

FDDI Follow-On LAN(FFOL) 구조 및 매체접근제어(MAC) 프로토콜

鄭成鎬, 姜顯國, 石晶峰
韓國電子通信研究所 標準 研究1室

1980년대초부터 미국표준협회(ANSI)의 X3T9.5 위원회에서 표준화가 진행되어 온 FDDI는 100 Mbps급의 고속통신망으로서 현재 다양한 컴퓨터 사업자, 제조업자들의 관심하에 실용화되고 있다. 그러나 FDDI는 구조 및 전송속도의 한계로 제한된 서비스만을 제공하기 때문에, 멀티미디어, HDTV등 다양한 서비스 요구를 만족시키기 위한 새로운 통신망 구조를 필요로 하게 되었다. 이에 X3T9.5 위원회는 최근, FDDI follow-on LAN(FFOL)에 관한 표준화를 진행하고 있어 관심을 끌고 있다. 본고에서는 FFOL의 구조 및 요구사항을 기술하며, 현재까지 FFOL을 위해 제안된 대표적인 매체접근제어(MAC)프로토콜들을 기술하고 비교 분석한다.

I. 서 론

반도체, 컴퓨터, 통신의 급속한 발달과 더불어 광섬유 기술의 발전은 100 Mbps부터 1Gbps까지의 전송속도를 가능케 하는 통신망의 출현을 가져오게 하였다. 이와같은 고속화 추세는 사용자의 다양한 요구, 즉 멀티미디어서비스, 지능망서비스 등에 부응하기 위한 흐름이라고 할 수 있다.

FDDI는 이와같이 급증하는 고속 전송의 요구에 부합하기 위하여 Ethernet(IEEE802.3)과 Token Ring(IEEE 802.5)에 뒤이어 등장한 고속 근거리망 표준으로서 ANSI의 태스크그룹(Task Group)인 X3T9.5에 의해 표준화되어 온 것이다. FDDI와 FDDI-II는 1990년대의 기간망(backbone)으로 활용되며, 또한 데스크탑을 위한

통신망으로 널리 활용될 전망이다. 한편, 최근에는 이러한 FDDI를 뒤이어 FDDI follow-on LAN(FFOL)에 관한 표준화가 진행되고 있어 큰 관심을 불러 일으키고 있는데, FFOL은 FDDI와 FDDI-II가 제공하는 모든 서비스를 포함하며, ATM/B-ISDN 서비스는 물론, SONET/SDH와의 인터페이스 등 차세대 통신 시스템 구축을 위한 핵심사항을 고려하여 설계하고 있다. 현재 FFOL working group(WG)은 FFOL의 요구사항을 문서화하고 있으나, 표준화의 초기단계인 이유로 많은 논의가 진행되고 있다.¹²⁾

FFOL은 융통성있는 내부구조를 제공하여 기존의 다양한 통신망 요구사항을 지원하며 동시에 확장성(scalability)을 통해 차후 요구사항에 부합하도록 설

표 1. (a) 프로토콜의 발전과정

구분	1980년대초	1980년대말	1980년대중반	2000년대초
기간 Backbone	Ethernet	FDDI	FDDI(Follow-On) LAN(FFOL)	(FFOL)FOL
Computer Network	RS232	Ethernet	FDDI	FDDI(Follow-On) LAN(FFOL)

(b) 케이블의 발전과정

구분	1980년대초	1980 년대말	1980년대중반	2000년대초
기간 Backbone	Coax. /Broad	Fiber (Multi Mode Fiber, MMF)	Fiber(MMF, SMF)	Fiber (Single Mode Fiber, SMF)
Computer Network	Shielded Twisted Pair(STP)	Thin Coax. /TP	Low Cost Fiber (LCF)/TP	MMF/LCF

계한다. FFOL은 더욱 개선된 유용성을 지닌 범용 통신망 구조를 가지며, 관리가 용이한 통신망기능 및 시장경쟁을 통한 낮은 장비가액을 제공하여 사용자들에게 유익을 주도록 설계한다. 이외에 FFOL은 시장규모의 증가, 고집적된 부품활용을 통해 낮은 개발비용 및 생산비용을 산출하여 제조업자들에게도 유익을 주도록 설계한다.

을 위한 케이블의 발전과정을 살펴볼 때, 1990년대 중반에는 제안된 FFOL이 기간망(backbone network)으로써 활용될 것으로 예상된다.⁽¹⁾⁽²⁾

본 고에서는 FFOL의 참조모델과 일반요구사항 및 세부요구사항, 그리고 FFOL의 활용방안을 기술한다. 또한 현재까지 제안된 FFOL 매체접근제어(MAC) 프로토콜을 기술하고 비교 분석한다.

표 1에 나타난 근거리 통신망 프로토콜 및 망구성

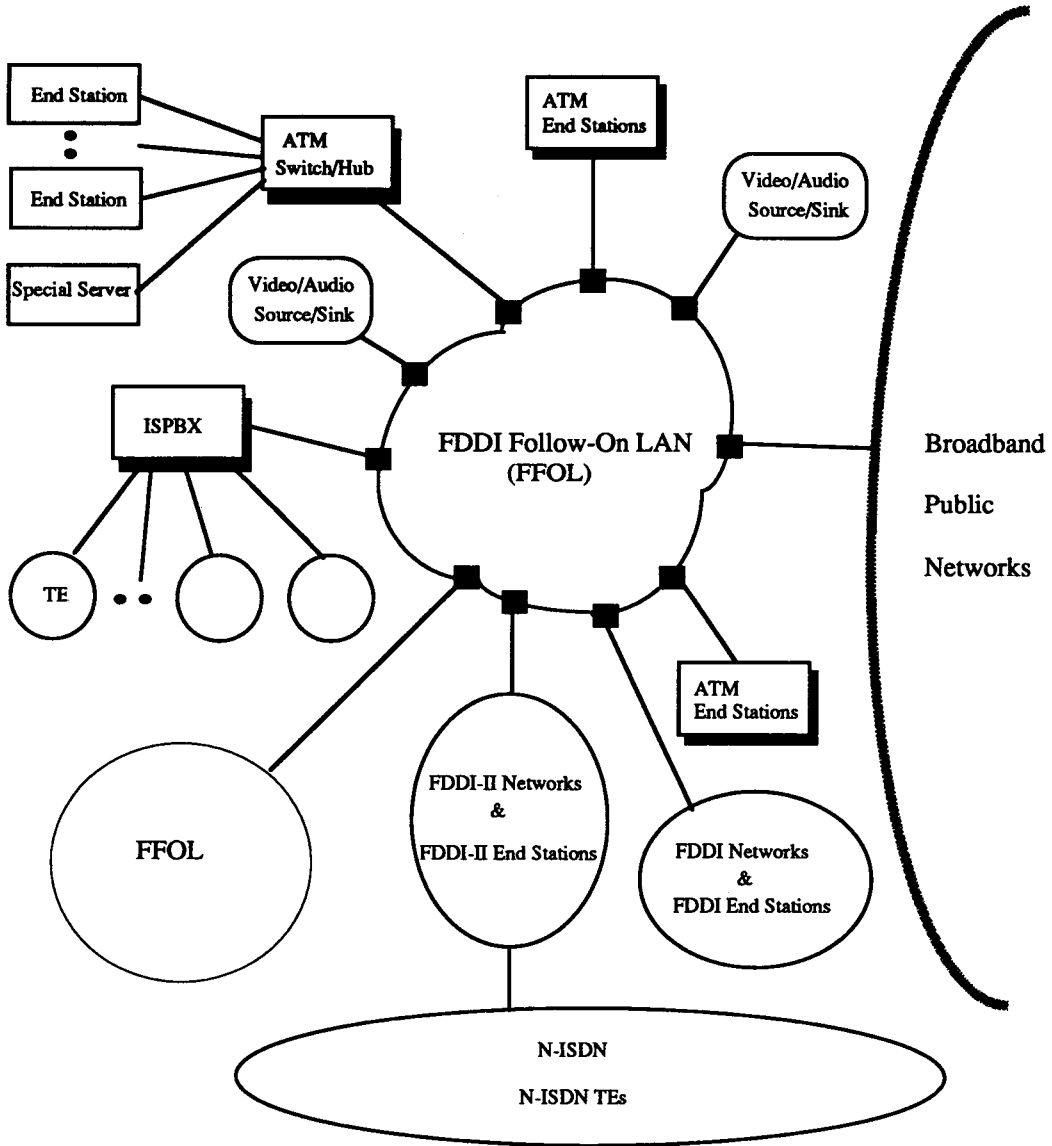


그림 1. FFOL의 연결모델

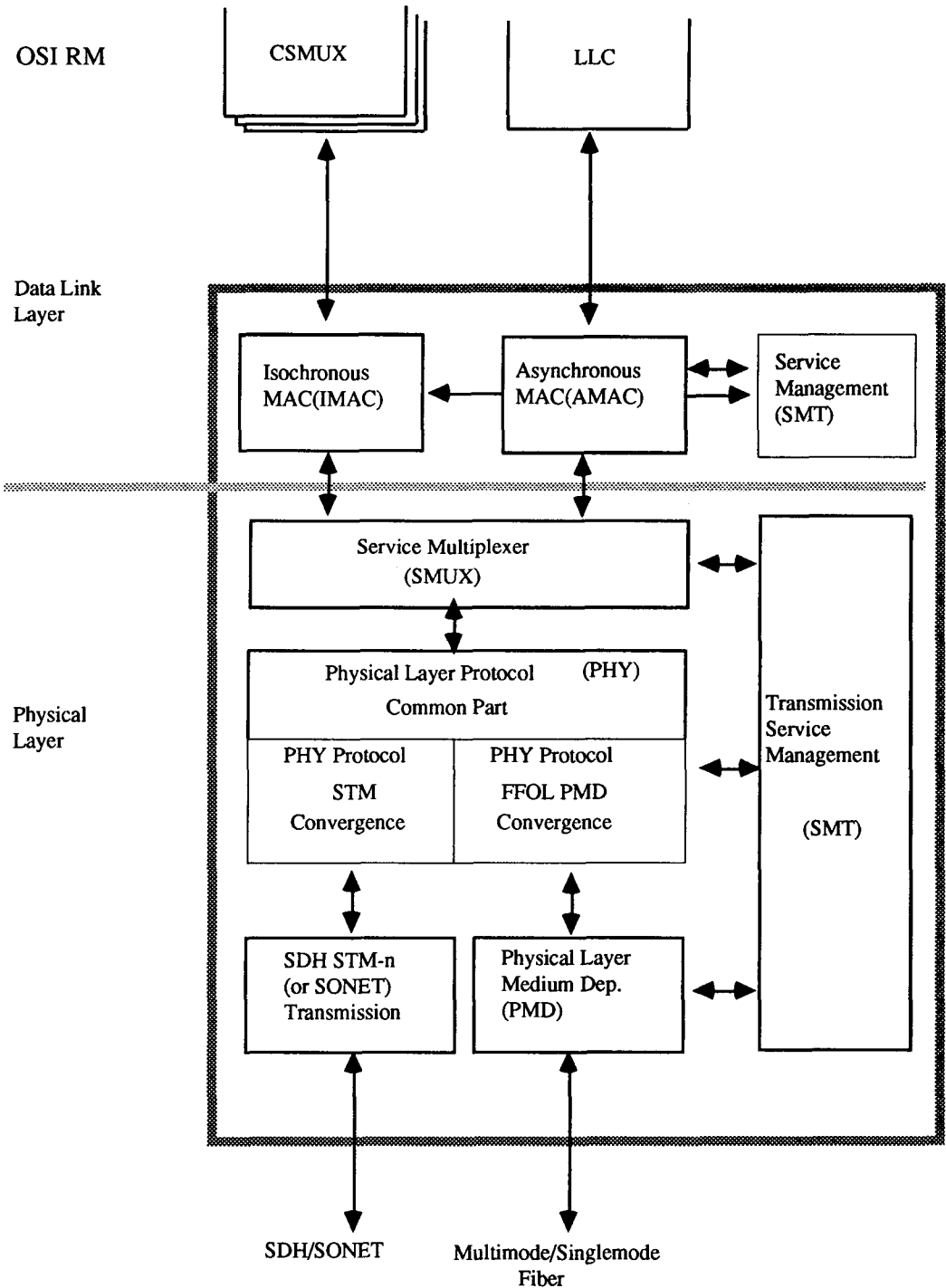


그림 2. FFOL의 참조모델

II. FFOL 설계 요구사항

1. 일반 요구사항

그림 1과 그림 2는 FFOL의 응용 및 연결모델과 참조모델을 나타낸 것이다. 본 장에서는 이 그림을 참조하면서 일반 요구사항에 대한 사항을 기술한다. FFOL의 일반 요구사항은 다음과 같다.

- 1) 다중의 FDDI 통신망 및 IEEE 802.x 통신망과 다양한 기존 망들을 연결하기 위한 기간망이 되어야 한다.
- 2) 접속된 종단 스테이션에 기간망과의 고속 연결성을 제공하여야 한다.
- 3) B-ISDN 등의 WAN과 효율적인 연동방식을 제공하여야 한다.
- 4) 데이터, 그래픽, 오디오, 화상등의 통합서비스를 제공하여야 한다.
- 5) 초기 데이터 전송능력은 1.2 Gbps이하가 되어야 하며, 추후 2.4 Gbps까지 확장가능하여야 한다.
- 6) 데이터 전송속도는 SDH 표준속도에 적합해야 한다.
- 7) 기존 FDDI 케이블 플랜트를 사용할 수 있어야 한다.
- 8) 이중 링, 단일 링 구조와 물리적 트리구조를 갖는 링 구조를 지원할 수 있어야 한다.
- 9) 연결 방식, 노드, 스테이션, 프로토콜 엔티티(entities)와 같은 망 구성요소에 대한 구체적인 관리 방법을 제공하여야 한다.
- 10) 적절한 오류 고립, 보고, 복원 기능을 제공하여야 한다.
- 11) FFOL의 PMD를 통한 사실 링크 뿐만 아니라 SDH/SONET과 같은 전용 공중링크상에서의 서비스를 수용할 수 있어야 한다. SONET은 표준 광전송 인터페이스를 사용하여 기존의 비동기 전송망을 대체한 것으로써 미국에서 정의된 것이다. SONET은 51.84 Mbps부터 2.488 Gbps까지의 전송속도를 가능케 하여 다양한 응용에 사용된다. SDH는 CCITT에서 정의된 표준 광전송 인터페이스를 사용하며, SONET의 전송속도에 기초를 두고 표준화된 것이다.
- 12) 단일 및 다중 모드에서 동작하는 광섬유를 사용할 수 있어야 한다.
- 13) 동시성(FDDI-II, 회선 모드) 서비스 및 비동기

(FDDI, ATM) 패킷서비스를 지원할 수 있어야 한다.

- 14) 표준 망관리 엔티티들에 대한 인터페이스를 제공하여야 한다.

2. 다양한 어플리케이션 지원

FFOL은 새로운 멀티미디어 및 광대역 어플리케이션 뿐만 아니라 기존의 LAN 서비스도 지원할 수 있어야 한다. 즉, 고속 데이터 전송, LAN 상호간 연결, 컴퓨터간 연결, 화상 신호 전송, 양질의 오디오 신호 전송, 연속동작 그래픽 전송, CAD 어플리케이션등을 지원할 수 있어야 한다. 이와같은 어플리케이션을 지원하기 위해서는 다양한 트래픽 특성을 요구하는데, deterministic, statistical data sources, 가변하는 평균 및 최대 데이터율, 점대점 및 다중점, 멀티캐스트 및 방송형 데이터 흐름과 상응하는 그룹관리, 양방향 symmetric 및 asymmetric 데이터 흐름과 단방향 데이터 흐름, 양단간 latency와 jitter에 대한 가변적 반응, 연결 서비스의 대역폭 및 서비스 품질에 대한 협상 및 재협상(선택사항), 데이터 손실에 대한 가변 반응, 관련 등시성 채널에 대한 위상 및 클럭 동기화 등의 특성이 통신망에서 지원되어야 한다.

3. 기존 LAN 및 B-ISDN등과의 연결성 제공

FFOL은 다양한 기존 어플리케이션 및 새로운 어플리케이션들에 의하여 요구되는 연결성을 제공하여야 한다. FFOL의 연결 모델은 그림 1에 나타나 있다. 그림에서 알 수 있듯이 FFOL 망은 구름 모양으로 표현되었는데, 이것은 FFOL 망이 임의의 수의 FFOL subnet으로 구성되어 있음을 암시한 것이다.

어플리케이션 인터페이스와 FFOL 망간에 프로토콜 변환이 필요한 경우, 이에 상응하는 접속장치가 FFOL 망의 종단부에 첨가되어야 한다. 하지만 이러한 접속장치는 FFOL 망의 구성요소가 아니므로 FFOL 표준의 범위에 포함되지는 않는다. 접속장치는 그림 1에 있는 FFOL 구름 모델의 경계에 위치한 정사각형으로 표시되어 있다

이와 마찬가지로 FFOL은 통신을 원하는 어플리케이션이 필요로 하는 이중 프로토콜간의 내부 변환 지원을 하지 않는 것을 원칙으로 하고 있다. 예를 들면, 회선 교환 채널을 사용하는 음성 터미널과 ATM 셀을 사용하는 음성 터미널간의 통신에 요구되는 프로토콜 변환이 지원되지 않는다는 것이다. 그러나 필

요한 경우에는 프로토콜 변환기가 FFOL 망에 부착되어 어플리케이션을 수행할 수 있다.

FFOL 망을 이용하여 수행하는 연결 및 접속에 관련된 상기된 어플리케이션에는 다음과 같은 것들이 있다.

1) FDDI 및 FDDI-II 통신망들과 중단 스테이션의 연결:

FFOL의 주요 어플리케이션 중 하나는 기존 FDDI와 FDDI-II를 연결하는 기간망으로 사용되는 것이다. 이때 FDDI도 다른 형태의 subnet을 연결할 수 있어 전체적으로 볼때 계층화된 망구조를 형성할 수 있다. 또한 높은 대역폭을 요구하는 FDDI 및 FDDI-II 중단 스테이션들 역시 FFOL 망에 직접 접속될 수 있다.

FFOL은 FDDI 및 FDDI-II 데이터 패킷의 효율적인 전송과 6.144 Mbps의 FDDI-II 등시성 wide band channel(WBC) 채널전송을 지원한다. FFOL은 곧, FDDI-II와 호환성이 있는 WBC 채널을 사용한다고 말할 수 있다.

2) IEEE 802.x 망연결 및 중단 스테이션의 접속:

이 연결 범위에는 IEEE 802.3(CSMA/CD), IEEE 802.4(Token bus), IEEE 802.5(Token Ring)이 포함된다. 즉, FFOL은 다중의 IEEE 802.x 망과 IEEE 802.x망에 접속된 스테이션들을 연결하는 기간망으로 활용되어야 한다.

3) 광대역 공중망과의 연결:

FFOL 망의 연결 범위는 광대역 공중망과의 상호 연결 기능을 제공하는 것까지 포함한다. 광대역 공중망과의 연결을 위해서는 SONET/SDH, BISDN, T3/E3, T1/E1등과의 관계를 고려해야 한다. T1은 미국에서 정의된 TDM 링크로써, 1.544Mbps의 전송속도를지원하며, E1은 유럽의 전송표준으로 2.048 Mbps의 전송속도를 지원한다.

이것과 관련하여 두 가지 경우를 고려할 수 있다. 즉, 하나는 공중망이 여러 FFOL 망을 연결하는 경우로써 공중망과 FFOL 망간에는 transparent한 통신이 이루어져야 한다. 다른 하나는 화상회의 등 몇 가지의 지역성을 띤(local) 어플리케이션이 FFOL 망을 통해 공중망 서비스를 제공받는 경우이다. 두 경우 모두 대량의 FFOL 트래픽이 FFOL에 가입된 사용자측에 존재하여 WAN 접속부의 비트전송율은 FFOL 기간망에 연결된 subnet 링크보다 크지 않게 된다. 따라서 공중망 인터페이스의 payload 전송율

은 공중망에 직접 연결된 FFOL subnet의 전송율을 초과하지 않는다.

4) FFOL 중단 스테이션의 접속:

FFOL 중단 스테이션들은 FFOL 망의 내부 프로토콜과 상호 동작할 수 있는 인터페이스기능을 보유한다. 망 운용시에는 프로토콜 변환이 필요 없으며, 단 payload 전송율의 조정은 필요에 따라 조정할 수 있다.

5) ATM 중단 스테이션의 접속:

ATM 중단스태이션은 ATM 셀 인터페이스 모듈을 통해 FFOL 망에 접속될 수 있다.

6) ATM 스위치와 허브의 접속:

ATM 망은 ATM 스위치와 허브를 통하여 접속될 수 있다. 이때는 ATM과 FFOL간의 프로토콜 적응의 효율성과 접속시의 경제성을 고려하여야 한다.

7) 통합 서비스 사설교환기 - integrated services private branch exchange(ISPBX):

1980년대 후반부터 많이 사용되기 시작한 용어인 ISPBX는 음성 또는 데이터의 local 터미널을 연결하거나 공중망을 통해 원거리의 터미널들과 서버들을 연결하기 위한 스위칭 시스템이다. 또한 ISPBX는 데이터통신을 위한 근거리망의 역할을 수행할 수도 있고 또한 컴퓨터를 이용한 원격통신 응용(CSTA)서비스 수행시에 ISPBX와 컴퓨터간의 상호 작용을 통해 새로운 어플리케이션도 수행될 수 있다.

일반용도의 ISPBX와 음성 우편과 같은 특수용도의 서버기능을 지닌 ISPBX를 연결하기 위해서는 T1/E1 또는 T3/E3 형태의 다중 회선교환 디지털 채널이 FFOL에 의해서 지원되어야 한다. 또한 동일한 형태의 인터페이스를 통하여 단일 점(point)으로 여러개의 ISPBX를 공중망에 연결할 수 있다.

이외에 데이터 통신과 CSTA를 위해 ISPBX는 FDDI와 ISPBX 인터페이스를 장착할 수도 있으며, ISPBX가 광대역 서비스를 제공받기 위해서 ISPBX에 ATM 인터페이스기능을 첨가하는 것도 가능하다.

8) 항등 비트율(constant bit rate):

항등 비트율은 FFOL이 시간제약성을 지닌 트래픽을 사용하는 어플리케이션 수행에 필요한 속성이다. 이러한 어플리케이션에는 영상검색된 정지화상이나 문서를 위한 다중점 통신, 연속 동화상 전송을 위한 코드압축 기법등이 있다.

4. SONET/SDH 링크와의 조화

전송한 바와 같이 FFOL의 전송 속도는 SDH/SONET의 전송 속도와 조화되어야 한다.

또한, FFOL과 SONET/SDH의 payload 전송율 역시 조화를 이룰 수 있도록 한다. (표 2, 표 3참조)

표 2. SONET의 전송속도

	Signal Rate(Mbps)	Payload Rate(Mbps)
STS-1	51.84	49.536
STS-3	155.52	149.760
STS-9	466.56	450.430
STS-12	622.08	600.768
STS-18	933.12	901.440
STS-24	1244.16	1202.112
STS-36	1866.24	1803.456
STS-48	2488.32	2404.800
STS-96	4976.64	4810.176
STS-192	9953.28	9620.928

표 3. FFOL과 관련된SONET/SDH전송속도

구분(SDH)	구분(SONET)	데이터전송율(Mbaud)	Payload전송율(Mbps)
STM-1	STS-3c	155.52	149.760
STM-4	STS-12c	622.08	600.768
STM-16	STS-48c	2488.32	2404.800

5. 서비스 품질(Quality of Services)

FFOL은 150 Mbps 부터 2.4 Gbps의 payload 전송율을 지원하고, 패킷 모드와 같은 비동기 서비스와 회선 모드와 같은 등시성 서비스를 제공한다.

FFOL의 서비스 품질은 FFOL에 의해 제공될 수 있는 서비스 종류를 통해 알 수 있는데, 이것은 FFOL 서비스에 대한 사용자의 만족도를 결정하는 것이다.

FFOL 서비스 품질은 패킷 모드와 회선 모드와 같은 특정 서비스와 관련된 파라미터들의 특성에 따라 결정된다. 이러한 서비스 품질은 FFOL의 서비스 접근점(serviceaccess point)에서 측정한다. FFOL 망의 성능 파라미터에 근거를 두고 판단할 수 있다. FFOL 망의 성능을 결정하는 파라미터에는 망 전체 지연시간, 지연시간의 변동율, 전송비트 오류율 및 셀 손실율 등이 있다.(표 4, 표 5, 표 6, 표 7 참조)

표 4. 망 전체지연시간의 허용범위

FDDI Follow-On LAN	B-ISDN/ATMWAN
패킷모드 : 5 ms 미만	VBR:50배지 100msec 미만 가정:최대전파지연(40ms), 최대큐잉지연(10-60ms)
회선모드 : 5 ms 미만	CBR:45msec 미만 가정:최대전파지연(40ms), 최대큐잉지연(5ms)

표 5. 망 전송오류율의 허용범위

FDDI Follow-On LAN	B-ISDN/ATMWAN
패킷모드 : 10E-12미만	VBR : 10E - 8 미만
회선모드 : 10E-12미만	회선모드 : 10E-12미만

표 6. 셀손실율 허용범위

FDDI Follow-On LAN	B-ISDN/ATMWAN
패킷모드 : 10E-8 미만	VBR : 10E6배지 10E-8 미만
회선모드 : 10E? 미만(추후결정)	회선모드 : 10E - 9

표 7. 종단지연 및 지연편차 허용범위

종단간(end-to-end)지연 (Codec, 전송, 브리징 프로세스 포함)	지역편차 (packetized)
음성 전송 : 150 ms 미만	1 - 10ms
비디오 전송 : 200 ms 미만	2 - 40ms

6. 세부 요구사항

FFOL은 먼저, 확장 가능한 아키텍처가 되어야 한다. 적어도 2.4 Gbps까지의 전송율을 지원하고, 20 Km의 물리적 반경을 지원하며, FFOL 망 하나에 10,000 개의 종단 스테이션의 접속이 가능토록 하며, 하나의 FFOL 망에 접속될 수 있는 스테이션의 수가 충분해야 한다.

FFOL은 또한 기존 FDDI 망을 지원하여야 하는데, 즉 FDDI 물리적 토폴로지를 지원 하고, FDDI 케이블 플랜트를 지원하여야 한다.

실제 운용시에는 효율적인 가격대비 성능을 나타내어야 한다. 즉, 초기 망구성 비용은 적어도 10개의 종단 스테이션의 접속이 가능하여야 하며, 100m의 직경에서 운용되어야 한다. 또한 효율적인 가격대비 성능의 조절을 통해 융통성을 발휘할 수 있어야 하

며, 케이블 플랜트(cable plant) 가격보다 접속비용이 우선적으로 저렴하여야 한다.

망구성(configuration)시에는 다양한 환경에서 융통성 있게 운용되도록 한다. 논리적 토폴로지와 물리적 토폴로지의 독립성이 보장되어야 하며, 다중 전송 경로 지원이 가능하도록 한다. 또한 다양한 데이터 전송 속도를 지원하고 다중 물리적 토폴로지와 논리적 토폴로지를 지원할 수 있어야 한다.

FFOL의 전송 및 스위칭 패러다임(paradigm)에는, 공유매체 분산스위칭(shared media distributed switching) 및 분산매체 공유스위칭(distributed media shared switching)이 지원되어야 한다. 또한 공중 링크(SONET/SDH) 및 사설 링크(FFOL) 상에서도 운용 가능하여야 한다.

FFOL은 통합성, 신뢰성, 견고성을 보장하여야 한다. 전송 데이터의 통합성을 위해서 정확한 수신측에게 오류없는 데이터의 전송이 이루어져야 하며, 부패된 데이터의 전송 및 원하지 않는 수신자에게 전송되는 것을 최소화하고, 수신권리가 없는 사용자에게 전송되는 것을 방지할 수 있어야 한다.

FFOL에는 책임 있는 동작(behavior)이 수행되어야 한다. 즉 모든 운용 조건에서 안정된 상태를 유지하기 위해 자기 정의(self-defining), 자기 초기화(self-initializing), 자기 처방(self-healing)기능이 망내에서 스스로 수행되어야 한다.

고의적인 스테이션 삽입 및 제거로 인한 망 침해를 방지되어야 한다. 망에 변화가 발생하였을 경우, 망의 초기화를 수행시에는 수 millisec 내에 서비스를 초기화 및 확립할 수 있도록 빠른 속도로 진행되도록 하고, 망을 재구성할 때의 재구성속도 역시, 수 millisec 이내에 이루어져서 불편이 없도록 한다. 망의 재구성은 서비스 파괴를 최소화 하는 범위에서 재구성되어야 한다. 고장 발생시에는 즉시 대처하여 적절한 물리적 redundancy하에, 서비스의 고 유용성을 유지하도록 하며, 다중 고장으로부터 즉시 복원할 수 있는 능력을 보유함으로써 운용에 최소의 영향만을 끼치도록 하여야 한다. 또한 건실한(robust)오류 복원 능력을 보유함으로써, 망의 크기등 다른 조건에 대해 민감하지 않도록 하고, 영구적이 아닌, 일시적 고장만을 허용하도록 한다. 그리고 망 재구성은 망의 효율 및 활용도가 증가할 수 있는 경우에만 하도록 하며, 고장에 대해서는 뛰어난 대응책을 써서 고장 발생시 서비스의 재구성 및 복원을 수 millisec 이내

에 처리하도록 한다.

7. PMD/PHY 요구사항

FFOL은 사설망 및 공중망에서의 최적운용이 가능하도록 설계되며, 또한 사설링크와 공중링크간의 상호 연결성을 제공하도록 설계된다. 이를 위해 FFOL의 PMD 및 PHY 계층에서는 다음과 같은 요구사항을 만족시켜야 한다.

먼저, FDDI 케이블 플랜트를 활용할 수 있어야 한다. 기존의 62.5 μ m 다중모드 광섬유의 사용은 필수항목으로 하고, 그외의 다중 모드 광섬유의 사용은 선택사항으로 하여 다양하게 지원할 수 있도록 한다. 단일 모드 광섬유의 사용도 역시 선택사항으로 사용할 수 있도록 하고, 이외에 STP(shielded twisted pair), 5 category UTP(unshielded twisted pair)등도 사용가능토록 한다. 그리고 와이어링 방식으로는 현재 널리 쓰이고 있는 빌딩 와이어링 표준인 EIA/TIA-568을 지원할 수 있도록 한다.

제공되는 데이터율(data rate)은 150Mbps부터 2.4Gbps까지 가능하도록 하며, 초기 데이터율은 600Mbps로 한다. 망의 초기운용시에는 직경 62.5 마이크로론의 다중모드 광섬유를 사용하도록 한다. 망 구성시의 초기 비용은 FDDI 접속 비용의 2배를 초과하지 않도록 조절하며, 구성에 대한 융통성이 있도록 한다.

8. SMUX 요구사항

SMUX 기능을 위해서는 동시성트래픽과 비동기트래픽에 대해 시분할다중화 방식(TDM)을 사용하여 다중화하는 방안이 제안되고 있다. 제안된 TDM 프레임은 FDDI-II에 기초하며, 프레임시작(start delimiter)필드, 제어필드(control field), 채널 프로그래밍(programming template)필드, 신호채널(signalling channel) 필드 등이 포함될 수 있다. FDDI-II에서는 전송되는 정보가 각각 6.144Mbps의 대역폭을 갖는 16개의 광대역 채널(wide band channel:WBC)로 구성되는데, 이 채널은 트래픽 발생상황에 따라 비동기트래픽 및 동시성 트래픽을 조화롭게 지원하도록 프로그래밍 된다. 그러나 제안된 FFOL 사이클 구조는 FDDI-II 보다 복잡한 방식으로 설계되어야 하는데, 이것은 데이터 암호화, 내부 신호채널 등과 같은 추가적 기능과 더불어, 비트오류에 대해 보다 탄력적으로(resiliently) 설계되어야 하

기 때문이다.

또한 SMUX는 AMAC과 IMAC과의 독립성, AMAC의 수에 대한 독립성, IMAC의 수에 대한 독립성이 유지되어야 하며, 또한 SMUX 관리 역시 AMAC에 대해 독립적으로 수행되어야 한다. SMU는 CCITT 권고안 G.709에 준하는 SONET/SDH 표준과의 효율적인 interworking을 수행하여야 하고, FDDI-II 의 Wide Band Channel(WBC)과 효율적인 interworking을 지원하도록 설계되어야 한다.

9. 비동기 매체접근제어 프로토콜(Asynchronous MAC: AMAC) 요구사항

FFOL 표준화위원회에서 가장 큰 관심을 가지고 진행되고 있는 것은 비동기서비스를 제공하기 위한 새로운 AMAC 프로토콜 설계라고 할 수 있다. 이것은 새로운 통신망을 설계하는데 있어서 중요한 항목이 되기 때문이다.

AMAC에는 하나 이상의 경로 설정방법이 있어야 하며, AMC 설계시에는 설계의 용이성 및 간결성을 보임으로써, 프로토콜이 쉽게 정의되고 문서화되어야 한다. 그 결과 이해 및 구현이 용이해야 한다.

AMAC에 의해 제공되는 서비스는 전송되는 SDU의 통합성을 제공하여야 하며, 오류가 있는 SDU 전송 확률을 극소화 시키며, SDU가 정확하게 전송되도록 한다.

AMAC은 다양한 비동기 데이터 스트림을 지원한다. 즉, 연결형 및 비연결형 흐름, 단방향, 양방향 및 다중 방향의 흐름을 지원하며, 또한 연속(continuous) 및 단속적(bursty)인 트래픽을 지원한다.

비동기 채널용량은 다중화의 융통성을 고려하여 할당함으로써, 비동기트래픽이 존재하지 않을 경우 등시스트래픽이 비동기 채널의 전 용량을 사용할 수 있도록 하여 채널활용률을 높이고, 또한 많은 종류의 데이터 스트림이 비동기 채널을 동시에 공유할 수 있도록 함으로써 사용자간에 공정한 채널할당을 가능케 하도록 한다.

정보전송시에는 짧은 블럭 정보에 대한 효율적인 전송을 하기 위해 최소 16 바이트의 SDU를 사용하도록 허용하고, 큰 블럭 정보를 효율적으로 전송하기 위해 적어도 16k 바이트의 SDU 길이를 사용할 수 있도록 한다.

ATM 같은 셀구조 트래픽의 효율적인 전송, BISDN과 효율적인 연동, 양단간 손실없는 데이터 전

송을 지원하고, 중단에서 손실없는 수신 및 전송을 하기 위해, 수신측 데이터 처리율을 초과하지 않도록 조절하며, 효율적인 재결합(reassembly)을 수행한다.

또한 FDDI 동기 서비스와 같이 보장된 대역폭을 제공하며, 트래픽 특성에 적합하게 우선순위를 설정하도록 한다.

서비스 품질을 결정하는 요소에는 양단간 전송시간(SAP-to-SAP), - 최대 지연시간, 최대 지터 - 접근 지연시간, 전송지연시간, 전송확률, 항등 대역폭 유지기능, 최대 대역폭 등을 들 수 있는데, AMAC에서는 이러한 서비스품질을 만족시키도록 설계한다.

그리고, FDDI 및 IEEE802.x와의 효율적인 브리징 기능, 다양한 속도를 지닌 FFOL 링크간의 릴레이 기능을 지원하여 서로 다른 논리적 비동기 채널 속도간의 조화를 유지한다.

보안(Security)면에 있어서는, SDU가 수신권리가 없는 사용자에게 전송되는 일이 없도록 하며, computationally, data integrity, casual penetrator, malicious penetrators의 침입 등을 고려한다.

AMAC은 망의 구성, 서비스의 통합, 트래픽 분산, 가변 부하 및 일시 부하와 같은 부하입력조건 등 모든 운용조건에서 안정된 동작을 수행해야 한다. 또한 FFOL AMAC은 동일한 트래픽 형태, 동일한 데이터율과 동일한 링크를 사용했을 때 다른 표준 프로토콜과의 성능 비교시, 우수성을 발휘하도록 하여야 한다.

입력되는 부하상황에 따라 적절한 대응책이 있어야 하는데, 적은 부하 입력시에는 채널접근시간이 적도록 하고, 과부하 입력시에는 각 사용자간에 공정성을 유지하도록 한다. 특히 과부하 입력시에는 입력 부하에 따른 다양한 전송 능력을 보유하고, 사용되는 공정성 유지방법이 망운용을 방해하지 않도록 함으로써, 스테이션간의 채널접근 경쟁이 없고, 대역폭사용시 사용자간에 불공정성이 존재하지 않는 경우에도 망운용에는 영향을 주지 않도록 설계한다. 또한 대역폭이 예약된 서비스 운용을 방해해서는 안되며, spatial reuse를 사용할 때 병목현상이 나타나는 링크에서 공정성을 유지할 수 있도록 한다.

가변 부하에 대해서는 상황에 따라 동적으로(dynamically) 대처하여, 빠르게 응답(response)한다. 슬롯등의 망자원 재사용을 통해 통신망 링크의 최적 운용을 가능케 하며, 동일 경로상에서 양방향 데이터 흐름을 지원한다. 비동기 채널의 비트전송율

을 고려하여 망활용율이 망의 크기에 민감하지 않도록 설계하고 과부하입력시에도 높은 활용율을 제공하도록 한다.

지연 시간측면에서는 과부하 입력시 제한된 접근 지연시간, 전송 지연시간, 전파지연에 대한 독립성, 비동기 채널 용량에 대한 독립성, 노드의 수에 대한 독립성, 입력 부하에 대한 독립성을 유지할 수 있도록 한다.

우선순위할당은 트래픽 특성에 따라 효율적으로 이루어져야 하며, 우선순위 역전(inversion) 및 오버헤드를 최소화하도록 설계되어야 한다.

망 운용, 관장, 관리면에서는, 망구성을 위한 준비 절차를 최소화하고, 망의 자기정의(self-defining) 기능보유, 최적운용을 위한 운용 파라미터들의 조정 등이 가능하도록 한다. 또한 망초기화 속도, 재구성 속도, 재구성 범위, 재 경로설정으로 인한 오버헤드(overhead)를 최소화한다. 망의 고장발생시에는 적절한 대책이 있어야 하는데, 즉 자기 처방(self-healing) 기능, 다중 고장으로 인한 복원 기능을 지녀야 하며, 어떤 경우에도 망의 운용에 영향을 끼쳐서는 안된다. 건실한(robust) 오류 복원 기능을 통해 오류복원기능이 망크기, 비동기 채널 용량등에 민감하지 않도록 한다. 또한 일시적(transient) 고장인지 지속적(persistent) 고장인지를 구분하여 처리할 수 있어야 한다.

10. 동시성 매체접근제어(IMAC)프로토콜 요구사항

CCITT 권고안 G.709에 준하는 SONET/SDH 표준과 효율적인 연동을 지원하여야 한다.

Ⅲ. 기본 아키텍처를 위한 고려사항

FFOL 기본아키텍처를 설계하기 위한 고려사항으로는, 통신망 토폴로지(topology), 통신망 규모, 참조 모델의 설정, 노드 구조, 물리적 연결성(connectivity), 물리적 토폴로지 모델, 동기화 방식과 통신망 운용을 위한 노드 구성(configuration) 방식,마스터 노드의 선정, 망 초기화 및 오류 복원 방식등을 들 수 있다. 표 8은 각 계층에서 고려하여야 될 주요항목들을 나타낸 것이다.

표 8. FFOL기본 아키텍처 설계를 위한 고려사항

계층	고려 사항
SMT	노드의 기본적인 관리(관리서비스, 노드설비관리, 망관리), 비동기매체접근관리(비동기서비스 및 마스터기능, 릴레이기능관리), 동시성매체접근관리(동시성서비스 및 릴레이기능관리)
IMAC	일반특성, 프로토콜데이터유니트(PDU)구조, 운용, 오류처리, IMAC 서비스할당량
AMAC	일반특성, 프로토콜데이터 유니트(PDU)구조, 성능특성, 오류처리, AMAC서비스 할당량
SMUX	기능구조, FFOL 사이클 구조, 운용, 오류처리, SMUX서비스 할당량
PHY	FFOL 포트구조, PHY기능, 사설링크(코딩), 공중링크
PMD	사설링크, 공중링크

Ⅳ. FFOL 설계를 위한 매체접근제어(MAC) 프로토콜

본 절에서는 FFOL 설계를 위한 MAC 프로토콜들을 기술한다. 현재 FFOL의 MAC 프로토콜을 위해 제안된 대표적인 프로토콜에는 NTT/BT가 제안한 ATMR, IBM이 제안한 MetaRing, 그리고, Ascom 이 제안한 Distributor가 있다. Distributor는 MetaRing과 ATMR의 장점을 고려하여 만든 것이다.

1. ATM Ring(ATMR)

ATM Ring은 NTT에서 제안된 것으로써 양방향으로 회전하는 이중링으로 구성되며, 슬롯구조를 갖는다. ATM Ring은 ATM 전송방식을 사용하여 통합된 접근, 스위칭 및 전송기능을 제공한다. 또한 ATM Ring은 B-ISDN의 ATM 계층과 동일한 레벨의 다중접근 프로토콜을 사용한다. 수신노드에서 수신주소 및 내용을 소개하여, 이미 사용된 셀을 하위 노드가 사용할 수 있게 함으로써 약 2배의 효율을 올릴 수 있으며, 이와 더불어 이중링을 사용하면 더욱 망효율을 향상시킬 수 있다. 또한 ATMR은 다양한

기능과 전송속도로 인하여 기존 통신망들을 연결할 수 있는 기간망으로 사용될 수 있다. ATM Ring에서는 연결형 및 비연결형 서비스까지 모두 제공되며, 대역폭예약을 위해서 윈도우 및 reset방식을 사용한다. 그밖에 ATM Ring은 다중점(multipoint), 방송형(broadcast) 통신기능을 제공하며, 링 재구성을 통한 링크 및 스테이션상의 오류를 비교적 쉽게 처리한다. 그러나 ATM Ring은 기능에 비해 구조가 복잡하며, 동시에 활성화(active)될 수 있는 사용지수가 제한되어 더욱 빠른 스위칭이 요구된다.

2. MetaRing

MetaRing은 서로 반대 방향으로 회전하는 이중링으로 구성되며, 각 스테이션은 양쪽 링에 연결되어 최단경로로 패킷을 전송한다. 패킷은목적지 스테이션에 의해 제거된다.전송할 패킷을 가진 스테이션은먼저 링 버퍼를 조사하여 비어 있지 않으면 기다린다. 반대로 링 버퍼가 비어있으면 자신의 패킷을 링으로 전송한다. 자신의 패킷을 링으로 전송하는동안 링으로부터 들어오는 패킷은 즉시 재전송된다. 이러한 구조에서는 이중링의 구조 그 자체와 목적지 제거 개념을 이용한 병렬성에 의해 공간 재사용(spatial reuse)이 가능하게 되어 단일 토크링에 비해 약 400 %의 성능향상이 이루어진다. 토크링과 비교해 볼 때, 패킷 지연시간에는링 버퍼로 인한 지연이 추가되나 고속의 광링크임을 고려하면 이러한 추가지연은 링회전시간이라는 보다 긴 전파지연에 비교하여 대수롭지 않다. 버퍼 삽입 링에서는 각 스테이션의 공정성을 유지하기 위한 방법이 필요하다. Meta Ring에서는 링의 부하와 관계없이 링의 회전 지연과 거의 비슷한 속도로 전파되는 제어신호로 이 문제를 해결하는데, 링 A에 대한 공정성 유지 정보를 링 B로 전송한다.이러한 제어방식은 보다 상향의 스테이션들이 과다한 패킷을 전송하는 것을 막아 제어신호의 사이클에 의해 결정된 주기 이내에 링에 접근할 수 있게 한다.

MetaRing의 접근방식에는 버퍼삽입방식과 슬롯구조 방식이 포함되는데, 초기에는 버퍼삽입모드로 동작하고 버퍼지연이 크다고 생각되는 경우에는 슬롯구조방식으로 동작할 수 있다. 슬롯구조방식으로 전환하기 위해서는 스테이션간에 비동기적인 교류가 있어야 하는데, 이것은 슬롯을 생성하기 위한 리더를 선정하기 위한 것이다. 슬롯구조방식으로 동작할 때 각

패킷은 고정된 크기의 슬롯을 통하여 전송된다.

3. Distributor

FFOL의 MAC 프로토콜로써 가장 최근에 제안된 것이 Ascom의 Distributor이다. Distributor는 상기된 두 프로토콜, 즉 ATMR, MetaRing과 많은 유사성을 지니고 있다. 이 프로토콜은 ATMR과 같이 서로 다른 방향으로 회전하는 이중링으로 구성되어 있으며, 접근제어방법은 MetaRing과 거의 유사한 방식을 사용하고 있다.

4. FFOL MAC 프로토콜들의 비교

전술한 3 가지 프로토콜들은 모두 FFOL의 요구사항에 부합하는 공통의 특징을 가지고 있다. 망의 효율을 높이기 위해서 모든 프로토콜들이 최소경로선택 알고리즘과 함께 자원 - 예를 들면, 슬롯 -의 재사용 방식을 가지고 있다. 더욱이 모든 프로토콜들은 매체에 대한 즉각적인 접근을 가능케 한다. 이것은 전송을 위해 토크를 기다릴 필요가 없음을 의미한다. 또한 각 프로토콜들은 많은 우선순위를 제공하며, 시간제약성을 지닌 데이터를 위한 전송방식을 지니고 있다.

FFOL MAC 프로토콜 결정을 위한 중요한 인자는 point-to-point, 단일링, 이중버스등의 서로 다른 토폴로지상에서의 효율적인 동작성 여부에 있다고 할 수 있다. 이러한 형태의 토폴로지에 대한 고려는 저가로 망접근기능을 제공하기 위해 특히 중요하다. 전술한 모든 프로토콜들은 이와같은 요구사항에 부합하도록 설계되어 있다. ATMR은 논리적인 링으로 동작하는데, Reset 신호가 데이터의 흐름과 동일한 방향으로 전송되기 때문에 단일링이나 looped 버스동작을 하는데 있어 아무런 문제점이 없게 된다. MetaRing 역시, 단일 링으로 동작이 가능하며 이때 제어신호 SAT는 데이터와 동일한 방향으로 동작하면 된다. 물론 이때 MetaRing의 처리율(throughput)은 다소 떨어지게 됨은 분명하다. MetaRing의 또다른 장점은 duplex 버스로 동작할 수 있다는 점이다. 이 경우에 SAT 신호는한 버스의 끝에 도달하면 다른 버스를 통해 단순히 되돌아 오기만 하면 된다. 이외에, Distributor도 역시 단일링으로 동작이 가능하나 이때는 거의 MetaRing과 유사한 동작을 하게 된다.

프로토콜의 효율성은 프로토콜들을 평가하는데 있어서 핵심항목이라 할 수 있다. 그러나 실제에 있어

서는 어떠한 성능비교도 간단히 이루어지지 않을 뿐만 아니라 공정한 결과를 가져올 수 없는데, 이는 성능평가 방법이 망구성 및 트래픽 패턴에 대한 가정에 심히 의존하기 때문이다. 또한 비교대상의 모든 프로토콜들은 주어진 어플리케이션을 위한 성능튜닝을 위해 서로 다른 테크닉을 사용하므로 공정한 비교를 하기란 사실상 힘들기 때문이다. 결국 이전에 연구된 간단한 데이터 흐름을 통해서는 유용한 정보를 얻기란 힘든 일이된다. 따라서 이러한 성능비교의 완전성을 기대하기 어려워 제한된 범위내에서의 평가방법이 불가피하게 된다.

기존에 사용된 시뮬레이션 결과를 이용해 볼 때, 전송자원 - 예를들면, 슬롯 - 재사용 및 최소경로 설정 알고리즘을 적용하는 방식을 사용하면 기존의 FDDI보다 더 좋은 성능을 나타낸다. 10개의 노드로 구성된 ATMR은 약 250%의 평균처리율을 나타내며, MetaRing은 SAT 신호가 데이터와 동일한 방향으로 전송될 때는 ATMR과 거의 유사한 처리율을 보이며, 반대 방향으로 전송될 때는 약 20%의 추가증가율을 나타낸다. 한편 Distributor에 대한 성능평가 결과는 아직 공개되고 있지는 않으나 어느 정도의 성능향상이 이루어졌을 것이라고 사료된다.

이러한 성능평가로부터 알 수 있는 것은 FFOL을 위해 제시된 모든 MAC 프로토콜들이 전체적으로 FDDI보다 약 500%의 향상된 효율을 보인다는 것이다. 그러나 기술된 성능비교는 반드시 절대적인 것은 아니다. 더욱이 일반적으로 시뮬레이션에서 사용된 모델은 통신망과 트래픽패턴이 실제상황에서 발견되는 것이 아니라는 것이다. 따라서 시뮬레이션을 통해 얻어진 결과가 한 통신망의 특성을 결정하는데는 유용하지만 실제 성능은 매우 가변적임을 고려해야 한다.

한편, 슬롯 구조링과 버퍼삽입링과의 관계는 많은 흥미를 끌고 있는 항목이다. 버퍼삽입링과 슬롯구조링 모두, 셀구조에 기초한 전송을 가능케 한다. 그러나 버퍼삽입 방식은 슬롯구조방식보다 가변길이의 프레임에 더 적합한데 이것은 설계초기부터 고정된 길이의 프레임 전송만을 고려하지 않았기 때문이다.

지터에 관한 성능을 볼 때, 슬롯구조링은 임의의 두 점간에 고정된 전송지연시간이 있어 그 우수성을 보이는데 반해, 버퍼삽입링은 삽입된 버퍼로 인해 지연시간이 가변적일 수가 있다. 그러나 저속이 아닌 고속 버퍼삽입링에서의 지연변화는 그리 심각성을 띄지 않으므로 이에 대한 정확한 비교는 사실상 힘들다

고 할 수 있다.

MetaRing과 Distributor는 버퍼삽입모드 및 슬롯모드를 지원할 수 있으며, 또한 ATMR도 비록 슬롯구조로 설계되지만 버퍼삽입동작을 지원하도록 확장이 가능하다.

이와같이 각 프로토콜들을 비교해 볼 때, 유사성이 차이점보다 많다는 것을 알 수 있다. 제안된 모든 프로토콜들이 좋은 효율성, 공정성, 다중우선순위, 오류의 복원능력, 보장된 접근지연, 경부하에서의 짧은 지연시간을 보이고 있다. MetaRing과 Distributor는 버퍼삽입모드 및 슬롯모드를 지원할 수 있으며, 또한 ATMR도 비록 슬롯구조로 설계되지만 버퍼삽입동작을 지원하도록 확장이 가능하다. 물론, 엄밀하게 각 프로토콜을 비교해보면 성능면에서는 약간의 차이를 보일 것이다. 하지만, FFOL을 위한 MAC 프로토콜의 선택시에는 적응성(adaptibility), 융통성(flexibility), 비용(cost), 효율성(eficiency), 탄력성(resilience) 등 FFOL 요구사항에 부합하는가를 검토한 후 최종결정해야 한다. 다시말해서, 20%의 성능향상에 비해 복잡도(complexity)나 비용의 증가율이 상대적으로 더 크면 이를 설계에 반영할 수는 없는 것이다. 이외에 프로토콜 설계시에 추가적으로 고려할 사항은 구현(implementation)용이성, 건실성(robustness)등을 들 수 있다.

V. 결 론

1980년대 초반의 기간망(backbone network)은 Xerox의 Ethernet이 주류를 이루었으나, 1980년대 말엽에는 미국표준협회(ANSI)의 X3T9.5 위원회에서 표준화가 진행되어 온 근거리망 표준으로써 FDDI가 기간망(backbone)으로 활용되기 시작했다. 그러나 급증하는 대역폭 증가 및 다양한 서비스 요구로 인하여 1990년대 초부터 표준화가 진행되어 온 FDDI follow-on LAN(FFOL)이 FDDI의 구조 및 전송속도의 한계를 극복함으로써, 멀티미디어, HDTV 등 다양한 서비스를 제공하는 통신망으로써 널리 활용될 것이 예상되고 있다.

그러나, 현재 FFOL은 표준화 초기단계에 있어 많은 부분이 정립되어 있지 않은 상태이다. FFOL 설계를 위한 기본사항은 1993년초에 완성된다. 지금까지

FFOL의 통신망 구조를 설계하기 위하여 다양한 통신망 구조가 소개되고 있으나, 각각의 장점 및 단점이 함께 부각되어 선뜻 채택되고 있지 않은 실정이다.

본 고에서는 FFOL의 표준화 동향 및 기본구조, 그리고 일반 요구사항 및 세부요구사항을 기술하였다. 또한 FFOL의 매체접근제어(AMAC) 프로토콜로써 제안된 프로토콜들을 기술하고 이를 비교분석하였다.

현재까지 FFOL의 매체접근제어(MAC) 프로토콜로써 제안되고 있는 대표적인 프로토콜에는 ATMR, MetaRing, Distributor 등이 있는데, 이에 대한 정확한 성능비교가 제한된 조건하에서만 수행되어왔기 때문에, FFOL 요구사항을 고려한 다양한 성능평가가 필요하다. 향후 당실에서는 각 프로토콜에 대한 세밀한 성능평가를 수행하여 FFOL 매체접근제어(MAC) 프로토콜 설계에 이를 반영할 계획이다. ㉠

參 考 文 獻

- [1] FDDI-Physical Medium Dependent (PMD), ISO Standard 9314-3, 1990
- [2] FDDI-Physical Layer Protocol(PHY), ISO Standard 9314-1, 1989
- [3] FDDI-Media Access Control (MAC), ISO Standard 9314-2, 1989
- [4] FDDI-Station Management (SMT), ANSI X3T9.5 Rev 7.1
- [5] FDDI-Hybrid Ring Controller (HRC), ANSI X3T9.5 Rev 6.22
- [6] F.E. Ross, "An overview of FDDI: The fiber distributed data interface," *IEEE J. Select. Areas Commun.*, vol. SAC-7, no. 7, Sep. 1989.
- [7] M. J. Johnson, "Proof that timing requirements of FDDI token ring protocol are satisfied," *IEEE Trans. Commun.*, vol. 1, COM-35, no. 6, pp. 620-625, June, 1987.
- [8] ANSI X3T9.5 FFOL Draft 92-060
- [9] Y. Ofek, "MetaRing - A full duplex Ring with fairness and spatial reuse," Infocom 1990.
- [10] Japanese National Body: "Specification for the Asynchronous Transfer Mode Ring(ATMR) Protocol," JTC1/SC6 WG6 1991. [12] 한국전자통신연구소 주간기술동향 550호 : FFOL 표준화동향
- [11] 정성호, 석정봉, 임동규, 최선완, 최양희, "FDDI 토큰 링의 성능분석," 제1회 통신정보 합동학술대회 (JCCI '91) 논문집
- [12] 정성호, 강현국, 석정봉, "FDDI Follow-On LAN(FFOL)의 일반요구사항 및 기본사양," TM92- 4310-051, 한국전자통신연구소 ㉠

筆者紹介



鄭成鎬

1965年 7月 7日生

1988年 2月 한양대학교 전자공학과(학사)

1990年 2月 한양대학교 전자공학과(석사)

1990年 2月 ~ 현재 한국전자통신연구소 표준연구1실 연구원

주관심분야: 프로토콜 성능 평가, 프로토콜 설계, Internetworking.



姜顯國

1959年 6月 9日生

1982年 2月 고려대학교 공과대학 전자공학(학사)

1984年 12月 University of Michigan, AnnArbor Electrical Engineering(석사)

1990年 9月 Georgia Institute of Technology Electrical Engineering, 컴퓨터네트워크(박사)

1986年 6月 ~ 1987年 7月 조지아공대 네트워크 실험실 Engineer

1991年 7月 ~ 현재 한국전자통신연구소 선임연구원

주관심분야: 프로토콜 설계 및 성능분석, Queueing Theory, 네트워크 모델링, 데이터통신.



石晶峰

1956年 8月 9日生

1979年 2月 연세대학교 전자공학과(학사)

1981年 2月 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(석사)

1989年 5月 Univ. of Massachusetts. 전기 및 컴퓨터 공학과(박사)

1981年 3月 ~ 현재 한국전자통신연구소 표준연구1실장, 책임연구원

주관심분야: 컴퓨터 통신망 모델링 및 성능분석, 고속광대역 통신망의 트래픽 제어, 큐잉 네트워크의 최적화.