçlar doğabilir.

Optik iletim teknolojisini ve aktif olan istasyonlar arasında noktadan noktaya bağlantıyı kullanan halka yapısı en çok tercih edilen topolojidir. Böylece hatalı bağlantı ve kesintiler önlenmektedir.

1. halka temel halka olarak bilinir ve her an aktif haldedir. 2. halka ise yedek konumundadır. 2. halka genellikle boştur ve 1. halkanın işlevi bozulduğunda şebeke trafiğini taşımak üzere devreye girer. Herhangi bir bozukluk olduğunda, bozukluğun olduğu noktanın iki yanından halka kendi üzerine kapanarak hatayı düzeltir ve tek bir halka yapısına bürünür. [5]

2. 4. 2. FİZİKSEL TABAKA

FDDI'nın fiziksel tabakası iki alt tabakaya bölünmüştür. PMD standardı, FDDI istasyonlarının giriş-çıkış uçlarının gereklerini, optik ve metalik kablo şekilleri için uygun bir şekilde tanımlamaktadır. PMD standardı, iki istasyon birbirine bağlandığında, bit hata oranının, bağlantı seviyesinde 2.5×10^{-10} 'u geçmeyeceğini garanti etmektedir. PMD ile MAC arasındaki alt tabaka PHY standardı ile verilmektedir. Bu standart, veri iletimi için kodlama planını tanımlamaktadır. MAC tabakasındaki en küçük işaretleşme birimi, PHY servis veri ünitelerini oluşturan 4 bitlik sembollerdir. Fiziksel seviyede bu semboller, sıralı olarak, 5 bit şeklinde kullanılır. (4B/5B kodu) 32 mümkün kod grubunun 16 tanesi MAC tabakasında veri sembolü olarak kullanılır.

TABLO 2.1 FDDI 'daki sembol kodları.

Sembol	Kod bitleri	Açıklama	Sembol	Kod bitleri	Açıklama
0	11110	veri sembolü 0000	Q	00000	hat durum sembolü
1	01001	veri sembolü 0001	I	11111	hat durum sembolü
2	10100	veri sembolü 0010	H	00100	hat durum sembolü
3	10101	veri sembolü 0011	J	11000	başl. alanı sembolü
4	01010	veri sembolü 0100	K	10001	başl. alanı sembolü
5	01011	veri sembolü 0101	L	00101	FDDI-II için ayrılan SD
6	01110	veri sembolü 0110	T	01101	çerçeve sonu alanı (ED)
7	01111	veri sembolü 0111	R	00111	kontrol göstergesi
8	10010	veri sembolü 1000	S	11001	kontrol göstergesi
9	10011	veri sembolü 1001	V	00001	kullanılmayan semboller
A	10110	veri sembolü 1010	V	00010	
B	10111	veri sembolü 1011	V	00011	
C	11010	veri sembolü 1100	V	00110	
D	11011	veri sembolü 1101	V	01000	
E	11100	veri sembolü 1110	V	01100	
F	11101	veri sembolü 1111	V	10000	

Tablo 2.1 de gösterildiği gibi, 3 tane hat sembolü, iki çerçeve arasında, ortamın durumunu göstermektedir. 7 kod düzeni (V ile gösterilen), kodlama

şartlarına uyum gösteremediğinden (bozduğundan) kullanılmamaktadır. 4B/5B kodlama sistemi, seri kodlanmış bit dalgasından veriyi, aşırı bir kayıba uğratmadan, ortamdan uygun eşzamanlamayla çekmek için seçilmiştir. Optik işaretler, sıfıra dönmeyen, “1” bitlerinde geçişli (NRZI) kod darbelerini kullanırlar ve her “1” bitinde geçiş gözlenir. Bu kodlamada her bit aralığı için en fazla bir geçiş ve ard arda 3 sıfıra müsaade edilir. NRZI ve 4B/5B kodlamasının birleştirilmesiyle, kod bozukluğundan doğan bit hataları dedekte edilebilir. Bu şekil çalışma, 125 Mbaud işaretleşme hızına ve IEEE 802.5 Diferansiyel Manchester kodlamasındaki % 50 verimin yerine, % 80 verime karşılık düşer. [1], [5], [6]

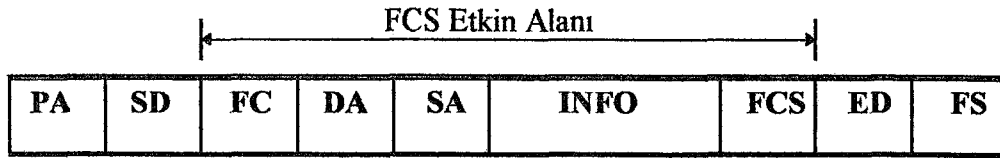
Zamanlama için özel istasyonlar kurmak yerine FDDI, dağınık çalışma tarzını kullanmaktadır. Her istasyonun giriş portunda, zamanlama bilgisi, gelen bit dalgasından elde edilir ve çıkan verinin zamanlaması, sabit frekanslı yerel osilatör tarafından yapılır. Frekanstaki değişimleri önlemek için, esnek çalışabilen bir bellek meydana getirilmiştir. MAC çerçevelerinin “ başlangıç alanı ” uzunluğu, PHY tabakasında esnek belleğin gerçekdurumuna göre değişebilmektedir. Bu belleğin tahmin edilen değeri ve izin verilen zaman toleransları, FDDI’da maksimum çerçeveyi 4500 byte (9000 sembol) ile sınırlar. Buna ters olarak, merkezi zamanlama, toplam halka uzunluğunu, saat jitteri her başarılı istasyonda arttığı için sınırlayacaktır.

2. 4. 3. ORTAM ERİŞİM KONTROLÜ (MAC)

FDDI’ da veri, değişken uzunluklu çerçeveler ile iletilir. MAC protokolü, “bayrak geçirme” prensibine göre çalışmaktadır. Verimi arttırmak için, patlamalı tipten trafiğin olduğu zamanlarda, her bayrağın ele geçirilişinde, protokol, birden fazla çerçevenin iletimine izin vermektedir. Bayrak tutma zamanı (token holding time) şebeke yüküne göre dinamik olarak değiştirilmektedir. Bu metod tüm istasyonlar için bayrak tur süresi sınırına yakın kalarak iyi bir erişim ortamı sağlamaktadır. Halka çalışmasının prensibi olarak tüm istasyonlar, yürürlükte olan belli bir bayrak tur süresi doğrultusunda çalışırlar. (T_Opr :Target Token Rotation Time) Protokol, ortalama bayrak dolaşma süresinin T_Opr sınırları içinde olmasını

temin eder. Ayrıca maksimum bayrak tur süresi $2 \times T_{Opr}$ 'den büyük olamaz. TTRT (Target Token Rotation Time), ihtiyaç duyulan cevap zamanının yarısı kadardır.

İstasyon, bayrağı çektikten sonra ortama girmeye hak kazanır ve kuyruklanmış çerçeveleri iletmeye başlar. Bayrak, Şekil 2.3 de gösterildiği gibi, özel bir çerçeve şekli olarak düşünülebilir.



ÇERÇEVE



BAYRAK

Şekil 2.3 Bayrak ve çerçeve formatları.

- PA : Senkronizasyon alanı (en az 16 sembol)
- SD : Başlangıç alanı (2 sembol)
- FC : Çerçeve kontrol alanı (2 sembol)
- DA : Varış adres alanı (4 veya 12 sembol)
- SA : Çıkış adres alanı (4 veya 12 sembol)
- INFO : Veri bilgi alanı (0 veya daha çok sembol)
- FCS : Çerçeve kontrol dizisi (8 sembol)
- ED : Çerçeve sonu alanı (2 sembol)
- FS : Çerçeve durum alanı (en az 2 sembol)

Her çerçeve, boş sembollerden (idle) oluşan senkronizasyon alanı (preamble) ile başlar. Bu kısım zaman senkronizasyonunu sağlamaktadır. Başlangıç alanından sonra (starting delimiter) , çerçeve kontrol alanı ve adres

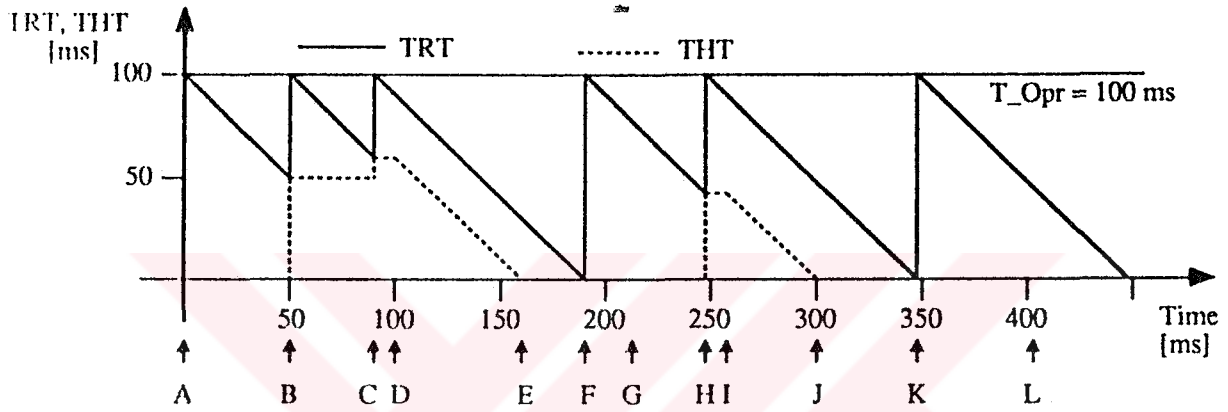
bilgisi yer alır. Çerçeve kontrol alanı, çerçevenin tipini belirler, asenkron ve senkron çerçeveleri birbirinden ayırt eder ve adres uzunluğunu tanımlar. (16 veya 48 bit) Veri bilgi alanı değişkendir fakat 4500 byte ile sınırlandırılmıştır. Bu bilgi alanını, çerçeve denetim dizisi, çerçeve sonu alanı ve çerçeve durum alanı takip eder. Çerçeve denetim dizisi (FCS), çerçevenin bütünlüğünü kontrol eder ve IEEE 802 LAN protokolünde de kullanılır.

Çerçeve durum alanı (FS) , en az üç durum bayrağından oluşur ve çerçeve hatalarını gösterip, amaçlanan istasyonda, verinin elde edilmesine ilişkin bilgi verir. Çerçevede FCS hatası bulunduğunda, istasyon tarafından E(rror):hata, durum bayrağı çekilir. Amaçlanan adresin kendi adresi olduğunu tayin eden her istasyon A(ddress): Adres durum bayrağını çeker ve çerçeveyi alıcı hafızasına kopyalayan her istasyon C(opy) durum bayrağını çeker. Bu nedenle C durum bayrağı, FDDI istasyonları tarafından, MAC tabakası onay işareti olarak kullanılabilir. Fakat grup veya çok noktalıyayın adreslerinde belirgin bir gösterge olarak kullanılamaz. A durum bayrağı, eşlenmiş adres durumlarını gözlemekte kullanılabilir. Ayrıca A durum bayrağı çekilmiş fakat C durum bayrağı çekilmemiş ise alıcı tarafta, belleğe almada bir prroblem var demektir.

Daha önce de bahsedildiği gibi, MAC protokolü, asenkron ve senkron servisleri destekler. Senkron çerçeveler, istasyon bayrağı aldığı zaman iletilir. Bu tür çalışma şeklinde, her istasyon için tahsis edilmiş senkron band genişliği vardır ve bu SMT tarafından kontrol edilir. Band genişliği, (asenkron ve senkron çerçeveler) T_Opr 'in seçimine göre değişir. Düşük T_Opr değeri, fazla bayrak dolaşması ve 100Mbit/s 'den düşük verim elde edilmesine yol açar.

Asenkron trafik, TRT (Bayrak turu zamanlayıcısı) tarafından kontrol edilir ve bu, her istasyon bünyesinde yer alır. Bayrak, TRT değeri T_Opr 'e ulaşmadan gelirse, zamanlayıcı T_Opr değerine ayarlanır. Bu durumda bayrak, “erken gelen bayrak” olarak adlandırılır. Bunun tersi durumunda ise bayrak, “geç kalan bayrak” adını alır. Bayrağın geç kalması, ilgili sayıcıda gösterilir. TRT iki kez tükenirse, istasyon ciddi bir problem olduğunu algılar.

Bayrak erken alındığı zaman, TRT 'in o andaki değeri "bayrak tutma zamanlayıcısına (THT) yüklenir ve TRT, bir sonraki bayrak geliş zamanını belirlemek üzere resetlenir. THT, asenkron iletim boyunca işler ve anlık değer ile T_Opr arasındaki fark, istasyon için geriye kalan geçerli asenkron band genişliğini verir. FDDI protokolü istasyonlara, zaman bittiği için bir kesinti zorunluluğu getirmez. Bunun yerine, o andaki iletim, yeni bayrak üretilmeden tamamlanır. Geç kalan bayrak kavramı asenkron iletimde kullanılmaz. TRT ve THT 'nin karakteristiği şekil 2.4'de gösterilmiştir. [1]



- A : Bayrak erken ulaşır ve iletilecek paket yoktur.
 B : Bayrak erken ulaşır, senkron iletim başlar.
 C : Bayrak erken ulaşır, senkron iletim başlar.
 D : Senkron iletim tamamlanır, asenkron iletim başlar.
 E : THT 'nin tükenmesi üzerine, asenkron iletim sona erer.
 F : TRT tükenir ve yeniden sayıcıya yüklenir.
 G : Bayrak geç ulaşır, TRT yeniden yüklenmez. Fakat senkron iletim mümkündür.
 H : Bayrak erken ulaşır, senkron iletim başlar.
 I : Senkron iletim tamamlanır, asenkron iletim başlar.
 J : THT 'nin tükenmesi üzerine, asenkron iletim sona erer.
 K : TRT tükenir ve yeniden sayıcıya yüklenir.
 L : Bayrak geç ulaşır, TRT yeniden yüklenmez. Fakat senkron iletim mümkündür.

Şekil 2.4 Zamanlı bayrak protokolünde TRT ve THT 'nin çalışma şekli.

FDDI 'da istasyonlar, bayrağı çerçeve iletiminden hemen sonra ortama iletirler. Bu nedenle, kullanıcıların çerçeveleri eşzamanlı olarak halkada propogasyon halindedir ve iletim hatları verimli olarak kullanılmış olur. İletilecek herhangi bir veri yoksa veya THT söz konusu istasyon için bitmişse iletim sona erecektir.

FDDI şebekelerinde, asenkron trafiğin öncelik sınıfları isteğe göre belirlenebilir. Öncelik, zaman eşik seviyelerini (T_{Pri}) farklı tanımlayarak sağlanabilir.

N öncelikli asenkron çerçeve, THT değeri $T_{Pri}(n)$ eşik seviyesinden küçük ise iletilir. Düşük öncelik sınıfları için düşük eşik değerleri vermek, bu çerçevelerin iletilmesini, halkanın fazla yüklü olduğu zamana erteler. Bundan farklı olarak, sınırlandırılmış bayrak modunda, asenkron servis için toplam band genişliği, teke tek diyalog halinde olan özel istasyonlara ayrılabilir ve istasyonlara asenkron iletim için izin verilmez. Bu diyalogun yönetiminden yüksek tabaka protokolleri sorumludur.

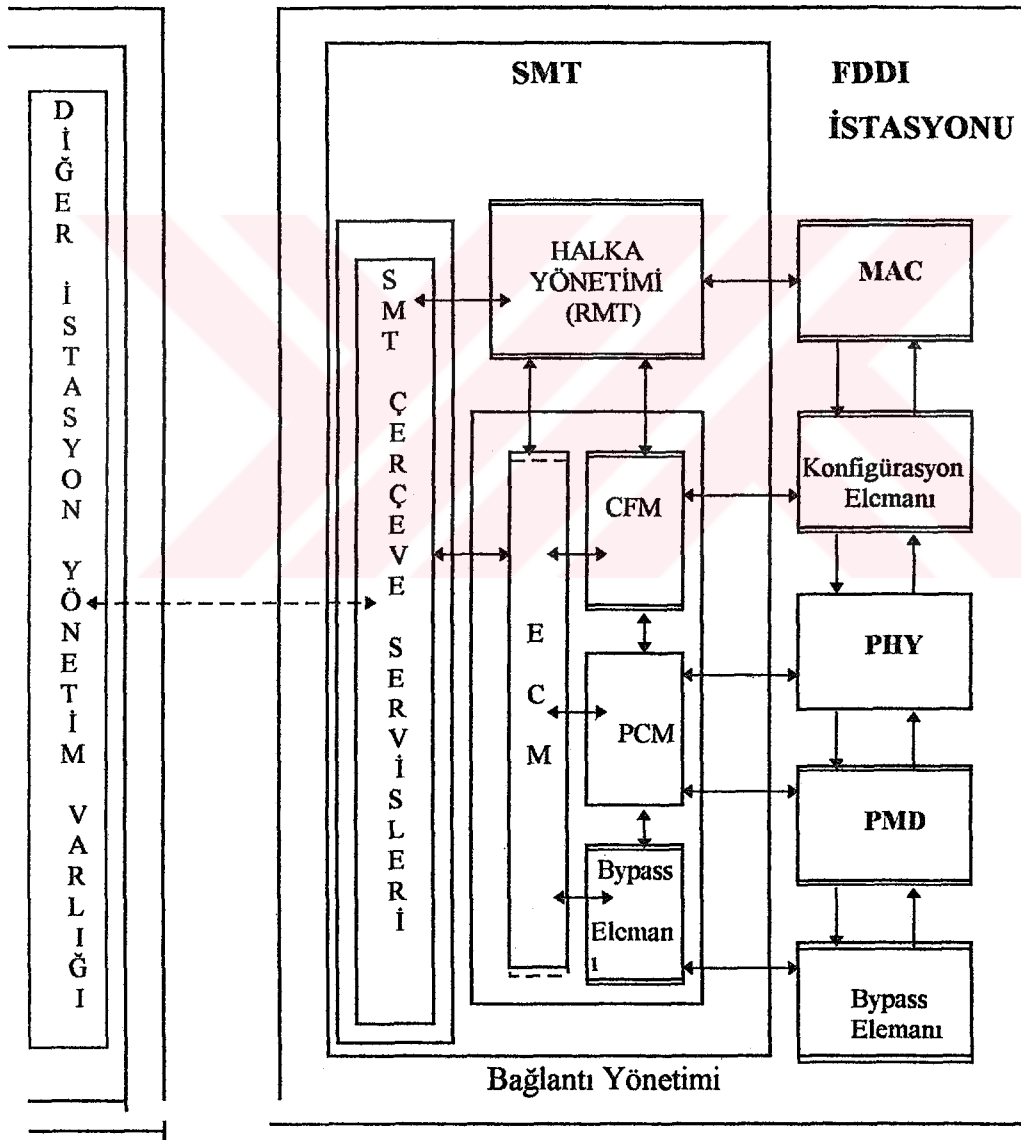
2. 4. 4. FDDI İSTASYON YÖNETİMİ

FDDI protokolü, istasyon seviyesinde yönetim varlığını içeren ilk protokoldür. İstasyon yönetimi (SMT), FDDI tabakalarındaki aktif işlemleri ve istasyonun FDDI halkasındaki çalışmasını kontrol eder. Bunlar, ilk kullanıma başlama için tüm aktiviteleri ve istasyon çalışmasını kapsamaktadır. (şebeke biçimlendirmesi, performans gözleme, bakım ve hata kontrolü)

Şekil 2.5 de gösterildiği gibi, SMT servisi diğer SMT'ler ile, şebeke çalışmasını kontrol etmek için bilgi alışverişi yapar. Bilgi alışverişi, FDDI'nın asenkron servisini kullanır. Periyodik olarak veya istek üzerine, iki istasyon arasında biçimsel yapıyı, çalışma durumunu ve bağlantıyı kontrol etmek amacıyla çerçeveler ile bilgi alışverişi yapılır. Halka Yönetimi (RMT : Ring management), MAC bileşenlerini idare eder ve FDDI halkasını gözler. RMT, ilk kullanıma hazırlama ve düzenleme (beacon proses) prosesini (bölüm 2. 4. 5) olduğu gibi, eşlenmiş MAC adresini bulma ve düzeltme fonksiyonlarını içerir. Bundan başka, RMT, senkron trafik için şebeke band genişliği tahsisini ve sınırlandırılmış bayrak modunu işletir.

Bağlantı Yönetimi (Connection Management : CM), Varlık Koordinasyon Yönetimi (Entity Coordination Management : ECM), Fiziksel

Bağlantı Yönetimi (Physical Connection Management : PCM) ve Konfigürasyon Yönetimi (Configuration Management : CFM) den oluşur. ECM, fiziksel seviyedeki tüm olayları kontrol eder ve optik kontrolleri yapar. Her istasyonda sadece bir tane ECM bulunurken, her fiziksel bağlantı noktası kendi PCM 'ine gerek duyar. Bunlar, komşu istasyonlar arasındaki yerel bağlantı noktalarından sorumludur. Ayrıca her istasyon veya her yoğunlaştırıcının bağlantı noktasının, fiziksel tabaka ve MAC tabakası arasındaki aktiviteyi düzenleyecek bir CFM 'ye ihtiyacı vardır.



Şekil 2.5 İstasyon Yönetimi ' nin bileşenleri.

FDDI, yaygın ve kapsamlı şebeke bileşenlerini yapısında bulundurduğu ve farklı teknolojilerle üreticiler sözkonusu olduğu için, şebeke yönetimi, FDDI halkasının da yönetimini yapabilmelidir. Uygun etkileşimli çalışma için gerekli arabağlantı ve servis, FDDI istasyon yönetimi tarafından sağlanmaktadır. SMT standardının gecikmesindeki neden, şebeke yönetimi için uluslararası standardın tamamlanmamasıdır. ISO yönetiminin standardizasyonu temel kabul edilmese de Basit Şebeke Yönetim Protokolü (SNMP), birçok üretici tarafından benimsenmiştir.

2. 4. 5. GÜVENİLİRLİK

Band genişliği ve hesaplanabilen iletim karakteristiğinde kapsamlı güvenilirlik mekanizması, farklı FDDI tabakaları boyunca birleştirilmektedir.

Merkezi bir monitör tesis etmek yerine, her istasyon, uygun olmayan çalışma koşullarını belirlemek üzere halkanın durumunu sürekli gözlemler. Böyle durumlarda, iyi tanımlanmış kurtarma prosedürünün icra edilmesine ihtiyaç vardır. Protokol ilişkili hata, bu kurtarma prosedürü tarafından düzeltilirken, fiziksel sistemdeki bir hata, FDDI şebekesinin yeniden düzenlenmesini gerektirir. (Bölüm 3. 4)

Ortam olarak, bit hata oranının düşük olduğu bilinen optik fiber kullanılmaktadır. Optik fiber, magnetik ve elektrik enterferanstan etkilenmemektedir. Simetrik kabloda yukardaki hata oranı, mesafe kısıtlamaları ile sağlanmaktadır. Bunların yanısıra NRZI ve 4B/5B kodlamasının birleşmesi, çerçeve bozulmaları ve kodlardan kaynaklanan bit hatalarının dedekte edilmesini temin eder. FCS kontrolü da her istasyonda, çerçevenin uygun hata bayraklarını kaldırarak hataları rapor eder. Hataların yeri veri yalıtımı, farklı istasyonlardaki hata sayılarının karşılaştırılması yardımı ile yapılabilir. İletim istatistikleri çerçeve sayıcısında toplanır. Burada, ulaşan tüm çerçeveler sayılır. Kayıp sayıcıda ise, format hatalı çerçeveler sayılır.

Bölüm 2. 4. 3.'de tarif edildiği gibi, TRT 'nin ilgili zaman sayıcıları ile çalışması yanısıra her istasyonun Geçerli İletim Zaman Sayıcısı (Valid Transmission Counter : TVX) vardır. Bu sayıcıdaki zaman, geçerli çerçeve veya sınırlı olmayan bayrak alındığında, önceden belirli standart değere ayarlanır. TVX zaman değerinin tükenmesi, ciddi bir probleme işarettir ve halkanın yeniden işler duruma döndürülmesi gerekir. Buradaki standart değer, halka gecikmelerinin maksimum değerine göre saptanır fakat TRT değerinden daha küçüktür. Bu yüzden TVX, iletim problemlerini TRT 'den daha önce algılar. TRT sınırlandırılmış bayrak modundaki problemleri algılamadığı halde, TVX algılar. Diğer taraftan, halka çalışmasının tam olarak zaman kontrolü, TRT tarafından yapılır.

Halkada bir problem olduğu, TRT veya TVX tarafından algılandığında, SMT, sürekli olarak çekişmeli bayrak çerçeveleri (claim token frames) göndererek halka kurtarma prosesini başlatır. Bu çerçeveler, halkayı ilk kullanıma başlatma için TTRT değeri için öneride bulunurlar. Her istasyon, çekişmeli çerçeveleri alır ve düşük TTRT değerli olanları aynen geçirirken aksi durumlarda kendi çerçevesini iletir. Aynı değer söz konusu olduğunda, yüksek seviyeli adrese sahip öneriye öncelik verilir. Kendi çekişmeli çerçevelerini alan istasyon çekişmeyi kazanır. Daha sonra diğer istasyonlara geçerli T_Opr değerini bildirerek yeni bayrağı ortama verir ve normal çalışmayı başlatır.

Eğer halka kurtarma süreci, tanımlanan zaman aralığında başarılı olmazsa, istasyon tekrar şebeke düzenlemesi gerektiren fiziksel bozukluğun yerini bulmak üzere düzenleme çerçeveleri (beacon frames) gönderir. Bir istasyon, kendinden önceki istasyondan gelen düzenleme çerçevelerinin, kendinden bir sonraki istasyona geçmesine izin verir. Mantıksal kopukluğun olduğu yerin hemen altında kalan istasyon ise hiçbir çerçeveyi alamaz. Böylece arıza yeri bulunur ve şebekenin yeniden konfigürasyonu yapılır. (Şekil 3.3) Eğer bağlantı kopukluğu yoksa, istasyon kendisine ait düzenleme çerçevelerini alacak ve yukarıda anlatıldığı gibi kurtarma sürecini icra edecektir. SMT protokolünde sunulan güvenlik mekanizması, performans analizlerini ve konfigürasyon fonksiyonlarını içerir. Hata ve konum bilgilendirmesi MAC tabakası tarafından yapılır. SMT, kapsamlı olarak

veri analizi yapabilir. SMT, tüm şebekede performansı ve fiziksel topolojiyi gözlemek üzere diğer SMT'ler ile SMT Çerçeve Servisi üzerinden ilişki kurar. Bu yolla SMT, eşlenmiş adres problemlerini çözebilir ve artan çerçeve hatalarını belirleyebilir. [1], [2] SMT 'nin konfigürasyon fonksiyonları, bir insan müdahalesi olmadan veya haberleşmede kesinti yapmadan şebekede istasyonların devreye girmesini ve devre dışı kalmasını sağlayabilir ve şebekede düzenleme yapabilir. Anlık ve önceden ayarlanmış zamanlayıcı ve sayıcı değerleri gibi istasyon parametrelerinin değiştirilmesi otomatik olarak yapılır. Bu değişiklik yapılırken, halka kurtarma prosesinin uygulanması gerekebilir.

2. 5. FDDI-II

FDDI 'ın zamanlı bayrak protokolü senkron iletim için önceden belirlenmiş bir gecikme değeri sunmaktadır. Bu servis, özelleştirilmiş uçtan uca gecikme ile, dağıtılması gereken verinin etkin transferini sağlar. Veri çok erken ulaşırsa ve veri depolamak için yeterli bellek kapasitesi varsa, sabit dağıtım hızı garanti edilebilir. Ne var ki FDDI 'da çıkış verimi ile cevap zamanı arasında bir ilişki vardır. Yoğun gerçek zaman uygulamaları, asenkron servisin band genişliği ve performansını önemli ölçüde azaltır. Bunun yanı sıra, yüksek veri hızları ve belli zaman gecikme karakterleri gerektiren ; video uygulamalarını destekleyen devre bağlaşmalı servis, uyumlu ve ekonomiktir.

Bu yüzden, temel standartları iyileştirmek üzere FDDI-II tanımlanmıştır. FDDI-II, devre bağlaşmalı trafiği desteklemektedir. FDDI ile FDDI-II arasındaki yapı farklılığı, Hibrit Halka Kontrolü 'nü (HRC) beraberinde getirir. Bu yapı hibrit çoğullayıcı (H-MUX) ve devre bağlaşmalı MAC 'dan oluşur.

MAC tabakasında, temel FDDI yapısındaki gibi paket trafiğine yönelik bir MAC, bir de devre bağlaşmalı trafiğe uygun MAC yapısı vardır. İlk yapı değişmeden aynı kalırken, diğer MAC, istasyona ait devre bağlaşmalı trafiğin bağlantı prensiplerini yerine getirir. H-MUX 'un görevi, alınan byte dizisinin,

uygun MAC ünitesine ayırımını sağlamaktır. Verici yönde ise, mevcut band genişliğinde iletim için iki seviyeli trafik, tek byte dizisine çoğullanır.

FDDI-II istasyonları ya temel modda ya da hibrit modda çalışır. Hibrit modda, mevcut band genişliği parçalar halinde, devre bağlaşmalı veri için dinamik olarak tahsis edilebilir. Bu dinamik tahsis, “geniş band kanallar” ile (WBCs) yapılır. Devre bağlaşmalı WBC, aynı WBC ’deki I-MAC (Isochronous MAC) lar arasında garantili band genişliği ve gecikme ile bağımsız diyaloglara izin verir. WBC ’lerin band genişliği, Kuzey Amerika (T1-1.544Mbit/s) ve Avrupa (E2-2.048 Mbit/s) ISDN temel kanal hızları ile uygun bir çoğullama sağlamak üzere 6.144 Mbit/s olarak seçilmiştir.

FDDI-II, devre bağlaşmalı ve paket bağlaşmalı trafiği desteklemek üzere hibrit çalışmayı kullanmaktadır ve hibrit mod, Çevrim Yönetici (Cycle Master) adı verilen ve tahsis edilen istasyon tarafından başlatılır ve kontrol edilir. Bu istasyon, hibrit mod işleme geçmeden gözlemci istasyonlar arasından seçilir. Gerekirse Çevrim Yöneticisi tarafından değiştirilir. Veri iletimi, Çevrim Yöneticisi tarafından üretilen 125µs ’lik çevrimlerde yapılır. 125µs, her çevrimde tek bir byte için 64 kbit/s lik iletim hızı sağlar. Bundan başka, Çevrim Yöneticisi, gerekli gecikme ayarlarını da iletim ortamında sağlar.

Her çevrim üç parçaya ayrılmıştır : Çevrim Başlığı (CH), Tahsis Edilmiş Paket Veri Grupları (PDG) VE 96 çevrim grubu (CG’s). Çevrim Başlığı, 125µs ’lik sınırı belirler ve iletim programı kalıbını içerir. Program kalıbı (Programming Template : PO-P15), fiziksel verinin devre bağlaşmalı WBC’ler içinde nasıl paylaştırılacağını belirler. Program kalıbı 16 sembol içerir. Bu 16 sembol, 16 WBC ’nin 16 byte’lık 96 çevrim içinde tahsisini belirler. Her CG, her WBC ’nin bir byte’ını içermektedir. WBC numarası olan n, her CG ’de $2n$.ve $(2n+1)$. sembollerden ibarettir. Şekil 2.6 Devre Bağlaşma Bakım Kanalı (Isochronous Maintenance Channel : IMC), tek byte’dan oluşur ve Çevrim başlığına eklenmiştir. Bu kanal, devre bağlaşmalı trafiğin bakım amaçlı kısmının taşınması için tahsis edilmiştir. [5], [7]

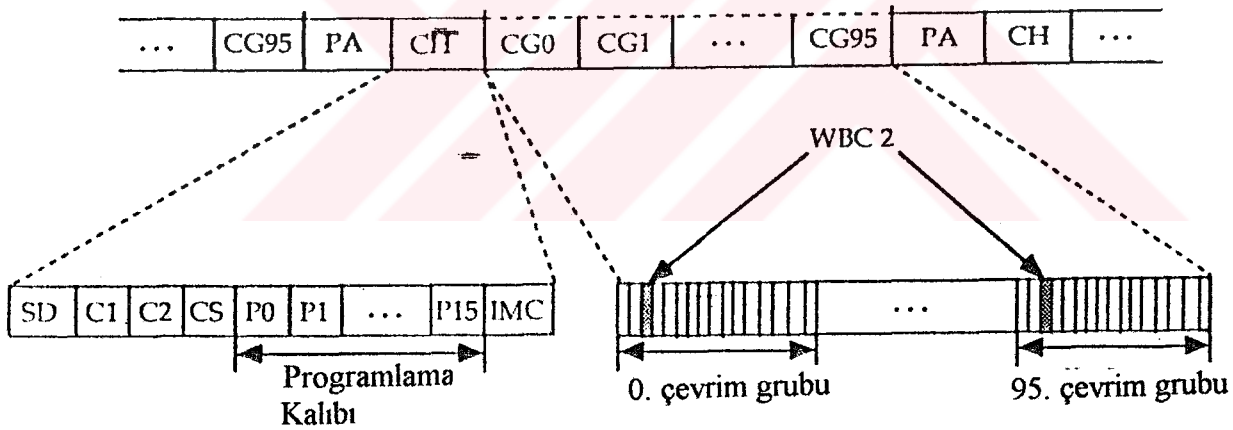
Programlama Kalıbı, ilgili WBC 'nin devre bağlaşması için kullanılıp kullanılmayacağını belirler ve PDG için tahsis mekanizmasını oluşturur. Bu band genişliği tahsisi, Çevrim Yönetimi tarafından idare edilir. Bu aşamada, devre bağlaşmalı trafiğin, band genişliğini ne ölçüde kullandığı gözönünde bulundurulur. Çevrim Yönetimi 'ne bir veya daha fazla WBC için istek izin verilen ve SMT protokolünü kullanan istasyonlar tarafından yapılır. Bunlara, kanal tahsis eden istasyonlar denir. Daha önce de bahsedildiği gibi, CH 'deki program kalıbı, asenkron trafiğe ayrılacak WBC 'leri belirlediği için, Çevrim Yönetimi, istek yapan istasyonları WBC 'lerin kullanımı ile ilgili bilgilendirmelidir. Daha sonra ilgili istasyon, diğer istasyonlarla işaretli WBC 'ler üzerinden gerekli bağlantıları yapar. Şu gözönünde bulundurulmalıdır ki, FDDI-II, farklı tipteki devre bağlaşmalı WBC 'lerin aynı halkada bulunmasına izin verir. Bu WBC 'ler, 8kbit/s 'den 6.144kbit/s 'ye kadar farklı hızlardaki farklı kanallara bölünebilir.

Tüm Geniş Band Kanallar devre bağlaşmalı trafiğe tahsis edildiğinde, çevrimde, hiçbir paket bağlaşma verisi iletilmez. Bunu önlemek için Tahsis Edilmiş Paket Veri Grupları vardır ve bu tip trafik için 0.768Mbit/s'lik band genişliğini garantiler. Bu band genişliği, devre bağlaşmalı kanalların işaretleşme aktiviteleri için de gereklidir. PDG her çevrimde 12 byte içerir. Bunların ilki birinci çevrim grubunun başında yer alır. Diğerleri her 8 çevrim grubundan sonra yer alır. Eğer devre bağlaşmalı trafik yoksa, PDG ve tüm WBC 'ler paket bağlaşmalı trafiğe ayrılır ve bu toplam olarak 99.072 Mbit/s 'lik bir band genişliği verir. Değişen hızlarda tek bir paket bağlaşma kanalına geçiş, bölüm 2. 4. 3. de anlatıldığı gibi zamanlı bayrak protokolü ile kontrol edilir.

Hibrit modda band genişliği devre bağlaşmalı servis için 6.144Mbit/s 'lik adımlarla tahsis edilir. Şekil 2.7 de görüldüğü gibi devre bağlaşması ile paket bağlaşması bağımsız olduğu halde, diğer servisler için band genişliği kısıtlanmaktadır. Çevrim yapısının gereği kullanılan başlık kısmı yaklaşık 1Mbit/s 'lik band genişliğini kapsamaktadır. WBC 'deki bu band, diğer servisler tarafından kullanılamamaktadır.

Devre bağlaşımlı kanalın özel bir yerinin olması ve diğer trafik çeşitlerinden ayrı olan karakteristiği, sabit band genişliği yanısıra iyi tanımlanmış zaman aralıklarını garanti eder. Senkron servisler, paket bağlaşımlı trafik içinde, bayrak turu süresinin kısıtlaması ile yer almaktadır. Sınırlı ve sınırsız bayrak modunda çalışırlar. Bu trafik sınıfında en yüksek önceliğe sahiptir. Asenkron servis için dinamik olarak mevcut olan band genişliği, senkron servis tarafından kullanılmaz. Fakat daha önce de bahsedildiği gibi, senkron zaman ihtiyaçları sonucu, senkron ve asenkron servislerin band genişliği azalır. 64 kbit/s 'lik kanal için yoğun gerçek zaman gerekleri, toplam sistemde paket trafiğini etkileyebilir.

Sınırlı ve sınırsız bayrak modları birbirlerini dışlarken, aynı FDDI halkasında 8 öncelik sınıfına ait trafik birlikte işlem görebilir. Düşük öncelikli sınıflar, bandı yüksek öncelikli sınıflar ve senkron servis kullanmadığı zamanlar kullanabilir. Düşük öncelikli sınıflar için kesin iletim kuralları uygulanamamaktadır.



PA : Senkronizasyon alanı (5 Sembol)

CH : Çevrim başlığı (24 Sembol)

PDG : Paket veri grubu (12 byte)

PDG' nin her byte'ı 8 CG den sonra iletilir.

CG0-95: 0 dan 95'e kadar olan çevrim grupları

IMC : Devre bağlaşma bakım kalıbı

SD: Başlangıç alanı

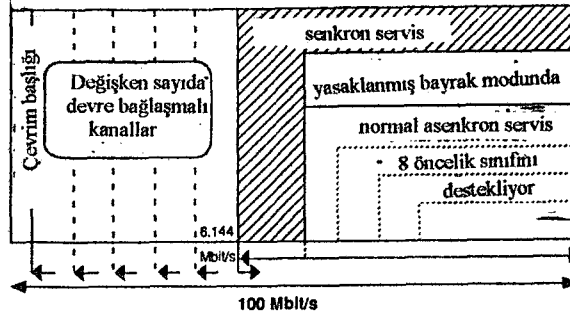
C1: Senkronizasyon kontrol

C2: Sıra kontrol

P0-P15: Program kalıbı

WBC : Geniş band kanal

Şekil 2.6 HRC Çevrimi



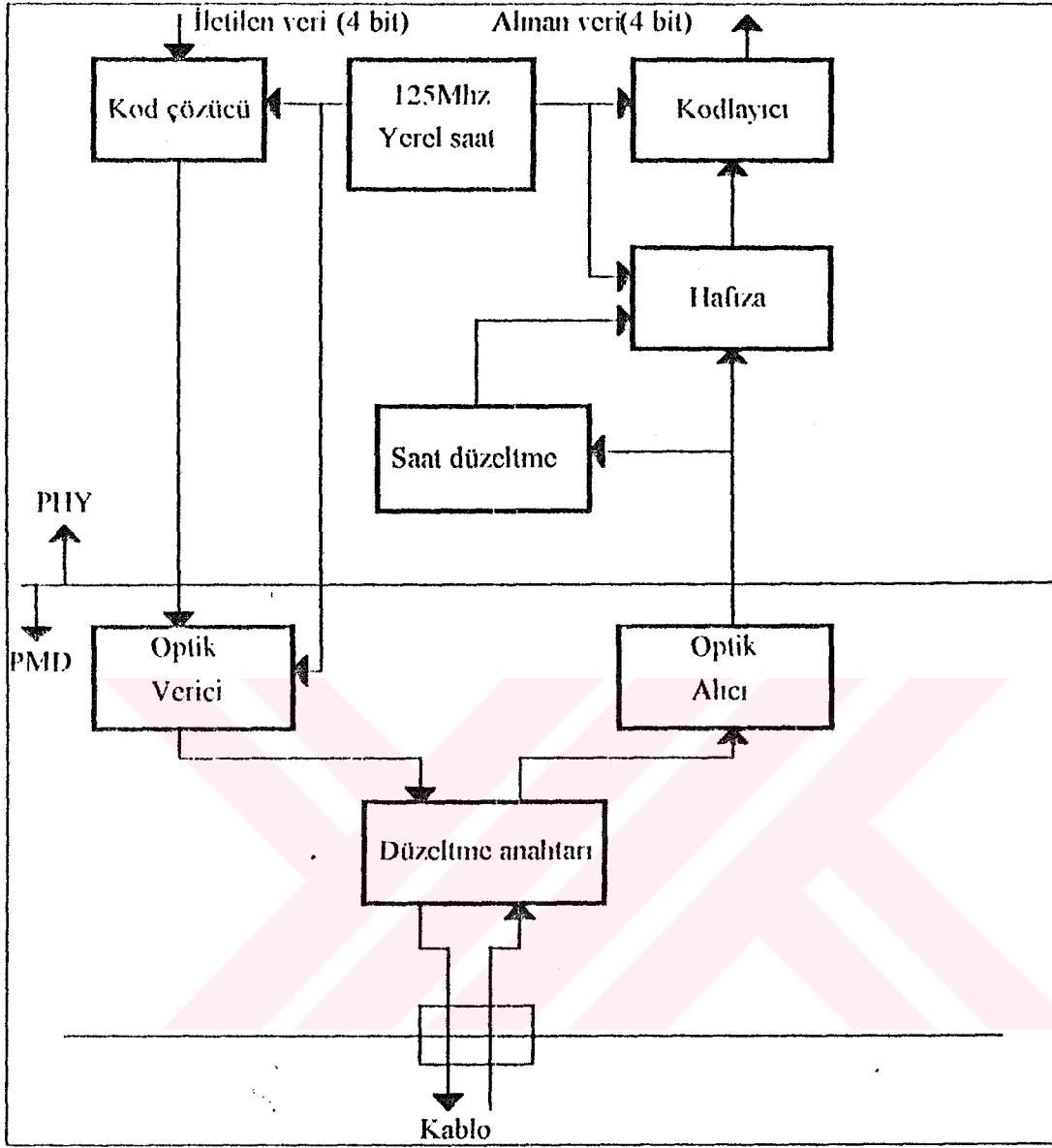
Şekil 2.7 FDDI 'daki farklı servis sınıfları arasındaki ilişki.

3. PRATİKTE FDDI

FDDI 'ın tasarımı, bilgisayar, haberleşme ve şebeke endüstrisi arasındaki fikir birliğinin ve X3T9.5 grubunun ürünüdür. Bu yüzden protokol birçok üretici firma tarafından yaygın olarak benimsenmiştir. Henüz FDDI sistemler arasında uyumlu donanım ve yazılım ürünleri tam olarak mevcut değildir. Bu bölümde farklı uygulamalar, stratejiler ve mevcut FDDI ürünlerin işletilebilirliği hakkında kısa bir inceleme yapılmıştır.

3. 1. KABLO SİSTEMLERİ

FDDI şebekelerde iki tür kablo kullanılır : Optik fiber ve simetrik kablo. Standart, 62.5/125µm çok modlu fiberin kullanılmasını tavsiye etmektedir. Alternatif çok modlu fiber tipleri de mevcuttur. (örnek olarak 50/125µm fiber) Bunlara ek olarak alıcı ve verici tarafta farklı elektro-optik donanım gerektiren ve 60 km mesafeye kadar etkili olan tek mod fiberler de mevcuttur. Çok modlu fiberlerin iç çapı, LED (light-emitting diode) lerin 1300nm 'lik dalga boyu ile kıyaslandığında daha büyüktür. Tek mod fiberlerin çapı 5µm 'den daha azdır ve lazer diyot, kaynak olarak kullanılır. Teorik olarak kullanılabilen band genişliği 1Gbit/s 'den daha büyüktür. Bu da FDDI 'ın ötesinde, ilerdeki uygulamalar için uygundur. Simetrik kablolar (kaplamalı veya kaplamasız), yoğunlaştırıcı ile olan bağlantılarda temel olarak kullanılan bakır kablolardır. Bunlar ucuz, güvenli ve kolay bağlantı için bir alternatiftir. Bunlarla ilgili standartlar gelişme halinde olmasına rağmen, ürünler piyasada mevcuttur. (IBM 1 ve 6 tipi bayraklı halka kablo sistemini kullanan yoğunlaştırıcılar) Bu kablolarda izin verilen kullanım mesafesi en fazla 100m 'dir. [8], [9]



Şekil 3.1 FDDI istasyonunun fiziksel yapısı

FDDI standardının PMD tabakası OSI Referans modelindeki en alt tabakaya karşılık düşer ve iki FDDI istasyonunu birbirine bağlamak için kullanılan optik iletim ortamını tanımlar. FDDI PMD arabirimi optik istasyon konnektöründe tanımlanır. Şekil 3.1’de FDDI istasyonunun fiziksel tabakası blok diyagram olarak verilmiştir.(PMD ile bir üst seviye olan PHY alt tabakaları arasındaki bağlantılar gösterilmiştir)PMD standardı, konnektör optik verici çıkışı, konnektör alıcı girişini ve kablo planını tanımlamaktadır. FDDI kablo standartlarının tamamen

belirtilmesi çok önemli değildir. Çünkü bu standartlar, istasyon yapısına göre değişebilmektedir. Fakat üreticiler böyle bir standarda ihtiyaç duymuşlardır ve belli bir standart ortaya konmuştur.

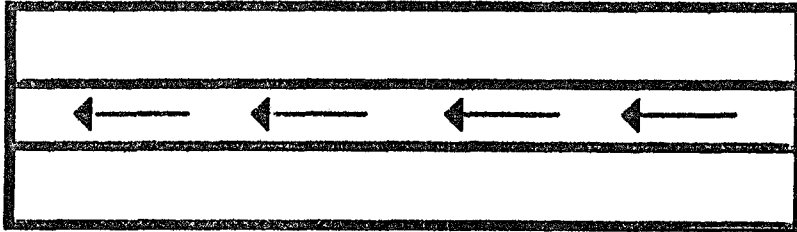
3. 2. TEK VE ÇOK MODLU FİBER

Günümüzde optik fiber dalga kılavuzunun iki tipi kullanılır :

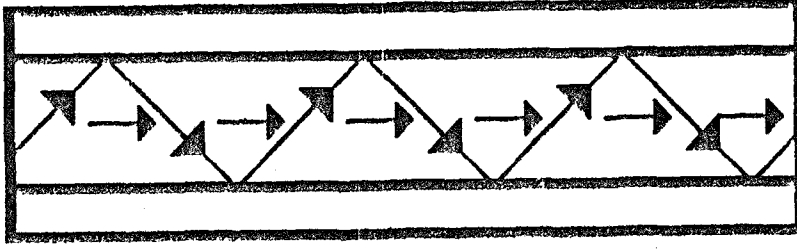
Tek modlu (single mode) fiberde, fiber eksenine boyunca direk olarak tek bir propogasyon modu vardır.

Çok modlu (multi mode) fiberde birçok farklı propogasyon modu mevcuttur. Bu modların bazıları basit (low order) bazıları kompleks düzendedir (high order). Işık, 1. tipte fiber eksenine paralel, 2. tipte eksenden ayrılan doğrultudaki yollar üzerinde ilerler ve uzun yol boyunca modal saçılma uğrar. Ayrıca band genişliği de sınırlanır. Bu nedenle bazı uygulamalarda tek mod fiber, çok modlu fiberin yerine geçmiştir.

Çok modlu ve tek modlu fiberler, metre başına aynı maliyette oldukları halde tek mod verici, bağlama elemanları ve konnektörler çok modlu olan eşdeğerlerinden çok daha pahalıdır ve FDDI performansının gereklerini karşılayamazlar. Fiyatının ucuz olmasından dolayı çok modlu fiber daha avantajlıdır. FDDI da çok modlu fiber kullanılır. Çok modlu fiberin yıllar boyunca birçok çeşidi geliştirilmiştir fakat bunlardan sadece basamaklı indis'li silis cam fiberler FDDI 'ın performans karakteristiklerini sağlarlar. Şekil 9a ve şekil 9b de tek modlu ve çok modlu fiberin yapısı basit olarak gösterilmiştir.



Şekil 3.2a Tek modlu fiber



Şekil 3.2b Çok modlu fiber

Tüm yüksek band genişlikli, basamaklı indis'li çok modlu fiberler günümüzde 4 farklı çeşitte piyasada mevcuttur : 50/125, 62.5/125, 85/125, 100/140 Bunlar, iç ve dış çaplarının mikron cinsinden değeriyle sınıflandırılmaktadır.

Genel olarak iç çap küçüldükçe fiberin band genişliği büyümektedir. İç çap büyüdükçe fibere optik güç vermek kolaylaşır ve bağlaşma elemanları ile konnektörlerdeki kayıplar azalır. Güç verilmesi ve band genişliği FDDI 'da çok önemlidir. 62.5/125 ve 85/125 fiberleri FDDI uygulamaları için iyi bir seçimdir. 100/140 fiber kullanıldığında, FDDI istasyonları, bu fiberin büyük güç verme potansiyelinden avantaj sağlamayabilir ve istasyon içinde konnektörle alıcı arasında küçük çaplı fiberlerin kullanılması sonucu ek olarak sıkıştırma kayıplarını beraberinde getirir.

Çoğu durumda FDDI istasyonları, 50/125'lik fiberlere, yukarıda tavsiye edilen fiberlere oranla daha düşük güç verirler. 62.5/125 veya 85/125'lik fiberlerin modal band genişlikleri en az 400Mhz.km.dir ve zayıflatmaları kilometre başına 2.5dB den büyük değildir. [8], [9], [10] Bu tip fiberleri kapsayan kablolar geniş ölçüde kullanılmaktadır.

Tek modlu ve çok modlu fiberler özet olarak aşağıdaki gibi karşılaştırılabilir:

Tek modlu fiber

Verici olarak lazer kullanır.

Dedektör olarak APD kullanır.

Band genişliği fazladır.

Pahalıdır.

Çok modlu fiber

Verici olarak LED kullanır.

PIN veya APD dedektör kullanır.

Band genişliği azdır.

Ucuzdur.

3. 3. OPTİK PENCERELER

Fiberde yaygın olarak iki dalga boyu penceresi kullanılmaktadır. Bunlardan biri 850nm, diğeri de 1300nm civarındadır. 1550nm sınırındaki dalga boyları da bazı uygulamalarda kullanılmakla birlikte ticari olarak mevcut değildir. 1300nm civarındaki ikinci pencerenin birim uzunluk başına zayıflatması, birinciye göre daha azdır ve daha önemlisi kromatik dağılım eğrisi sıfır noktasından geçmektedir. Bu nokta “ Lambda sıfır ” (Lambda Zero) olarak anılmaktadır. Basit bir yaklaşımla fiber, 850nm ’den uzun dalga boylarında daha iyi çalışmaktadır. Bununla birlikte 850nm veya 1300nm birlikte çalışma şekli FDDI için ciddi şekilde düşünülmektedir. Bunun nedeni, birinci pencereye ait AlGaAs Led cihazlarının, ikinci pencereye ait InGaAsP cihazlarından daha ucuza ve kolay bir prosedür ile gerçekleştirilebilmesidir. Ayrıca 1. pencere için duyarlılığı daha iyi olan dedektörler mevcuttur.

3. 3. 1. VERİCİLER : LED’ler ile LAZER’lerin karşılaştırılması

Vericilerin iki tipi çok modlu fiberle birlikte kullanılabilir : LED’ler ve lazerler. Lazerler daha fazla güç üretirler ve “ LED ’lerinkinden daha dar spektral genişliğe sahiptirler. Her iki özellikleri de avantajdır. Diğer yandan lazerler, LED’lerden daha fazla arızalanma riskine sahiptir. Üstelik, FDDI uygulamaları için gerekli unsur olarak belirlenmezler. Bir lazer tarafından sürülen fiberin sonuna direkt olarak bakıldığında, gözün retinasına zarar vermesi mümkün olan bir algılama gücü vardır.

Bu sonuçlara göre PMD yapısında ledlerin kullanımına izin verilebileceği çeşitli kaynaklarca belirtilmektedir. Hal lazerler PMD özelliklerini açıkça

karşılayabilmektedir ve 2 km 'den daha az uzaklıklarda tüm istasyonlarla birlikte uyumluluğu korurken daha büyük bağlantı mesafelerini önerebilirler.

3. 3. 2. ALICILAR : PIN Diyotlar ile APD'lerin karşılaştırılması

Optik dedektörlerin iki genel tipi kullanılmaktadır. PIN Diyotlar ve Avalans foto diyotlar (APD : Avalanche Photo Diodes). APD 'ler oldukça hassastırlar ve FDDI bağlantı güç kayıpları (minimum verici çıkışı ve alıcı hassaslığı arasındaki fark) ile ilgilidirler. Bununla beraber, APD 'lerin birinci optik pencere ürünleri nispeten gelişmiş ticari ürünler oldukları halde ikinci optik pencere ürünleri için aynı genelleştirme yapılamaz. Bu nedenle FDDI 'ın amaçlanan maliyeti ile APD kullanımı uyuşmamaktadır.

3. 3. 3. GÜÇ KAYIPLARI

Yukarıdaki incelemeden çıkan sonuçlardan biri, APD 'lerden daha çok PIN diyotların ve lazerlerden daha çok ledlerin kullanılması sonucu FDDI bağlantılarında güç kayıplarının meydana çıkmasıdır.

2.5×10^{-10} bitte 1 bitlik hata oranı için minimum alıcı giriş gücü 27dBm olarak belirlenirken, bugünkü standardda verici için önerilen minimum uç çıkışı 62.5/125 ya da 85/125'lik fiberde -16dBm dir. [8]

Buna göre hattaki toplam güç değişimi 11dB dir. Güç, bağlantı fişi ve doğruluk fiberleri kullanılarak ölçülebilir. Bu durumda 11dB'in tamamı kablo imalat kayıpları için geçerlidir. Bu rakamlar makuldur ; sıcaklık ve elemanın zamanla kullanımındaki değişikliklere rağmen korunabilir.

Güç kaybını etkileyen faktörlerden biri PHY 'de tanımlanan koddur. FDDI her 5 bitlik kod için 4 veri biti tanımlayan bir kod kullanır. “ Manchester ”kodlarıyla karşılaştırıldığında bu kod % 80 verimlidir. FDDI için seçilen kod %10 DC dengesizliğine sahiptir. Bu, standart işaretlerin geliştirilmesi için yapılan

deneysel çalışmada, bir dizi en kötü örnek kod değerleri gönderildiği zaman eşdeğer hata oranları için yaklaşık olarak 1dB bağlantı gücü kaybına neden olur.

3. 3. 4. SPEKTRAL BOZULMALAR

Alıcıdaki işaretin kalitesini, buradaki optik girişin yükselme zamanı gösterir. 8 bitlik bir hücrede, FDDI alıcısının yükselme zamanı, alıcı tasarımını kolaylaştırmak için 4ns'nin altında tutulmalıdır. 2. pencereyi kullanan LED 'lerde bile kromatik dağılım, 1 kilometrelik mesafede veya iki fiber arasındaki yükselme kenarı doğrultusunda yükselme zamanının hesaplanmasında önemli bir faktördür.

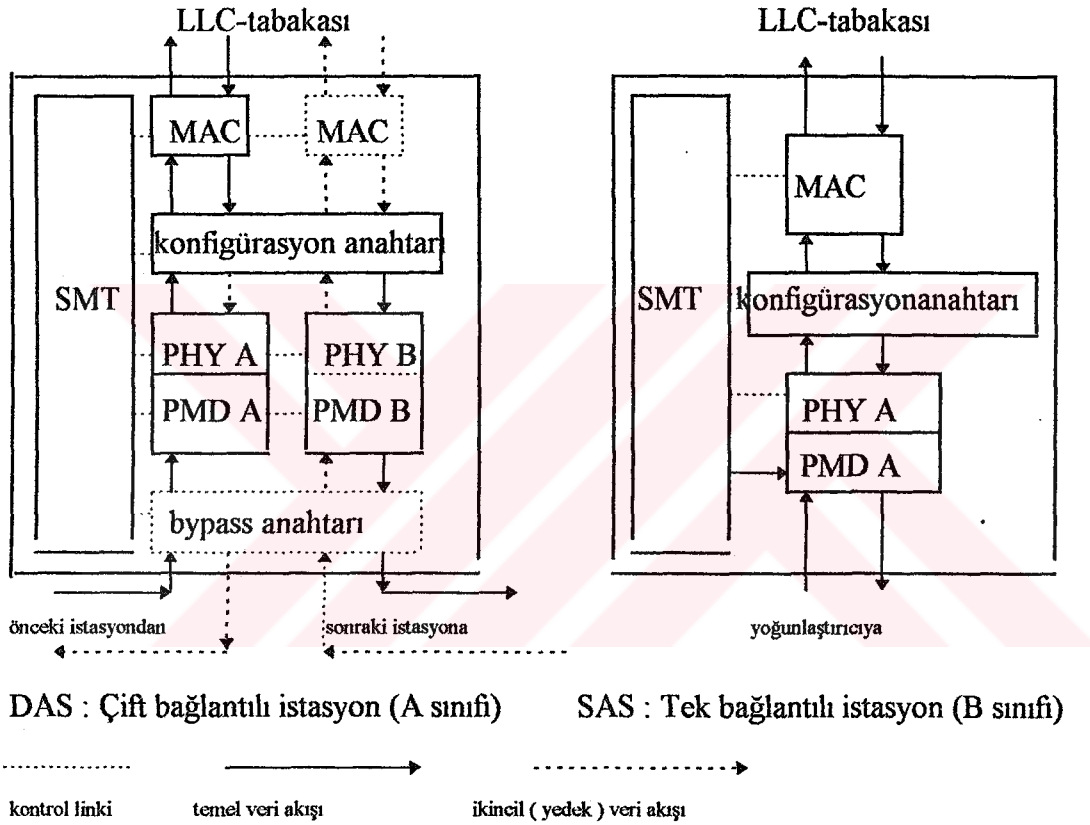
LED ürünlerinin veri bilgileri ; tipik olarak, tepe veya merkez dalga boylarını, “ yarı maksimum genlik noktasında tam genişlik ”,spektral genişlik ve yükselme zamanlarını tarif eder. Geniş çaplı olarak kullanılan LED kaynakların merkez dalga boyları, sıfır dalga boylarının daha aşağısında kalmaktadır. Mevcut LED 'lerin spektral genişlikleri oldukça değişmektedir. Kaynağın spektrum ve dalga şekli, fiber boyunca kromatik ve modal dağılımla birlikte, alıcı tarafından görülen tüm kanal band genişliğini ve yükselme zamanını karakterize etmektedir. Oldukça basit bir yaklaşım, amaçlanan bağlantıların en kötü yapılması sırasında, fiber karakteristiklerini veren en kötü spektral dağılım eğrilerinin verilmesidir. Ayrıca isaret, fiber gibi bir ortamdan geçtikten sonrayükselme zamanları da ölçülmektedir.

Yukarıdaki hesapların yapılması sırasında, bazı problemlerle karşılaşilmektedir. Bunlardan bir tanesi ; özenle kalibrasyonu yapılmış test fiberleri için gerek duyulan kaynaklardır. Mümkün olan ve benimsenen diğer bir yaklaşım, LED 'lerin normal dağılımlı bir spektruma sahip olduğunun kabulü ve buna bağlı olarak kromatik dağılım teriminin, merkez dalga boyu ve spektral genişlikten hesaplanmasıdır. Bu daha sonra belli olan yükselme zamanı bilgisi ile birleştirilir ve tahmini çıkış yükselme zamanı veya 2km'lik bir bağlantıda, alıcı taraftan görülen kanal band genişliğini hesaplamak için kullanılır. Yaklaşımların yapılması

nedeniyle, direkt ölçme yöntemi yanında, yukarıdaki yöntem daha az tatmin edici olmasına rağmen proje bazında tutarlı sonuçlar vermektedir.

3. 4. İSTASYON TİPLERİ VE BAĞLANTILAR

FDDI standardı iki farklı bağlantı tipi tanımlar ; Çift Bağlantılı (A-sınıfı) istasyonlar (DAS) ve Tek Bağlantılı (B-sınıfı) İstasyonlar (SAS).



Şekil 3.3 : FDDI 'da istasyon tipleri

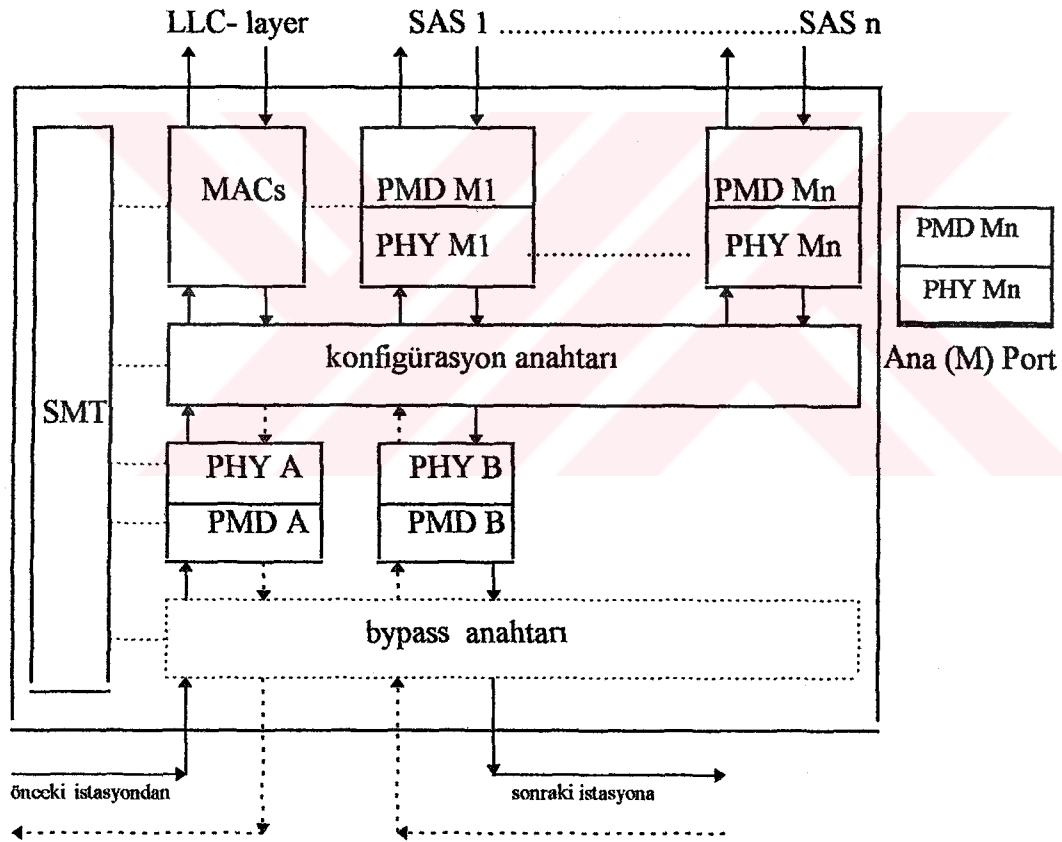
İlk tipte istasyonlar her iki halkaya, diğer tipte tek halkaya bağlanmıştır.

(Şekil 3.3) DAS 'lar halkalara iki PHY tabakası ile bağlanırlar. Tek MAC 'a gereksinim duyulur fakat standart, ikinci halkaya paralel olarak bağlanmada diğer bir MAC 'ın kullanımına izin verir. Optik kısa devre anahtarı (optik bypass) ek olarak A sınıfı istasyonlarda kullanılabilir. Bu anahtar, her halkanın giriş ve çıkışını birleştirmektedir. Optik kısa devre anahtarı, istasyonda herhangi bir bağlantı

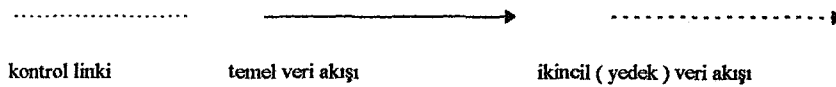
sorunu olursa, optik işareti istasyon çevresinden yönlendirerek FDDI şebekesinin bozulmasını engeller.

Yukarıdakinin tersine, B sınıfı istasyonlar sadece birincil (ana) halkaya veya yoğunlaştırıcının ana portuna -(M) port (Master Port) bağlantı yapar. Bu yolla iş istasyonu adaptörü kullanılabilir ve maliyet azaltılabilir.

Yoğunlaştırıcılar, FDDI istasyonların özel bir tipidir. (Şekil 3.4) A Sınıfı veya B sınıfı olarak çalışır ve birçok SAS tipi istasyonu, yıldız yapısında FDDI şebekesine bağlar. M-portlarının sayısı 4 den 24'e kadar değişebilir.



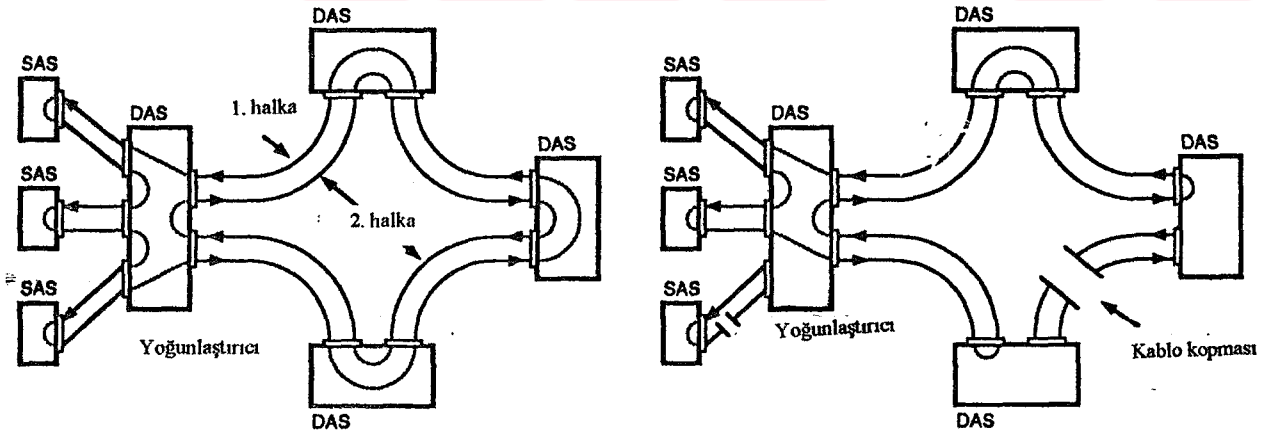
DAC : Çift bağlantılı yoğunlaştırıcı



Şekil 3.4 FDDI yoğunlaştırıcısının bileşenleri

Şekil 3.5 , FDDI çalışma çerçevesinde kurulan 3 farklı istasyonun örnek konfigürasyonunu göstermektedir. Bu konfigürasyonda A tipi 4 istasyon (DAS) her iki halkaya bağlanmaktadır. Bunlardan biri yoğunlaştırıcı olarak çalışır ve diğer 3 B tipi istasyon (SAS) bu yoğunlaştırıcıya bağlanmıştır.

Ayrıca Şekil 3.5 de kablo kopması halinde hata düzeltme işleminin nasıl çalıştığı şematik olarak gösterilmiştir. İki halkada kopukluk olması, önceden birbirinden bağımsız olan iki halkanın tek bir yapı oluşturmasını zorunlu kılar. Tüm istasyonlar son şekliyle bu halka üzerinde işlevlerine devam ederler. Eğer optik geçirme hatası yoksa şebeke de yeniden konfigürasyon yapmak zorunda kalır. B sınıfı istasyon ile yoğunlaştırıcı arasındaki bağlantı kopukluğunda, ikili halka yapısında bir kesinti olmaz fakat istasyon yoğunlaştırıcıdan yalıtılır.



Şekil 3.5 FDDI'da ikili kablonun yeniden konfigürasyonu.

3. 5. FDDI BİLEŞENLERİ

Şebekeler, yukarıda sözü edilen üç FDDI istasyon tipi ile farklı topoloji ve konfigürasyonlarda kurulabilir. Basit bir FDDI şebekesi A tipi istasyonlar ve yoğunlaştırıcılar kullanılarak ağaç tipi halka yapısıyla kurulabilir. Buna karşılık, hiyerarjik şebeke, köprüler ve yönlendiriciler kullanarak alt şebekeler arasındaki arabağlantıları gerçekler.

3. 5. 1. KÖPRÜLER

Günümüzde köprüler, omurga şebekeler inşa etmekte kullanılan en yaygın birimlerdir. Köprüler, farklı alt şebekelerden gelen çerçevelerin FDDI halkası üzerinde ilerlemesini sağlar. Bundan başka, iki DAS arabirimli köprüler, iki FDDI halkasının saydam olarak birbirine bağlanmasında kullanılabilir. Seri arabirimler, FDDI şebekelerinin geniş alan şebekelerine veya uzak FDDI halkalarına bağlantı yapmasına olanak verir.

Köprüler, MAC tabakasında şebeke arabağlantı cihazı olarak görev yapar. Bu yüzden köprüler, kendi MAC protokolünü kullanan alt şebekelerden gelen her çerçeve için gerekli FDDI protokol bilgisini uygun formatla oluşturmak zorundadır. (adres ve çerçeve kontrol gibi) Birbirleri ile uyumsuz olan iki köprüleme tekniği geliştirilmiştir. Bunlar, birleştirme ve terüme köprüleri adını alır. (encapsulation, translation bridge) Birinci çeşit köprüler LAN çerçevelerinin FDDI çerçeveleri ile entegrasyonunu sağlar. Diğerinde ise LAN çerçeveleri FDDI çerçevelerine uygun şekilde dönüştürülür. Aynı FDDI şebekesinde bu köprülerin ikisi de birbirini etkilemeksizin var olabilir ; fakat birbirleriyle ilişki kuramazlar. Aşağıda FDDI ile Ethernet arasındaki köprüler incelenecektir.

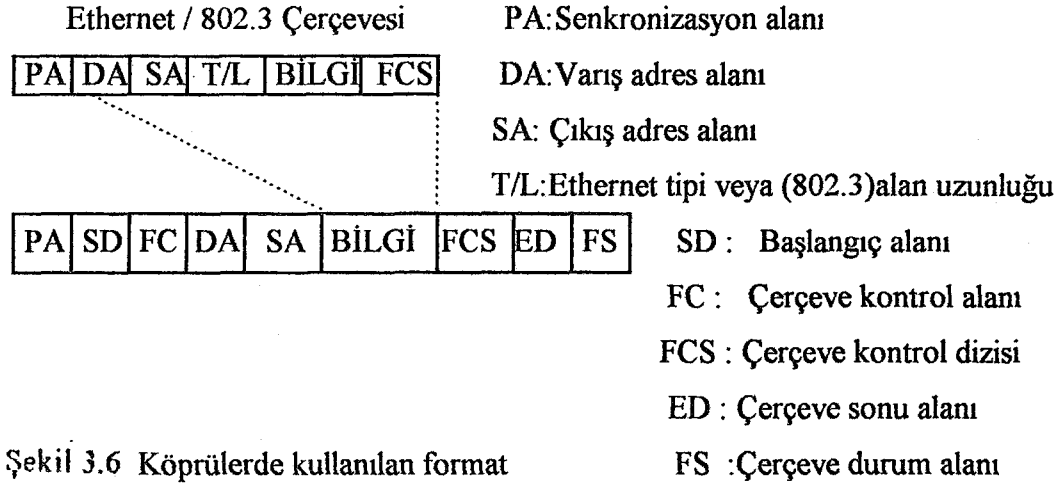
Şekil 3.6 de FDDI birleştirme köprüsünün çerçeve işleme biçimi gösterilmektedir. Ethernet 'den gelen çerçeve tamamen FDDI çerçevesi ile entegre edilmektedir. Bu ilk kullanılan tekniktir ve birçok FDDI köprüsü bu tiptendir. Böylece işleyişi kolay, FDDI tabanlı saydam omurga şebeke ortaya konmaktadır.

Gönderici köprü, FDDI çerçevesinin çıkış adres alanına kendi donanım adres bilgisini girer. İstasyon çerçeveyi, çıkış adres alanından kendi çerçevesi olarak belirlerse (halkada bir defa dolaştıktan sonra) bu çerçeveyi uzaklaştırır. Daha sonra anlatılacağı gibi bu, tercüme köprülerinde pek kolay değildir.

Birleştirme köprüleri, düşük hızlı LAN kesiminden gelen ve buraya yönlenen çerçevelerin filtrelenmesi gibi birtakım kabiliyetlere sahiptir. Bu filtreleme işlemi, çerçeve içeriğine uygun olarak yapılmaktadır. (örnek olarak, çerçeve tipi ve adres alanı) Bu gibi tekniklerle birlikte, köprüler özel protokollere izin vermektedir. Bu köprüler aynı zamanda, yayınlanan çerçevelerin birtakım alt şebekeler arasında gereksiz propogasyonuna karşı önlem getirir.

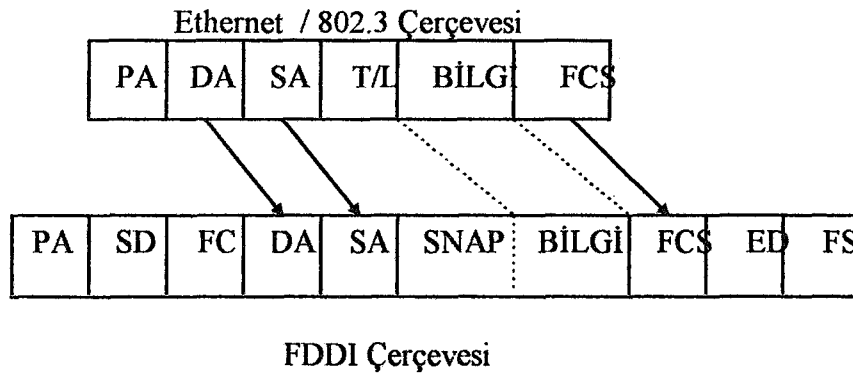
FDDI 'larda birleştirme algoritmalarının standardizasyonuna ilişkin herhangi bir öneri yoktur ve uygun bir çözümün yakın zamanda ortaya konacağı düşünülmemektedir. Bu da farklı birleştirme algoritmalarının ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bunların hepsi de birbirinden bağımsızdır. Birleştirme köprülerini kullanan FDDI omurga şebekesine bağlı farklı alt şebekelerin istasyonları birbirleri ile irtibat kuramamaktadır. Bu yüzden ISO MAC köprüleme standardı tabanında yeni bir yaklaşım IEEE tarafından ortaya konmuştur. Böylece alt şebekeler, saydam olarak FDDI omurga şebeke halkalarına bağlantı yapabilmektedirler. Bu metod "tercüme köprülemesi" olarak adlandırılmaktadır. Adından da anlaşıldığı üzere, bu gruba dahil köprüler, LAN çerçevelerini FDDI çerçevelerine dönüştürmektedir.

(Şekil 3.7) Buna göre adresler de FDDI formatına sahip olmaktadır. Ethernet çerçevelerini FDDI çerçevelerine çevirirken, yabancı LAN yapıları için çerçeve tipi alanlarının (type- field) işlenmesinde sorunlarla karşılaşmaktadır.



Şekil 3.6 Köprülerde kullanılan format

FDDI çerçevesinin bileşeni olmayan “ tip-alanı ”, Alt Şebeke Erişim Protokol Başlığı’na (SNAP : SubNetwork Access Protocol) kodlanmaktadır. Eski çerçeve kontrol dizisi, gönderici FDDI köprüsü tarafından çıkartılır ve yeniden düzenlenir. Bu köprüleme tekniği, FDDI köprüsünün diğer tarafındaki LAN ’a bağlı istasyonlara, FDDI ikili halkasına direkt olarak bağlı istasyonlarla haberleşme imkanı sağlar. Bu, birleştirme köprüleri ile sağlanamaz. Çünkü alıcı istasyon, FDDI çerçevesi içindeki bilgi (INFO) alanındaki MAC çerçevesi üzerinde işlem yapamaz.



Şekil 3.7 Tercüme köprülemesi

Bununla birlikte, tercüme köprülerinin performans ve güvenilirlikle ilgili birtakım dezavantajları vardır. Bu tip köprülerin, çerçeve bilgilerini ekleyip

çıkarma işlemleri kolay değildir. İletilen çerçevedeki çıkış adres alanı, gönderici istasyonun orijinal çıkış adresini içerir. Bu nedenle tercüme köprüsü, bazen mümkün olabilecek yüzlerce çıkış (kaynak) adresini, gelen çerçeve adresi ile karşılaştırmak zorunda kalır. Bu işlem FDDI hızında yapılır ve bazen 100.000 paket/s olabilir. Uygun çerçeve işleme için ek özellikler temin edilmelidir.

3. 5. 2. YÖNLENDİRİCİLER

Farklı tipteki LAN 'ları FDDI omurga şebekesine bağlamanın diğer bir yolu, FDDI yönlendirici uygulamalarını kullanmaktır. Yönlendiriciler şebeke tabakasında işlem yaparlar ve paketleri şebeke adreslerine bağlı olarak yönlendirir, şebeke içerisinde iletirler. Yönlendiriciler protokole bağımlıdır ve ancak bazı TCP/IP gibi özel protokoller doğrultusunda yönlendirme yapılır. Yönlendirilemeyen şebeke protokolleri ise sorun yaratır. Bunun üstesinden gelmek üzere özel yönlendiriciler geliştirilmiştir. Yani, yönlendirilebilen protokoller yönlendirilir ; tanınmayan veya özel protokoller ise köprülenir.

Yönlendiricilerin yönetim bakımından olarak birçok avantajı olmasına rağmen, yüksek hızlı uygulamalarda birtakım dezavantajları vardır. FDDI şebekesinde, 400.000 paket/s hızlarında paket yönlendirmesi yapılırken, yönlendirme yazılımı, protokol bilgilerinin ve şebeke adreslerinin kodlarını çözmelidir. Bunun için önemli ölçüde bellek kapasitesine ihtiyaç vardır. Bu bellekler, iletilen ve yönlendirilen paketler için ek gecikmeleri beraberinde getirir.

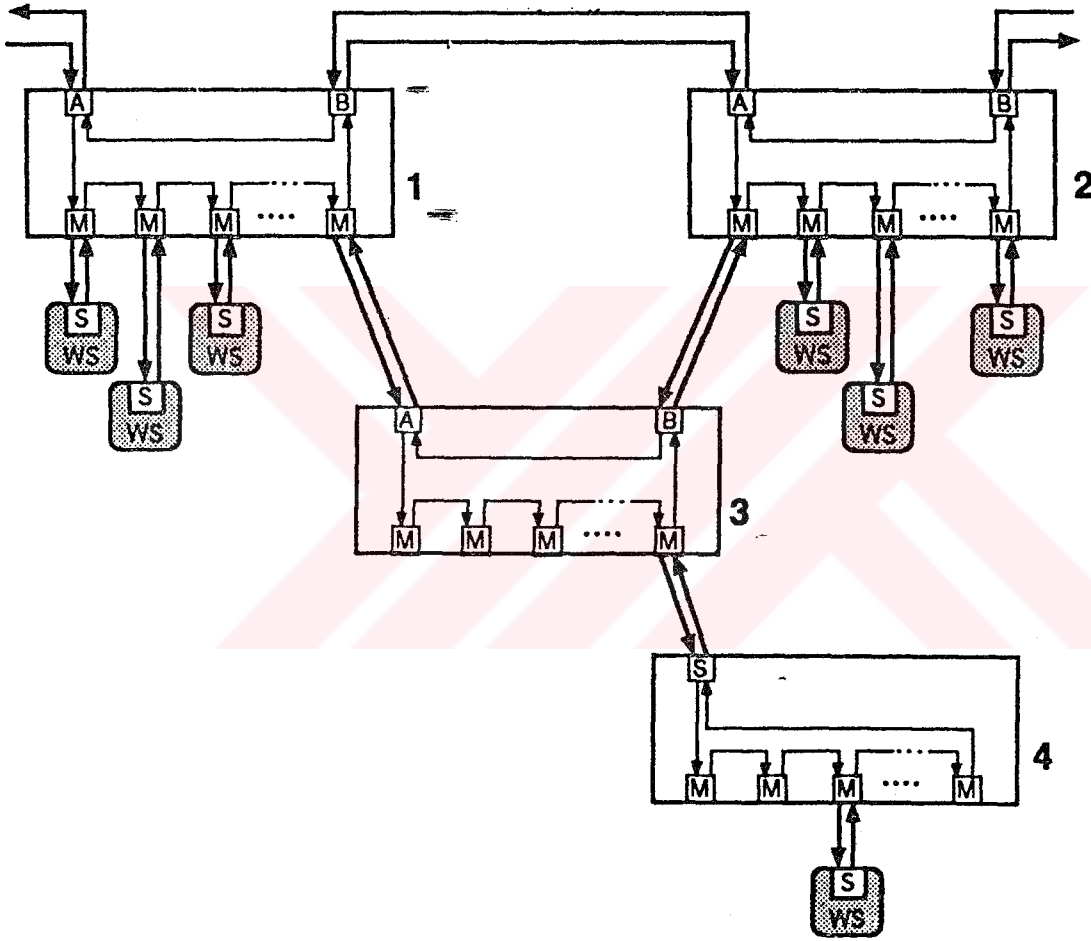
3. 5. 3. YOĞUNLAŞTIRICILAR

FDDI yoğunlaştırıcıları, istasyonları yıldız şeklinde bağlayabilen bir yapıdır. Fakat bu hizmet, 802.X LAN 'larda kullanılan yineleyiciler kadar kolay çalışmaz. Çünkü burada PHY ve SMT fonksiyonları da yerine getirilmektedir. Normal çalışma saydam olarak yapılmakta ve tüm istasyonların şebekeye bağlantısı kontrol edilmektedir. FDDI halkasına bağlı istasyonlarda bir arıza meydana geldiğinde yeniden konfigürasyon düzenlenir ve şebeke ilk kullanıma hazırlanır.

Bu nedenle yoğunlaştırıcı, akıllı şebeke bileşeni olarak çalışır ve ikili halka yapısını, ayrı ayrı kaynaklanabilecek istasyon arızalarından korur. Yoğunlaştırıcının bileşenleri (güç kaynağı gibi) güvenilirliği arttırmak amacıyla yedekli olarak kurulmuştur. Yoğunlaştırıcıların kullandığı iki bağlantı şekli vardır. Bunlardan biri, çift veya tek olarak FDDI halkasına bağlantıyı (A/B portları) sağlarken diğeri birçok sayıda olabilen ana portlar (M- port) ile SA istasyonlarının kendi etkileşim portları ((S)-ports) üzerinden bağlantıyı sağlar. (Şekil 3.4) M-portuna olan bağlantı, optik fiber üzerinden olduğu gibi simetrik kablo üzerinden de mümkündür. SA konnektörlü bir yoğunlaştırıcı, diğer bir yoğunlaştırıcının M-portuna bağlanarak, fiziksel bir ağaç yapısı lojik halka üzerinde kurulabilir. (Şekil 3.8) [1- 3]

Ek bir hata toleransı sağlamak için eşli yapı (dual homing) tekniği kullanılmaktadır. Şekil 3.8 de gösterildiği gibi, 3 nolu yoğunlaştırıcı, ikili halkada direkt olarak çalışan diğer iki yoğunlaştırıcıya bağlanmıştır. Normal çalışmada bu iki yoğunlaştırıcıdan biri kullanılmaktadır. Aktif olan arızalanırsa (kablo kopması gibi) çalışma diğer linklerin bağlaştırılması ile devam eder.

Birçok yoğunlaştırıcı tek başına kullanılabilir. Bu yöntem yüksek performanslı iş istasyonları gruplarını birbirine bağlamakta kullanılabilir. Böylece pahalı tek bir halka yapısına sahip olma zorunluluğu ortadan kalkar. İş istasyonları sadece SAS adaptörüne ihtiyaç duyarlar ve simetrik kablo kullanırlar. Bu konfigürasyona “ kutu biçimli omurga şebeke adı verilir ”.Bu yapı, diğer yoğunlaştırıcılarla yapılan bağlantılar ile genişletilebilir.



Şekil 3.8. FDDI'da Yoğunlaştırıcı yapısı.

4. FDDI - ETHERNET BAĞLAŞMASINDA İKİ FARKLI ALGORİTMANIN ANALİZİ

4.1. GİRİŞ

Yüksek hızlı kanalların varlığı, yüksek performanslı dağıtık haberleşme uygulamalarının LAN 'lardan daha geniş alanlarda kullanılmasına izin vermektedir. Buradaki performans büyük ölçüde, kullanılan cihazların özelliklerine bağlıdır. Bu bölümde, iki farklı paket filtreleme algoritması üzerinde durulacaktır. Bu da bir anlamda Ethernet LAN 'ları, FDDI omurga şebekesine bağlayan köprülerin incelenmesi demektir. Algoritma iki yönden incelenecektir :

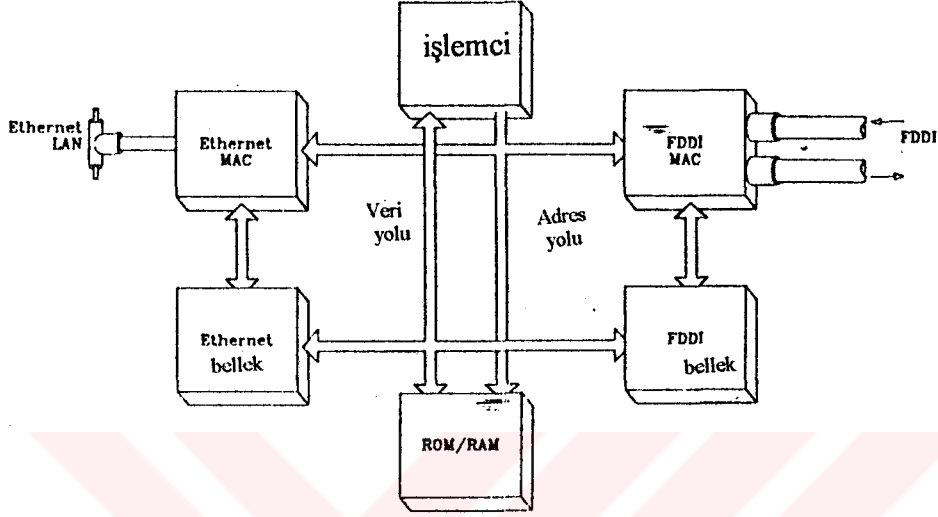
- 1.) Yerel Ethernet 'te artan trafik yükü.
- 2.) Uzak Ethernet 'lerde izin verilen maksimum trafik yükü.

Bağlaşma cihazlarına ilişkin performans konusu [11] de incelenmiştir. Burada algoritma üzerinde durulacak, farklı trafik karakteristikleri için hesaplamalar yapılacaktır.

Yerel LAN 'lar (üzerinde hesaplama yaptığımız) ile uzak LAN 'lar arasında fark gözetilmektedir. Buna göre trafiği, yerel trafik ve uzak şebekelerdeki trafik olarak ikiye ayırabiliriz. Birinci gruba yerel LAN şebekede bir istasyondan bir diğerine yönelmiş paketler, ikinci gruba ise yerel LAN şebekeden uzaktaki bir LAN 'a yönelmiş paketler ile uzak LAN 'lardan yerel LAN şebekedeki bir istasyona gelen paketler dahil olmaktadır.

Ethernet-FDDI bağlaşma cihazı köprüye karşılık düşer ve genel amaçlı bir işlemci ile MAC çiftinden oluşur. (Şekil 4.1) İşlemci, MAC 'den gelen paketleri

okur, paketlerin iletilip ileilmeyeceğine karar verir ve onları fiziksel anlamda bir MAC 'den diğerine gönderir. Paketin iletilip ileilmeyeceğine karar verme işlemi filtreleme adını alır.



Şekil 4.1 FDDI-Ethernet köprüsünün yapısı.

İdeal bir köprü, yukarıdaki iki farklı trafik sınıfını tam olarak birbirinden ayırır ve uzak şebekelerdeki trafiğe ait paketlerin omurga şebeke üzerinde propagasyonuna izin verir. Sistematik olarak, bir köprü aşağıdaki kurallar çerçevesinde işlem yapar :

1.) Yerel LAN 'dan gelen paketleri alır ; buradan uzak LAN 'lara gidecek olanları gönderir, diğerlerini ise iptal eder. ('Yerel LAN 'daki bir istasyona gönderilecek olan paketler)

2.) Omurga şebekeden gelen paketleri alır ; bunlardan, yerel LAN 'daki yerel istasyonlara yönelmiş olanları iletir. Diğer paketler ise iptal edilir. (Omurga şebekeden gelip uzaktaki LAN 'lara yönlendirilmiş paketler)

Herşeyden önce, paket varış adresine göre paket filtreleme işlemi yapılır. Özel olarak, köprüler bazen önceden hazır olan adres listesiyle, aldıkları paketin varış adresini karşılaştırırlar. Paket iptal işlemi bu karşılaştırmaya göre olur.

Bu yöntemde iki farklı çalışma şekli vardır : Bir çalışma şekline göre, operasyona başlarken sabit bir adres listesi vardır. Diğer çalışma şeklinde ise, son ana kadar kullanılan adresler bir liste içerisinde bulundurulur. Listeler, yerel LAN ve omurga şebekedeki trafik izlenerek sürekli yenilenmektedir. Bu tür filtreleme yapan köprüye, “ öğrenen köprü ” denir. [11- 13]

Liste içeriği bazı nedenlerle kısıtlı tutulmak zorundadır. Bu yüzden tüm sistemdeki istasyon sayısı, listedeki adres sayısını aşabilir. Böylece ideal performanstan farklı olarak adres hatalarına maruz kalmış bir performans karakteristiği ortaya çıkar.

Uygulanan filtreleme algoritmasına bağlı olarak, adres hataları omurga şebekeye iletilen yerel paketlerde olabileceği gibi, herhangi bir istasyondan omurga şebeke yoluyla yerel LAN 'a iletilen paketlerde de olabilir. Kötü filtreleme algoritması, omurga şebekede ve buna bağlı LAN 'larda işlem gören paket sayısının artmasına ve dolayısıyla performansın azalmasına yol açar.

Burada yapılacak incelemede, öğrenen köprülerde iki farklı filtreleme yöntemi analiz edilip birbiri ile kıyaslanacaktır. Bu iki farklı yaklaşım daha sonra tanımlarından da anlaşılacağı üzere “ Durdurma ve Durdurmalı Filtreleme Algoritması (Stop & Stop Filtering Algorithm : SSFA) diğer çalışma şekliyle de Durdurma ve Yönlendirmeli Filtreleme Algoritması (Stop & Route Filtering Algorithm : SRFA) adını alır.

Analiz, Ethernet gelişleri Poisson tipi olarak kabul etmek gibi bazı varsayımlar altında yapılmaktadır. Bu oldukça idealleştirilmiş bir yaklaşımdır fakat bize, sistemin analitik modelinin geliştirilmesinde kolaylık sağlar.

4. 2. FİLTRELEME ALGORİTMALARI

4. 2. 1. Durdurma ve Durdurmalı Filtreleme Algoritması

Durdurma ve Durdurmalı Filtreleme Algoritması iki adres listeleme şekline sahiptir :

EEAT (Ethernet tarafında Ethernet Adresleri Tablosu) : Yerel bir istasyon tarafından bir diğer yerel istasyona gönderilen paketlerin omurga şebekeye transfer edilmesini önler.

FEAT (FDDI tarafında Ethernet Adresleri Tablosu) : Omurga şebekeden gelen ve yerel bir istasyona yönlendirilmemiş bir paketin yerel LAN 'a transfer edilmesini önler.

EEAT, yerel Ethernet istasyonların Ethernet adreslerini içerir. Yerel Ethernet 'den bir paket alındığı zaman, bunun varış adresi (E_Dest), EEAT kayıtları ile karşılaştırılır. EEAT tablosunda adres bulunursa, paketin yerel bir istasyona yönlendiğine karar verilir ve işleme konmaz. Eğer adres EEAT de bulunamaz ise, paketin uzaktaki (Ethernet haricinde) bir istasyona gittiğine karar verilir ve omurga şebekeye transfer edilir.

Yukarıdaki işlem, köprülerin öğrenme fonksiyonlarının uygulanmasına kolay bir şekilde izin verir : Yerel Ethernet 'den bir paket alındığı zaman, Ethernet Çıkış Adresi (E_Source) EEAT 'ye kayıt edilir. (Eğer daha önceden kayıt edilmemiş ise)

Bir istasyon kendine ilişkin bir trafik üretmemiş ise EEAT 'de adresi yer almayacaktır. Buna ek olarak EEAT 'ye sınır konması sonucu yerel adresler EEAT tablosunda yer almayabilir.

Kısaca özetlenirse ; EEAT, “ eğer tabloda bulursan işleme koyma ” ilkesi ile çalışır. Yani adresi tabloda bulunanlar işleme konmaz ; diğerleri ise transfer

edilir. Açık olarak görülebilir ki, EEAT eğer uzak istasyonların adresini hazır bulundursaydı daha kolay bir çalışma sağlanabilirdi. Fakat tüm istasyonların adresini tabloya almak büyük bir yük getireceği gibi adresi EEAT 'de bulunamayan (E_Dest) paketler ileilmeyecekti. (EEAT miss rate)

SSFA 'da, E_Dest EEAT 'den bulunamadığı zaman iletilir ve böylece paket kayıpları önlenir. Yerel istasyonlara yönelmiş paketler bu nedenle omurga şebekede yüklenmeye sebep olabilir.

FEAT, EEAT 'ye benzer şekilde çalışır. FEAT, uzak Ethernet istasyonların Ethernet adreslerini içerir. Paket, omurga şebekeden alındığı zaman E_Dest, tüm FEAT kayıtları ile karşılaştırılır. Eğer adres tabloda bulunursa, bu paket uzaktaki bir istasyona giden paket olarak değerlendirilir ve işleme konmaz. E_Dest, FEAT 'de bulunamazsa, paket LAN 'a transfer edilir.

Burada da “Eğer tabloda bulursan işleme koyma” prensibi işlemektedir. Açık olarak görülebilir ki yerel istasyonların Ethernet adreslerini içeren FEAT yapısının kullanılması daha basit çözümdür. Fakat bu yapı kullanılmaz. Aksi takdirde omurga şebekeden alınan ve “ E-Dest ”(Varış adresi) 'i bir yerel istasyona karşılık düşen paket FEAT tablosunda bulunamadığında LAN 'a transfer edilmeyecektir. (FEAT miss rate)

Yukarıda yapılan açıklamalarda paketin FDDI adresine ¹ ilişkin herhangi bir referans yoktur. SSFA 'da köprü işlemleri Ethernet adreslerine göre yapılmaktadır. Omurga şebekedeki köprüler, FDDI paketleri alır ve içeriğindeki “E_Dest ”i okur ; FEAT ile karşılaştırır ; sonra da paket üzerinde yapılacak işleme karar verir. Bu nedenle SSFA 'da FDDI paketi, FDDI adresi içermez ve tüm köprülere gönderilir.

¹ Burada FDDI adresi, omurga şebekedeki köprü adreslerine karşılık düşmektedir.

4. 2. 2. Durdurma ve Yönlendirmeli Filtreleme Algoritması

SSFA 'nın dezavantajı ; FEAT filtreleme işleminin, omurga şebeke hızında yapılma zorunluluğudur. Bu hız genellikle LAN hızlarından daha büyüktür. Durdurma ve Yönlendirmeli Filtreleme Algoritması (SRFA), köprünün FDDI adresini kullanarak FDDI taraflı filtrelemeden farklılık gösterir. Bu, bir çeşit adres filtrelemedir ve FDDI MAC ile gerçekleştirilir. İki adres listeleme şekline sahiptir :

EEAT : SSFA 'daki gibi çalışır.

EFAT (Ethernet taraflı FDDI Adresleri Tablosu) : Paketleri, uzaktaki köprülere yönlendirmekte kullanılır. [11]

SRFA 'da, alıcı köprülerin FDDI tarafında filtreleme yapmamakla köprülerin FDDI adreslerini içeren paketler omurga şebekeye iletilir. Bu köprüler, Ethernet adresli istasyonları birbirine bağlamaktadır. Düzenleme gereği, paketler, adreslenmiş köprülerin MAC tabakası tarafından tanınır ; diğer köprüler işlem yapmaz.

EFAT, tablosunda yer alan uzak istasyon Ethernet adreslerini, köprüyü omurga şebekeye bağlayan FDDI adresleri ile birleştirmektedir. Bu algorithmada her paket dört adres içermektedir : E_Source (Ethernet çıkış adresi), E_Dest (Ethernet varış adresi), F_Source (FDDI çıkış adresi), F_Dest (FDDI varış adresi). F_Source ve F_Dest, FDDI paketinin adres alanlarında yer almaktadır. E_Source ve E_Dest ise FDDI BİLGİ alanı içerisinde saklıdır.

Uzaktan gelen bir paket transfer edilirken, E_Dest, EFAT da incelenir. F_Dest okunur ve tekrar transfer edilecek olan pakete eklenir. Aynı zamanda E_Source ve F_Source da pakete eklenir.

Alıcı köprüde FDDI MAC, F_Dest ve F_Source 'u inceler ; köprü işlemcisi ve filtreleme sistemi de BİLGİ alanı içerisinde E_Source ve E_Dest 'i çeker.

Paket FDDI MAC tarafından tanındığı zaman, paket filtreleme işlemi yapılmaksızın LAN 'a iletilir. E_Dest, “ yerel Ethernet ”de istasyonu adreslemek için kullanılır. EFAT, gönderici köprü ve istasyonun çıkış adresleri ile (F_Source ve E_Source) güncelleştirilir. E_Dest, EFAT tablosunda bulunamadığında yönlendirme işlemi uygulanamaz. İki farklı durumda bu olay gerçekleşir :

1) Paket uzak bir istasyondan gelmektedir fakat E_Dest henüz EFAT kayıtlarına alınmamıştır. .

2) Paket yerel bir istasyona iletilecektir fakat paket yerel olarak kabul edilemez. Çünkü istasyon adresi EEAT 'de mevcut değildir. EFAT de de adres mevcut değildir. Burada sadece uzak istasyonların adresleri mevcuttur.

Her iki durumda da paket kayıplarını önlemek üzere, paketler tüm köprülere ve uzak LAN 'a iletilir.

4. 2. 3. Tablo Hata Oranları

Belli bir analizin yapılabilmesi için tabloların özellikleri ve farklılıkları gözönünde bulundurulmalıdır. Yapılan iki algoritma tanımına göre üç farklı tablo yapısı ortaya çıkmaktadır :

- 1) EEAT : SSFA ve SRFA 'da kullanılıyor.
- 2) FEAT : Sadece SSFA 'da kullanılıyor.
- 3) EFAT : Sadece SRFA 'da kullanılıyor.

Bu tabloların etkili olarak uygulamaya konabilmesi için Etkin Adreslenebilen Bellekler (Content Addressable Memories : CAM 's) kullanılır.

EEAT, tamamen CAM içinde saklanır. FEAT ve EFAT ise kısmen CAM ve kısmen RAM dayer alabilir. Özellikle, en çok kullanılan adresler CAM 'da, diğerleri ise RAM 'da yer alır.

EFAT ya da FEAT da aranacak adresler için önce CAM 'a sonra da RAM'a başvurulur. Daha önce de anlatıldığı gibi tüm bu tablolarda adres hataları meydana gelebilmektedir. M adresin saklanması gerektiği, N kayıtlı adresin bulunduğu bir tabloda ($M > N$) adres hata oranı ; $mr = (M - N) / M$ olarak verilir. Aşağıdaki hata oranları hesaplarında bu değer kullanılmaktadır. [11]

4. 3. GÖZLEM VE ANALİZ

FDDI Omurga şebekesine N_B tane Ethernet şebekesinin bağlı olduğunu düşünelim. Her Ethernet şebekesinin N_S tane istasyon içerdiğini kabul edelim. i. Ethernet 'deki istasyonlar toplam olarak λ_{Ei} paket/s lik bir trafik üretsinler. Üretilen trafiğin p_i oranı ile verilen kısmı uzak istasyonlara, geriye kalan ($1 - p_i$) kadarlık trafik ise yerel istasyonlara yönelik olsun. Uzak istasyonlara yönlendirilen paketlerin düzgün dağılımlı (uniform) olduğunu kabul edilsin.

Bilindiği gibi her köprü bir EEAT içerir. EEAT içinde N_e kayıt olsun. Bunun yanısıra SSFA veya SRFA kullanılmasına göre bir tane FEAT ya da EFAT 'a sahiptir. Uygulamaya yönelik olarak CAM ve RAM kullanılır. CAM EFAT ve FEAT kayıt sayısı sırasıyla N_{ce} ve N_{cf} ile gösterilir. RAM EFAT ve FEAT kayıt sayısı ise sırasıyla N_{re} ve N_{rf} ile gösterilir.

Bu varsayımlarla birlikte bir saniyede i. Ethernet'ten j. Ethernet'e gönderilen toplam paket miktarı ;

$$\lambda_{Ei} \frac{P_i}{N_B - 1} \quad \text{ile hesaplanabilir.}$$

Saniye başına j. Ethernet ' e gönderilen toplam paket miktarı ise ,

$$\frac{1}{N_B - 1} \sum_{i=1, i \neq j}^{N_B} \lambda_{Ei} \cdot p_i \dots\dots\dots (4.1)$$

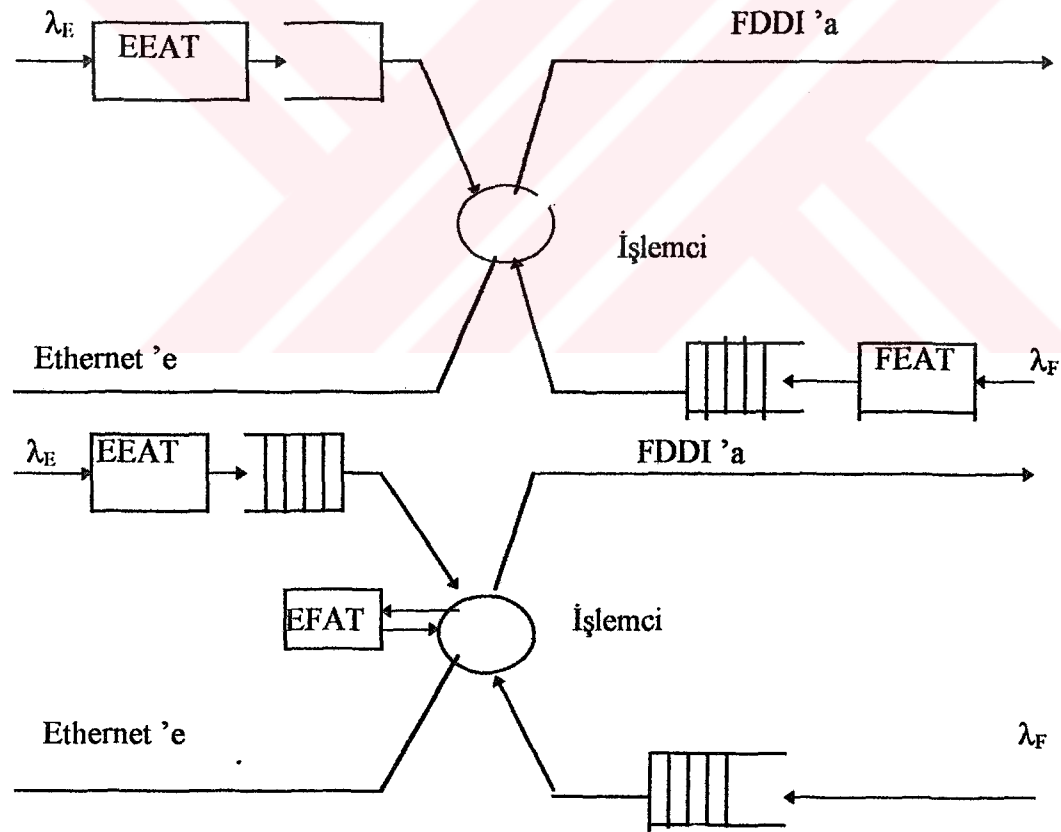
ile verilir.

SSFA ve SRFA 'nın performansını değerlendirmek amacıyla köprüler şekil 17. deki gibi modellenenabilir. Analizde dikkat edilecek iki nokta vardır :

1) Bunlardan biri yerel Ethernet 'deki trafik artışıdır. Tablo hata otanı nedeniyle j. Ethernet 'de alınan paketlerin sayısı(4.1) de hesaplanandan büyük olacaktır. Ek olarak gelen paketler j. Ethernet 'deki istasyonlara yönlendirilmezler. Bu da LAN 'da tıkanıklığa yol açar.

2) Bir diğeri ise yerel Ethernet 'de izin verilen maksimum trafik yüküdür. Bunun maksimum değeri λ_{Ei} dir. λ_{Ei} 'yi ; işlemci gücü, kuyruk kapasitesi, maksimum kuyruk taşıma olasılığı ve p_i belirler.

İlerdeki bölümde sonuçlar, $N_B=50$, $N_S=512$ ve $p_i=0.2$ için verilmiştir. Bunlar tipik değerler değildir. Çoğu durumda Ethernet sayısı ve bunlara bağlı olan istasyon sayısı daha küçüktür. Bu değerler, algoritmanın kritik durumlarını analiz etmek üzere seçilmiştir.



Şekil 4.2 Köprü çalışmasının modeli (a) SSFA, (b) SRFA.

4. 4. SSFA' NIN PERFORMANS ANALİZİ

A) EEAT 'nin etkisi :

EEAT hata oranı (m_e) ; $m_e = \frac{N_s - N_e}{N_s}$ (4.2)
ile verilir.

Bu trafiğe göre i. Ethernet, bir saniyede $\lambda_{Ei} \cdot p_i$ kadar paketi omurga şebekeye iletecektir. (Uzaktaki bir istasyon için adreslenmiş paketler) Bunun dışında yerel olarak yönlendirilen fakat EEAT 'de hata oranı nedeniyle durdurulmayan paketlerin sayısı, $\lambda_{Ei} \cdot (1 - p_i) \cdot m_e$ ile verilir.

EEAT filtreleme işlemi CAM donanımı tarafından yapılır ve Ethernet paketinin kabulüne paralel olarak çalışır. Bu nedenle EEAT köprü işlemcisi için herhangi bir trafik yükü hesaplaması yapmaz ve herhangi bir zaman sınırlaması getirmez. Omurga şebekede $\lambda_{Ei} \cdot (1 - p_i) \cdot m_e$ paket / s 'lik aşırı yüklenme meydana gelir. Bu paketler yerel paketlerdir ve EEAT tarafından durdurulmazlar.

B) Yerel Ethernet 'de Artan Trafik :

FEAT iki ayrı kısımdan oluşmaktadır. Bunların biri CAM diğeri ise RAM 'dır. CAM ve RAM 'a karşılık düşen hata oranları sırasıyla ;

$$m_{cf} = \frac{N_s \cdot (N_B - 1) - N_{cf}}{N_s \cdot (N_B - 1)} \quad \text{..... (4.3)}$$

$$m_{rf} = \frac{N_s \cdot (N_B - 1) - N_{cf} - N_{rf}}{N_s \cdot (N_B - 1) - N_{cf}} \quad \text{.....(4.4)}$$

dir.

Paket, omurga şebekeden alındıktan sonra üç durum söz konusu olabilir :

- 1) Paketin E_Dest bölümü CAM FEAT kayıtları ile karşılaştırılır , eğer bir adresle eşleştirilirse, uzaktaki bir istasyona yönlendirildiğine karar verilir ve kabul edilmez.
- 2) Paketin E_Dest bilgisi RAM FEAT de bulunur ve yine işlem yapılmaz.
- 3) Paketin E_Dest bölümündeki adres, CAM ya da RAM da bulunamaz , paket yerel Ethernet 'e iletilir.

Birinci durumda, paketler işlemci aktivitesi gerektirmez ve yerel Ethernet 'de trafik yükü meydana getirmmez. İkinci durumda da paketler bir yük meydana getirmmez fakat bazı işlemciler RAM 'ı izlemek amacıyla çalışır. Üçüncü durumda, paketler işlemci çalışması gerektirir ve yerel Ethernet 'de trafik yükü meydana getirir.

İkinci ve üçüncü durumlar köprü performansında farklı etki meydana getirdikleri için bu durumların ayrı ayrı incelenmesi gereklidir. Şekil 4.2 deki modelde iki gözlemci nokta olduğunu düşünelim : Birincisi (P1) CAM FEAT 'den hemen sonra, ikincisi (P2) ise hemen RAM FEAT den sonra yer alsın. P1, CAM FEAT tarafından durdurulmayan tüm paketleri gözler. P2 ise sadece köprünün yerel Ethernet 'e gönderdiği paketleri gözler. j. Ethernet için P1 de 1 saniyede gözlenen paket sayısı aşağıdaki şekilde hesaplanabilir :

1) Yerel Ethernet 'e yönlendirilen paketler :

$$A = \frac{1}{N_B - 1} \sum_{i=1, i \neq j}^{N_B} p_i \cdot \lambda_{Ei} \quad \dots\dots\dots (4.5)$$

ile ifade edilir.

2) Paketler, uzaktaki bir Ethernet 'e yönlendirilmiş olsalar da CAM FEAT hata oranı sonucu farklı durumlarla karşılaşılır :

a) FEAT tarafından filtrelenmeyip farklı LAN 'lara gönderilen paket miktarı :

$$B = \left(\frac{N_B - 1}{N_B - 2} \sum_{i=1, i \neq j}^{N_B} p_i \cdot \lambda_{Ei} \right) m_{cf} \quad \dots\dots\dots (4.6)$$

olarak verilebilir.

b) Gönderici Ethernet 'e göre yerel olup köprü tarafından, FEAT hata oranı yüzünden omurga şebekeye iletilen FEAT tarafından filtrelenmemiş paketlerin miktarı ,

$$C = \left(\sum_{i=1, i \neq j}^{N_B} (1 - p_i) \lambda_{Ei} \cdot m_e \right) m_{cf} \dots\dots\dots (4.7)$$

dir.

Bir saniyede omurga şebekeden köprüye gelen paketlerin toplam sayısı :

$$\lambda_{P1} = A + B + C \dots\dots\dots (4.8)$$

olur.

Şekil 4.3 , farklı trafik değerlerine sahip uzak LAN 'lardaki CAM FEAT kayıt sayısının fonksiyonu olarak λ_{P1} değerlerini göstermektedir.

Paketler, P1 gözlem noktasını geçtikten sonra RAM FEAT 'de gözlem başlar. A kısmının tüm paketleri RAM filtresini geçer. Çünkü bu paketler yerel istasyonlara yöneltilmişlerdir. Fakat B ve C kısmının belli bir miktarı RAM FEAT hatasından dolayı geçer. Yerel Ethernet 'e transfer edilen paket sayısı, yukarıdaki açıklamalar doğrultusunda ;

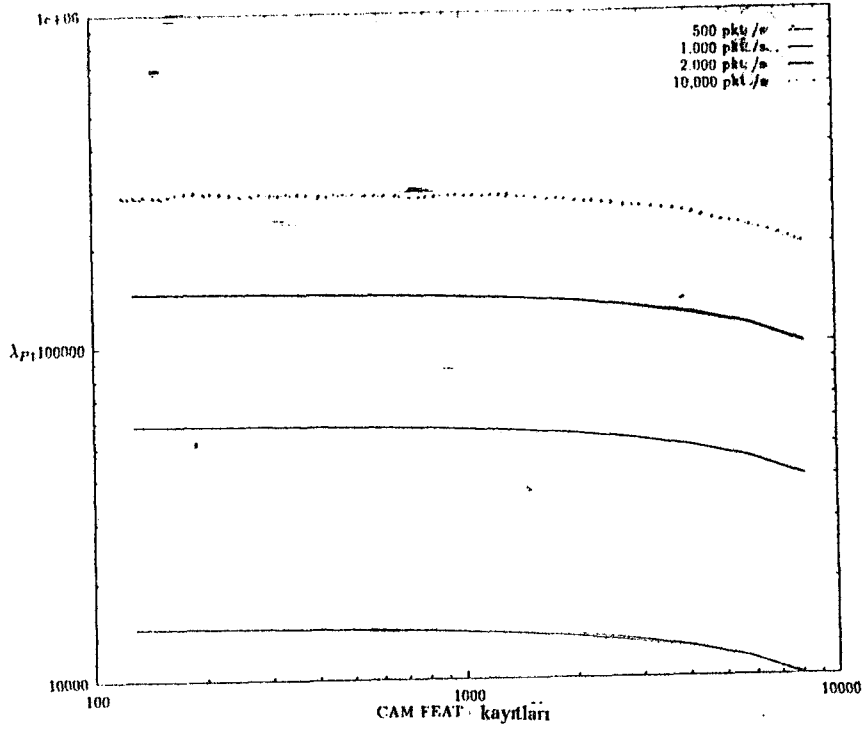
$$\lambda_{P1} = A + (B + C) m_{rf} \dots\dots\dots (4.9) \text{ ile}$$

verilir. $(B + C) m_{rf}$ ile simgelenen kısım CAM FEAT ve RAM FEAT hataları nedeniyle yerel Ethernet 'de oluşan yükü göstermektedir.

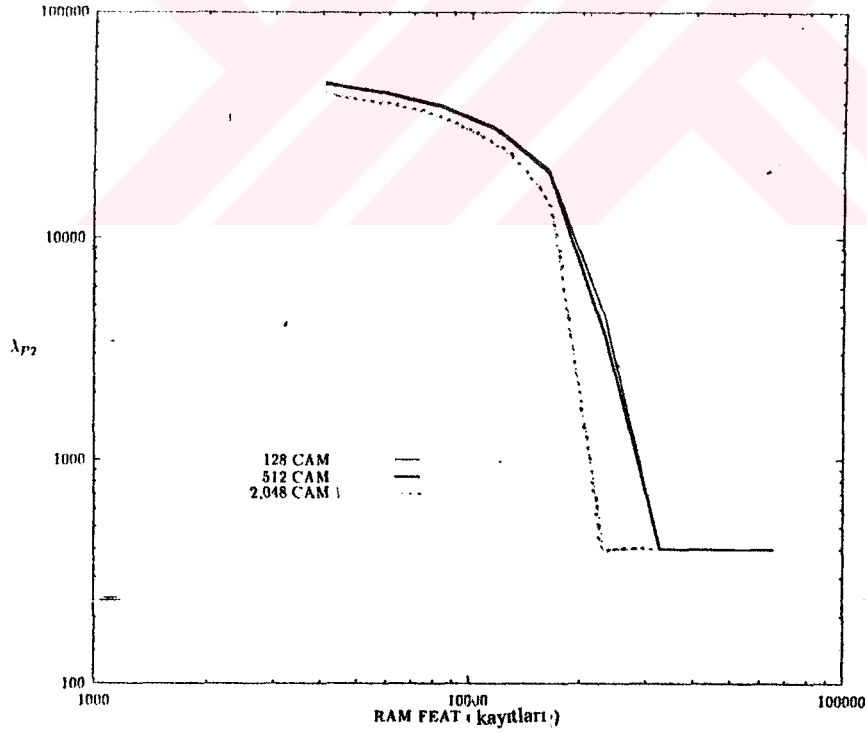
Şekil 4.4 λ_{P2} değerlerini, farklı N_{cf} değerleri için N_{rf} 'nin fonksiyonu olarak göstermektedir. Eğriler, uzak Ethernet 'lerdeki trafik, 2000 paket /s kabul edilerek çizilmiştir. λ_{P2} için minimum değer FEAT 'ın $N_s(N_B - 1)$ değeri için elde edilmiştir. (örnek : $N_s = 512$ ve $N_B = 50$ için 25088) [11]

C) Uzak Ethernetlerde İzin Verilen Maksimum Trafik :

Servis Süresi Analizi : FDDI MAC paketleri alır ve onları FDDI belleğinde depolar. CAM FEAT tarafından kabul edilmeyen paketler hemen bellekten çıkarılır ve üzerinde işlem yapılmaz. Diğer paketler bellekte kuyruklanır ve işlemci servisi için bekler. (RAM 'da kontrol edilmek ve gerekirse Ethernet MAC 'a gönderilmek üzere)



Şekil 4.3 Uzak LAN'lardaki CAM FEAT sayısının fonksiyonu olarak λ_{P1} değerleri



Şekil 4.4 Farklı N_{cf} değerleri için N_{cf} 'nin fonksiyonu olarak λ_{P2} değerleri

Köprünün FDDI tarafında yük çok fazla ise o andaki geliş hızına cevap veremeyebilir. Bu durumda FDDI belleği aşırı dolar ve paketler bloke edilir.

Blokaj olasılığı ; bellek kapasitesinin, FEAT CAM kapasitesinin ve uzak Ethernet 'lerdeki trafiğin fonksiyonudur. Aşağıdaki analizde, aşırı dolma olasılığı sabit alınarak, uzak Ethernet 'lerdeki izin verilebilen maksimum trafik, CAM kapasitesinin fonksiyonu olarak çıkartılmıştır.

Burada bazı büyüklüklerin tanımlanması gerekir :

T_{RF} : FDDI MAC belleğinden paketin okunması için gereken ortalama süre.

T_S : RAM 'da kontrol için ortalama süre.

T_{WE} : Ethernet MAC 'a paketi kayıt etmek için geçen ortalama süre.

Biraz önce hesaplanıldığı gibi Ethernet 'e iletilen $A + (B+C) m_{rf}$ paket /s 'lik trafik için $(T_{RF} + T_S + T_{WE})$ 'e eşit servis süresi gerekmektedir. Bu paket trafiğinin $(B+C)(1-m_{rf})$ ' lik kısmı RAM 'da durdurulur. Burada verilen servis süresi ,

$$T_{SSFA} = \frac{(A + (B+C) m_{rf})(T_{RF} + T_S + T_{RW})}{A + B + C} + \frac{(B+C)(1-m_{rf})(T_{RF} + T_S)}{A + B + C}$$

(4.10) ile verilir. Bu ifade,

$$T_{SSFA} = T_{RF} + T_S + \frac{1 + W_{rf}}{1 + W_{cf}} \cdot T_{WE} \text{ şeklinde de gösterilebilir.}$$

Burada W_{cf} , fazladan yerel istasyonlara gelen ve P1 noktasında gözlenen paket sayılarının oranını göstermektedir.

$$W_{rf} = \frac{B+C}{A} \quad m_{rf} = W_{cf} \cdot m_{rf} \text{ ise P2 noktasındaki oranı belirtmektedir. (4.11)}$$

Kuyruklama Modeli : Gelişlerin maksimum olduğu hallerde, köprünün karşılayabileceği trafik için iki kuyruklu bir model kullanılabilir. (Şekil 4.2)

Birinci kuyruk (Q_1), omurga şebekeye iletilmek üzere bekleyen yerel paketleri, ikinci kuyruk (Q_2) ise omurga şebekeden gelen ve işlem görmek için bekleyen paketleri kapsamaktadır.

Q_1 ve Q_2 'ye aynı işlemci tarafından servis verilir. Bir kuyruk boşken, işlemci, diğer kuyruğa servis vermektedir. İki kuyruk da dolu iken, işlemci sıra ile kuyruklara hizmet etmektedir.

Burada Ethernet LAN 'dan gelişlerin Poisson tipi olduğu, servis süresinin üstel dağıldığı (exponentially distributed) ve kuyrukların sonsuz kapasiteli olduğu kabul edilmektedir. Bu kabuller altında FDDI kuyruğunun durum olasılıkları, FDDI ve Ethernet kuyrukları için verilen yük koşulları altında hesaplanabilir. (Bölüm 4.7'de hesaplamalar yapılmıştır)

FDDI kuyruğunda k tane paket olması olasılığı :

$$\pi_k = [\pi_0 - \sigma_0 (1-\rho_F) \cdot (1-\alpha^{-k})] \cdot (\alpha \rho_F)^k \text{ dir} \dots\dots\dots (4.12)$$

$$\pi_0 = \frac{1 - [1 + (\alpha-1) \cdot \beta \rho_E] \rho_F}{1 - (\beta-1) \cdot (\alpha-1) \cdot \rho_E \cdot \rho_F} \dots\dots\dots (4.13)$$

$$\sigma_0 = \frac{1 - [1 + (\beta-1) \cdot \beta \rho_E] \rho_F}{1 - (\beta-1) \cdot (\alpha-1) \cdot \rho_E \cdot \rho_F} \dots\dots\dots (4.14)$$

$$\rho_F = \frac{\lambda_F}{\mu_F} \dots\dots\dots (4.15)$$

$$\rho_E = \frac{\lambda_E}{\mu_E} \dots\dots\dots (4.16)$$

$$\alpha = 1 + \frac{\mu_F}{\mu_E} \dots\dots\dots (4.17)$$

$$\beta = 1 + \frac{\mu_F}{\mu_F} \dots\dots\dots (4.18)$$

olarak verilir. [11], [14]

$\mu_F, (1/T_{SSFA})$ Ethernet kuyruğu boşken, FDDI kuyruğunun ortalama servis alma hızını simgelemektedir. μ_E ise, aynı şekilde, FDDI kuyruğu boşken Ethernet kuyruğunun ortalama servis alma hızını simgeler.²

π_0 ve σ_0 ise sırasıyla FDDI ve Ethernet kuyruklarında hiçbir paket olmaması olasılıklarıdır.

Yukarıdaki büyüklükler, Ek bölümünde, sonsuz kuyruk uzunluğu için ayrıntılı olarak çıkartılmıştır. Bundan sonraki analizlerde bu ifadeler sonlu kuyruklu modeller için kullanılacaktır. Fakat kuyruklar yeteri kadar uzun alındığında bu kabul,ideale yakın olmaktadır.

Kuyruklama modeli, verilen blokaj olasılığı için, uzak Ethernet 'lerdeki maksimum trafiğin, CAM FEAT 'in fonksiyonu olarak bulunmasında kullanılabilir.

Objektif olarak, blokaj olasılığı b ve FDDI kuyruk uzunluğu L_F paket olarak belirlenirse; maksimum ρ_F değeri, $\pi_{L_F} = b$ (4.12'e göre) olacak şekilde, b 'ye eşit veya daha küçük olasılıklar için değişim göstermektedir.

Köprünün, P1 noktasında karşılayabileceği maksimum geliş hızı,

$$\lambda_{P1 \max} = \frac{\rho_F \max}{T_{SSFA}} \quad \text{dir.}$$

Tüm uzak Ethernet 'lerde (λ_q) eşit ağırlıklı trafik olduğu kabul edilirse (4.8) de (4.5), (4.6)(4.7) kullanılarak, blokaj olasılığına bağlı olarak,

$$\lambda_{q \max} = \frac{\lambda_{P1 \max}}{\sum_{i=1, i \neq J}^{N_B} \left[p_i \left(\frac{1}{N_B - 1} + \frac{N_B - 2}{N_B - 1} m_{ef} \right) + (1 - p_i) m_e m_f \right]} \quad \dots\dots\dots (4.19)$$

elde edilir.

² μ_E servis hızı T_s 'ye bağlı değildir. Çünkü EEAT tamamen CAM 'de uygulanır. RAM' da gözlem yapılmaz.

Şekil 4.5a. ve Şekil 4.5b. , bazı N_{ef} değerleri için, her bir Ethernet 'de müsaade edilebilen maksimum trafiği N_{ef} 'nin fonksiyonu olarak vermektedir. Bunlar, farklı FDDI bellek kapasiteleri için hesaplanmıştır. Hesaplarda $b=10^{-5}$ ve $\rho_E=0.5$ olarak kabul edilmiştir. [11]

RAM FEAT, tüm sistemdeki istasyonları kapsayacak şekilde geniş tutulduğu takdirde maksimum trafik miktarı düşmektedir. Çünkü modelimizde T_s , FEAT kapasitesine bağımlılık göstermektedir. Bu durumda hata oranı sıfır olsa da tablo inceleme süresi ve sonuç olarak servis süresi uzamaktadır.

4. 5. SRFA 'NIN PERFORMANS ANALİZİ :

SSFA ve SRFA da EEAT aynı olduğu için 4. 4. ün A kısmındaki sonuçlar aynen uygulanabilir. Diğer taraftan, Ethernet paketlerin FDDI 'a iletilmesinde yönlendirme işlemi, SRFA 'da EFAT tarafından yapılmaktadır.

CAM FEAT yeterince büyük olursa, köprü Ethernet 'in ürettiği trafiği yönlendirebilir. Bu nedenle SRFA 'nın performans kriterini geliştirirken, sadece FDDI omurga şebekeden kabul edilen paketler üzerinde düşünülmelidir. Adresin CAM EFAT veya RAM EFAT dan yeniden elde edilmesi fark yaratmamaktadır.

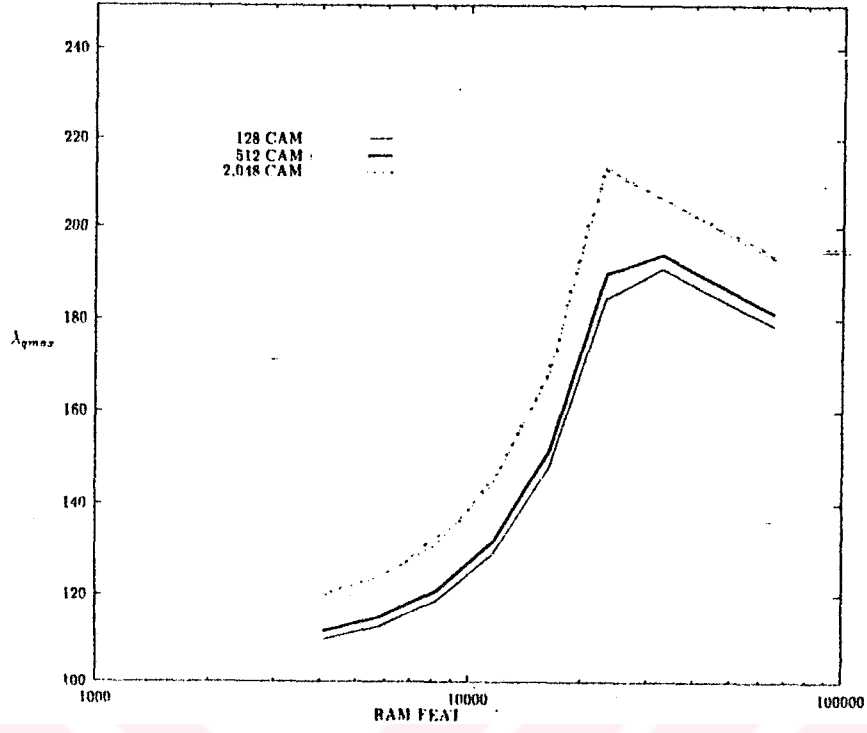
Sonuçlar, N_{ef} , RAM ve CAM bileşik kayıtları olmak üzere verilmektedir.

4. 5. 1. Yerel Ethernet 'de Trafik Artışı :

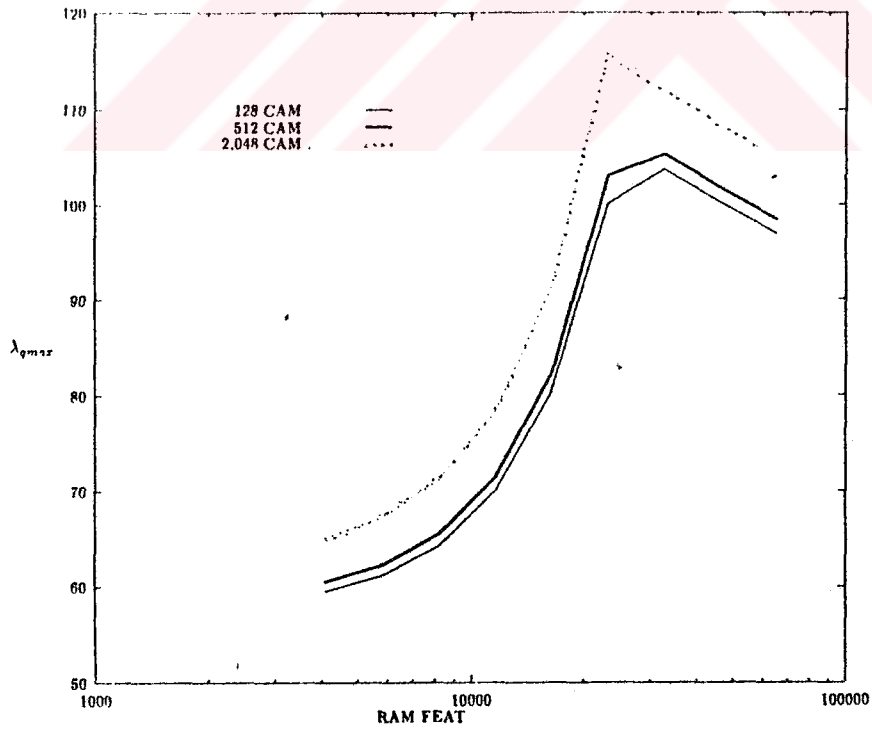
EFAT, iki farklı kısımdan oluşmaktadır. Bunlardan biri RAM diğeri ise CAM dır. Hata oranları, FEAT da olduğu gibi aynı yolla hesaplanabilir :

$$m_{ce} = \frac{N_s.(N_B - 1) - N_{ce}}{N_s (N_B - 1)} \dots\dots\dots (4.20) \text{ CAM}$$

EFAT için hata oranını,



Şekil 4.5a N_{rf} 'nin fonksiyonu olarak trafik değerleri (bellek kapasitesi : 10 paket)



Şekil 4.5b N_{rf} 'nin fonksiyonu olarak trafik değerleri (bellek kapasitesi : 50 paket)

$$m_{re} = \frac{N_s - (N_B - 1) - N_{ce} - N_{re}}{N_s (N_B - 1) - N_{ce}} \dots\dots\dots (4.21) \text{ ise RAM EFAT için hata oranını}$$

vermektedir. Tüm EFAT için toplam hata oranı ise ;

$m_{ef} = m_{ce} \cdot m_{re}$ ile verilmektedir.

Köprü, kendi yerel Ethernet 'inden paketler alır ve aşağıda söz konusu olan paketleri FDDI halkasına iletir :

1) Yerel olarak yönlendirilmiş paketler EEAT hatası sonucu FDDI 'a gönderilir. Bu paketlerin sayısı $m_e \cdot (1 - p_i) \cdot \lambda_{Ei}$ ile verilir.

2) Uzaktan yönlendirilmiş paketler EFAT hatasından dolayı diğer Ethernet 'lere gönderilir. Bu paketlerin sayısı, $m_{ef} \cdot p_i \cdot \lambda_{Ei}$ ile verilir.

3) Uygun adreslenmiş, uzaktan yönlendirilmiş paketler : Bu paketler, köprünün FDDI adresine karşılık düşen F_Dest alanı ile iletilir. Paket sayısı, $(1 - m_{ef}) \cdot p_i \cdot \lambda_{Ei}$ ile verilir.

j. Ethernet ile ilişkili olan köprü, omurga şebekeden gelen, aşağıda ifade edilen trafik yükünü karşılamaktadır :

$$P = \sum_{i=1, i \neq j}^{N_B} m_e (1 - p_i) \lambda_{Ei} \quad (\text{Yukarıdaki 1 nolu etki}) \dots\dots\dots (4.22)$$

$$Q = \sum_{i=1, i \neq j}^{N_B} m_{ef} p_i \lambda_{Ei} \quad (\text{Yukarıdaki 2 nolu etki}) \dots\dots\dots (4.23)$$

$$R = \sum_{i=1, i \neq j}^{N_B} \frac{(1 - m_{ef}) \cdot p_i}{N_B - 1} \lambda_{Ei} \quad (\text{Yukarıdaki 3 nolu etki}) \dots\dots\dots (4.24)$$

EFAT 'da yerel adresler yer almayacağı için, P terimi ile ifade edilen tüm paketler yayınlanır ve herhangi bir köprü tarafından tüm uzak Ethernet 'lere iletilir.

(4.22) eşitliği ile (4.7) eşitliği karşılaştırılırsa ; (4.7) de FEAT tarafından filtrelenen EEAT hatalı paketler iletilirken, FEAT hata oranı sonucu bir kısmı uzak Ethernet 'lere transfer edilmektedir.

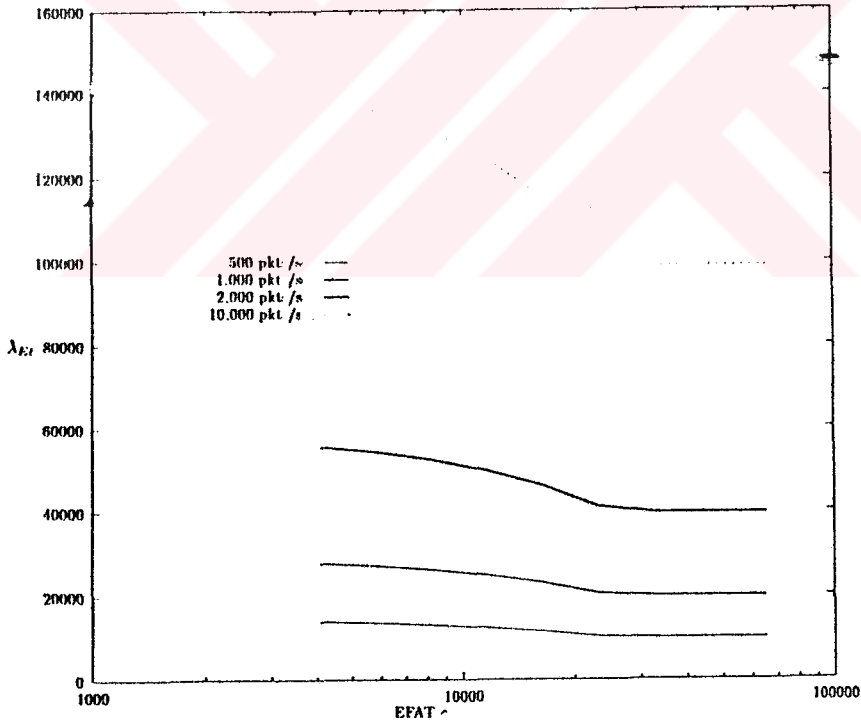
(4.24) ifadesindeki $N_B - 1$ terimi, varış adreslerinin düzgün dağıldığı kabul edilerek kullanılmaktadır.

Omurga şebekede, j. Ethernet tarafından meydana gelen trafik ,

$$\lambda_{Et} = P + Q + R \dots\dots\dots(4.25) \text{ eşitliği ile verilir.}$$

Şekil 4.5c , uzak Ethernet 'lerdeki farklı trafik değerleri için, λ_{Et} 'yi EFAT kayıtları sayısının fonksiyonu olarak vermektedir. (Her uzak Ethernet 'in aynı " λ_q " trafiğini ürettiğini kabul etmekteyiz)

Q terimi ile tanımlanan trafik yükünün bir kısmı gerçekten j. Ethernet 'e yönlendirilmiş olabilir. Düzgün adres dağılımı gözönünde tutulduğunda,



Şekil 4.5c EFAT kayıt sayısının fonksiyonu olarak λ_{Et} değerleri

$Q_a = Q / (N_B - 1)$ paket j. Ethernet 'e yönlendirilmişken, $Q_b = (N_b - 2) \cdot Q / (N_B - 1)$ paket ise diğer Ethernet 'lere yönlendirilmiştir. Bu yüzden yerel Ethernet 'de meydana gelen aşırı yük, (hatalı filtreleme sonucu) $P + Q_b$ olarak verilebilir.

4. 5. 2. Uzak Ethernet 'lerde İzin Verilen Maksimum Trafik :

SRFA 'da, FDDI taraflı filtreleme yapılmadığı için ortalama servis süresi, aşağıdaki eşitlik ile verilebilir :

$$T_{SRFA} = T_{RF} + T_{WE} \dots\dots\dots (4.26)$$

Blokaj olasılığı SSFA 'da kullanılan aynı kuyruklama modeli ile analiz edilebilir. ρ_{Fmax} ' da kısım 4. 4. - C deki yolla hesaplanabilir.

FDDI dan gelen ve köprünün karşılayabileceği maksimum yük ;

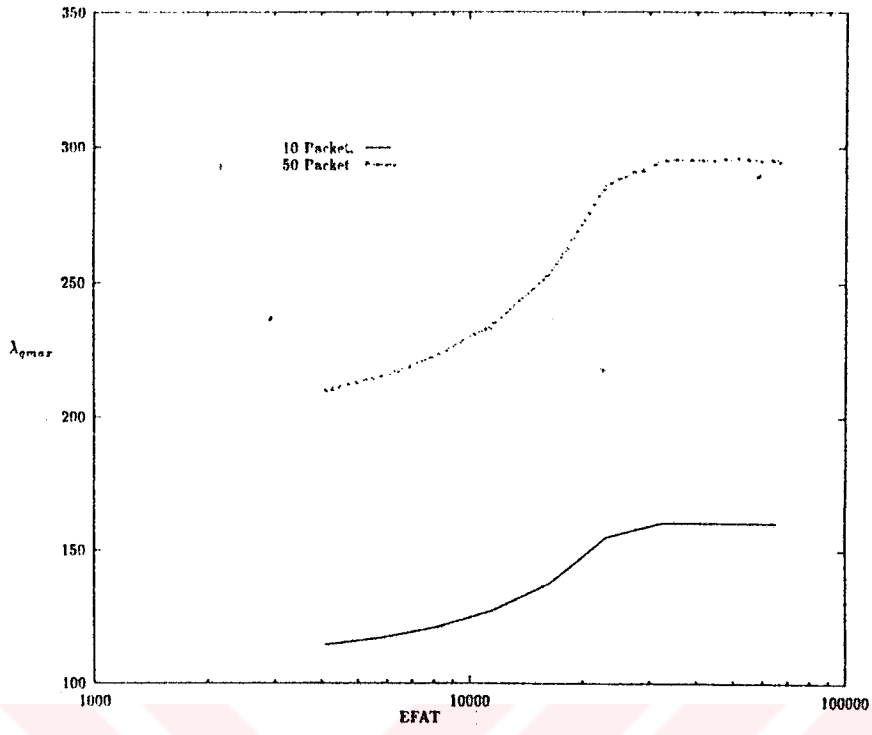
$$\lambda_{Fmax} = \frac{\rho_{Fmax}}{T_{SRFA}} \dots\dots\dots (4.27) \text{ ile}$$

verilebilir.

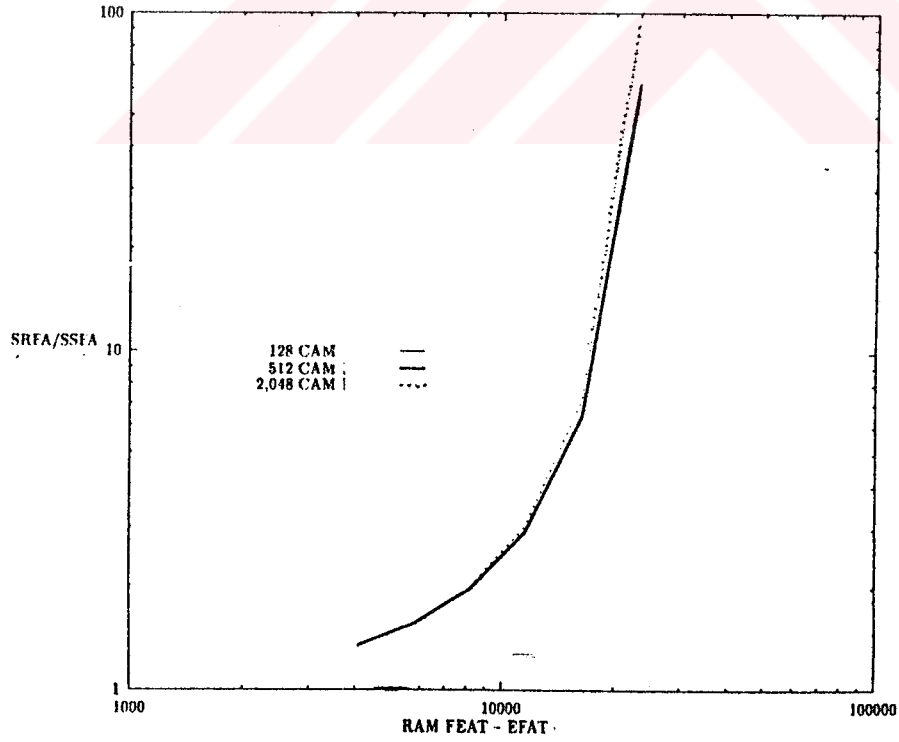
Tüm uzak Ethernet 'lerde λ_q 'a eşit trafik olduğu kabul edildiğinde, verilen bloke olasılığı için λ_{qmax} değeri, (4.22), (4.23) ve (4.24) ifadeleri (4.25)' te yerine konularak,kullanılarak;

$$\lambda_{qmax} = \frac{\lambda_{Fmax}}{\sum_{i=1, i \neq j}^{N_B} \left[\left(m_{ef} + \frac{1 - m_{ef}}{N_B - 1} \right) p_i + (1 - p_i) m_e \right]} \dots\dots\dots (4.28) \text{ olarak}$$

elde edilebilir.



Şekil 4.6 EFAT kayıt sayısının fonksiyonu olarak λ_{qmax} değerleri



Şekil 4.7 Farklı CAM kapasiteleri için yerel Ethernet'teki SRFA/SSFA oranı

Şekil 4.6 , farklı FDDI MAC bellek kapasite değerleri için, λ_{qmax} değerlerini EFAT kayıtları sayısının fonksiyonu olarak vermektedir. ($\lambda_q = 2000$ paket / s, $p_i = 0.2$) Bu sistemde 50 Ethernet ve herbirinde 512 istasyon bulunmaktadır. [11]

4. 6. KARŞILAŞTIRMALI ANALİZ (SSFA - SRFA)

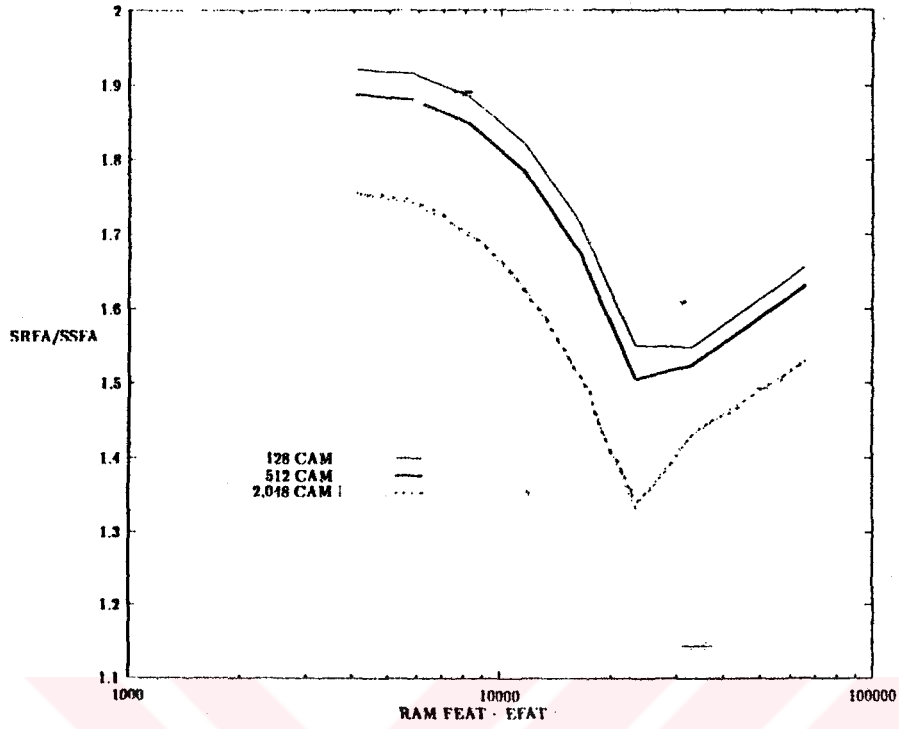
Önceki bölümlerde, yerel Ethernet 'lerdeki ve uzak Ethernet 'lerdeki trafik gözönüne alınarak SSFA ve SRFA için analitik sonuçlar elde edilmiştir. Bu bölümde ise çıkarılan sonuçlar çerçevesinde SSFA ve SRFA arasında karşılaştırmalı olarak analiz yapılacaktır.

Öncelikle FEAT ile EFAT arasındaki ilişki ele alınmalıdır. Bu tablolar birbirinden oldukça farklı amaçlar içermektedir. FEAT, SSFA 'da omurga şebeke paketlerini filtrelemek, EFAT ise SRFA 'da yerel Ethernet 'den gelen paketleri yönlendirmekte kullanılmaktadır. Bununla birlikte, her iki algoritmanın performansı, uzaktaki istasyon sayısı ile FEAT ya da EFAT kapasitesi arasındaki orana bağlıdır. Bu nedenle karşılaştırma yapılırken aynı sayıdaki CAM (veya uygun olarak RAM) EFAT veya FEAT kaydı gözönüne alınacaktır. Sonuç olarak, CAM FEAT (m_{ef}) ve RAM EFAT (m_{re}) hata oranları, bunlara karşılık düşen SSFA tablolarının hata oranları ile eşit olacaktır : $m_{ce} = m_{cf}$ ve $m_{re} = m_{rf}$.

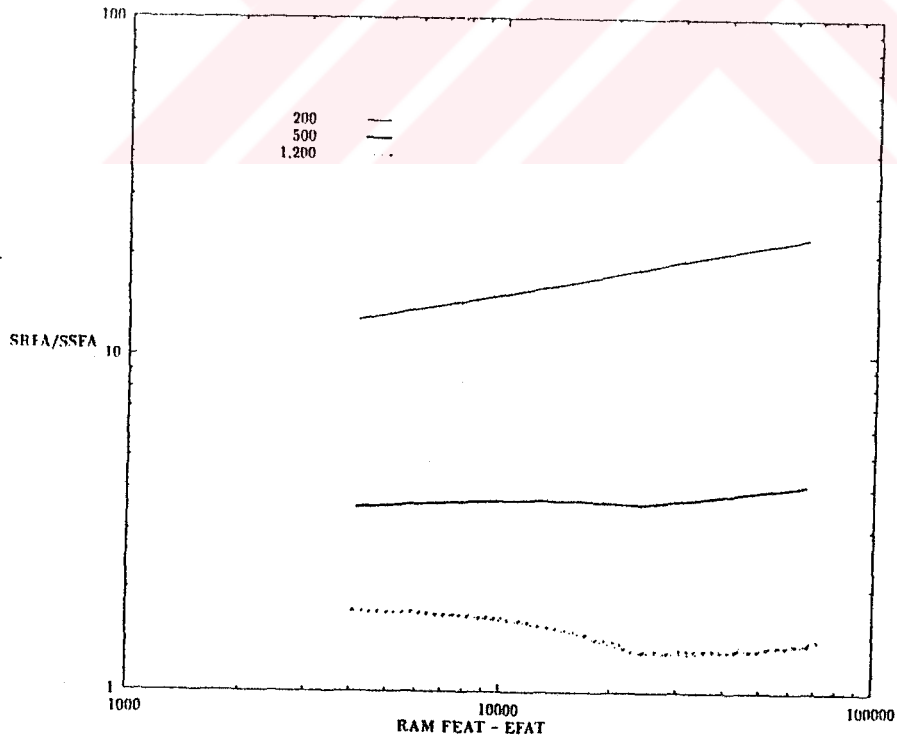
Şekil 4.7. , farklı CAM kapasiteleri için yerel Ethernet ' deki SRFA ve SSFA trafiği arasındaki oranı, RAM tablosundaki kayıt sayısının fonksiyonu olarak vermektedir.

Şekil 4.8 , de ise, uzak Ethernet 'lerde izin verilen maksimum trafik, SRFA ve SSFA açısından orantılı olarak gösterilmektedir.

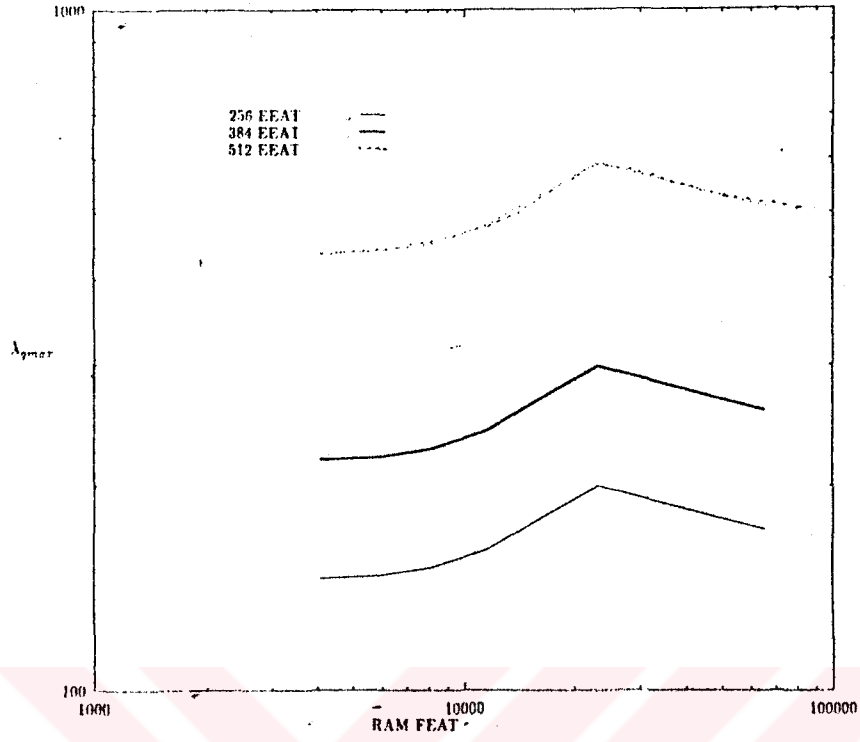
İki gözlem yapılabilir. Birincisinde, uzak Ethernet 'lerdeki eşit trafik için, SSFA, düşük yerel Ethernet trafiğini garanti etmektedir. Bunun nedeni, SSFA da, EEAT hatası sonucu omurga şebekeye iletilen yerel paketlerin, alıcı köprüde filtrelenmesidir ki bu işlem SRFA da yapılmaz. İkincisinde ise, SRFA, uzak



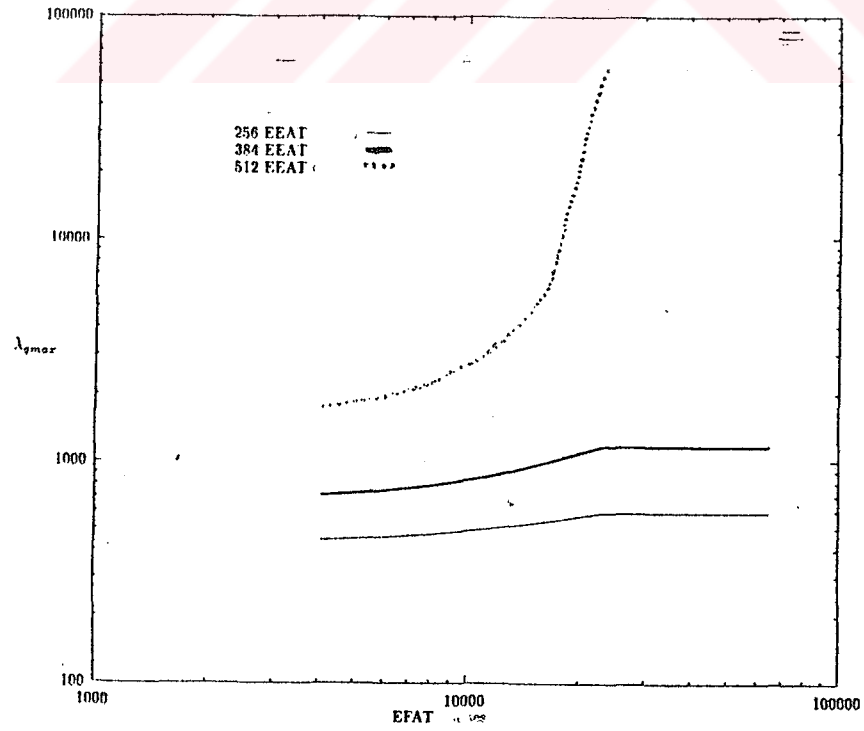
Şekil 4.8 Uzak Ethernet'lerde izin verilen maksimum trafik



Şekil 4.9 Farklı paket uzunlukları için uzak istasyonlarda izin verilen maksimum trafik



Şekil 4.10 SSFA için uzak Ethernet'lerde izin verilen maksimum trafik



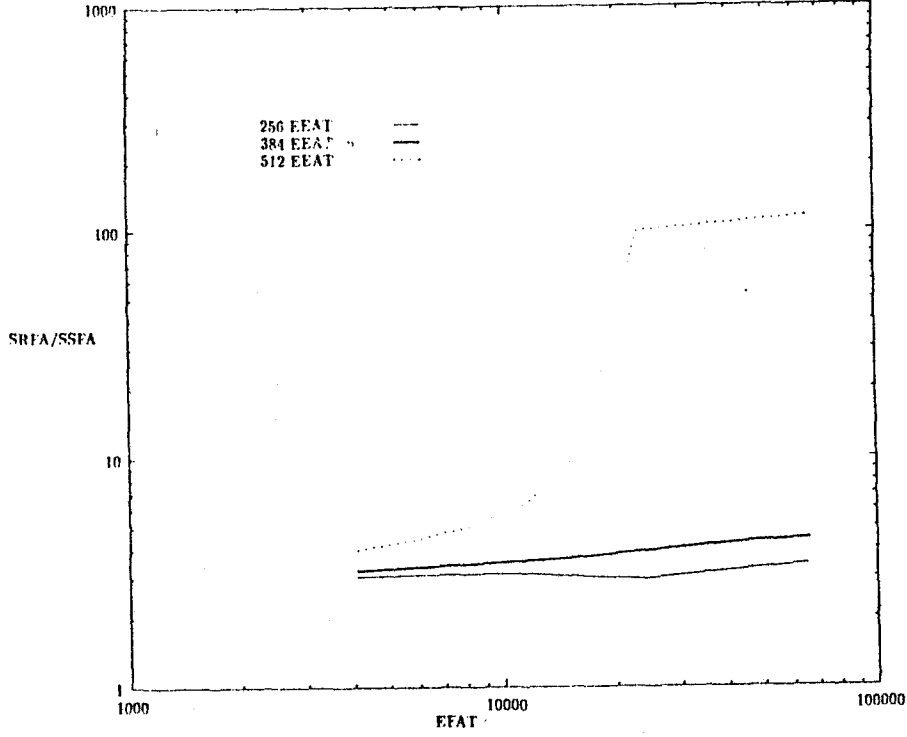
Şekil 4.11 SRFA için uzak Ethernet'lerde izin verilen maksimum trafik

Ethernet 'lerde SSFA 'ya oranla daha yoğun trafiğe izin vermektedir. Çünkü SRFA da FDDI taraflı filtreleme yer almaz ve bunun sonucunda SSFA 'ya oranla daha az servis süresine ihtiyaç duyulur.

Şekil 4.9 , farklı paket uzunlukları için, uzaktaki istasyonlarda izin verilen maksimum trafik yönünden, SRFA / SSFA oranını göstermektedir. Farklı paket uzunlukları, farklı karakteristikler vermektedir. Özellikle, uzun paketler söz konusu olduğunda, SSFA, SRFA 'ya benzemektedir. Çünkü bu durumda iletim süreleri, filtreleme sürelerinden çok daha fazla olmaktadır. Oysa küçük paketlerde filtreleme zamanı öne çıkmakta ve SRFA 'nın performansını ortaya koymaktadır.

SRFA ve SSFA arasındaki karşılaştırma, EEAT açısından da yapılabilir. Şekil 4.10 ve Şekil 4.11 SSFA ve SRFA için, uzak Ethernet 'lerde izin verilebilen maksimum trafiği, farklı EEAT kapasiteleri için vermektedir. Şekil 4.12 de buna ilişkin SRFA / SSFA oranı şeklinde verilmektedir. Bunlardan anlaşılmaktadır ki ; SRFA karakteristikleri EEAT kapasitesine daha fazla bağımlıdır. Bu bağımlılık, EEAT kapasitesi arttıkça orantısal olarak büyümektedir. Bu kapasite, SSFA ve SRFA 'nın yerel Ethernet 'deki trafik yükünü de etkilemektedir. EEAT hata oranı 0 'a eşit olduğunda, (4.22) deki P terimi, yerel paketlerin EEAT tarafından filtrelendiğini ifade etmektedir. Yani P terimi ortadan kalkar. Bu takdirde yerel Ethernet 'deki trafik, SSFA ve SRFA için aynı olmaktadır.

EEAT hata oranı sıfıra indirildiğinde elde edilen SRFA performans gelişmesi dikkat çekicidir. Günümüz teknolojisinde tüm uzak alan adreslerin geniş olarak EFAT / FEAT da yer alması söz konusu olmasa da (özellikle maliyet açısından) bu, EEAT için geçerli değildir.



Şekil 4.12 EFAT kapasitesinin fonksiyonu olarak SRFA/SSFA oranı

4.7. TRAFİK ANALİZİ

Bu kısımda, FDDI kuyruğunda servis bekleyen k tane paket olması olasılığını veren eşitlik çıkartılmaktadır. Burada yer alacak “sistem” terimi, tek köprülü kuyruklama modelini tarif etmektedir. (Şekil 4.1) Sonuçlar Ethernet kuyruklarına da uygulanmıştır. (sistemin simetrikliğinden dolayı) Sistemin istatistik dengede farzedilmekte ve analiz, doğum - ölüm modeline göre yapılmaktadır.

Sistemin durumu tamsayılarla belirli (j, k) ikili değişkenleri ile gösterilmektedir. Bu değişkenler sırasıyla Ethernet ve FDDI kuyruğunda hizmet için bekleyen paket sayısını belirtmektedir.

Sistem (j, k) durumunda iken dört farklı duruma geçme eğilimindedir :

- 1) Yerel Ethernet 'e bir paket gelişi olduğunda $(\lambda^E(j, k))$ hızı ile ,
 $(j+1, k)$ durumuna geçilir.
- 2) FDDI omurga şebekesinden bir paket gelişi olduğu zaman $(\lambda^F(j, k))$ hızı ile ,
 $(j, k+1)$ durumuna geçilir.

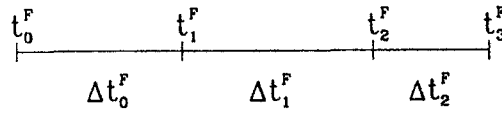
3) Bir Ethernet paketine verilen hizmet tamamlandığı zaman ($\mu^F (j,k)$ hızı ile), ($j-1, k$) durumuna geçilir.

4) Bir FDDI paketine verilen hizmet tamamlandığı zaman ($\mu^F (j,k)$ hızı ile), ($j, k-1$) durumuna geçilir.

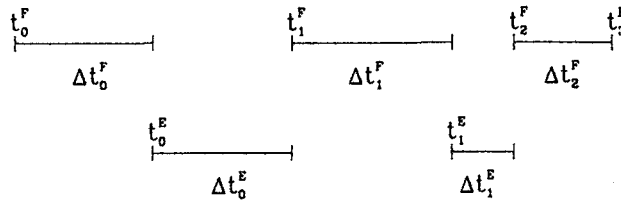
Doğum - ölüm modelinin genel formuna göre, servis hızı ve gelişler, sistemin o andaki durumuna bağlıdır. Bu, iki kuyruğu birbiri ile etkileşimli kılmaktadır. Doğum ve ölüm hızı, diğer kuyruktaki çalışmaya bağlıdır.

Ethernet ve FDDI geliş hızları sabittir ve sırasıyla λ_E ve λ_F ile gösterilir. Ölüm hızını elde etmek için Ethernet kuyruğunu boş farzedelim ve işlemcinin sadece FDDI kuyruğuna hizmet ettiğini düşünelim. Şekil 4.13 de, yatay eksen zamanı göstermektedir ve bu eksen üzerindeki değişken uzunluklu zaman dilimleri, paket servis sürelerini simgelemektedir. i paketine verilen servis t_i^F anında başlamaktadır. İki başarılı pakete verilen servis sürelerinin başlangıçları arasında geçen zaman ($t_{i+1}^F - t_i^F$), hipotezimize göre üstel dağılımlı rastgele bir değişkendir ve ortalama değeri ; $\Delta t_i^F = 1 / \mu_F = T_{SSFA}$ dır. Bu yüzden ölüm hızı μ_F dir.

Ethernet kuyruğu boş olmadığı zaman ortaya çıkan durum Şekil 4.14 da gösterilmiştir. İşlemci, FDDI ve Ethernet kuyruğundaki paketlere sıra hizmet verir.



Şekil 4.13 Sadece FDDI paketlerinin işlem gördüğü durum.



Şekil 4.14. FDDI ve Ethernet servislerin zamanlama cetveli (F:FDDI, E:Ethernet)

Ethernet pakete verilen hizmet süresi üstel dağılımlı rastgele bir değişkendir. Ortalaması $\Delta t_i^{-F} = 1 / \mu_E$ dir. FDDI kuyruğunda buna karşılık düşen değer, $\Delta t_i^{-F} = 1 / \mu_F$ dir.

İki başarılı pakete verilen servis sürelerinin başlangıçları arasında geçen zaman ($\Delta t_i^E + \Delta t_i^F$) da üstel dağılımlı rastgele bir değişkendir ve ortalama değeri ;

$\Delta t_i^E + \Delta t_i^F = \frac{1}{\mu_E} + \frac{1}{\mu_F}$ dir. Bu durumda ortalama servis hızı ;

$$\frac{\mu_E \cdot \mu_F}{\mu_E + \mu_F} = \frac{1}{1 + \frac{\mu_F}{\mu_E}} \mu_F = \frac{\mu_F}{\alpha} \text{ dir ve } \alpha = 1 + \frac{\mu_F}{\mu_E} \text{ dir.}$$

Sonuç olarak, FDDI kuyruğu üstel dağılımlı ölüm prosesine uygun olarak işlemektedir. Ethernet kuyruğu boş olduğu zaman ortalama servis hızı μ_F , Ethernet kuyruğu boş olmadığı zaman servis hızı μ_F / α dir.

Benzer sonuçlar, Ethernet kuyruğu için de çıkartılabilir. Bu durumda, FDDI kuyruğu boşken servis hızı μ_E ve FDDI kuyruğu boş değilken servis hızı μ_E / β dir.

$$(\beta = 1 + \frac{\mu_E}{\mu_F})$$

Stasyoner durumda sistemin denge denklemi kullanılarak istediğimiz sonuçlara ulaşabiliriz. Her durumu içeren kapalı bir çevrim alınırsa, bu çevrime geliş olasılıkları ile bu çevrimden çıkış (terk etme) olasılıkları eşit olur. Şekil 4.15 da seçilen çevrim ($S_{j,k}$), (0, 0) dan (j, k) ya kadar olan tüm durumları içine almaktadır. Bu çevrim için aşağıdaki denklemler elde edilir :

$$\Phi_{j,k} = \sum_{i=0}^j \lambda^F(i,k) \cdot P_{i,k} + \sum_{i=0}^k \lambda^E(j,i) P_{j,i} - \sum_{i=0}^j \mu^F(i,k+1) P_{i,k+1} - \sum_{i=0}^k \mu^E(j+1,i) P_{j+1,i} = 0 \dots\dots\dots (4.29)$$

$P_{j,k}$; sistemin (j, k) durumunda olma olasılığıdır. j sonsuza giderse, aşağıdaki ifade elde edilir :

$$\forall i : \lim_{j \rightarrow \infty} P_{j,i} = 0 \dots\dots\dots (4.30)$$

Bu yüzden 2. ve 4. terimler ortadan kalkar ve (31) denklemini elde edilir,

$$\sum_{i=0}^{\infty} \lambda^F(i,k)P_{i,k} - \sum_{i=0}^{\infty} \mu^F(i,k+1)P_{i,k+1} = 0 \dots\dots\dots (4.31)$$

FDDI kuyruğunun doğum hızı o andaki durumun fonksiyonu olmadığı için $i=0$ hali (4.31)'in 2. teriminden çıkarılırsa ,

$$\lambda^F \sum_{i=0}^{\infty} P_{i,k} - \mu_F(0,k+1)P_{0,k+1} - \sum_{i=1}^{\infty} \mu_F(i,k+1)P_{i,k+1} = 0 \dots\dots\dots (4.32)$$

(0, k+1) durumu, boş Ethernet kuyruğuna karşı düşer. Bu yüzden $\mu_F(0,k+1) = \mu_F$ dir.

(4.32) nin 2. terimindeki tüm durumlar Ethernet kuyruğunun boş olmadığı durumlardır ve $\mu_F(i,k+1)_{(i \neq 0)} = \mu_F / \alpha$ dır. Bu yüzden (4.32)yeniden yazılırsa ,

$$\lambda_F \sum_{i=0}^{\infty} P_{i,k} - \mu_F P_{0,k+1} - \frac{\mu_F}{\alpha} \sum_{i=1}^{\infty} P_{i,k+1} = \lambda_F \sum_{i=0}^{\infty} P_{i,k} - \mu_F \left(1 - \frac{1}{\alpha}\right) P_{0,k+1} - \frac{\mu_F}{\alpha} \sum_{i=0}^{\infty} P_{i,k+1} = 0 \dots\dots\dots (4.33)$$

olur.

$$\text{FDDI kuyruğunun k durumunda olması olasılığı ; } \pi_k = \sum_{i=0}^{\infty} P_{i,k} \dots\dots\dots (4.34) \text{ ile}$$

ve Ethernet kuyruğunun k durumunda olması olasılığı,

$$\sigma_k = \sum_{i=0}^{\infty} P_{k,i} \dots\dots\dots (4.35) \text{ ile}$$

verilir.

Bu tanımlar kullanılarak (4.33) denklemini şu şekilde yazılabilir :

$$\lambda_F \cdot \pi_k = \left(1 - \frac{1}{\alpha}\right) \mu_F P_{0,k+1} + \frac{\mu_F}{\alpha} \pi_{k+1} \dots\dots\dots (4.36)$$

(4.36), π_k nın fark denklemidir. Buradaki $P_{0,k+1}$ hesaplanabilir. Bundan önce aşağıdaki koşullu olasılık hesaplanmalıdır,

$$P(0, k | \{ \text{Ethernet kuyruğunda paket olmaması durumu} \}) \dots\dots\dots (4.37)$$

Ethernet kuyruğu boş ise FDDI kuyruğu, servis hızı μ_F olan M/M/1 tipi bir kuyruktur.

Bu yüzden kuyruktaki yük ; $\rho_F = \lambda_F / \mu_F$ dir.

M/M/1 kuyruğunda durum diyagramından aşağıdaki bağıntılar yazılabilir :

$$\lambda_F \cdot P_{0,0} = \mu_F \cdot P_{0,1} \Rightarrow P_{0,1} = \frac{\lambda_F}{\mu_F} P_{0,0}$$

$$\lambda_F \cdot P_{0,1} = \mu_F \cdot P_{0,2} \Rightarrow P_{0,2} = \frac{\lambda_F}{\mu_F} P_{0,1} = \frac{\lambda_F}{\mu_F} \frac{\lambda_F}{\mu_F} P_{0,0}$$

$$\lambda_F \cdot P_{0,2} = \mu_F \cdot P_{0,3} \Rightarrow P_{0,3} = \frac{\lambda_F}{\mu_F} P_{0,2} = \frac{\lambda_F}{\mu_F} \frac{\lambda_F}{\mu_F} \frac{\lambda_F}{\mu_F} P_{0,0}$$

.

.

.

$$P_{0,k} = \left(\frac{\lambda_F}{\mu_F} \right)^k \cdot P_{0,0}$$

$$P_{0,k} = (\rho_F)^k \cdot P_{0,0}$$

Ayrıca , $P_{0,0} + P_{0,1} + \dots\dots\dots + P_{0,k} = 1$ olduğundan,

$$P_{0,0} \cdot \frac{1}{1 - \rho_F} = 1 \Rightarrow P_{0,0} = 1 - \rho_F \text{ dir.}$$

Bu nedenle $P_{0,k} = (\rho_F)^k \cdot (1 - \rho_F)$ olur. ($\rho < 1$)

Şimdi koşullu olasılığa geri dönersek,

$$P(0, k | \{ \text{Ethernet kuyruğunda paket olmaması durumu} \}) = (\rho_F)^k \cdot (1 - \rho_F)$$

$$= \frac{P(0,k)}{P\{\text{Ethernet kuyruğunda paket olmaması durumu}\}} = \frac{P(0,k)}{\sigma_0} \quad (4.38)$$

Bu eşitlikten $P_{0,k}$ hesaplanıp (1.36) da yerine konabilir. Gerekli düzenlemeler yapıldıktan sonra,

$$\pi_{k+1} = \alpha \cdot \rho_F \cdot \pi_k - (1 - \rho_F)(\alpha - 1)\sigma_0(\rho_F)^{k+1} \quad (4.39)$$

eşitliği elde edilir. Bu fark denklemi kullanılarak,

$$\pi_k = [\pi_0 - \sigma_0(1 - \rho_F)(1 - \alpha^k)](\alpha \cdot \rho_F)^k \quad (4.40)$$

elde edilir. Simetriden dolayı, Ethernet kuyruğunda k paket olması olasılığı da ;

$$\sigma_k = [\sigma_0 - \pi_0(1 - \rho_E)(1 - \beta^k)](\beta \cdot \rho_E)^k \quad (4.41)$$

ile verilebilir.

$$\sum_{i=0}^{\infty} \pi_i = 1 \text{ ve } \sum_{i=0}^{\infty} \sigma_i = 1 \quad (4.42)$$

kullanılarak ve limit değerler alınarak,

$$\begin{aligned} \pi_0 + (1 - \alpha) \cdot \rho_F \cdot \sigma_0 &= 1 - \alpha \cdot \rho_F \\ \sigma_0 + (1 - \beta) \cdot \rho_E \cdot \pi_0 &= 1 - \beta \cdot \rho_E \end{aligned} \quad (4.43)$$

lineer sistemi elde edilir ve π_0 ile σ_0 değerleri çözülerek,

$$\begin{aligned} \pi_0 &= \frac{1 - [1 + (\alpha - 1)\beta\rho_E] \rho_F}{1 - (\beta - 1)(\alpha - 1)\rho_E \rho_F} \\ \sigma_0 &= \frac{1 - [1 + (\beta - 1)\alpha\rho_F] \rho_E}{1 - (\beta - 1)(\alpha - 1)\rho_E \rho_F} \end{aligned} \quad (4.44)$$

bulunur.

4. 8. SONUÇLAR

Bu bölümde Ethernet LAN'ların bir FDDI omurga şebeke üzerinden, öğrenen köprüler aracılığı ile bağlanmasında iki farklı paket filtreleme yöntemi tartışılmıştır. İlk yaklaşımda (SSFA), algoritma, köprünün FDDI ve Ethernet tarafında Ethernet adreslerini kullanarak filtreleme işlemi yapmaktadır. İkinci

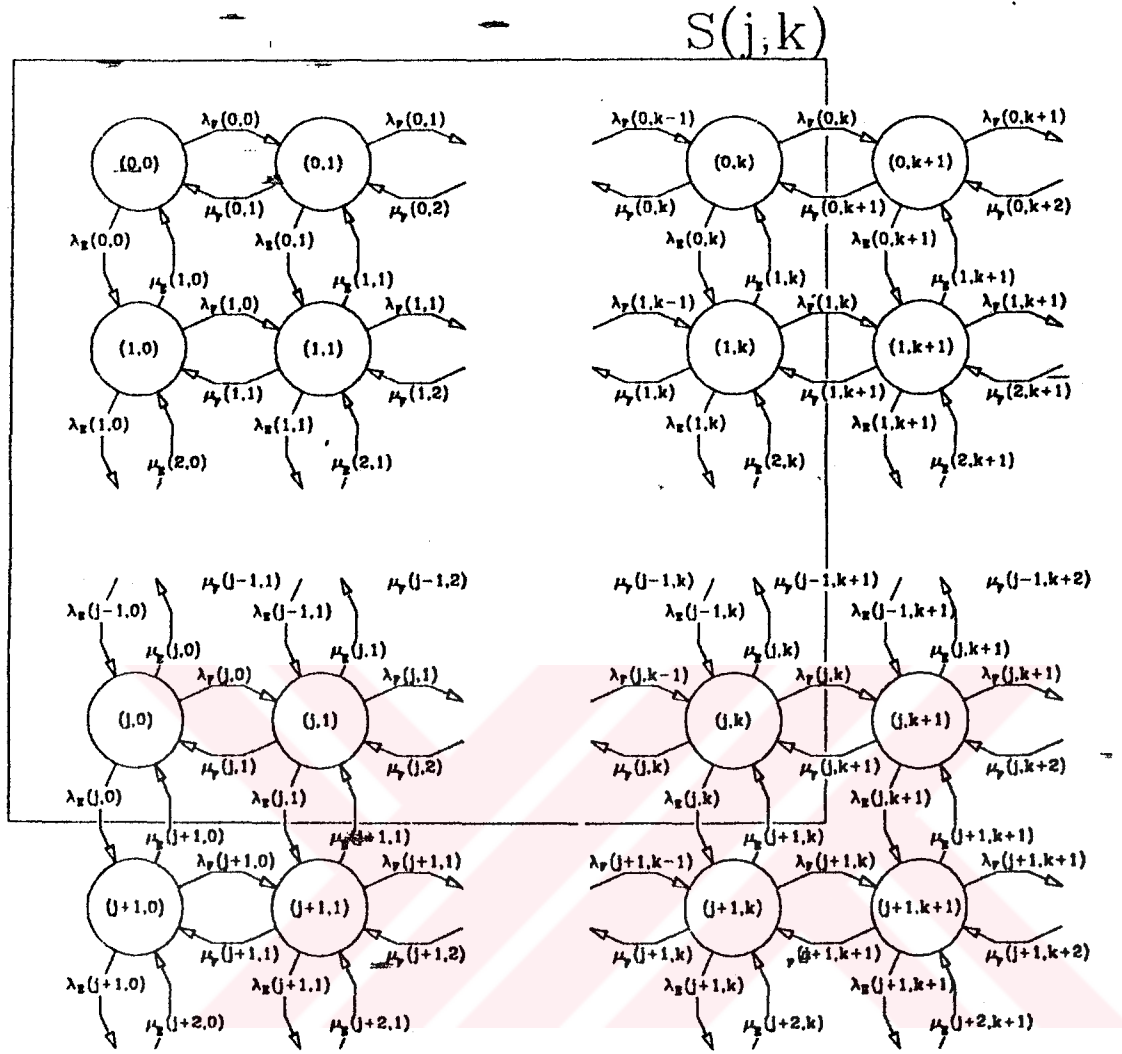
yaklaşımında (SRFA) ise, filtreleme sadece Ethernet tarafında yapılmakta ve paketlerin omurga şebekede yönlendirilmesinde FDDI adresleri kullanılmaktadır.

Performans analizi, yerel Ethernet 'de ve uzak Ethernet 'lerde yaratılan trafik açısından yapılmış ve bu trafik yüklerinde köprülerin nasıl çalıştığı incelenmiştir.

Yaratılan trafik açısından (yerel Ethernet 'lerde), karşılaştırmalı olarak yaptığımız analiz göstermektedir ki, SSFA da, köprünün FDDI tarafında yapılan filtreleme, SRFA 'dakine oranla daha düşük veya eşit trafik yükü ile sonuçlanmaktadır. Eşitlik, EEAT yeterince geniş olduğu durumlarda sözkonusu olabilmektedir. Uzak Ethernet 'lerde izin verilebilen maksimum trafik gözönüne alındığında SRFA, SSFA 'ya oranla daha yüksek trafik değerleri garanti etmektedir.

(Özellikle geniş EEAT kapasiteleri için)

Ethernet şebeke adreslerinin kayıt edilebileceği geniş EEAT yapısının günümüz teknolojisi ile elde edilebilmesi SRFA 'nın iyi bir performansla işletilebileceği sonucunu vermektedir. Yani geniş EEAT tabloları olduğunda SRFA 'yı tercih etmek iyi bir çözümdür. Böylece köprülerin karşılayabileceği trafik miktarı da artmaktadır.



Şekil 4.15 Kapalı çevrimli durum diyagramı

5. ÇOK ORTAMLI SİSTEMLER ve FDDI OMURGA ŞEBEKESİNİN BU SİSTEMDEKİ YERİ

Halkada iki çeşit çerçevenin iletilmesi mümkündür. Birinci tip, senkron çerçevelerdir ve garantili band genişliğine sahiptirler. Bu nedenle zamana ve gecikmeye duyarlı veri iletimi için uygundur. İkinci tip, asenkron çerçevelerdir ve bandgenişliği, senkron çerçevelerin iletiminden sonra tahsis edilir. Bu nedenle şebekedeki yük önemli bir etkidir. Asenkron çerçeveler düşük öncelikli veri iletimleri için uygundur.

5. 1. Trafik Kaynaklarının Modellenmesi :

Karışık trafik kaynakları gerçekçi ve iyi bir simülasyon sağlamak üzere üç başlık altında toplanabilir :

- 1) Konuşmalar arası boşlukları bastırılmış sayısal ses paketleri.
- 2) Dosya transferini oluşturan yüklü trafik kaynakları
- 3) Yüksek seviyeli protokolleri ve etkileşimli sorgulamayı içeren etkileşimli trafik kaynakları.

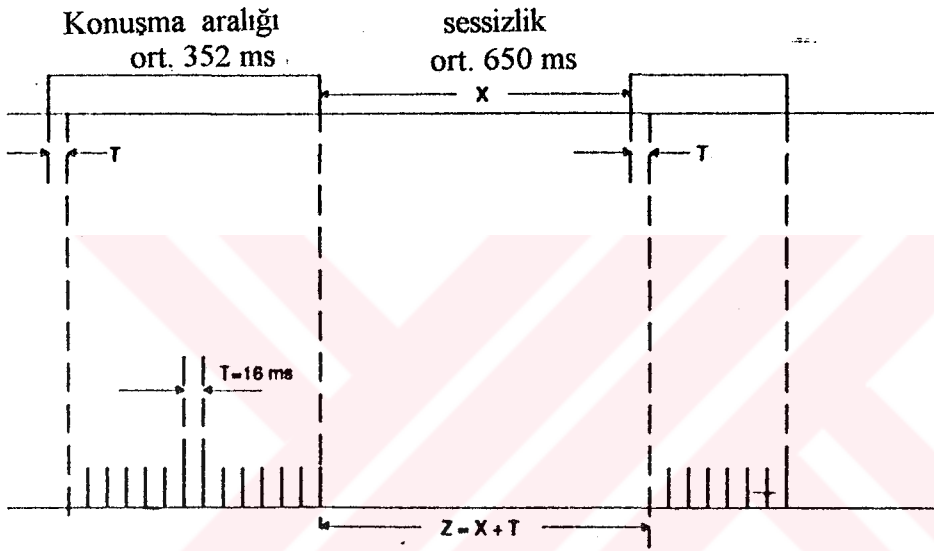
Şebekedeki her istasyon gerçekte bir geçit bağlantısını simgelediği için, istasyon bu trafik çeşitlerinin herbirini içerebilir.

5. 1. 1. Ses Kaynakları

Her kaynak, üstel dağılımlı sessizlik aralıklarıyla yine üstel dağılımlı uzunluğa sahip ses paketleri üretmektedir. Periyot, aktif olan bölge ve sessizlik bölgesi olarak iki kısımdan oluşmaktadır. Şekil 5.1 de tek bir ses dalgasının periyodik yapısı gösterilmektedir. Bu modelde ses paketleri dikine çizgilerle ifade edilirler. Paketler,

aktif dilimde belirli aralıklarla gelmektedir. Ardışıl paket gelişleri arasında, paket formunu oluşturmak için gerekli bir T zaman aralığı vardır.

Sessiz geçen süre, aktif bölgeyi izler ve değeri üstel dağılımlı olup sabit bir ortalama X değerine sahiptir. Z değişkeni ise aktif zaman aralığında gelen son paket ile bir sonraki aktif aralığın ilk paketi arasındaki süreyi göstermektedir. X ve T 'nin gerçek değerleri çeşitli kaynaklar tarafından verilmiştir. [12] Tablo (5.1) ses kaynaklarının karakteristik özellikleri görülmektedir.



Şekil 5.1 Tek bir ses dalgasının periyodik yapısı

TABLO 5.1 Ses kaynakları karakteristikleri

kodlama hızı.....	64kbit/s
kuşma aralığı uzunluğu.....	EXP(352) ms
sessizlik aralığının uzunluğu.....	EXP(650) ms
ses paketi gecikmesi.....	16 ms
ses paket uzunluğu	1024 bit
ort. paket sayısı/kuşma aralığı.....	22
ort. veri hızı/kaynak.....	22.438kbit/s
düğüm bellek kapasitesi.....	500 paket/s

5. 1.2. Veri Kaynakları :

Yığınsal ve etkileşimli veri için kaynak modellemesi Martini (1988) tarafından basit olarak yapılmıştır. Bu modelde yığınsal trafik, sessiz ve uzun zamanları izleyen patlamalı tipten paket dizilerini simgelemektedir. Patlamanın uzunluğu, veri dosyalarının uzunluğuna bağlıdır ve genelde bilinmez. Fakat Martini'nin modelinde, Ethernet çevresinde yapılan gözlemlere dayanılarak (Welzel ,1987) , 20 paketlik dosya uzunluğu referans alınmıştır. Yığınsal trafik kaynağından gelen paketlerin uzunluğu, etkileşimli trafik kaynağından gelen paket uzunluklarından 16 kat büyüktür. Yığınsal trafik kaynağının karakteristikleri tablo 5.2e verilmiştir.

TABLO 5.2 Yığınsal trafik kaynaklarının karakteristikleri

ort. veri hızı.....	1.2Mbit/s
paketler arasındaki zaman.....	0.6096 ms
patlamalı trafiğin miktarı.....	20 ardışıl paket
paket uzunluğu.....	6000 bit
veri grupları arasındaki zaman.....	EXP(87.82) ms
düğüm bellek kapasitesi.....	500 paket

TABLO 5.3 Etkileşimli kaynak karakteristikleri

ort veri hızı.....	0.3 Mbit/s
paket geliş zamanları arasındaki fark.....	EXP(1.25) ms
paket uzunluğu.....	375 bit
düğüm bellek kapasitesi.....	500 paket

Etkileşimli kaynakların, sabit paket uzunluklu ve üstel dağılımlı geliş hızına sahip olduğu kabul edilmektedir. Bu kaynak tipinin karakteristiği ise tablo 5.3 de verilmiştir. Buna göre şebekedeki her istasyon için toplam geliş hızı, ses iletimi için 1Mbit/s, birleşik veri iletimi için 1.5 Mbit/s olmak üzere 2.5 Mbit/s dir. Her istasyon 45 ses kaynağı, bir yığınsal trafik kaynağı ve bir de etkileşimli veri kaynağı tarafından beslenmektedir. Aşırı yükleme olmaksızın, şebekede yer alabilecek maksimum istasyon sayısı 40 tır. Etkileşimli trafik, hızlı cevap süresine ihtiyaç duymaktadır ve en yüksek önceliğe sahiptir.

5. 2. Şebeke Yükleme Modelleri ve Performans Gereklere :

Bu bölümde iki şebeke yükleme tipi ele alınmıştır.(Janetzky ve Watson,1987) Bunlar Benchmark şebeke yükleme tipleridir ve BM1, BM2 adını almaktadırlar. Modeller yapay olmakla birlikte, geniş omurga şebekelerin ve özellikle akademik enstitülerin geniş kampüs şebekesini yükleme koşullarının belirlenmesinde yardımcı olmaktadır.

TABLO5.4'1. Benchmark Yükleme Modeli (BM1)

ses veri hızı	1Mbit/s
yığınsal veri trafiğinin hızı.....	1.2Mbit/s
etkileşimli veri hızı.....	0.3Mbit/s
ses kaynakları sayısı /istasyon.....	45
yığınsal trafik kaynakları sayısı /istasyon.....	1
etkileşimli trafik kaynakları sayısı /istasyon.....	1
ses kaynaklarının önceliği.....	senkron
etkileşimli trafik kaynaklarının önceliği	asenkron(8. öncelik sınıfı)
yığınsal trafik kaynaklarının önceliği	asenkron (7. öncelik sınıfı)
T_Opr.....	10 ms
T_Pri (8).....	10 ms
T_Pri (9).....	7.65 ms
halka gecikmesi.....	0.1617 ms

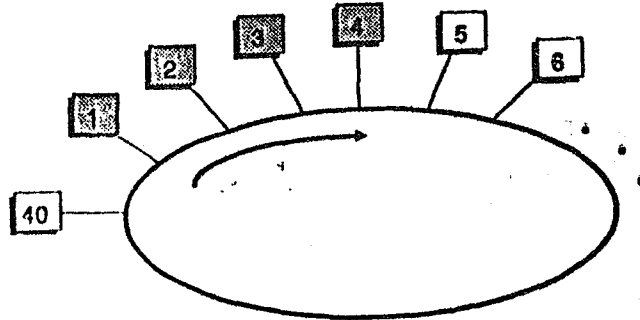
5. 2. 1. Benchmark Şebeke Yükleme Modeli

Benchmark modelleri genellikle gerçek şebeke yükleme koşulları belli olmadığı zaman ve diğer sistemler arasında karşılaştırma yapılırken kullanılır.

BM1 karakteristikleri tablo4 de verilmiştir. Bu model, değişken sayıda geçit içeren geniş FDDI omurga şebekesini temsil etmektedir. Omurga şebekedeki tüm geçitler (veya istasyonlar) 45 ses kanalı, bir yığınsal ve bir de etkileşimli veri kaynağından oluşan, benzer trafik dağılımına sahiptir. (Önceki bölümde anlatıldığı gibi)

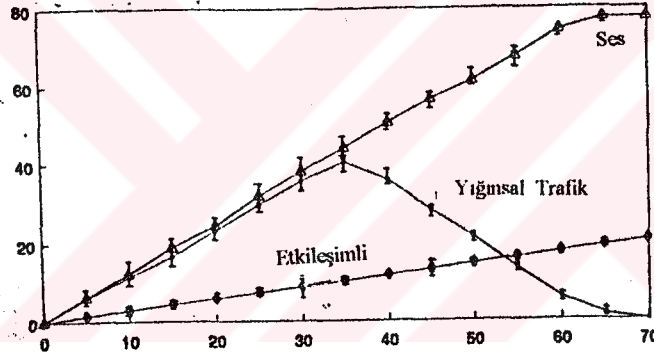
TABLO5.52. Benchmark Yükleme modeli (BM2)

istasyon sayısı.....	40
T_Opr.....	10 ms
T_Pri (8).....	10 ms
T_Pri (7).....	7.65 ms
halka gecikmesi.....	0.1617 ms
trafik kaynaklarının veri hızı.....	BM1'in aynısı
5.-40. istasyonlar için (az yüklü)	
ses kaynakları sayısı.....	45
etkileşimli trafik kaynakları sayısı.....	1
yığınsal trafik kaynakları sayısı.....	1
1.-4. istasyonlar için (fazla yüklü)	
ses kaynakları sayısı.....	45
etkileşimli trafik kaynakları sayısı.....	değişken
yığınsal trafik kaynakları sayısı.....	değişken

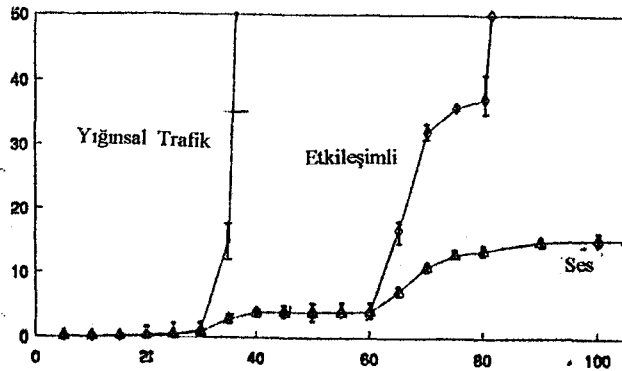


Şekil 5.2 İstasyonların fiziksel olarak şebekede yer alış biçimi

BM2, 40 istasyondan oluşan fakat asimetrik yüklenmiş geniş omurga şebekeyi temsil etmektedir. Bu model oldukça kullanışlıdır. Çünkü gerçekte LAN şebekeler nadiren homojen yapıya sahiptir. (özellikle geniş kampüs LAN 'ları) Bu gibi şebekelerde, sayıca az istasyon tarafından, LAN trafiğinin büyük bir kısmı üretilmektedir. BM2 karakteristikleri tablo 5 da verilmiştir. Modelde, istasyonların % 10 ununda, başlangıçtan itibaren (simetrik koşullar)dereceli olarak artan trafik yükü ele alınmıştır. Sonuçta, istasyonların % 10 'u, toplam yükün % 80 'ininden fazlasını üretmektedir. Yükleme, 1-4 (yüksek trafik yüküne sahip istasyonlar) no lu istasyonların fazla sayıda yığınsal ve etkileşimli kaynaklar ile eşit oranda beslenmesi ile sağlanmaktadır. Bu arada, 5-40 (düşük trafik yüküne sahip istasyonlar) no' lu istasyonlar için kaynak sayıları sabit tutulmaktadır. İstasyonların fiziksel olarak şebekede yer alış biçimi şekil 32 deki gibidir.



Şekil 5.3 İstasyon sayısının fonksiyonu olarak ortalama şebeke çıkış verimi

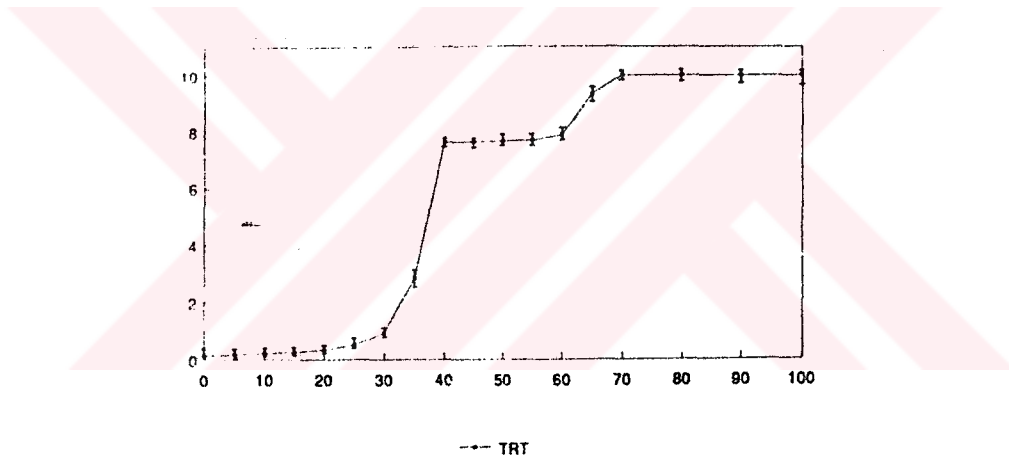


Şekil 5.4 Farklı trafik sınıfları için bekleme değerleri

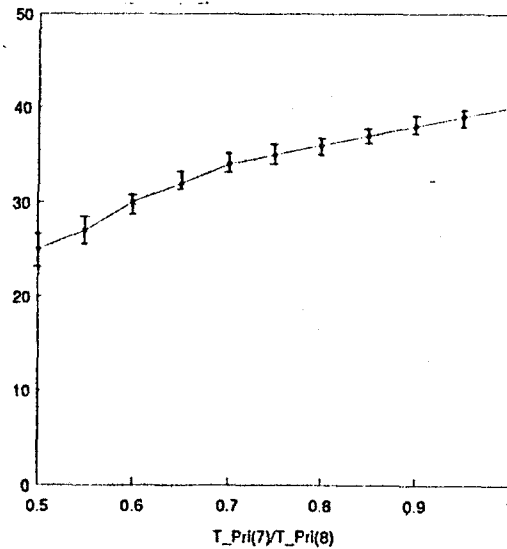
5.3. ŞEBEKE YÜKLEME MODELLERİNİN SONUÇLARI :

5.3.1. BM1 Modelinin Sonuçları :

Şekil 5.3 de ortalama şebeke çıkış verimi, istasyon sayısının fonksiyonu olarak verilmiştir. Başlangıç durumunda, şebeke 0-30 tane istasyon ile yüklenirken, çıkış verimi, trafik yükü ile birlikte düzenli olarak artmaktadır. Bu durumda bekleme zamanı, Şekil 5.4 de görüldüğü gibi fazla değildir. Gelen paketler, bir bayrak turu süresi boyunca iletilir. Ortalama bekleme zamanı, her trafik sınıfı için TRT süresinin yarısı kadardır. Düşük trafik geliş hızı ve iletim zamanının az olması nedeniyle TRT değeri yavaş yavaş yükselir. Şekil 5.5



Şekil 5.5 İstasyon sayısının fonksiyonu olarak TRT değerleri



Şekil 5.6 Eşik değerleri oranının fonksiyonu olarak maksimum istasyon sayısı

İstasyon sayısı 30 dan 40 'a çıktığı zaman, TRT değeri 0.8 msn'den 7 ms 'ye kadar artar. (Şekil 5.5) Bu değer, yığınsal trafiğin bayrak tutma zamanı eşik değerine yakındır. Bu nedenle her bayrak turunda az miktarda yığınsal trafik iletilir. Sonuç olarak, yığınsal trafiğin gecikme zamanı çok hızlı yükselir. Diğer taraftan istasyon sayısı 60 'a gelinceye kadar performans dereceli olarak düşer. (Şekil 5.3) ve ortalama TRT değeri, bayrak tutma eşik değerini aşar. (Tablo5.4de verildiği üzere 7.65 ms)

Diğer iki trafik sınıfının çıkış verimi ve gecikme zamanı, 60 istasyon sayısına kadar kararlı kalır. Şebekede 60 istasyon bulunması durumunda her istasyondaki toplam yük (3.75 Mbit/sn), kanal kapasitesinin yaklaşık % 150 'si kadardır. Buna rağmen, şebeke doyma noktasına henüz gelmemiştir. Bu, TRT 'nin 9 ms (tablo 4 de $T_{Opr} = 10$ ms alınmıştı) civarına gelmesinden anlaşılmaktadır. Bunun nedeni 7 nolu öncelik sınıfının (yığınsal trafik) iletimden hemen hemen ayrı tutulmasıdır. (yüksek TRT değeri sonucu) Toplam geliş hızını, senkron ses trafiği ve etkileşimli trafik (8 no lu öncelik sınıfı) oluşturmaktadır. Bu da 78 Mbit/s ' ye karşılık düşer. Şebekede 70 istasyon bulunması durumunda doyma noktasına ulaşılmaktadır. Bu noktada ortalama TRT değeri 10 ms kadardır ve senkron çerçevelerde gecikme artar. Verilen BM1 konfigürasyonuna göre (tablo 4), etkileşimli trafik için eşik değeri ($T_{Pri}(8)$) 10 ms ve yığınsal trafik için 7.65 ms olarak alınmıştır. Önceki kısımlarda ele aldığımız performans kriterlerine göre şebeke, 35 istasyonu verimli bir şekilde desteklemektedir. 54 istasyondan sonra ise ses trafiğindeki kayıplar ve etkileşimli trafiğin gecikme problemleri ortaya çıkmaktadır. Eğer 7 nolu öncelik sınıfının eşik değeri, çıkış verimi esnek tutularak yükseltirirse, daha fazla sayıda istasyona destek verilebilmektedir. Şekil 5.6 da maksimum istasyon sayısı, eşik değerleri oranının fonksiyonu olarak gösterilmiştir.

5. 3. 2. BM2 Modelinin Sonuçları :

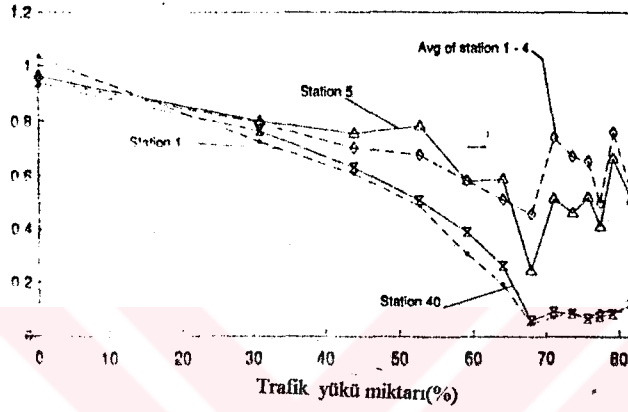
BM2 de yığinsal trafiğin çıkış verimi ve gecikme karakteristikleri Şekil 5.7 ve Şekil 5.8 de verilmiştir. Yatay eksen, şebeke üzerinde birbirini peşi sıra izleyen yüksek derecede yüklü dört istasyon tarafından oluşturulan toplam yük yüzdesini göstermektedir. Şebekedeki yük arttığı zaman benzer istasyonlar arasında belirgin bir fark ortaya çıkmaktadır. Başlangıçta şebeke simetrik olarak yüklüdür. Ortalama çıkış verimi istasyonlar arasında yaklaşık olarak eşit paylaşılır. Asimetrik yükleme durumunda, çıkış verimindeki farklılıklar ön plana çıkmaktadır.

Örnek olarak, şebekedeki asimetrik yükleme % 70 olduğunda, 5 no'lu istasyon ile (yüksek trafik yüküne sahip 1- 4 no'lu istasyonlardan hemen sonra yer alan istasyon) en sondaki 40 no'lu istasyonun çıkış verimleri oranı 5'e kadar çıkmaktadır. Benzer etkiler, yüksek trafik yüküne sahip 1 no'lu istasyon ile ortalama olarak yüksek yüklü sayılan 2 - 3 - 4 istasyonları karşılaştırıldığında da görülebilir. Bu dengesizlik şu şekilde açıklanabilir : Yüksek trafik yüklü istasyonun, iletilmek üzere kuyruklanmış çerçevesi yoksa, kullanılmayan band genişliği, bu istasyonu takip eden düşük trafik yüküne sahip istasyonlara tahsis edilecektir. Tahsis edilmeyen band genişliği, bayrağın şebekedeki turu boyunca devamlı çevrim halinde olacaktır. Yük az olduğu zaman, yüksek ve düşük yüklü olarak ayırdığımız istasyonlar arasında fark bulunmayacaktır. Bu durumda kullanılmayan band genişliği, istasyonlar arasında az çok düzgün dağılımlı olacaktır. Asimetrik yükleme yüksek olduğu zaman ise, yüksek trafik yükünü karşılayan istasyonlar, daha fazla band genişliğini kullanacaklardır. Bunları izleyen ilk istasyonlar, kendilerini izleyen istasyonlara oranla daha verimli çalışacaklardır. Benzer olay, Dykeman ve Bux (1988) tarafından da gösterilmiştir. [12].

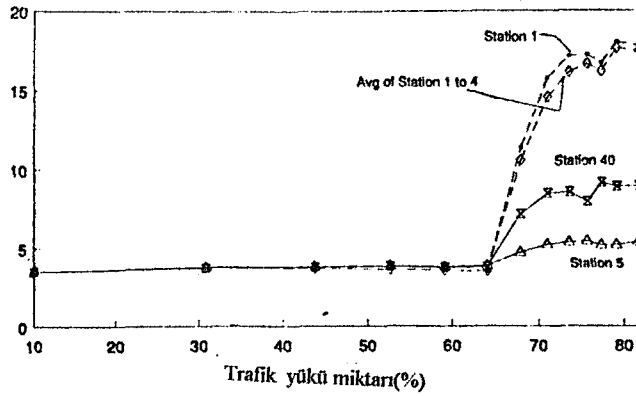
5. bölümde, çok ortamlı şebekede simetrik ve asimetrik yüklemeye yönelik iki farklı model sunulmuştur. BM1 tabanlı simülasyon sonuçları, oldukça fazla sayıda istasyonun bu tip şebekelerde kullanılabileceğini göstermektedir. Farklı öncelik sınıflarındaki bayrak tutma zamanının eşik değerleri uygun seçilmelidir. Böylece farklı trafik sınıfları birlikte verimli çalışabilir. Bu parametrenin seçimi yanısıra birçok

performans gereği mevcuttur ve trafik sınıflarının servis kalitesi konusunda henüz bir uzlaşma yoktur. Gerekli parametrelerin seçimi bir sonraki bölümde anlatılacaktır.

Asimetrik trafik yüklerinde başarılı çalışabilmek için, istasyonlardaki öncelik sınıflarının zaman eşik değerleri dinamik olarak ayarlanmalıdır. [13]



Şekil 5.7 BM2'de yığılmal trafikin çıkış verimi



Şekil 5.8 BM2'de yığılmal trafikin gecikme karakteristiği

6. FDDI PARAMETRELERİNİN SEÇİMİ :

6. 1. Şebekede TTRT Değerinin Seçimi :

Şekil 6.1b . de gösterilen FDDI halkasını ele alalım. Halkada iki istasyon olduğunu düşünelim. c_1 , 1. istasyondan 2. istasyona, c_2 ise 2.istasyondan 1. istasyona olan propogasyon sürelerini gösterebilir. c_i 'nin i. istasyondaki gecikmeyi de kapsadığını kabul edelim. Yüksüz zamanda toplam bayrak tur süresini $c_1 + c_2 = W$ olarak seçelim. Trafik yükü doymuş hale geldiğinde, zaman diyagramı Şekil 6.1a daki gibi verilebilir. Paketler kuyruklanmakta ve istasyona bayrak geldiği zaman hizmet almaktadır. Şekilde a_i , i. istasyona bayrak geliş zamanlarını, d_i ise i. istasyondan bayrağın ayrılış zamanlarını göstermektedir. İlk turda halkada yük yoktur ve ikinci turun başlangıcından itibaren iki istasyon da doymuş trafik yüküne sahiptir. Şekilden görülebileceği gibi, ikinci ve üçüncü turlarda, bayrak geliş zamanları arasında geçen süre TTRT değerine eşittir. Bu yüzden, birinci istasyonda kuyruklanan paketlere, bayrağın üçüncü turunda hizmet verilmeyecektir. İkinci istasyonda kuyruklanan paketlere, üçüncü turda, TTRT - W süresince hizmet verilecektir. Dördüncü turda ise istasyonlara hizmet verilmeyecektir. Bunun nedeni, bir önceki turda, gerçek bayrak tur süresinin TTRT 'ye eşit olmasıdır. Dördüncü tur, birinci tura benzerdir ve yukarıda anlatılanlar sürekli olarak devam eder. Sonuçta ana çevrim üç turdan oluşur ve toplam çevrim süresi, $(2 \times TTRT) + W$ dir. Ortalama paket servis süresi "s" ile gösterilirse her çevrimde hizmet edilen paket sayısı, $(TTRT - W) / s$ dir. Kararlı durumda, bir çevrim boyunca gelen paketlerin sayısı, hizmet gören paketlerin sayısından az olacağı için maksimum verim için trafik yükü ,

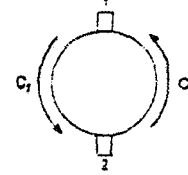
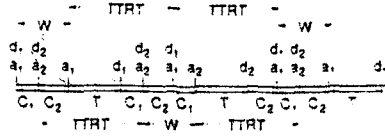
$$\rho_{\max} \leq \frac{2 (TTRT - W)}{2. TTRT + W} \dots\dots\dots (6.1)$$

olarak bulunur.

Halkada simetrik olarak yerleştirilen N istasyon için, yukarıdaki mantık kullanılarak (6.1) ifadesi,

$$\rho_{\max} \leq \frac{N.(TTRT - W)}{N.TTRT + W} \quad \dots\dots\dots (6.2)$$

olarak genişletilebilir.



Şekil 6.1a İki istasyonlu FDDI halkasının zaman diyagramı

Şekil 6.1b

Tek aktif istasyon için verim, $\frac{TTRT-W}{TTRT+W}$ dir. İstasyon sayısı çoğaldıkça ($n = \infty$),

(6.2) da N 'e göre limit alınır, verim, $1 - \frac{W}{TTRT}$ olarak bulunur.

FDDI standartları, TTRT 'nin belirlenmesinde bazı kurallar ortaya koymaktadır :

- TRT değeri (bölüm 2.4.3.), TTRT 'nin iki katı kadar olabilir. Yani senkron çalışan istasyonlar, $2 \times TTRT$ süresince bayrağı kullanamayabilir. TTRT değeri seçilirken, gerek duyulan servis süresinin yarı değeri kullanılmalıdır. Örnek olarak ; ses iletimi yapan bir istasyon bayrağı her 20 ms de veya daha erken almak istiyorsa TTRT, 10 ms olarak seçilmelidir.

$TTRT \geq (\text{Halka gecikmesi} + \text{bayrak süresi} + \text{maksimum çerçeve zamanı} + \text{senkron haberleşme tahsis zamanı})$ şeklinde olmalıdır. FDDI 'da maksimum çerçeve boyu 4500 byte 'dır. (100Mbit/s için 0.360 ms 'ye karşılık düşer) Maksimum halka gecikmesi 1.773ms, bayrak zamanı ise 0,00088 ms (8 byte başlangıç alanını da içeren 11 byte için) olarak hesaplanabilir. Bu nedenle TTRT en az (2.13ms + senkron haberleşme tahsis zamanı) olmalıdır. Alt sınır 4 ms olarak belirlenmiştir. [14]

- TTRT 'nin üst sınırı 165 ms olarak seçilmiştir.
- Oluşturulan şebeke konfigürasyonları, küçük, orta ve büyük çaplı olabilir.

Bu nedenle, şebekedeki istasyon sayısı ve fiber uzunluğu da önem kazanır. TTRT

artıkça performans artmaktadır. Performans, halka gecikmesine yakın TTRT değerlerinde düşüktür ve TTRT arttıkça artar. Fakat aynı zamanda büyük TTRT değerleri maksimum gecikmeyi arttıracaktır. Bu nedenle küçük TTRT değerleri seçilmelidir. Tablo 5 dan da görüldüğü gibi TTRT için 8 ms değeri her tip şebeke için uygun bir seçimdir. Ayrıca asenkron trafik için küçük TTRT değerleri uygundur.

6. 2. Asenkron Öncelik Sınıflarının Belirlenmesi, Ortalama Çevrim Zamanı ve Çıkış Verimi Hesabı

Bu bölümde yapılan hesaplamalarda, istasyonlara gelen paketlerin Poisson tipinde olduğu kabul edilmiştir ve sistem M/G/1 tipinde düşünülmüştür. İlk olarak ortalama çevrim zamanı (bir istasyonda, başarılı iki bayrak gelişi arasında geçen süre) incelenecektir. [14], [15], [16]

6. 2. 1. Ortalama Çevrim Zamanının Hesaplanması :

Ortalama çevrim zamanı (c), simetriden dolayı tüm istasyonlar için aynıdır. c bilindikten sonra, ayrı ayrı çıkış verimleri, c 'ye bağlı olarak hesaplanabilmektedir. Ortalama çevrim zamanı, yüksüz sistemin ortalama çevrim zamanı (c_0) ile senkron ve asenkron kuyruk hizmet sürelerinin (s_i ve a_i) birleşimi olarak düşünülebilir. Her istasyonun, biri asenkron diğeri senkron trafiğe ait olmak üzere iki kuyruklama sistemine sahip olduğu kabul edilsin. (birden fazla öncelik sınıfının olması hali de daha sonra incelenecektir)

Buradaki analizde, her asenkron kuyruk, olası üç durumdan birisinde bulunacaktır. Şebekenin toplam trafik yükü azsa, tüm kuyruklara asenkron şekilde hizmet edilecek ve paket kayıpları meydana gelmeyecektir. Paket kaybının meydana gelmediği kuyruklar, az yüklü olarak varsayılır. Bu durum, "1" ile gösterilir. Çevrim zamanına katkısı aşağıdaki gibidir :

$$a_i = a_{1,i} = \rho_{a,i} \cdot c \dots\dots\dots (6.3)$$

Şebekede fazla trafik yükü olduğu zaman, kuyruklarda paket kayıpları meydana gelebilir. Fakat hala çıkış verimi sıfırdan büyüktür ve kuyruk durumu “0” ile gösterilir. Aşırı yüklü kuyruğun hizmet süresi, kuyruğun yükünden bağımsız olarak, Zamanlı Bayrak Protokolü’ne göre hesaplanabilir :

$$a_i = a_{0,i} = T_{pri,i} - TRT_i = T_{pri,i} - c \quad (6.4)$$

Yukarıdaki eşitlikte TRT değeri, bayrağın geç kalmadığı durumlarda çevrim zamanı değerine eşittir.

Üçüncü kuyruk durumu, asimetrik yüklü şebekelerde, farklı öncelik sınıfları bulunmasını temsil eder. Bu durumda, düşük öncelikli sınıfa ait kuyrukların çıkış verimi sıfıra düşebilir. Üçüncü durum “d” ile gösterilir ve çevrim zamanına katkısı aşağıdaki gibidir.

$$a_i = a_{d,i} = 0 \quad (6.5)$$

“I” durumundan “0” durumuna geçen kuyruklar için $a_{1,i} = a_{0,i}$ dir. Bu durumda kuyruk yükü tepe noktasına ulaşır ve

$$c = c_{p,i} = \frac{T_{pri,i}}{1 + \rho_{a,i}} \quad (6.6)$$

ile verilebilir.

Kuyruk “0” durumundan “d” durumuna geçerken $a_{0,i} = a_{d,i}$ dir ve

$$c = c_{d,i} = T_{pri,i} \quad (6.7)$$

olur. Bu yüzden aşağıdaki koşullar, kuyruğun o andaki durumunu belirler :

$$\left. \begin{array}{ll} \text{“I”} & \text{eğer} \quad 0 < c < c_{p,i} \\ \text{“0”} & \text{eğer} \quad c_{p,i} < c < c_{d,i} \\ \text{“d”} & \text{eğer} \quad c_{d,i} < c \end{array} \right\} \text{ i kuyruğu} \quad (6.8)$$

Senkron kuyrukların, her zaman yüksüz halde bulunduğu kabul edilir ve paket kayıpları meydana gelmez. Senkron kuyruğun hizmet süresi ,

$$s_i = \rho_{s,i} \cdot c \quad (6.9)$$

ile verilebilir.

(6.3) - (6.5) ve (6.9) birleştirilerek ortalama çevrim süresi ,

$$\begin{aligned}
c &= c_0 + \sum_{i=0}^N a_i + \sum_{i=1}^N s_i \\
&= \frac{c_0 + \sum_{i \in 0} T_{pri,i}}{1 - \rho_s - \sum_{i \in 1} \rho_{a,i} + \sum_{i \in 0} 1} \dots\dots\dots (6.10)
\end{aligned}$$

Elde ettiğimiz sonuçlar, istasyonda birden fazla asenkron kuyruk bulunması durumuna kolayca uygulanabilir. i. istasyonda “0” durumunda, j öncelik sınıfını gözönüne alırsak ,

$$a_{0,i,j} = T_{pri,i,j} - \left(c + \sum_{k=1}^{j-1} a_{i,k} \right) \dots\dots\dots (6.11)$$

olur. Burada küçük j değerleri, yüksek öncelik sınıflarını temsil etmektedir. IEEE 802.4, Bayraklı Bus şebekede $a_{0,i,j} = T_{pri,i,j} - c$ dir. c ve a_{ij} değerleri bilindiğinde çıkış verimi, $\gamma_{a,i,j} = a_{ij} / c \dots\dots\dots (6.12)$ olarak hesaplanabilir. Senkron kuyruklarda kayıp olmadığı düşünülerek her zaman $\gamma_{s,i} = \rho_{s,i}$ kabul edilebilir.

FDDI sistemlerinde (6.10)bağıntısı her zaman geçerlidir. Simetrik ve bir tane asenkron öncelik sınıfına yer veren şebekede, ortalama çevrim zamanı aşağıdaki bağıntılar ile verilebilir :

$$\begin{aligned}
&\frac{c_0}{1 - \rho_a} \quad \text{eğer } \rho_a \leq \gamma_{a,max} \\
c &= \left\{ \begin{array}{l} \frac{c_0 + N \cdot TTRT}{N + 1} \quad \text{eğer } \rho_a > \gamma_{a,max} \end{array} \right. \dots\dots\dots (6.13)
\end{aligned}$$

ve

$$\gamma_a = \sum_{i=1}^N \gamma_{a,i} = \left\{ \begin{array}{l} \rho_a \quad \text{eğer } \rho_a \leq \rho_{a,max} \\ \gamma_{a,max} \quad \text{eğer } \rho_a > \rho_{a,max} \end{array} \right. \dots\dots\dots (6.14)$$

(6.3) , (6.9), (6.11) ve (6.12)bağıntıları kullanılarak,

$$\gamma_{a,max} = \frac{TTRT - c_0}{TTRT + c_0 / N} \dots\dots\dots (6.15)$$

elde edilebilir. Burada dikkat çekici bir nokta da, çıkış veriminin iletim hızına bağlı olmayışdır.

6. 2. 2. Asimetrik trafik ortamında, öncelik sınıfı sürelerinin seçimi :

Çoğu zaman asimetrik yüklü şebekelerde çalışılır ve bu durumlarda bazı istasyonlarda aşırı yüklenme meydana gelir. 5. bölümde de söz edildiği gibi, bu durumda TTRT ve öncelik sınıfı değerlerinin ($T_{pri_}$) seçimi önemli hale gelir.

Burada, basit bir örnek üzerinde gerekli genel eşitlikler elde edilmiştir. Örneğimizde $N = 25$ istasyondan oluşan, sadece asenkron trafiğe hizmet veren bir sistem ele alınmıştır. Her istasyonun asenkron trafiğe ait bir kuyruğu vardır. Hizmet süresi negatif üstel dağılımlıdır ve 100 km'lik bir halka için TTRT değeri 10 ms seçilmiştir. Sistem çalışmaya başladıktan sonra (6.13), (6.14) eşitlikleri kullanılabilir.

$\rho = \gamma_{\max}$ olduğu zaman, sistem fazla yüklenmiş olur. Bu durumda ortalama çevrim zamanı ve çıkış verimi sabittir.

İkinci bir aşama olarak sistemdeki trafiğin asimetrik yapıda olduğunu kabul edelim. Bunun için 1. istasyonun bir geçit istasyonu ve yükünün $\rho_1 = \rho / 2$ olduğu varsayılabilir. (ρ , toplam sistemin trafik yüküdür) Bu aşamada ise 1. istasyon, diğer istasyonlara oranla, daha çabuk aşırı yüklü hale gelir. Çünkü ρ_1 yükü büyüktür ve bunun sonucu olarak $c_{p,1}$ değeri küçülür. Böylece 1. istasyon için çıkış verimi azalmaya başlar. Bunun çözümü olarak 1. istasyona yüksek öncelik verilir. Böylece garanti edilen çıkış verimine ulaşılabilir. Sistemin fazla yüklü olduğu durumda, (6.10) ifadesi kullanılarak,

$$c = \frac{T_{Pri,1} + (N-1)T_{Pri,2} + c_0}{(N+1)} \dots\dots\dots (6.16)$$

yazılabilir. Çıkış verimini hesaplamak için, (6.10) ifadesinde (6.15) kullanılarak,

$$a_{0,i} = T_{Pri,i} - \left(\frac{T_{Pri,1} + (N-1)T_{Pri,2} + c_0}{N+1} \right) \quad (i=1 \text{ dir}) \dots\dots\dots (6.17)$$

bulunur. $a_{0,ij}$ (6.11) de kullanılırsa,

$$\gamma_{a,i} = \frac{N \cdot T_{Pri,i} - (N-1)T_{Pri,2} - c_0}{T_{Pri,i} + (N-1)T_{Pri,2} + c_0} \text{ elde edilir.} \dots\dots\dots (6.18)$$

Aynı şekilde, $2 \leq i \leq N$ için $\gamma_{a,i} = \frac{2 T_{Pri,2} - T_{Pri,1} - c_0}{T_{Pri,1} + (N-1)T_{Pri,2} + c_0} \dots\dots\dots (6.19)$

olur ve $\gamma_1 = \sum_{i=2}^N \gamma_i$ koşulu altında $T_{Pri,1} = TTRT$ seçilirse,

$$T_{Pri,i} = \frac{(2N-1).T_{Pri,1} + (N-2).c_0}{3(N-1)} \dots\dots\dots (6.20)$$

elde edilir.

Sonuç olarak 1. istasyonun çıkış verimi, trafik yükü doğrultusunda yeniden düzenlenmiş olur. Bu düzenlemenin getirdiği tek kusur, toplam çıkış veriminin biraz azalmasıdır ki bu da ihmal edilecek düzeydedir. (yaklaşık % 2)

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Günümüzde teknolojik gelişmeler çok hızlıdır. Kısa sürede mevcut şebekelerin yenilenmesi veya genişletilmesi gerekebilmektedir. Yeni sistemlerin kullanılabilmesi için, ekonomik olması ve performans üstünlükleri içermesi gerekir. Bu çalışmada anlatıldığı gibi, FDDI, haberleşme alanında önemli bir konuma sahiptir. Bununla birlikte, ATM (Asynchronous Transfer Mode), FDDI 'a büyük bir rakiptir. Kurulacak şebekenin amaçları doğrultusunda ikisi arasında bir seçim yapmak gerekebilecektir.

Şebeke seçimi, sonuç olarak üç yönden incelenmelidir :

- Uç birimler ile omurga şebeke arası bağlantılar yönünden
- Omurga şebekenin cinsi yönünden
- Geniş alanda hizmet yönünden

İlk bölümdeki ATM ve FDDI seçimleri pahalıdır. FDDI 'ın fiber optik tabanlı olması fiyatı da arttırmaktadır. Bu, şebeke arabirim kartlarının (NICs) pahalı olmasını da beraberinde getirir. FDDI 'ın halka yapısı, istasyonların sık sık yer değiştirebileceği ofis ortamları için uygun değildir. Bunun için üretici firmalar Hub/yıldız konfigürasyonları kullanmaktadırlar. "ATM NIC"ler karmaşık cihazlardır ve pahalıdırlar. Fiyatları 10 kat daha fazladır. Piyasada mevcut NIC 'ler fiber optik bağlantıları kullanmaktadır. Simetrik bakır kablolu ATM bağlantıları da öngörülmüştür. ATM için, sabit uzunluklu ve küçük hücresel veri yapısının üretilmesi zordur. Bu etken, köprü, yönlendirici ve NIC fiyatlarını arttırmaktadır. Eğer kullanıcının halen bir Ethernet şebekesi varsa, 100Mbit/s Ethernet için beklemesi iyi bir çözümdür.

Yerel omurga şebekeler, genel olarak Ethernet veya Bayraklı Halka olarak kurulur. Yüksek hızlara ihtiyaç varsa, FDDI kullanmak iyi bir çözümdür. Mevcut band genişliğini arttırmanın en iyi yolu da yıldız tipi yapıları kullanmaktır. Çok yüksek hızlarda ise ATM tercih edilmelidir. Çünkü FDDI da birçok halka ve köprü kullanmak gerekecektir.

Geniş alan şebekelerde ATM kullanımı güncel olmakla beraber ekonomik değildir. Öncelikle, belli standartların ortaya konması gereklidir. Bağlantı 45Mbit/s hızında (T3 hızı) olacaktır. Fakat kamu şebekeleri üzerinden T3 bağlantısı pahalıdır. Bu doğrultuda şu söylenebilir ki ATM WAN servislerin ucuzlaması için oldukça uzun bir süre beklenecektir. Ayrıca ATM LAN yapısı kullanan büyük kuruluşlar için bile ATM WAN ekonomik yönden uygun bir seçim değildir.

FDDI ve ATM 'in bu incelemeler sonunda pahalı teknolojiler olduğu görülmektedir. Ancak FDDI 'ın yerleşmiş olması ve standardizasyonunun tamamlanması nedeni ile fiyatı daha düşüktür. Gerek FDDI gerekse ATM'e masaüstü bilgisayarlardan özel amaçlı bağlantılar yapılabilir. Bu alanda simetrik kablo kullanılabilmesi, FDDI 'ın avantajlı yönüdür. Ayrıca FDDI-II teknolojisi, video ve ses trafiğini verimli olarak desteklediğinden, bu konuda ATM 'den geri kalmamaktadır.

Halen, ATM ve FDDI şebekelerin birbirlerine bağlanabilmesi için yoğun çalışmalar yapılmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] DAVIDS, P., MEUSER, T., SPANIOL, O., FDDI : Status and Perspectives, Computer Networks and ISDN Systems, Vol. 26, Elsevier Science B.V., pp. 657-676, 1994.
- [2] ROSS, F. E., An overview of FDDI : The fiber distributed data interface, IEEE J. on Selected Areas in Comm., Vol.7, No.7, pp. 1043-1051, 1989.
- [3] ROSS, F. E., FDDI - a Tutorial, IEEE Comm. Magazine, Vol.24, No.5, pp. 10-17, 1986.
- [4] SOSNOSKY, J., Service Applications for SONET DCS Distributed Restoration, IEEE Journal on Selected Areas in Comm., Vol.12, No.1, January 1994.
- [5] NAKAYASHIKI, S., KASHIO, J., MAC Reconfiguration Mechanism for Dual - Ring LAN, Electronics and Comm. in Japan, Part 1, Vol.76, No.3, 1993.
- [6] JAIN, R., Error characteristics of fiber distributed data interface (FDDI), IEEE Trans. Comm., pp. 1244-1252, August 1990.
- [7] TANGEMANN, M., and SAVER, K., Performance analysis of the timed token protokol of FDDI and FDDI, IEEE J. on Selected Areas in Comm., Vol.9, pp. 271-278, 1991.
- [8] BURR, W. E., The FDDI Optical Data Link, IEEE Comm. Magazine, Vol.24, No.5, pp. 8-23, May 1986.
- [9] ROSS, F. E., and HAMSTRA, J.R., Forging FDDI, IEEE J. on Selected Areas in Comm., Vol.11, No.2, February 1993.
- [10] JOHNSON, M. J., Reliability mechanisms of the FDDI high bandwidth token ring protokol, Comput. Networks and ISDN Systems 11, No.2, pp. 121-131, 1986.
- [11] BUCCI, G., and SANTINI, S., Performance Analysis of Two Different Algorithms for Ethernet-FDDI Interconnection, IEEE Trans. on Parallel and Dist. Systems, Vol.5, No.6, pp. 614-629, June 1994.
- [12] RANAI, K., LIM, K. S., and DENG, R.H., Simulating a Multimedia FDDI Backbone Network, The Computer Journal, Vol.37, No.3, 1994.
- [13] DYKEMAN, D., and BUX, W., "Analysis and tuning of the FDDI media access control protokol, IEEE J. on Selected Areas in Comm., Vol.6, July 1988.

- [14] JAIN, R., Performance Analysis of FDDI Token Ring Networks : Effect of Parameters and Guidelines for Setting TTRT, IEEE LTS, May 1991.
- [15] DRAVIDA, S., RODRIGUES, M.A., SAKSENA, V.R., Performance comparison of high-speed multiple-access networks, Teletraffic and Datatraffic in a Period of Change, ITC-13, pp.967-972, IAC, 1991.
- [16] TANGEMANN, M., A mean value analysis for throughputs and waiting times of the FDDI timed token protokol, Teletraffic and Datatraffic in a Period of Change, ITC-13, pp. 173-179, IAC, 1991.



ÖZGEÇMİŞ

Hilmi ŞENER , 1970 yılında İzmir'de doğdu. İlk ve orta öğrenimini İzmir'de tamamladı. İzmir Fen Lisesi'nden mezun olduktan sonra İstanbul Teknik Üniversitesi Elektrik ve Elektronik Fakültesi'nin Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü'nde eğitim görerek 1991 Temmuz'unda başarı ile mezun oldu. Lisans tezini Prof. Dr. Günsel DURUSOY'dan alarak E-Mail üzerine hazırladı ve X-400 protokollerini inceledi. Daha sonra yine aynı fakültenin Yüksek Lisans eğitimine devam eden Hilmi Şener aynı zamanda tıp elektroniği üzerine çalışan bir firmada destek ve satış mühendisi olarak çalışmaktadır.

