

《主 題》

고속통신을 위한 프로토콜

임 용 준 · 박 승 철 · 최 양 희

(서울대학교 컴퓨터공학과)

■ 차 례 ■

I. 개요	VI. 보장형 멀티포인트 서비스 망
II. 서비스 및 응용	VII. 고속 트랜스포트 프로토콜
III. 고속 통신 프로토콜 구조 모델	VIII. 멀티미디어 동기화
IV. 링크 액세스 프로토콜	IX. 멀티미디어 (Conference Call) 제어
V. 경로배정 프로토콜(Routing Protocol)	X. 결론

I. 서 론

80년대 후반 이후 급속하게 발전하고 있는 통신망 기술은 분산 멀티미디어 응용 등 다양한 응용들을 새롭게 출현시키고 있으며, 이러한 응용들을 효과적으로 지원하기 위해서는 기존 통신 프로토콜 체계를 새롭게 변화시켜야 한다는 많은 지적들이 제기되고 있다. 이에 따라, 미국, 일본, 유럽 등의 많은 연구 기관에서 차세대 통신망 환경에 적합한 통신 프로토콜 체계 구축을 위한 다양한 연구들을 진행하고 있으며, 분야에 따라서는 실용화 단계에 까지 이르고 있다. 통신망 기술과 관련하여 가장 많은 연구가 진행된 분야는 데이터 링크 계층이하의 프로토콜과 전송 기술이다. 이 분야의 급속한 발전은 수 Gbps 급의 전송 속도를 제공하는 망들을 출현시키고 있다. 이에 비해 망 계층 이상의 통신 프로토콜 구조에 대한 연구는 상대적으로 미흡한 실정이었다. 따라서, 고속통신망의 전송 능력을 효과적으로 활용하고, 차세대 멀티미디어 응용에 필요한 통신 서비스를 체계적으로 제공하기 위한, 상위 계층 프로토콜 체계에 대한 많은 연구들이 현재 진행되고 있다.

차세대 고속통신망 환경에 적합한 프로토콜 체계

구축과 관련하여 중요한 현안으로 제기되고 있는 문제들을 편의상 OSI 7 계층 모델과 연계하여 정리하면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

- 데이터 링크 계층
 - 고속 전송
 - Synchronous, Isosynchronous Traffic의 수용
 - 신뢰성 제고
- 망 계층
 - 보장형(Guaranteed) 서비스 제공(Throughput, End-to-End Delay, Jitter, Error Rate)
 - 효율적인 멀티캐스트
 - 효율적인 Routing
- 트랜스포트 계층
 - 고속 처리(Error 처리, Flow Control, 연결 관리, 병렬 구조)
 - 실시간 데이터의 지원(오디오, 비디오 등)
- 세션 계층
 - 멀티미디어 동기화
 - 다중 연결(Multiconnection) 세션 관리
 - 멀티포인트 연결 관리
- 표현 계층
 - 고속 부호화/복호화
 - 멀티미디어 표현 방식의 표준화

- 응용 계층

멀티미디어 응용 지원(멀티미디어 회의, TV 분배, Video On Demand 등)

- 멀티미디어 멀티포인트 Call 제어

이러한 현안들에 대한 연구는 현재 분야에 따라 개별적으로 진행되는 실정이며, 향후 ITU-T, ISO 등 표준화 기관을 통한 체계적인 통합과 표준화가 진행될 것으로 전망한다.

여기에서는, 차세대 통신망 구축과 관련하여 진행되고 있는 다양한 연구들의 현상태를 살펴봄으로써, 각 분야에서 어떤 작업들이 어떤 형태로 진행되고 있는지를 파악하고자 하는데 그 목적이 있다. 먼저, 제 2장에서 차세대 고속통신망 환경에서 활성화될 것으로 예상되는 응용들에 대해서 분석하고, 이러한 응용들을 고속망 환경에서 효과적으로 실현하기 위해 표준화 기관과 유수 연구 기관에서 진행하고 있는 프로토콜 구조 설정 연구에 대해 제 3장에서 개략적으로 분석한다. 제 4장에서는 많은 연구 기관에서 제안하고 있는 다양한 고속 전송 기술과 관련 프로토콜들을 사례별로 분석하고, 5장과 6장에서는 망 레벨의 현안과 관련된 연구 방향과 내용에 대해 살펴본다. 고속통신망의 전송 능력을 효율적으로 활용하기 위해 가장 시급하게 개선되어야 할 분야로 지적되고 있는 트랜스포트 계층의 현안과 이미 제시되고 있는 대안들에 대한 간략한 분석 결과는 제 7장에서 설명한다. 그리고 8장과 9장은 멀티미디어 응용 실현을 위해 필요한 동기화 문제와 멀티미디어 Conference Call 제어 문제에 대해 각각 간략하게 언급한다.

II. 서비스 및 응용

기존의 통신망의 구성은 응용에 따라 독립적인 망을 구축하는 방식이 사용되었다. 예를들면, 전화 서비스의 경우 실시간 회선 교환망, 방송 서비스를 위한 방송망, 화일 전송과 전자 우편, 화일 서버등 컴퓨터 통신 서비스의 경우 패킷교환망, 그리고 화상 회의와 같은 대용량 정보의 실시간 교환을 필요로 하는 경우 별도의 대용량 전용망을 구축하여 응용이 필요로 하는 적절한 서비스를 각각 제공하여 왔다. 그러나, 현재 급속한 발전이 진행되고 있는 고속통신망의 경우, 기존의 다양한 응용에서 사용하는 다양한 미디어(음성, 비디오, 하이파이 오디오, 텍스트, 이미지, 이진 데이터등)를 수용할 수 있는 능력을 충분히 제공하고 있기 때문에, 다양한 응용 서비스들이 하나의 망에서

제공될 수 있는 환경을 제공한다. 더욱이, 이러한 능력의 서비스가 지금의 근거리 통신망에서와 같이 좁은 지역에서만 제공되는 것이 아니라, 범세계를 담당할 수 있는 광역 서비스가 될 수 있다. 따라서 차세대 고속통신망에서는 기존에 생각할 수 없었던 다양한 사용자(End-user) 멀티미디어 응용 서비스들의 출현을 가능하게 할 것이다.

이러한 분산 멀티미디어 응용에 대한 설명을 하기 전에 우선, 광역 고속통신망의 출현이 가져올 분산 컴퓨팅 환경의 변화에 대해 살펴보기로 한다. 고속통신망의 출현은 현재의 근거리 통신망(LAN, MAN)들의 고속 접속을 가능하게 함으로써, 기존에 근거리 통신망에서만 활용되던 여러가지 응용 서비스들(망 화일 시스템, 분산 데이터 베이스, 분산 운영 체제, 원격지 프로시저 호출등)을 광역망으로 쉽게 확장시킬 수 있게 될 것이다. 이는 분산되어 있는 자원들에 대한 공유를 더욱 쉽게 만들어 줌으로써, 현재의 컴퓨터 시스템 구성 방식에 상당한 변화를 가져오게 될 것이다. 예를들면, 지금의 컴퓨팅 환경이 중앙 집중식 또는 근거리 통신망 중심의 분산 시스템중심으로 이루어져 있는 데에 비해, 고속통신망 환경에서는 광역망에서의 완전한 분산 시스템 구축이 가능해지고, 따라서 보다 적은 비용으로 특정 응용 서비스를 받을 수 있게 됨으로써 통신망 응용의 급속한 보급이 이루어지게 될 것이다. 근거리 통신망 접속 응용은 고속통신망의 초기 응용으로 매우 중요한 비중을 차지하게 될 전망이다.

이와 같은 상황에서 예상할 수 있는 분산 멀티미디어 응용들을 실시간 전송에 대한 요구 정도, 축적 재생력, 정보 서비스 센터의 개입 여부등에 따라 분류해 보면, 그림 1과 같이 나타낼 수 있다.

현재 N-ISDN등에서 부분적으로 제공되고 있는 비디오 회의(화상 회의)와 비디오 전화 서비스의 제공이 쉬워지고, 데스크탑 회의, 실시간 원격 교육, 재택검진등 현재의 환경에서 제공되기 어려운 응용 서비스들이 보편화될 것으로 예상된다. 데스크탑 회의의 경우, 데스크탑 멀티미디어 워크스테이션들을 고속통신망으로 연결함으로써, Face-to-Face 회의 기능과 화면 공유를 통한 공동 작업을 가능하게 한다. 따라서 이러한 응용은 기존의 공동 작업 형태에 획기적인 변화를 가져오게 될 것으로 전망된다. 또한, 유사한 도구를 활용하여 지역적으로 멀리 떨어진 사람들을 대상으로 교육 서비스등을 쉽게 제공할 수 있으며, 병원에 직접 찾아가지 않고도 워크스테이션을 통한 실

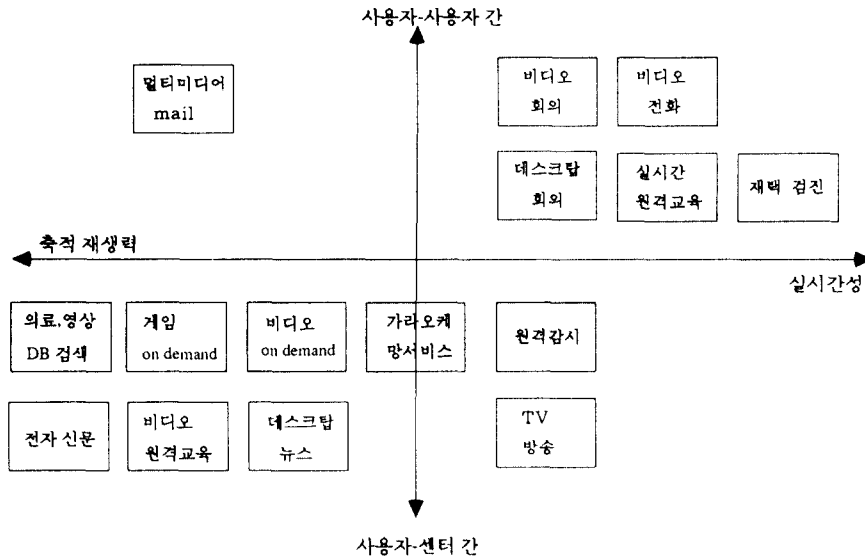


그림 1. 고속통신망에서의 멀티미디어 서비스

시간 검진 서비스를 받을 수 있게된다. 이러한 응용들은 사용자-사용자간의 실시간 멀티미디어 정보의 교환을 통해 이루어질 수 있는 것들로서, 차세대 고속망에서 실시간 데이터 전송이 매우 중요한 요소가 되어야 함을 말해준다. 또한, 대부분의 응용서비스가 기존의 사용자간의 일대일(Point to-Point) 통신 방식이 아닌 다자간(Multipoint) 통신 서비스를 요구함을 알 수 있다.

향후 실시간성 응용 서비스로 활성화될 것으로 예상되는 또다른 것들로는 대화형 TV 응용과 원격감시, 원격 검사등을 들 수 있다. 차세대 광역 고속통신망은 현재의 TV 방송 정보 전달 매체로 충분히 활용될 수 있을 것으로 예상되고, TV 수신기와 컴퓨터의 결합은 보다 복잡하고 다양한 제어 기능을 제공할 수 있기 때문에, 현재의 단방향 Broadcast 형태의 TV 서비스 뿐만아니라 사용자가 TV 수신 내용, 시간, 품질등을 제어할 수 있는 대화형 TV 서비스 응용의 실현을 보다 용이하게 한다. 따라서, TV 응용을 통한 다양하고 복잡한 서비스를 제공할 수 있을 것으로 예상된다. 이 경우에도, 멀티미디어 화상 회의와 같이 TV 센터로부터 수신자에게로의 실시간 데이터 전송이 매우 중요하고, Broadcast/Multicast등의 다자간 통신 서비스가 효율적으로 제공되어야 한다.

고속통신망 기술과 함께 멀티미디어 처리 기술, 대

용량 저장 기술, 고속 데이터 처리 기술의 발전은 기존의 텍스트, 이미지, 그리고 음성 중심의 단순한 축적 재생 서비스에 큰 변화를 가져오게 될 것이다. 대용량 멀티미디어 데이터베이스, 비디오 화일 서버등의 구축이 가능해짐으로써, 현재로서는 생각하기 어려운 영상 의료 정보 서비스, 요구분 비디오와 게임 서비스(Video on Demand, Game on Demand), 전자 신문 검색, 원격 비실시간 비디오 교육등 다양한 응용서비스의 제공이 가능해진다. 또한 현재 컴퓨터 통신망의 대표적인 응용인 전자 우편 서비스의 멀티미디어화도 쉽게 지원할 수 있을 것이다.

이외에도 Virtual Reality를 분산 환경에서 응용한 서비스등 다양한 응용 서비스들이 가능할 것이다. 차세대 고속통신망에서 활성화될 이러한 응용들의 특징을 간략하게 요약해 보면, 오디오, 비디오, 텍스트, 데이터등이 하나의 응용에 통합되어 사용되는 경우가 많아지고, 실시간 데이터 전송이 중요한 비중을 차지하며, 다자간 통신 서비스를 요구하는 응용들이 많아 진다는 점이다.

III. 고속 통신 프로토콜 구조 모델

3.1 새로운 프로토콜 구조 설정의 필요성

기존의 TCP/IP, OSI, SNA 등과 같은 프로토콜 구조

는 70년대에 저속이면서 신뢰성이 결여된 망환경에서, 텍스트나 이미지 등과 같은 불연속적이고 비실시간성의 단일미디어 데이터의 Point-to-Point 통신에 적합하게 설계되어 검증적으로 발전되어 왔다. 이러한 점진적인 발전은 80년대 후반부터 컴퓨터 통신망에서 멀티미디어 처리에 대한 요구가 증가하고 통신망 기술이 급속하게 발달함에 따라 새로운 도전에 직면하고 있다. 이러한 도전들은 멀티미디어 회의, 비디오 분배, CSCW(Computer Supported Cooperative Working), VOD(Video On-Demand) 등 분산 멀티미디어 응용들과 같은 새로운 유형의 응용들이 요구하는 통신 서비스들을 어떻게 효과적으로 수용할 것인가와, 고속화되고 고신뢰성의 통신망을 효과적으로 활용하기 위해서는 프로토콜 구조가 어떻게 변화되어야 하는가의 두가지 문제로 요약될 수 있다.

전자의 경우, 먼저 오디오나 비디오와 같은 실시간 연속미디어의 전송이 요구하는 보장형(지연시간, Jitter, Throughput, 오류율 등) 서비스를 어떻게 수용할 것인지가 매우 중요한 문제이다. 기존의 프로토콜 구조에서는 기본적으로 오류율에 대한 보장을 제외하고는 Best-effort 형태의 서비스를 제공한다. 그러나 오디오나 비디오와 같은 새로운 미디어들은 오류율에 대해서는 어느 정도 관대하지만 지연 시간, Jitter, Throughput 등에 대해서는 엄격한 보장을 요구하는, 반대되는 특성을 요구한다. 이러한 미디어 특성은 일반적으로 확장된 QoS(Quality of Service) 개념[25, 26]으로 정의된다. 다양한 분산 멀티미디어 응용들이 요구하는 또 하나의 새로운 통신 서비스는 멀티포인트 통신의 효율적인 지원이다. 멀티미디어 회의 응용을 포함한 많은 새로운 응용들이 멀티포인트 통신 서비스를 요구하며, 응용 또는 상황에 따라 대칭형(Symmetric) 또는 비대칭형(Asymmetric)의 멀티포인트 통신 서비스를 요구할 수 있다. 분산 멀티미디어 응용에서의 멀티포인트 통신은 대부분 실시간 전송 서비스를 요구하므로 여기에 적합한 통신 방식의 개발이 요구된다. 즉, 응용 계층 수준에서 Point-to-Point 연결의 조합으로 멀티포인트 연결을 설정하고 Store-and-Forward 방식으로 멀티포인트 데이터 전송을 수행하는 것과 같은 멀티포인트 통신은 큰 지연시간을 요구하므로 부적절하다. 대신, 망 계층에서의 적절한 멀티포인트 통신 서비스의 지원이 요구된다. 일반적으로 분산 멀티미디어의 응용이 요구하는 통신 서비스는 특성이 서로 다른 여러 개의 미디어(예를 들어, 오디오, 비디오, 그리고 데이터)의 동시교환을 요구

하고, 각 미디어는 서로 다른 QoS를 요구하므로, 각각 서로 다른 연결에 의해 전달되는 것이 바람직하다[27, 28, 29]. 즉, 하나의 응용은 다중 연결 구조의 Call 또는 Association에 의해 통신 서비스를 제공받아야 하는 것이다. 하나의 Call에 속한 연결 상호간에는 멀티미디어의 속성상 주어지는 특정한 관계가 설정될 수 있다. 대표적인 관계는 동기(Synchronization) 관계이다[30, 31, 32, 33, 34]. 즉, 비디오 전화나 멀티미디어 회의 응용에서 비디오 정보와 음성 정보를 각각 다른 연결을 통해 전달할 때, 이 두 연결을 통한 데이터 전송은 동기화가 이루어져야 한다. 기존 프로토콜 구조에 대한 도전중 후자, 즉, 신뢰성 있는 고속망의 효과적인 활용을 위한 프로토콜 구조의 재조정 문제는, 100Mbps 이상의 고속망에서 제공되는 전송속도를 손실없이 응용에 전달할 수 있도록 프로토콜 구조를 고속처리에 적합하게 구성하는 것이다. 이를 위해서, 기존의 프로토콜 구조에서 Multiplexing/Demultiplexing, 오류 복구, 흐름 제어(Flow Control) 등과 같이 여러 계층에서 걸쳐 중복되어 정의되어 있는 기능들을 제거하고, 불필요한 데이터의 복제를 유발할 소지가 많은 계층의 수를 가능하면 축소하며, 병렬 처리를 통한 고속처리에 적합하도록 프로토콜 구조의 병렬화, 그리고 PDU(Protocol Data Unit)의 구조를 간단하게 하여 처리시간의 단축뿐만 아니라 하드웨어에 의한 구현에 적합하게 하는 것 등이 필요한 것으로 제시되었다[35, 36, 37]. 그러나 이와 같은 프로토콜 구조의 재구성에 대한 필요성은 어느 정도 인정되고 있으나(일부에서는 고속 구현만으로도 기존 프로토콜 구조를 통한 소속망 서비스의 지원이 가능한 것으로 주장하고 있다.), 기존 프로토콜과의 호환성 문제로 인하여 이와 같은 방식의 새로운 프로토콜 구조의 일반화는 많은 시간이 걸릴 것으로 예상된다. 대신, 실시간 데이터 전송 프로토콜, 멀티포인트 통신 프로토콜 등 새로운 응용들의 효과적인 지원을 위해 새롭게 설계되고 개발되는 프로토콜들에 대해서는 이러한 개념들이 충실히 반영될 것으로 전망된다.

현재 많은 연구 기관과 표준화 기관에서 B-ISDN과 같은 고속 통신망에서 분산 멀티미디어 응용의 효과적인 지원을 위한 새로운 프로토콜 구조 설정에 관한 연구가 진행되고 있다. 본 장에서는 이들중 몇가지의 사례를 소개함으로써 이들의 연구 방향을 살펴보고 관련 문제들을 파악하고자 한다.

3.2 ITU-T의 B-ISDN 프로토콜 구조

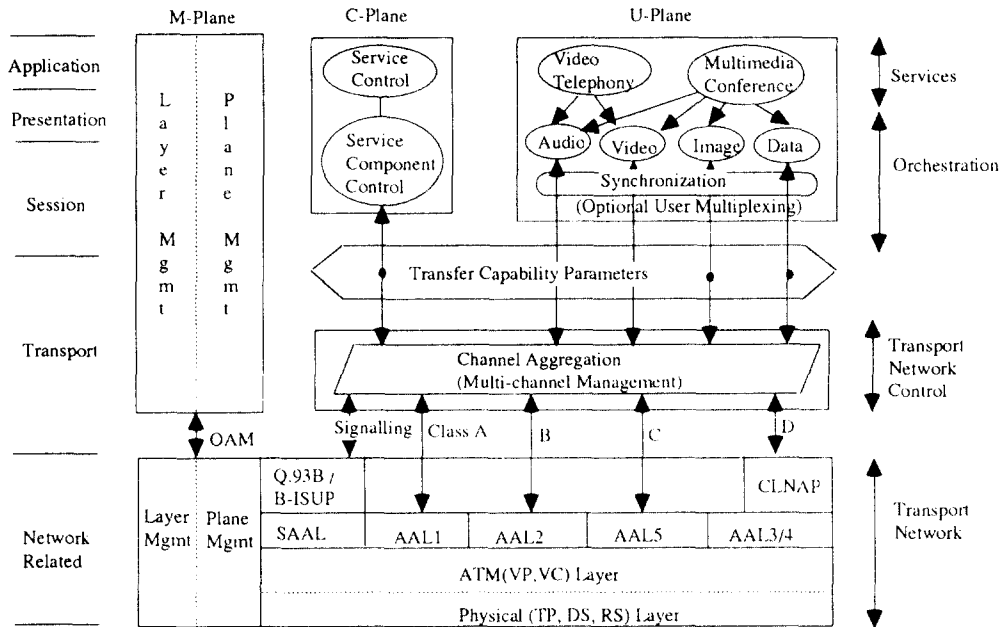


그림 2. 멀티미디어 서비스를 위한 B-ISDN 프로토콜 구조 모델

B-ISDN의 표준화 작업 그룹의 하나인 ITU-T/SG 13에서 분산 멀티미디어 응용의 지원을 위해 제시한 B-ISDN 프로토콜 구조는 그림 2과 같다[38].

이 모델에서 비디오 전화나 멀티미디어 회의와 같은 하나의 멀티미디어 응용은 특정 단일 미디어의 통신 서비스를 제공하는 서비스 요소(Service Component)들의 조합으로 구성되는 것으로 모델링하고 있다. 이러한 서비스 요소들은 필요에 따라 특정한 응용 내에서 동적으로 할당되거나 제기될 수도 있다. 각 서비스 요소들은 상호간에 동기(Synchronization) 관계가 설정될 수 있으며, 각각의 QoS에 적합한 트랜스포트 프로토콜과 망 서비스로 Mapping되어진다. 각 서비스 요소에 대한 적절한 자원(Transport, 망 서비스 등)의 Mapping은 별도의 서비스 제어 모듈을 통한 협상으로 결정되고, 특정 멀티미디어 서비스 단위의 제어는 서비스 제어 모듈에 의해 이루어진다. B-ISDN에서는 제어서비스가 사용자 데이터를 처리하는 서비스 요소들과 완전히 분리되는 Out-band 제어 개념을 도입하고 있는데, 이것은 특정 서비스 요소에 대해 미리 할당된 QoS가 제어 정보의 처리로 인해 훼손되는 것을 방지하고, 보다 유연한 제어 서비스의 제공을 위한 것이다.

B-ISDN 상에서 멀티미디어 서비스를 제공하기 위해 요구되는 기능들을 OSI 참조 모델의 계층 구조와 비교하여 정리하면 표 1과 같이 나타낼 수 있다[38].

3.3 Internet 프로토콜 구조의 확장

Internet은 기본적으로 TCP/IP를 기반으로 다양한 형태의 응용 서비스를 제공하고 있다. 그러나 근간 망의 용량이 확대되고 멀티미디어 워크 스테이션의 급속한 보급으로, Internet에서의 멀티미디어 서비스 지원에 관한 논의와 연구가 활발히 진행되고 있다. Internet에서 멀티미디어 서비스를 제공하기 위해서는 Best-effort 전송에 기초하여 설계된 IP 프로토콜을 보장형 서비스를 제공할 수 있는 새로운 프로토콜로 대체하고, 신뢰성 있는 데이터 전송에 초점을 맞춰 개발된 TCP 프로토콜 역시 실시간 처리에 적합한 다른 프로토콜로 대체하는 것이 바람직하다. 그러나 기존의 많은 응용들이 TCP/IP를 이용하여 원활한 서비스를 제공하고 있으므로, IETF(Internet Engineering Task Force)에서는 TCP/IP 프로토콜 스택에 실시간 처리를 위한 프로토콜 스택을 추가하는 전략을 채택하고 있다. IETF에서 오디오나 비디오와 같은 실시간성 데이터 전송을

표 1: 멀티미디어 서비스 제공을 위한 기능 분류

Layer	Functions
Application	<p>Multimedia Services(e.g., Videotelephony and Multimedia Conference, Multimedia Mail, Multimedia Database, etc.)</p> <p>Application Service Elements</p> <ul style="list-style-type: none"> . Application-specific Service Elements . Common Application Service Elements
Presentation	<p>Application Support Functions for Multimedia Services</p> <ul style="list-style-type: none"> . Multimedia Abstract Syntax . Data Compression and Encryption . Media Conversion . Cooperation/Interaction between Media . Optional User Multiplexing, Concatenation . Multi-connection/Multi-party Session Management
Session	
Transport	<p>Multi-channel Management</p> <ul style="list-style-type: none"> . Signalling/Negotiation Channel . Information Channel(s) <p>Channel Aggregation</p> <ul style="list-style-type: none"> . Inter-channel Synchronization . Equalization for Transit Delay Variation among Channels . User-to-User Signalling <p>High-performance End-to-End Transport Protocols</p> <ul style="list-style-type: none"> . High-speed Error Control and Flow Control . Fast Connection Management . Bounded End-to-End Delay and Delay Variation
Network-related Layers	<p>High-performance Transport Network Protocol</p> <ul style="list-style-type: none"> . Guaranteed Delay Bound . Guaranteed Throughput . Bounded Delay Variation . Multicasting/Broadcasting . Signalling Capability for Multiconnection Management . Deterministic Medium Access . Low Variation of Delay . Channel/Cell Multiplexing . High-speed Transmission . Low Error Rate

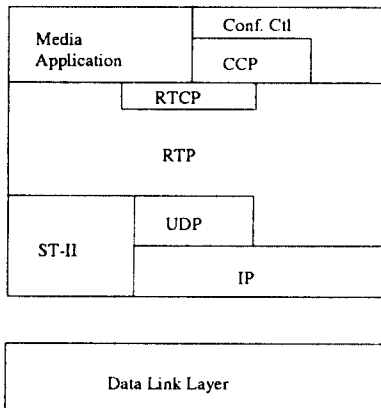


그림 3. Internet의 실시간 프로토콜 스택

위해 개발중인 새로운 프로토콜 스택의 구조는 그림 3와 같다[39].

ST-II[40]는 연결 지향형 멀티캐스트 IP 레벨의 프로토콜로서 하나의 출발지로의 부터 다수의 목적지로의 단방향 보장형 데이터 전송 서비스를 제공하고, 새로운 목적지의 추가, 기존 목적지의 제거 등 멀티캐스트 경로의 제어 서비스를 제공한다. ST-II에서의 보장형 서비스 제공은 경로 설정시(Stream 설정시) 경로상의 모든 링크 자원(Link의 용량, Router의 처리 능력, 버퍼 등)을 고려하고 통신 중에 예약된 자원의 사용을 보장함으로써 이루어진다. ST-II는 경로 설정과 제어를 담당하는 제어 프로토콜(SCMP)과 설정된 경로(Stream) 상에서의 데이터 전송을 담당하는 ST로

분리되어 정의되어 있다.

RTP(Realtime Transport Protocol)는 Playout 동기화(Synchronization), 지연시간의 보상, 실시간 처리 등과 같은 서비스가 요구되는 대화형 멀티미디어 회의와 같은 응용을 위해 현재 IETF에서 개발되고 있는 프로토콜이다. 그림에서 보는 바와 같이 RTP는 별도의 제어 프로토콜인 RTCP(Real-Time Control Protocol)에 의해 제어되는 Out-band 형태의 구조를 채택하고 있으며, 구조상으로는 어떤 종류의 End-to-End 프로토콜 상에서도 동작 가능하도록 개발되고 있으나, ST-II와 같은 실시간 네트워크 프로토콜과 함께 동작하는 것이 바람직하다. RTP/ST-II 프로토콜 스택은 Internet에서 대화형 멀티미디어 회의 서비스, 비디오 분배, VOD(Video On-Demand) 등과 같은 다양한 응용 서비스 제공에 사용될 것으로 예상되고 있으며, 특히 ST-II를 사용한 Internet 상에서의 오디오 회의와 멀티미디어 회의 서비스 제공에 대한 다양한 실험들이 현재 진행 중에 있다[41, 42].

3.4 BERKOM 프로토콜 구조

BERKOM 프로젝트는 독일의 PTT가 중심이 되어 Siemens, IBM, HP 등 여러 회사들과 함께 B-ISDN 상에서의 새로운 서비스와 응용들을 개발하고 여기에 적합한 프로토콜 구조를 제시하는 목적으로 1987년에 시작된 대형 프로젝트이다. 1단계(1987-1991)의 작업이 완료된 후 BERKOM 프로젝트에서 제시한 프로토콜 구조는 그림 4와 같다[4].

BERKOM 프로토콜 구조의 특징은 트랜스포트 계

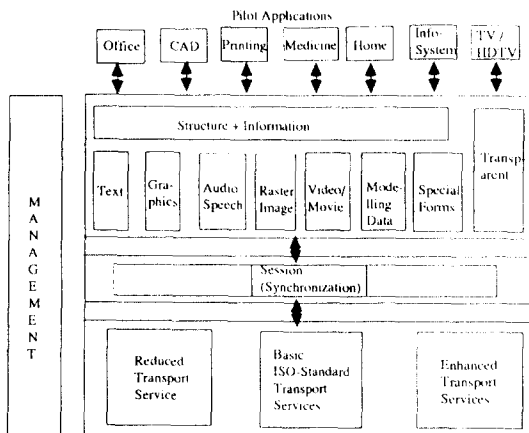


그림 4. BERKOM 프로토콜 구조

층의 프로토콜을 다양화하여 응용의 필요에 따라 선택적으로 사용할 수 있도록 하는 점이다. BERKOM 트랜스포트 서비스는 기본 트랜스포트 서비스(Basic Transport Service), 축소된 트랜스포트 서비스(Reduced Transport Service), 그리고 확장 트랜스포트 서비스(Enhanced Transport Service) 등 3가지로 분류되어 정의되어 있다. 기본 트랜스포트 서비스는 기존의 ISO 트랜스포트 프로토콜 스택을 7개의 프로파일로 세분화하여 필요에 따라 각각의 프로파일을 선택할 수 있게 하고 있으며, 축소된 트랜스포트 서비스는 ISO 트랜스포트 프로토콜 스택이 상대적으로 처리시간이 길기 때문에 비디오 전화나 TV 등과 같이 실시간 전송이 매우 중요한 응용에는 부적합한 면이 있음을 고려하여 최소한의 기능만을 갖는 프로토콜을 정의함으로써 그와 같은 응용에 적합한 서비스를 제공하기 위한 것이다. 그리고 확장된 트랜스포트 서비스는 멀티미디어 회의 등과 같은 복잡한 응용이 요구하는 멀티포인트 통신, 다중 연결 Call 서비스 등 기존의 트랜스포트 프로토콜에서 제공할 수 없는 서비스를 효과적으로 제공하기 위해 새롭게 정의되어야 하는 서비스이다. 이와 같은 다양한 종류의 트랜스포트 서비스는 연결 설정시 Out-band 협상을 통해 직접하게 선택되어지고, 필요한 경우 통신 중에 특정연결의 프로토콜 프로파일을 동적으로 변경할 수 있도록 정의하고 있다.

BERKOM 프로젝트는 현재 1994년 말까지 계속되는 2단계 작업이 진행 중에 있으며, 이 기간에는 MMT(Multimedia Transport Service), MMM(Multimedia Mail Service), 그리고 MMC(Multimedia Collaboration Service)의 개발이 중점적으로 행해지고 있다[43].

3.5 HOPS 모델

앞에서 설명한 프로토콜 구조들은 대체로 기존의 계층적인 프로토콜 구조 설정 개념에 충실하면서 멀티미디어 응용과 같은 새로운 응용이 요구하는 통신 서비스 요구사항을 충족시킬 수 있는 보다 확장된 프로토콜 스택을 정의하고 있는 반면에, HOPS(Horizontally Oriented Protocol Structure) 모델 [35]은 새로운 프로토콜 구조 설정의 필요성 중 후자, 즉, 고속망에 적합하도록 프로토콜 구조의 완전한 재구성 측면에서 접근한 대표적인 모델이다. HOPS 모델의 중심 개념은 프로토콜 구조를 계층적으로 정의하는 대신에 상호 독립적으로 수행가능한 기능들을 평면적으로 배열함으로써 병렬 처리에 적합하도록 하고자 하는 것이다.

예를 들어, 흐름제어 기능과 복호화(Decryption) 기능은 상호간에 독립적으로 처리될 수 있다. 반면, 패킷 재배열과 오류 복구 등과 같이 상호 의존적인 기능들을 조건부로 병렬 처리되도록 한다. 이렇게 병렬 처리에 적합하도록 프로토콜 구조를 재구성함으로써 처리 시간을 단축시키고 Throughput을 증가시킬 수 있다. 평면적으로 배열된 다양한 기능들은 특정응용의 요구 사항과 망환경의 특성에 맞게 선택적으로 사용되도록 함으로써 최적의 통신 서비스가 제공될 수 있도록 한다. 그림 5는 일반적인 HOPS 구조를 보여주고 있다.

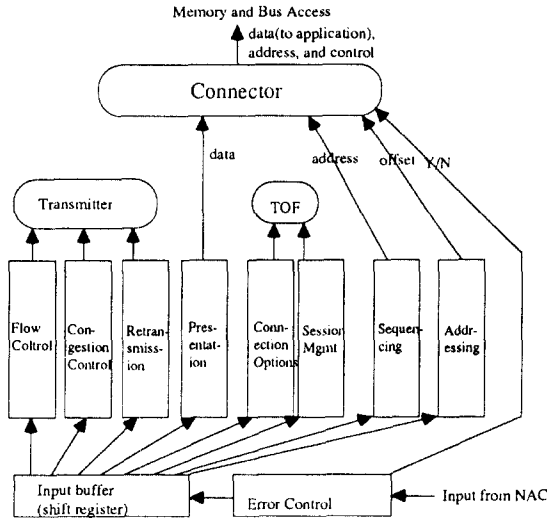


그림 5. 일반적인 HOPS 구조

HOPS 모델은 프로토콜 구조의 고속화에 대한 단지 하나의 아이디어로서 제시되었으며, 실제로 이 모델에 근거한 프로토콜의 개발 사례는 아직 보고되고 있지 않다.

3.6 고속 통신 프로토콜 구조에 대한 전망

향후 프로토콜 구조는 기본적으로 통신망의 고속화와 다양한 멀티미디어 응용들의 출현에 효과적으로 대응할 수 있는 형태로 점진적으로 발전해 갈 것으로 예상되며, 당분간 하나의 통신망에서 여러 가지 종류의 프로토콜 스택을 제공함으로써 특정 응용에 적합한 통신 서비스를 제공하는 멀티 프로토콜 스택 체계가 지속될 것으로 전망된다. 멀티 프로토콜 스택

체계의 발전에 중심이 되는 중요 issues는 ATM, DQDB, FDDI, SMDS 등과 같은 고속 링크레벨 프로토콜들의 지속적인 발전, 보장형 멀티포인트 서비스를 효과적으로 지원하기 위한 망레벨 프로토콜과 알고리즘들의 추가적인 개발을 통한 멀티 서비스 망으로의 발전, 실시간 고속 트랜스포트 프로토콜들의 개발, 다중 연결 멀티포인트 Call 서비스에 적합한 새로운 제어 메카니즘의 개발, 그리고 동기화 등 새로운 통신 서비스 요구에 대처하기 위한 프로토콜들의 개발 등으로 요약할 수 있다. 각각의 issue에 대한 현재의 연구 사례들과 전망에 관한 논의는 다음 장들에게 구체적으로 논의된다.

IV. 링크 액세스 프로토콜

전통적으로 데이터 통신망의 속도 및 전송용량은 망 트래픽의 증가에 따라 지속적으로 증가해 왔다. 특히, 최근 몇년 동안에는 LAN(Local Area Network)의 구축이 가속화되고 있으며, 전송속도는 1~16Mbps의 저속도로 수 Km 이내의 시스템들을 연결하는 기능을 제공하고 있다.

그러나, 멀티미디어, 비디오, 고속화일전송과 같은 새로운 고속응용을 지원하기 위해서는 기존의 LAN을 고속화하고, 지역적으로 산재해 있는 LAN들을 고속으로 연결하는 서비스가 필요하게 되었다. 이러한 필요성에 따라 100Mbit/s Ethernet, ATM LAN(Asynchronous Transfer Mode LAN) 등과 같은 고속의 LAN이 출현하게 되었으며, 수백 Km 이상의 거리에서 100 Mbps이상의 속도로 동작하는 FDDI(Fiber Distributed Data Interface), DQDB(Distributed Queue Dual Bus), FFOL(FDDI follow on LAN) 등과 같은 MAN(Metropolitan Area Network)이 출현하게 되었다. 이러한 LAN/MAN은 IEEE, ANSI, ITU-T, ATM Forum 등의 기구에서 이미 표준화 하였거나 표준화 작업중이다.

그러나, 고속의 응용들이 국가규모 또는 전세계적인 규모로 동작하도록 하기 위해서는 위와같은 고속 LAN/MAN들을 서로 연결할 수 있는 WAN(Wide Area Network)의 고속화가 필수적이다. 따라서, X.25 망과 같은 기존 WAN의 성능한계 및 병목현상을 극복하기 위한 새로운 WAN기술이 도입되기 시작했으며, SMDS(Switched Multi-megabit Data Service), Frame Relay, ATM등이 대표적인 예가 된다.

4.1 LAN/MAN 프로토콜

4.1.1 Fast Ethernet 프로토콜

고속 LAN 프로토콜은 기존의 LAN 시스템과 같은 수 100m 만장내에 있는 장비들간에 100Mbps 급의 고속전송을 지원할 수 있고, 보다 저렴한 고속 LAN 시스템을 원하는 다수의 사용자들의 관심을 모으고 있다. 현재 대표적인 고속 LAN 프로토콜로는 최근 IEEE 802 위원회에서 표준으로 검토중인 hub 형태의 100Mbit/s CSMA/CD(Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection)와 100BASE-VG(Voice Grade)가 있다. 이 두가지 프로토콜은 기존의 10BASE-T CSMA/CD LAN과 같이 hub에 다수개의 스테이션이 연결된 스타형 토폴로지를 가지며(그림 6 참조) 스테이션과 hub간에 최대 100m의 UTP(Unshielded Twisted Pair) 케이블상에서 100Mbps의 속도로 패킷을 전송할 수 있다. 이 두가지 프로토콜의 차이점은 100Mbit/s CSMA/CD 프로토콜이 기존의 10BASE-T CSMA/CD 프로토콜과 같은 CSMA/CD 방식의 MAC(Medium Access Control) 프로토콜을 사용하는데 비하여, 100BASE-VG 프로토콜은 충돌현상이 전혀없는 round-robin 방식의 전혀 새로운 MAC 프로토콜로 운용된다는 점이다[1].

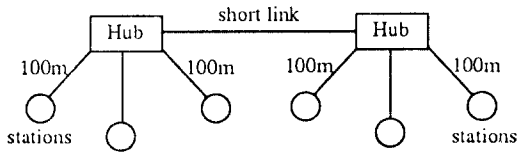


그림 6. 100Mbit/s Ethernet의 토폴로지

100Mbit/s CSMA/CD 프로토콜에서 MAC 부분은 기존의 CSMA/CD 프로토콜을 사용하면서 100Mbit/s에 대응하는 고속 신호처리 기능을 추가하였다. 이 방식의 특징은 10Mbit/s용 Ethernet과 같은 형태의 MAC 프레임용 사용함으로써, 10Mbit/s CSMA/CD와 새로운 100Mbit/s CSMA/CD가 공존할 수 있다는 것이다.

100BASE-VG 프로토콜은 기존의 CSMA/CD 방식과는 전혀다른 MAC 방식으로서 다음과 같은 특징을 가진다.

- 충돌이 없는 round robin 방식의 demand assignment MAC 프로토콜이 적용, 기존의 802.3 MAC 프레임은 적용된다.
- 저렴한 demand assignment MAC 방식에 따라 전송 지연 현상이 해결될 수 있으므로 멀티미디어

응용에 유리하다.

- 각 스테이션에 부여할 수 있는 두종류의 우선순위가 있다. 이것은 기존의 CSMA/CD MAC에서는 없는 특성으로서, HP에서는 이것을 DPP(Demand Priority Protocol)라고 부른다.
- Hub 방식의 토폴로지를 가지며, 각 hub는 직렬로 연결될 수 있다.
- 전송하는 패킷은 CSMA/CD 방식과는 달리 broadcasting되지 않고 목적지뿐만 전달되므로, 보안성이 우수하다.
- Demand priority MAC 프로토콜의 타이밍도는 그림 7과 같으며, 각 스테이션은 전송하는 데이터의 등급에 따라 두 가지의 우선순위를 하나를 hub에 요청하는 서비스를 받을 수 있다.

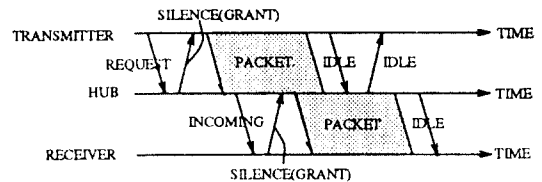


그림 7. 100BASE-VG 프로토콜의 타이밍도

4.1.2 FDDI(Fiber Distributed Data Interface)

FDDI는 광섬유를 사용하여 100Mbps의 속도로 동작하는 분산전달 이중링 네트워크로, 고속의 음성 및 화상전송을 위한 isochronous 채널을 포함하여 동기 및 비동기 데이터 전송을 수용한다.

FDDI는 OSI 참조모델 및 LAN 프로토콜 구조에 따라 설계되었으며, OSI 모델의 하위 두 계층을 정의한다(그림 8 참조). 계층 1은 PMD(Physical Medium Dependent)와 PHY(PHYSICAL) 부계층으로 구성되며, 데이터링크 계층은 다음과 같은 두개의 부계층으로 구성된다.

- MAC(Medium Access Control)계층 : 공정하고, 결정적인 매체에 대한 접근, 주소인식 및 생성, FCS(Frame Check Sequence) 검사 등의 기능을 수행한다.
- LLC(Logical Link Control)계층 : MAC 계층과 네트워크 계층사이의 데이터 전송 서비스를 위한 공통의 프로토콜을 제공한다.

FDDI의 MAC 부계층은 IEEE 802.3의 LLC와 달리

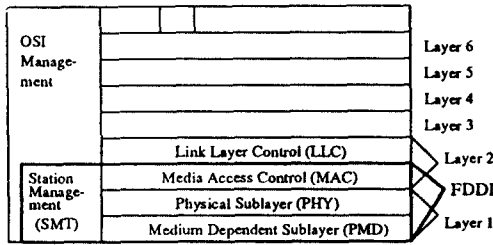


그림 8. FDDI 프로토콜

페이스를 할 수 있으며, 이는 IEEE 802.3 및 IEEE 802.5를 따르는 네트워크와의 호환을 가능하게 한다.

FDDI와 관련해서 FDDI-II 표준이 있으며, 이는 기존의 FDDI 네트워크의 데이터 채널 뿐만아니라 isochronous 전송기능을 제공한다. FDDI의 superset인 FDDI-II는 기존의 데이터 전송능력 뿐만아니라, 음성 및 비디오를 전송할 수 있는 기능을 가지며, FDDI의 표준을 따른다. 최근에는 UTP와 같은 저가의 전송 매체를 이용하여 100Mbps의 전송속도를 가능하게 하는 CDDI(FDDI over copper)와 같은 연구가 활발히 진행중이다.

그리고 FDDI가 성능면에서 Ethernet이나 token ring의 다음 단계로 필요했듯이, 차세대 LAN 표준으로 FFDL(FDDI Follow On LAN)이 등장했으며 2.4 Gbit/s 이상의 속도로 동작한다. FFDL은 MAN 환경에서 FDDI LAN들의 근간망 역할을 할 것이며, B-ISDN(Broadband Integrated Services Digital Network)와의 연동도 제공할 것이다.

4.1.3 DQDB(Distributed Queue Dual Bus)

DQDB는 전송방향이 서로 다른 두 개의 버스로 이루어진다. 버스는 다수의 노드들에 의해 공유되며, 각 노드는 두 개의 단방향 버스에 각각 접속되어 있다. 따라서 노드들 사이에는 전이중방식(full duplex)의 통신이 가능하다.

각 버스의 처음에 있는 노드는 HOB(head of bus) 기능을 가지며, ATM 셀 포맷과 호환가능한 53옥텟의 슬롯을 주기적으로 생성하여 버스로 전송한다. 전송할 정보를 가진 노드는 분산큐 방식을 통해 빈 슬롯을 신청하고, 빈 슬롯을 차지하여 정보를 전송한다.

슬롯들은 isochronous 트래픽을 위한 PA(Pre-Arbitrated) 슬롯과 연결형 및 비연결형 데이터를 위한 QA(Queued Arbitrated) 슬롯으로 구분된다. QA 슬롯은

비연결형 MAC 서비스 및 연결형 데이터 서비스를 위해 사용되며, PA 슬롯은 음성 및 영상 등과 같은 isochronous 서비스를 위해 사용된다. QA 기능의 동작원리는 분산큐 원리를 따르며 PA 기능은 채널 할당 방식에 의해 작동되며 분산큐 방식에 비해 상대적으로 간단하다.

QA 슬롯에는 노드의 슬롯 사용을 제어하기 위해 접근제어필드(Access Control Field)에 BUSY 비트와 REQ(Request) 비트를 두고 있다. BUSY 비트는 슬롯이 비어 있는지 또는 사용중인지의 여부를 나타낸다. REQ 비트는 어떤 노드가 전송할 데이터가 있을 경우에 자신보다 상위에 위치한 다른 노드들에게 자신의 전송요구를 알린다.

DQDB망의 노드는 각 버스에 해당하는 RQ(Request) 카운터와 CD(Count Down) 카운터를 가진다. 버스 A로 전송하고자 하는 데이터가 있는 경우, 노드는 버스 B로 전송되는 슬롯 중에 REQ = 0인 슬롯을 기다렸다가 REQ = 1로 만들어 상위(upstream)에 위치한 노드에게 전송요구를 알린다.

전송할 데이터가 없는 노드는 버스 B로 지나가는 슬롯의 REQ = 1이면 RQ 카운터 값을 하나 증가시키고, 버스 A로 지나가는 슬롯의 BUSY = 0이면 RQ 카운터 값을 하나 감소시킨다. 즉, 노드에서 RQ 카운터는 그 노드를 중심으로 버스 A의 하위(downstream)에 있는 노드들이 큐에 넣고 전송대기 중인 슬롯의 갯수를 나타낸다.

버스 A로 전송할 데이터가 생긴 노드는 버스 B로 지나가는 슬롯의 REQ = 1로 만들어 보낸 후, RQ 카운터 값을 CD 카운터에 복사하고, RQ 카운터 값을 0으로 한다. 이후에 버스 B로 REQ = 0인 빈 슬롯이 지나가면 CD 카운터 값을 하나 감소하고 REQ = 1인 슬롯이 지나가면 RQ 카운터 값을 하나 증가시킨다. CD 카운터 값이 0이 되면 다음에 도착한 빈 슬롯의 BUSY 비트를 1로 만든 다음 데이터를 실어 전송한다. 이러한 DQDB의 접근제어 방법을 그림으로 나타내면 그림 9과 같다.

PA 슬롯은 동시성 트래픽을 위해 사용되면, BUSY 비트와 슬롯형태(SL_Type) 비트를 모두 1로 표시하여 QA 슬롯과 구별한다. PA 슬롯은 DQDB 망 내의 여러 노드에 의해 공유될 수 있다. 하나의 PA 슬롯내의 payload를 여러개의 채널로 구성하며, 동시성 데이터를 전송하는 노드는 DQDB 계층 관리절차에 의해 PA 슬롯의 payload 중 자신의 데이터를 써 넣을 위치를 배정받는다. 각 노드는 슬롯 헤더에 위치한 VCI

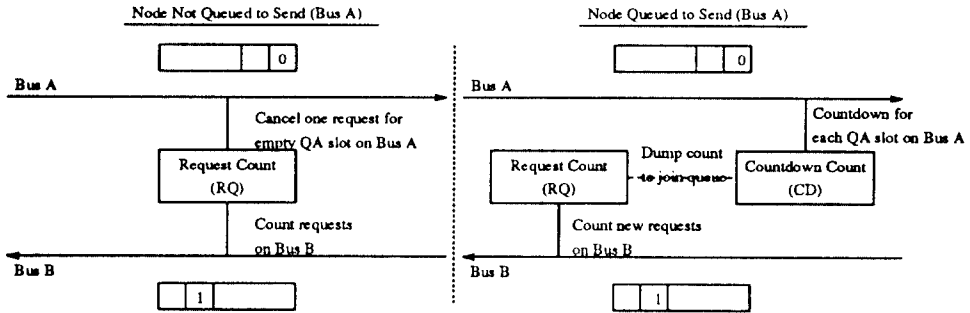


그림 9. DQDB의 접근제어방법

(Virtual Channel Identifier)을 통하여 지나가는 여러 PA 슬롯 중 자신에 해당하는 슬롯을 구분하게 된다. 동시성 서비스 제공을 보장하기 위해 각 버스의 HOB는 정기적으로 PA 슬롯을 만들어 버스로 전송하며, VCI를 PA 슬롯 헤더에 명시한다.

IEEE 802.6 분과에서는 대도시 같은 넓은 지역에 데이터, 음성, 영상 등의 종합 서비스 제공을 위한 MAN 기술 표준화를 1981년부터 추진하였으며 1990년 DQDB 프로토콜을 IEEE 802.6 표준으로 승인하였다.

4.1.4 HIPPI(High Performance Parallel Interface)

HIPPI는 ANSI에 표준화된 프로토콜 suit로서 LAN으로 구성될 수 있는 80Mbps의 채널 프로토콜이다. HIPPI는 주로 OSI 참조모델의 계층 1과 계층 2를 포함하여, ULP(Upper Layer Protocol)을 지원하기 위해 인터페이스 계층을 제공한다.

인터페이스 계층은 IPI(Intelligent Peripheral Interface) 명령어를 HIPPI에 매핑하는 기능을 수행한다. HIPPI는 고속(800Mbps)의 채널과 관련 서비스(그림 10 참조)를 정의하는 통신 프로토콜로서 crosspoint 스위치와 복수개의 HIPPI 채널을 이용하여 LAN 구조를 만들 수 있다.

HIPPI 프로토콜 suit는 HIPPI-PH(HIPPI Physical Layer), HIPPI-SC(HIPPI Switch Control), HIPPI-FP(HIPPI Framing Protocol)와 3개의 HIPPI ULP로 구성된다. ULP는 IEEE 802.2 HIPPI-LE(Link Encapsulation), HIPPI-MI(HIPPI Memory Interface), HIPPI-IPI(HIPPI Intelligent Peripheral Interface)와 같은 시비스를 정의한다.

HIPPI-FP는 길이의 제한이 없는 HIPPI 패킷전송을 위해 burst로 분할하는 기능을 하며, burst의 크기는 1024 바이트이다. HIPPI 프레임은 D1(제어정보 부분)과 D2(ULP 데이터 부분)로 구분되며, 수기가 바이트의 크기까지 가질 수 있는 프레임을 분리함으로써 프로토콜의 처리를 단순화하고 높은 성능을 보장할 수 있다.

HIPPI IPI는 IPI 명령어를 HIPPI-FP 상으로 매핑하는 방법을 정의한다. HIPPI는 IEEE 802.2 LLC PDU를 HIPPI를 통해 전송하기 위한 포맷 및 인터페이스를 정의한다. HIPPI-LE와 같은 HIPPI 서비스 계층은 OSI, TCP/IP와 같은 프로토콜 suit와 HIPPI-FP의 통신을 위한 표준 인터페이스를 제공하는데 유용하다. HIPPI MI는 컴퓨터 시스템이 다른 컴퓨터 시스템의 메모리를 접근하도록 하는 서비스를 정의한다.

IEEE 802.2 Link Encapsulation (HIPPI-LE)	Memory Interface (HIPPI-MI)	Intelligent Peripheral Interface (HIPPI-IPD)
HIPPI-FP Framing Protocol		
HIPPI-PH Physical Layer		HIPPI-SC Switch Control

그림 10. HIPPI 프로토콜 Suit

HIPPI-SC는 여러개의 HIPPI 장치를 상호 연결하기 위한 스위칭을 정의하며, HIPPI 스위칭은 물리계층에서 수행된다. 슈퍼컴퓨터들로 구성된 HIPPI 네트워크는 이러한 HIPPI 스위칭을 이용해 구현할 수 있다.

HIPPI는 원래 ISO의 통신표준으로 채택될 목적으로 제안되었으며, 미국, 유럽, 일본등의 슈퍼컴퓨터 제조업체들이 HIPPI를 구현하기 시작하고 있다.

4.1.5 Fiber Channel

ANSI Fiber Channel 표준에서 정의하고 있는 채널은 캠퍼스 정도의 거리에서 대량의 데이터 트럭을 전송하는데 사용된다. 프로세서(슈퍼컴퓨터, 메인프레임)와 주변장치간의 화일전송이 대표적인 예가 될 수 있으며, 주변장치는 다양한 입출력 및 저장장치가 될 수 있다. Fiber Channel은 SCSI(Small Computer System Interface), IPI, HIPPI의 물리적 인터페이스를 거리 및 속도면에서 잇집을 가지는 새로운 인터페이스로 대체하는 기능을 가진다.

Fiber Channel의 프로토콜은 구현비용을 최소화하고 throughput을 향상시키기 위해 간단하게 정의되어 있으며, 그림 11과 같다. 전송매체는 제어 프로토콜과 분리되어 있으므로, 점대점 링크, multi-drop 버스, 링, crosspoint 스위치 등의 다양한 구현이 가능하다. Fiber Channel은 논리적으로 점대점 데이터 채널이며, 물리적으로는 Fabric이라는 교환망을 통해 연결되는 복수개의 통신단들을(N_Port라 부름) 상호연결할 수 있다.

FC-0은 fiber channel의 물리적 점대점 부분을 정의하며, 다양한 전송속도(100, 200, 400, 800Mbps)에 대한 인자들을 정의한다. FC-2는 프레임 구조와 바이트 순서를 포함하는 signaling 프로토콜을 정의하며, 이는 종점간 데이터전송을 위한 규칙 및 메카니즘을 제공

한다. FC-3은 FC-4에 대한 공통의 서비스 인터페이스를 정의하며, 장치 프로토콜들(FC-4s)에 striping, multicast와 같은 공통적인 서비스를 제공한다. FC-4는 Fiber Channel 표준에서 최상위 계층으로서 채널 프로토콜을 정의하고, IPI, SCSI 명령어 집합, HIPPI 데이터 프레임과 하위계층간의 매핑을 제공한다.

4.1.6 ATM-LAN

ATM은 cell이라는 작은 고정길이 패킷의 교환 및 relaying을 기반으로 하는 통신구조이다. ATM은 원래 SONET(Synchronous Optical Network) 기반의 WAN을 위한 국제표준으로 개발되었으나 LAN에도 그 기술이 사용될 수 있다.

ATM LAN은 특정 전송매체 및 속도에 제한되지 않으며, 각 호스트사이의 데이터 전송은 병렬적으로 이루어지므로, 공유매체를 사용하는 LAN(FDDI 등)이 호스트의 수가 증가함에 따라 성능이 저하되는 단점을 극복할 수 있다. ATM LAN은 사용자의 다음과 같은 요구사항을 만족해야 한다[5].

- 기존의 프로토콜들을 투명하게 지원해야 한다. (특히 TCP/IP suit)
- 기존의 망관리 프레임워크를 지원해야 한다. (SNMP 등)
- 성능을 보장할 수 있는 다양한 종류의 서비스를 지원해야 한다.
- Multicasting을 지원해야 한다.
- ATM의 특징적 기능(대역폭 예약, AAL(ATM Adaptation Layer) 선택 등)을 액세스할 수 있는 ATM API(Application Programming Interface)를 제공해야 한다.
- AAL을 사용하지 않는 raw mode 뿐만아니라,

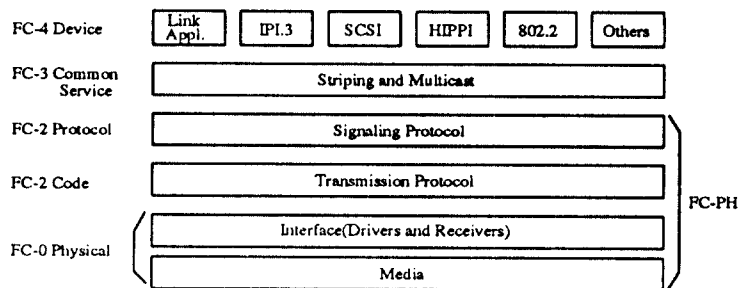


그림 11. Fiber Channel의 구조

AAL3/4, AAL5 등의 표준 AAL을 지원해야 한다.

ATM LAN의 망 토폴로지는 기존 광중방에서 사용하고 있는 스타구조와 공유매체를 이용하는 버스, 링 구조가 모두 가능하며 성능 및 비용측면에서 각기 장 단점을 가진다. ISO/IEC JTCl/SC6의 경우 링 형태의 통신망 구조를 고려하여 일본에서 제안한 ATMR(ATM Ring), 한국에서 제안한 HMR(High-speed Multimedia Ring), 호주에서 제안한 DQDB를 대상으로 표준화를 진행하고 있으며, 미국 산업계의 주도로 구성된 ATM Forum의 경우에는 스타구조의 Switched LAN 방식으로 표준화가 진행되고 있다.

ATMR(ATM Ring)은 ATM 단간의 slotted(celled) 링 액세스 프로토콜을 사용하는 네트워크 시스템이며, 멀티미디어 통신에 적합하다. ATMR은 광섬유로 연결된 분산형 AN(Access Node)와 두개의 단 방향 링으로 구성되며, B-ISDN과의 호환성을 위해 동일한 크기의 cell을 사용한다.

ATMR 프로토콜은 그림 12와 같은 스택구조를 가지며, ATMR cell 계층은 다음과 같은 특징을 가진다 [6].

- 접속노드 사이에서 분산된 집선제어를 갖는 slotted 링 방식
- 매체 공유의 효과적인 사용을 위하여 복직지에서 cell 해제기능
- 주기적인 reset 메카니즘에 의해 접속노드 사이에서의 대역폭 균형유지
- 지연과 처리조건을 보장하기 위한 다양한 서비스 등급 사이에서의 우선순위 제어

위와같은 ATMR은 분산형 NT2(Network Terminator), 고속 LAN/MAN, WAN의 액세스망 등의 다양한 망에 적용될 수 있다.

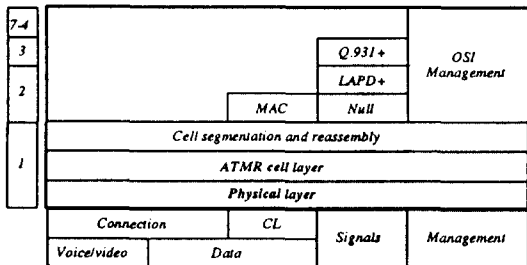


그림 12. ATMR의 프로토콜 구조

현재 IETF(Internet Engineering Task Force), ATM Forum 등에서 ATM LAN과 관련한 연구 및 표준화를 진행하고 있으며, 특히 IETF에서는 ATM 망위에서 기존의 TCP/IP 프로토콜을 사용하는데 생기는 문제점을 정리하고 이의 해결책을 모색하는데 초점이 맞추어져 있다. 그외에도 Apple Computer, Bellcore, Sun Microsystems, Xerox사가 공동으로, 광중방에서 사용되는 ATM과 호환성을 가지는 ATM LAN의 사양을 정의한 "Network Compatible ATM for Local Network Applications"이 있다.

4.1.7 WDM(Wavelength Division Multiple Access)

광섬유를 고속통신을 위한 전송매체로 지속적으로 발전해 왔지만, 광섬유의 전송속도와 전자기적인 전송속도의 차이가 병목현상을 나타내게 한다. 이것을 극복하기 위해 제시된 인공중에 대표적인 것이 WDM(Wavelength Division Multiplexing)이다.

WDM은 넓은 대역폭의 광섬유를 수백에서 천개 정도까지의 파장으로 나누어 각 파장마다 채널로 사용하는 방법으로 이 분할된 채널을 다시 주파수분할(Frequency Division Multiplexing)이나 시분할(Time Division Multiplexing)로 세분해 사용하기도 한다.

WDM망에서 단말기는 보통 송신기와 수신기를 각각 한 개 이상씩 가지는데, 이들이 파장영역을 고정시켰는가, 가변적인가에 따라 통신 방식이 매우 다양해진다. WDM망은 전송방법에 따라 크게 broadcast and-select 방식과 wavelength-routing 방식으로 나뉘고 또 전송할 때 hop 수에 따라 single-hop 통신망과 multi-hop 통신망으로 분류된다.

Broadcast and select 통신망에서 송신 단말기는 특정 파장을 이용해 모든 단말기로 전송하며, 그 특정 파장영역의 신호를 수신하기로 한 단말기가 신호를 수신하여 전송이 이루어진다.

Wavelength routing 통신망의 핵심은 광 교환기를 사용하여 파장의 재사용을 허용하는데 있다. 즉, 어떤 순간에도 하나의 노드는 여러개의 노드와 논리적인 연결을 가지고 있고 만약 두 개의 연결이 서로 다른 경로를 가지지 중복되지 않는다면 두 연결에서는 같은 파장을 이용하여 전송하는 것이 가능하다. 이러한 점을 이용해 한 통신망에서 요구되는 파장의 갯수를 대폭 줄여서 전송하는 것이 wavelength routing 전송망 식이다.

Single-hop 통신망에서는 모든 전송이 빛의 형태로 이루어지며, 송신기와 수신기 사이에서는 전자기적

인 형태로 변환되는 일이 없다. 그래서 all-optical 통신망으로 불리기도 한다. 패킷교환망에서는 연속된 패킷들을 각각의 목적지로 계속해서 전송해야 하고 또한 연속적으로 들어오는 패킷들을 수신해야 한다. 이를 위해서는 빨리 파장영역을 바꿀 수 있는 송신기와 수신기 및 효율적인 MAC 프로토콜이 필요하다.

Multi-hop 통신망에서는 송수신때 파장을 변경하는데 드는 시간지연을 줄이기 위해 다음과 같은 방식으로 동작한다. 각 단말기는 고정된 파장영역을 갖는 작은 수의 송수신기를 가지고 자기의 송신기의 파장에 맞는 수신기를 가진 단말기로부터 전송을 하고 역시 마찬가지로 자기가 받기로 된 파장의 신호만 수신한다. 따라서 두 단말기가 직접 연결된 경우라도 서로 파장이 같은 한 쌍의 송수신기를 가지고 있지 않은 경우에는 다른 노드들을 거쳐서 전송이 이루어진다. 따라서 실제 노드들이 연결된 위상은 송수신기의 파장을 어떻게 고지느냐에 따라 여러가지 논리적 토폴로지가 나온다.

WDM의외에도 광섬유의 거대한 대역폭을 멀티플렉싱 하려는 접근방법에는 TDMA(Time Division Multiple Access), CDMA(Code Division Multiple Access)등이 있다.

4.1.8 MSN(Manhattan Street Network)

MSN은 Bell Lab에서 개발된 아주 다른 형태의 cell LAN이다. MSN은 fully connected mesh 네트워크로서 경로배정의 융통성이 가장 큰 장점이라 할 수 있다. 그림 13은 4 X 4 MSN의 구조를 보여주고 있다. 수직

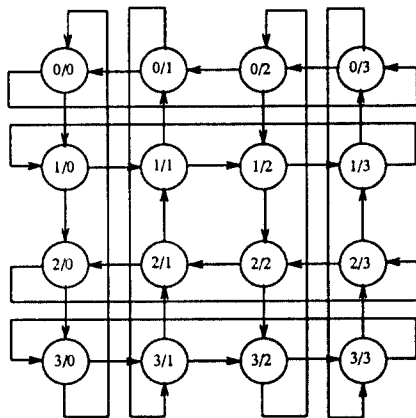


그림 13. 4 X 4 MSN

링크를 avenues라고 부르고, 수평링크를 streets라고 부르며, 각 노드는 mesh내에서의 위치를 주소로 가진다. 즉, 첫번째 숫자는 street(row)를 두번째 숫자는 avenue(column)를 나타낸다.

각 노드는 두개의 입력중 하나로부터 empty cell을 수신하면, 두 개의 출력단 중 하나로 cell을 전송하며, 네트워크는 cell이 목적지에 도달할 때 까지 노드에서 노드로 경로배정한다. MSN의 설계의 가장 주안점은 cell의 라우팅 방법을 결정하는 것이며, 다음과 같은 간단한 라우팅 규칙이 이미 정의되어 있다.(4 X 4 MSN의 경우)

$$r = 2 - [(2 - \delta_c(r_{now} - r_{dst})) \bmod 4]$$

$$r = 2 - [(2 - \delta_c(c_{now} - c_{dst})) \bmod 4]$$

$c_{dst}(r_{dst})$ 가 짝수일 경우, $\delta_c = +1(\delta_r = +1)$
 $c_{dst}(r_{dst})$ 가 홀수일 경우, $\delta_c = -1(\delta_r = -1)$

(r/c)는 현재 노드(r_{now}/c_{now})와 목적지 노드(r_{dst}/c_{dst}) 사이의 읍셋이다. 이러한 경로배정 규칙은 언제나 최적경로를 결정하지는 못하지만, 거의 최적경로를 계산할 수 있는 간단한 경로배정 규칙이다.

만일 두개의 cell이 동일한 경로를 사용하려할 경우 (cell 충돌), 임의로 하나의 cell을 선택하여 적절한 경로로 전송하고 나머지 cell은 다른 경로를 통해 전송한다. 잘못 전송된 cell은 다음 hop 부터는 정상적으로 경로배정이 될 것이므로 목적지에 도달할 수 있다. MSN은 링크에 결합이 발생했을 경우에도 적절히 복구할 수 있는 알고리즘을 가지고 있다.

MSN이 가지는 가장 큰 장점은 다수의 링크결합에도 정상동작을 보장할 수 있는 풍부한 연결성이다. MSN이 가지는 단점은 multicasting이나 broadcasting을 지원하지 않고, 서비스 및 cell들의 순서를 보장하지 않는다는 점이다.

4.2 WAN

4.2.1 SMDS(Switched Multi-megabit Data Service)

SMDS는 Bellcore에서 제안한 고속(DS1~DS3), 비연결형 패킷스위칭 서비스이며, 도심규모의 영역에서 LAN과 같은 성능 및 특징을 제공한다. Bellcore는 SMDS를 특정 기술에 독립적인 서비스로서 정의하며, 45Mbps로 동작하는 최초의 교환 광대역 서비스로 간주하고 B-ISDN이 SMDS를 지원할 것으로 보고 있다.

프로토콜 레벨에서 SMDS는 B-ISDN의 ATM 표준

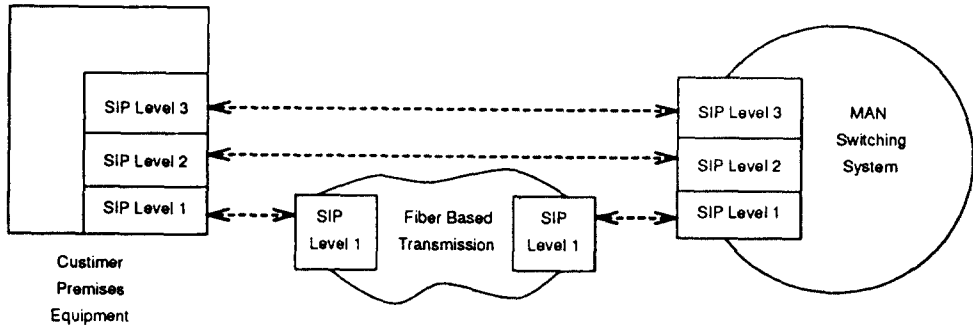


그림 14. SIP 프로토콜 스택

과 연동이 가능한 IEEE 802.6 표준에 근거하여 설계 되었으며, ATM과 SMDS는 cell relay라는 동일한 스위칭 기술을 사용한다. SMDS의 SNI(Subscriber Network-Interface)는 IEEE 802.6 표준을 따르며, SMDS 사용자는 전용 SNI를 통해 서비스를 접근할 수 있다.

SIP(SMDS Interface Protocol)는 가입자가 SNI를 통해 SMDS 네트워크를 접근하는 방법을 정의한다. SIP 계층 3은 SMDS의 주소정보와 사용자로부터 수신된 SMDS 데이터 단위를 연관시킨다. SIP 계층 2는 계층 3의 데이터 단위를 프레임화하여 SNI를 통해 전송하는 일을 하며, 에러검지 기능도 제공한다. SIP 계층 1은 비트-레벨의 물리적인 전송기능을 수행한다(그림 14 참조).

SIP는 비연결형 프로토콜이고 흐름제어(flow control)나 에러교정(error correction)을 하지 않으므로, 가입자 단말기의 상위계층이 이러한 기능을 수행해야 한다.

SMDS는 조기에 상용화를 하기위해 현재는 최대 DS3급의 대역폭만을 제공하고 있으며, isochronous 트래픽은 지원하지 않는다. SMDS는 서비스의 시작시에 여러가지 "access class"들을 제공하며, 각 access class는 정보 흐름과 burstiness를 제한함으로써 서로 다른 트래픽 특징을 제공한다.

4.2.2 Frame Relay

전통적인 패킷 스위칭은 1960년대 중반의 네트워크 문제를 해결하기 위해 개발된 기술이다. 그 방식에는 전송 대역폭은 매우 부족했으며, 네트워크 기술은 대부분 전송의 효율성에 집중되어 있었다. 그러나 광케이블의 사용에 따라 전송대역폭은 2~3년에 2배 정

도로 증가하고 있으며, 전송의 효율성보다 종결간(end to end) 전송지연을 줄이는 것이 중요하게 되고, 스위칭 노드는 단순화하는 방향으로 기술이 발전하고 있다. 1960년대의 비트 에러율(BER)은 10^{-6} 정도였으나, 광섬유의 도입에 따라 비트 에러율은 $10^{-9} \sim 10^{-10}$ 정도로 감소되었다. 즉, 에러가 발생한 가능성이 높은 회선이 각 스위칭 노드에서의 에러검사와 복구과정을 복잡하게 만들었던 것이다.

Frame relay에서는 에러교정 및 흐름제어는 네트워크의 종결에서 처리된다. Frame relay는 스위처에서 수신된 패킷의 에러검사를 하지 않으므로써 패킷의 라우팅 속도를 훨씬 빠르게 할 수 있다. 대신, 전송장치로부터 패킷을 직접 받는 스위처와 수신장치에 패킷을 마지막으로 전송하는 스위처만이 에러검사를 한다. 혹은 에러검사 기능을 가입자 단말기에 남길 수도 있다. 이러한 에러관리는 전체적인 성능을 향상시킬 수 있을 뿐만아니라, 대역폭의 소모를 줄임으로써 전송비용의 감소 및 패킷처리 장치의 숫자를 줄이는 효과를 가져올 수 있다.

Frame relay는 가입자 장치와 통신망 사업자의 망 장비사이의 연결을 지원하는 multiplexed 데이터 네트워크 서비스이며 LAN 브리지, 라우터, T1 멀티플렉서와 같은 제품에 구현되고 있다. X.25와 같이 가입자 장치와 망 사이의 인터페이스를 정의하고 가변길이의 패킷을 지원하는 연결형 기술이다.

Frame relay와 다른 기술들을 비교하면 그림 15와 같다.

4.2.3 ATM(Asynchronous Transfer Mode)

미래의 망은 사실망이든 가상망이든 ATM(Asyn-

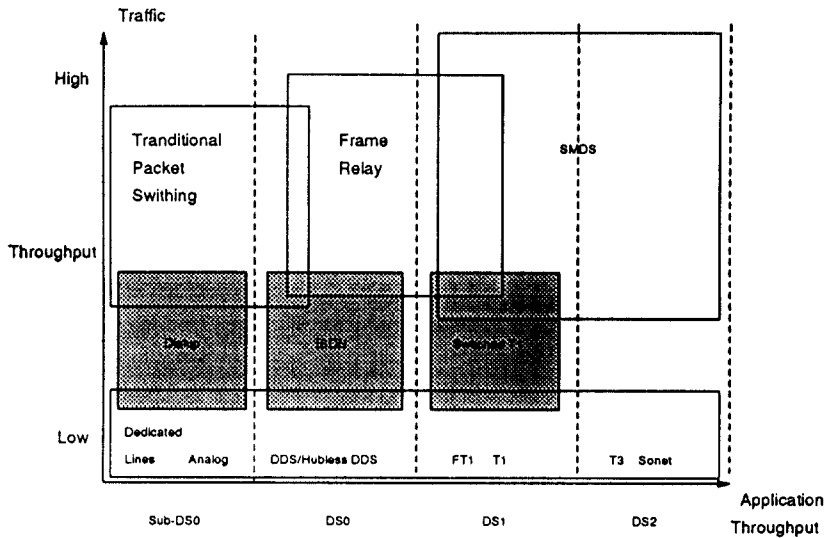


그림 15. Frame relay의 위치

chronous Transfer Mode) 및 cell relay 기술을 기반으로 구축될 것으로 보인다. ATM은 B-ISDN을 기반으로 하는 광중망에서 음성, 데이터, 비디오 통신을 지원하는 cell기반의 ITU-T 표준이다. Cell relay는 넓은 대역폭, 적은 전송지연을 특징으로 하는 스위칭 및 멀티플렉싱 기술이며, ATM은 cell relay를 구현하기 위한 ITU-T의 표준이다.

Cell relay에서 정보는 cell이라 불리는 동일한 크기의 슬롯으로 패킷화 되며, cell은 네트워크에 의해 투명하게 전송되는 정보필드와 라우팅정보를 담고 있는 헤더로 구성된다.

Cell relay는 사용자 인터페이스에서 대역폭을 할당하고, 다양한 서비스에 대해 대역폭을 할당하는 과정을 구현한다. Cell relay는 전통적인 패킷 스위칭과 유사한 면이 많지만, 다음과 같은 점에서 다른 특징을 지닌다.

- 단순화된 프로토콜이다. 정보필드에 대해서는 에러제어를 하지않고, 헤더부분에 대해서만 수행한다. 각 링크에 대해서는 흐름제어를 하지않고 해당 기능을 네트워크의 종단으로 이임한다.
- Cell은 짧고 고정된 길이를 가진다. 이것은 각 스위칭 노드의 속도를 빠르게 한다. ATM에서 cell의 길이는 53바이트(사용자 정보 48바이트, 오버헤드 5바이트)이며, 헤더는 같은 가상회선에 속

하는 cell을 구분할 수 있게 한다. Cell은 헤더에 있는 레이블을 통해 스위칭될 수 있다. 전통적인 패킷 스위칭은 큰 패킷(128 또는 256패킷)을 사용하며, cell relay와는 달리 하나의 패킷은 각 노드에서 완전히 수신된 후에야 전송될 수 있어 반응시간 및 throughput면에서 문제점을 야기시킨다.

- Cell의 헤더는 제한된 데이터 링크계층의 기능과 전송기능을 제공한다. Cell relaying은 상위계층의 기능을 수행하지 않음으로써 해당 기능은 네트워크의 종단으로 이임된다. 결과적으로 정보는 다른 프로토콜에 비해 신속하게 전송되며, 하드웨어로 구현이 가능하다.

데이터링크 계층의 많은 기능이 네트워크의 종단으로 이임되었으나, 핵심기능은 cell 스위치에 의해 수행된다. Cell 헤더는, 전통적인 TDM DS1/DS3 시스템에서의 위치에 의한 방법 대신에, 채널의 식별에 사용된다. 따라서 cell의 순서는 동일한 가상회선에서 반드시 유지된다.

ATM은 사용자 요구에 따라 비트속도(bit-rate)를 할당하며, 비트속도는 각 연결별로 독립적으로 선택될 수 있다. ATM은 고정된 수 kbps의 전송속도에서부터 수백 Mbps의 전송속도를 가지는 채널을 모두 지원할 수 있다. ATM의 헤더는 VPI(virtual path identifier)와 VCI(virtual channel identifier)로 구성되는 레이블

을 가지고 있으며(그림 16 참조), 에리감지는 헤더에 대해서만 수행한다.

ATM cell의 각 필드들은 다음과 같은 기능을 수행한다.

- Generic Flow Control(GFC) Field : 흐름제어를 위한 16가지의 상태를 나타내며, 코드 값에 대한 표준은 아직 이루어지지 않았다.
- Routing Field(VPI/VCI) : 루팅을 위해 24-비트(VPI 8비트, VCI 24비트)가 이용가능하다. signaling 가상채널과 일반적인 broadcast signaling 가상채널을 위해 사용되는 것을 제외하고는, 인코딩 방법이 ITU-T에서 아직 연구중이다.
- Payload Type(PT) Field : payload의 타입을 식별하는 기능을 한다. 즉, cell payload가 사용자 정보를 가지고 있는지 혹은 네트워크 정보를 가지고 있는지를 식별할 수 있다.
- Cell Loss Priority(CLP) Field : 이 값이 1이면 cell은 네트워크의 상태에 따라 버려질 수 있으며, 0이면 cell은 높은 우선순위를 가진다.
- Header Error Control Field(HEC) : 헤더의 에리관리를 위해 사용된다.
- Reserved Field(RES) : 기존 cell 헤더의 확장이나 아직 명시되지 않은 표준기능을 위해 사용된다.

ATM 계층의 기능은 다음과 같다.

- Cell 멀티플렉싱과 디멀티플렉싱 : cell 멀티플렉싱 기능은 각각의 VP와 VC로 부터 cell을 조합하여 하나의 cell flow를 만든다. cell 디멀티플렉싱 기능은 복합적인 cell flow로 부터 각각의 VP나 VC로 해당 cell을 분리한다.
- VPI와 VCI의 변환 : 이 기능은 ATM 스위칭 지점과 cross-connect 노드에서 수행되며, 수신되는 ATM cell의 VPI와 VCI를 새로운 값으로 매핑한다.
- Cell 헤더 생성 및 추출 : 이 기능은 ATM 계층이 끝나는 지점에서 적용된다. 전송측에서 cell 헤더의 생성기능은 상위계층으로부터 cell 정보를 HEC를 제외한 적절한 ATM cell 헤더를 생성한다. 이 기능은 SAP(service access point) 식별자를 VP와 VC 식별자로 변환하는 것과 같은 포함할 수 있다. 수신측에서 cell 헤더의 추출기능은 ATM cell 헤더를 제거하고 cell 정보필드를 상위계층에 전달한다. 이 기능은 VP와 VC 식별자를 SAP 식별자로 변환하는 것과 같은 것을 포함한다.
- 흐름제어 : ATM 계층에 흐름제어가 적용 되었을 때 흐름제어 정보가 assigned cell과 unassigned cell

를 통해 전송된다.

ATM 계층의 상위에는 다양한 서비스를 제공하기 위해 AAL(ATM Adaptation Layer)과 같은 추가적인 기능이 제공된다. AAL은 특정 서비스를 ATM 구조로 작용시키는 기능을 수행하며, AAL의 몇가지 타입(AAL1, AAL2, AAL3/3, AAL5)이 구분되어 있다.

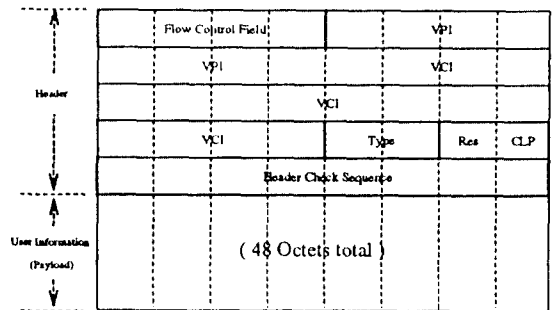
V. 경로배정 프로토콜(Routing Protocol)

경로배정(routing)은 하나이상의 제한 조건하에서 망내에서의 출발지와 목적지 사이의 경로를 찾는 문제이다. 즉, 경로배정 기능은 두 통신 실체가 정보를 주고 받을 수 있는 여러 경로 중에서 사용될 종속망(subnet)의 특성과 사용자의 요구사항(QoS, 사용비용, 전송지연 등)등을 고려하여 가장 적합한 경로를 선정하거나, 수립된 경로를 적절히 유지하고 현재의 경로가 유실될 경우 새로운 대체 경로를 상구하는 등의 통신 기능을 의미한다. 경로배정 기능은 중계기능(relaying)을 보증하는 기능으로 중계기능이 중간시스템에서 PDU(Protocol Data Unit)의 해석, 처리, 변환 기능을 수행하는 반면에 경로배정 기능은 종단 시스템간의 최단거리 또는 QoS를 충족하는 경로를 통해 PDU가 전달될 수 있도록 경로의 검정과 유지에 대한 기능을 수행한다[9].

이러한 경로배정 알고리즘(routing algorithm)은 크게 다음과 같은 두 가지로 나누어진다.

- Distance Vector 경로배정
- Link State 경로배정

Distance Vector 경로배정은 "Bellman-Ford" 또는 "Old ARPANET routing"이라고도 불리우며, 망의 각



CLP = Cell Loss Priority
 Res = Reserved
 VCI = Virtual Channel Identifier
 VPI = Virtual Path Identifier

그림 16. ATM cell의 형태

노드는 자신으로 부터 도달 가능한 모든 목적지까지의 거리 값을 유지해야 한다. 물론, 이러한 거리 값은 이웃한 노드의 거리벡터(distance vector) 정보로부터 계산할 수 있다.

Link state 경로배정의 알고리즘은 다음과 같다.

- 라우터는 이웃한 노드들의 이름을 유지한다.
- 라우터는 이웃한 노드의 이름과 거리비용의 리스트인 LSP(Link State Packet)를 구성한다.
- LSP는 모든 다른 라우터에 전송되며, 각 라우터는 가장 최근에 생성된 LSP를 유지한다.
- 각 라우터는 LSP들을 이용하여 토폴로지에 대한 모든 정보를 얻을 수 있으므로, 임의의 목적지까지의 경로를 계산할 수 있다.

기의 모든 네트워크 계층의 경로설정 프로토콜은 위 두 알고리즘중 하나를 기반으로 설계되었으며, Intradomain 프로토콜과 Interdomain 프로토콜로 구분된다. 현재 구현되어 있는 프로토콜에는 다음과 같은 것들이 있다.

- Intradomain 프로토콜
 - RIP(Routing Information Protocol) : IP 경로설정을 위해 사용됨
 - IS-IS(Intermediate System to Intermediate System Routing Protocol) : CLNP(ConnectionLess Network Protocol)의 경로설정을 위해 사용됨
 - OSPF(Open Shortest Path First) : IP의 경로설정을 위해 사용됨
- Interdomain 프로토콜
 - Static Routing
 - EGP(Exterior Gateway Protocol) : IP Internet에서 사용되었음

-BGP(Border Gateway Protocol) : EGP의 단점을 보완한 프로토콜

-IDRP(InterDomain Routing Protocol) : ISO를 위한 BGP의 수정판

이밖에 경로설정과 관련된 네트워크 계층의 프로토콜로는, 종점노드가 이웃한 라우터를 찾고, 이웃한 노드들과 라우터를 통해서만 도달가능한 노드들을 구분하며, 이웃한 노드들의 데이터링크 계층의 주소를 찾기위한 프로토콜이 있다(Network Layer Neighbor Greeting). 이러한 프로토콜을 이용하여 라우터는 이웃한 노드들의 네트워크 계층 주소와 데이터링크 계층 주소를 알 수 있게 된다. 이같은 기능을 구현하는 프로토콜로는 ISO의 경우 ES-IS(End System to Intermediate System) 프로토콜이 있으며, TCP/IP의 경우에는 ICMP(Internet Control Message Protocol)와 ARP(Address Resolution Protocol)가 있다.

5.1 Intradomain 경로배정 프로토콜

5.1.1 RIP(Routing Information Protocol)

RIP는 distance vector에 기반을 둔 아주 간단한 경로설정 프로토콜이다 (RFC1058). Distance vector 프로토콜에서 라우터는(목적지 주소, 비용)의 값을 이웃 노드들에게 전송한다. RIP에는 다음과 같이 두가지 종류의 패킷이 있다.

- Request
- Response

그림 17은 RIP 패킷의 형태를 보여주고 있다. *command*는 *request*와 *response*를 구분하는 기능을 가진다. *Request*는 새로이 추가된 라우터나 특정 목적지에 대한 정보가 무효화된 라우터에 의해 전송되며, 모든

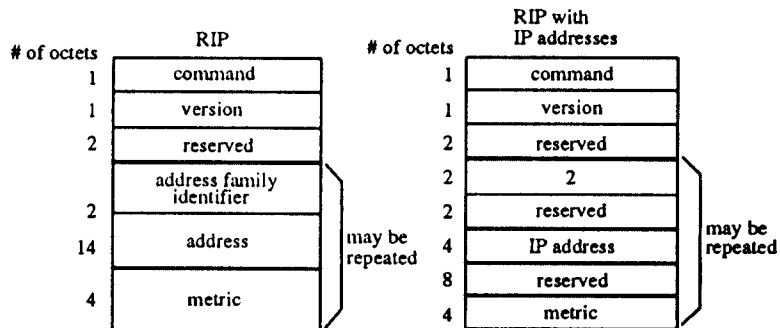


그림 17. RIP 패킷 형태

목적지 또는 특정 목적지에 대한 주소만을 요구할 수도 있다. Response는 실제로(목적지 주소, 비용)의 쌍을 포함하고 있는 메시지이며, 다음과 같은 경우에 전송된다.

- 주기적으로 전송된다. 특정 목적지에 대한 거리 비용이 특정 이웃노드에 의해 일정시간 이상 통보되지 않으면 해당 정보는 삭제되므로, 주기적으로 각 이웃노드에게 통보되어야 한다.(RIP에서는 주기를 30초로 함)
- Request에 대한 응답으로 전송된다.
- 특정 목적지에 대한 비용정보가 변경되었을때 즉시 전송된다.

RIP는 현재 IP망에서만 사용되고 있으며, 경로배정 정보를 주기적으로 전송해야 하므로 많은 대역폭이 필요하다는 단점을 가지기도 한다.

5.1.2 IS-IS(Intermediate System to Intermediate System) 경로배정 프로토콜

CLNP의 경로배정을 위한 ISO 표준이며, link state 알고리즘을 사용한다. OSI에서는 경로배정 구조를 ES-IS 경로배정, Intradomain IS-IS 경로배정, Interdomain IS-IS 경로배정으로 구분한다. Intradomain IS-IS 경로배정은 동일 경로배정 영역(routing domain) 내에서의 IS-IS 경로배정을 의미하며, Interdomain IS-IS 경로배정은 경로배정 영역간의 경로배정을 의미한다. 그림 18은 이것을 잘 나타내 주고 있다. OSI 경로배정을 접근하기 위해서는 OSI 7계층당 구조의 결성, ES와 IS간의 상호작용의 이해와 정의, ES와 IS간의 경로배정 기능의 분할과 할당에 대해 우선적으로 고려해야 한다[9].

현재 표준화된 비연결형 ES-IS 경로배정 프로토콜은 구성정보를 이용하여 ES와 IS들이 각각 자신들의

존재에 대한 정보를 상호간에 알릴 수 있게 하며, 경로전환 정보(route redirect information)를 이용하여 IS가 ES들에게 도달할 수 있는 ES나 IS에 대한 최적의 경로를 알릴 수 있게 하는 프로토콜이다.

연결형 ES-IS 경로배정 프로토콜은 ES들이 최적의 경로를 선정하기 위해 경로배정 정보에 접근할 수 있게 해주는 기능을 수행한다. 위 두 프로토콜간의 차이점은 하부의 종속망의 서비스 차이에 기인하며, 그 결과 비연결형 ES-IS 프로토콜은 CLNS(connectionless network service) 환경에서, 연결형 ES-IS 프로토콜은 CONS(connection oriented network service) 환경에서 사용된다.

비연결형 Intradomain IS-IS 경로배정 프로토콜은 동일 경로배정 영역내의 IS-IS들 간에 경로배정 정보를 교환할 수 있게 해주는 프로토콜로서 CLNS 환경에서 사용된다.

연결형 Intradomain IS-IS 경로배정 프로토콜과 Interdomain IS-IS 경로배정 프로토콜은 표준화가 진행중이다.

5.1.3 OSPF(Open Shortest Path First)

Link state 알고리즘을 사용하는 프로토콜로서 IETF에서 설계되었으며, 다음과 같은 특징을 가진다[24].

- 프로토콜 사양이 공개되어 있어 개방형 표준이 가능하다.
- 서비스 유형별 경로배정이 가능하다. 즉, OSPF를 수행하는 라우터는 IP 헤더에 있는 목적지 주소와 서비스 유형 필드를 사용하여 경로배정을 하게된다.
- 주어질 목적지에 대해 동일한 비용을 가지는 경로가 여러 개 존재할 때, 트래픽을 각 경로에 동등하게 분배한다. 이는 각 목적지에 대해 하나의

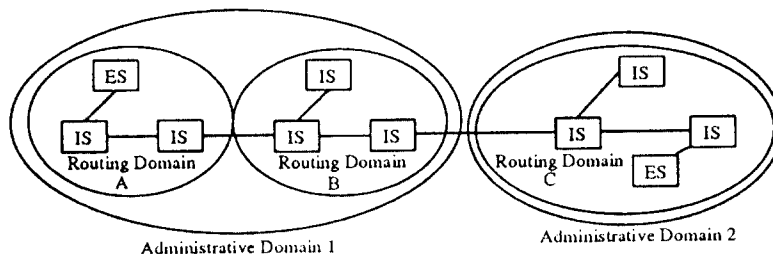


그림 18. OSI 경로배정 구조

경로만을 계산하는 RIP와는 대조적이다.

- 특정 지역(site)은 네트워크 및 라우터들을 영역(area)으로 나누어, 각 영역별로 경로배정을 할 수 있다.
- 신뢰성 있는 경로배정 정보의 교환을 위해, 모든 라우터간의 정보교환은 인증(authentication) 절차를 거친다. 이는 인증절차가 없는 RIP의 단점을 보완할 수 있다.
- 호스트 또는 네트워크별 특징적인 경로를 지원할 수 있다.
- 네트워크 관리자가 가상 네트워크 토폴로지(virtual network topology)를 설정할 수 있다. 즉, 네트워크 관리자는 두 라우터 사이에 직접적인 물리적 링크가 없을지라도 가상 링크를 설정할 수 있다.
- 라우터는 다른 지역(site)에서 얻은 경로배정 정보를 교환할 수 있으며, 메시지 형태는 지역내에서의 경로배정 정보와 외부 지역에서 얻은 정보를 구별할 수 있다.

표 2: OSPF 메시지 유형

Type	의미
1	Hello(used to test reachability)
2	Database description(topology)
3	Link status request
4	Link state update
5	Link state acknowledgement

OSPF 메시지는 그림 19와 같은 24옥텟의 고정된 헤더로 시작한다. *Version* 필드는 프로토콜의 버전을 나타내며, *Type* 필드는 표 2와 같은 의미를 가진다. *router ID*는 송신자의 주소이며, *area ID*는 해당 영역에 대한 32비트 식별자이다. *authentication type*은 어떤 인증기법이 사용되는가를 나타낸다. 0은 인증기법을 사용하지 않음을 나타내고, 1은 간단한 암호(password)를 사용한다는 것을 나타낸다. 그외의 값은 아직 정의되어 있지 않다.

5.2 Interdomain 경로설정 프로토콜

Interdomain 경로설정 프로토콜은 각기 독립적으로 관리 및 운용되는 경로배정 영역(routing domain)간에 동작하는 프로토콜이다. 이러한 경로배정 영역들

# of octets	
1	version
1	packet type
2	packet length
4	router ID
4	area ID
2	checksum
2	authentication type
8	authentication data

그림 19. OSPF 메시지 헤더

은 경로배정 알고리즘, 과금규정, 관리규칙 등이 다를 수 있으므로, 영역간의 경로배정에 대한 합의가 선행되어야 한다. 따라서, 확정적인 Interdomain 경로배정 프로토콜은 존재하지 않는다.

5.2.1 Static Routing

Static Routing은 경로배정 영역을 직접 연결하는 라우터에 경로배정 정보를 수동으로 설정하는 것을 말한다. 수동으로 경로배정 정보를 설정하는 것은 기본적으로 바람직하지 않지만, 다음과 같은 점에서 장점을 가진다.

- 경로배정 영역간의 링크비용은 고가인 경우가 많고 데이터 트래픽이 없는 시간이 상대적으로 많으므로, 경로배정 제어를 위한 트래픽을 사용하는 것은 비효율적일 수 있다.
- 매우 복잡한 경로배정 정책을 사용할 수 있다.

그리고 토폴로지의 변화에 적응할 수 없다는 단점을 가지기도 한다.

5.2.2 EGP(Exterior Gateway Protocol)

EGP는 최초의 Interdomain 경로배정 프로토콜이다. 경로배정 정보를 교환하는 두 라우터가 서로다른 autonomous system¹⁾에 속해 있을때 exterior neighbor라고 하며, 같은 autonomous system에 속해 있을때 interior neighbor라고 한다. 이때 exterior neighbor가 다른 autonomous system에 reachability 정보를 전달하기 위해 사용하는 프로토콜이 EGP이다. 그림 20은 두 exterior neighbor가 EGP를 사용하는 상황을 보여주고 있다.

¹⁾ISO에서의 경로배정 영역(routing domain)을 IP망에서는 autonomous system 이라고 함

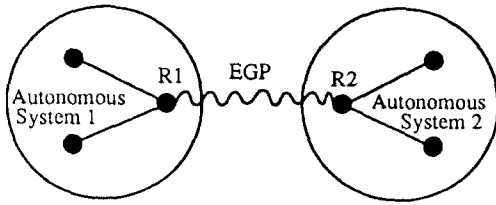


그림 20. EGP의 개념

EGP는 다음과 같은 세 가지의 특징을 가진다.

- Neighbor acquisition 기법 : 라우터가 다른 라우터에게 reachability 정보를 교환할 것을 요구하는 기능이다.
- 라우터는 EGP neighbor들이 정상적으로 작동하는지 계속적으로 검사한다.
- EGP neighbor들은 주기적으로 네트워크 reachability 정보를 교환한다. Distance vector 경로배정 프로토콜과의 차이점은, 목적지까지의 비용이 아닌 reachable 여부만을 알린다는 것이다.

5.2.3 BGP(Border Gateway Protocol)

BGP는 EGP를 대체하기 위해 설계되었으며, 신뢰성 있는 통신을 위해 TCP 연결상에서 동작하는 distance vector 라우팅 프로토콜이다. BGP 라우터는 각 목적지에 대한 비용 대신에 목적지 IP 주소까지의 경로에 있는 autonomous system의 번호들을 전송한다. BGP 라우터는 각 경로에 대한 우선순위를 결정하기 위한 알고리즘을 가지고 있으며, 이 알고리즘에 따라 특정 IP 주소에 대한 경로를 결정하여 BGP neighbor들에게 전송한다.

BGP는 다음과 같은 4가지 유형의 메시지를 가진다.

- Open : BGP neighbor와의 링크가 처음 설정될 때 전송되는 최초의 메시지이다.
- Update : 경로배정 정보를 전송하는 메시지이다.
- Notification : BGP neighbor에 대한 링크가 끊어지기 전에 마지막으로 전송되는 메시지이다.
- Keepalive : BGP neighbor로부터 경로배정 정보에 대한 새로운 메시지가 수신되지 않을 때, 정상 동작 여부를 확인하기 위한 메시지이다.

5.2.4 IDRP(InterDomain Routing Protocol)

IDRP는 BGP의 각 링크를 IP 주소가 아닌 ISO 주소에 맞게 수정하고 새로운 기능을 추가한 버전이다.

IDRP가 BGP를 개선한 것 중의 하나는 목적지까지의 경로에 비용정보를 추가했다는 점이다. 비용정보가 없을 경우에는 단순히 가장 적은 갯수의 RD(routing domain)를 가지는 경로를 선택하는 것이 가능하지만, 경로에 비용정보를 포함하는 것이 보다 고품질의 경로를 선택하는데 유리하다.

IDRP가 가지는 또다른 특징 중의 하나는 경로배정 영역을 묶어서 하나의 confederation으로 지정할 수 있다는 점이다. 즉, 경로배정 메시지에 있는 여러개의 RD(routing domain)를 하나의 confederation으로 묶음으로써 리스트의 길이를 줄일 수 있고, 경로배정 정책의 설정을 간단하게 할 수 있다. Confederation은 경로배정 정책이 여러 개의 RD들을 한꺼번에 관리하고자 할 때 유리한 개념이라 할 수 있다. Confederation도 RDI(routing domain identifier)와 같이 식별자를 가지며, IDRP 라우터만이 RDI와 confederation 식별자를 구분할 수 있다.

Confederation은 가능한 경로의 수를 제한할 수 있다는 단점을 가지기도 한다. 예를들어, 경로상에 동일한 confederation이 두 번이상 나타난 경우에는 루프가 발생한다. 그림 21은 confederation의 개념 및 confederation을 사용하여 루프가 발생하는 경우를 보여주고 있다.

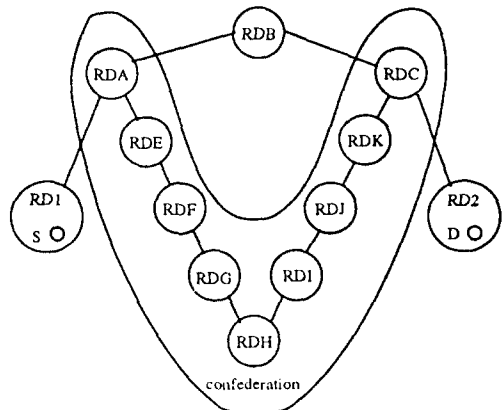


그림 21. confederation의 개념

BGP가 TCP상에서 동작함에 반해 IDRP는 트랜스포트 계층 프로토콜과 유사한 신뢰성있는 종점간 프로토콜을 포함하며, 다음과 같은 유형의 패킷을 가진다.

- Open : BGP와 동일
- Update : BGP와 동일
- Error notification : BGP와 동일
- Keepalive : BGP와 동일
- Checksum : IDRP neighbor가 가지고 있는 경로배정 정보의 유효성을 확인한다.
- Cease : Neighbor간의 연결을 끊고자 할때 사용한다.
- Refresh : 경로배정 정보의 재전송을 요구할 때 사용한다.

VI. 보장형 멀티포인트 서비스 망

6.1 중요 현안

TCP/IP, OSI, SNA 등과 같은 프로토콜 구조의 망 레벨 프로토콜(IP)은 Point-to-Point Best-effort 개념에 충실하게 정의 되었다. 그러나 다양한 분산 멀티미디어 응용들의 효과적인 제공을 위해서는 보장형 멀티포인트 서비스의 제공에 적합한 새로운 망 레벨의 프로토콜의 정의가 요구되고 있으며, 최근 몇년간 이를 위한 많은 연구가 진행되어 왔으며 현재에도 이 분야에 대한 활발한 연구가 진행되고 있다. 보장형 멀티포인트 서비스를 제공하기 위해서 제기되고 있는 중요 현안들을 요약하면 다음과 같다[45, 10].

- Flow Specification : 오디오나 비디오와 같이 보장형의 서비스가 필요한 미디어를 전송하기 위해서는 해당 미디어의 전송 요구사항을 망에게 적절하게 표현할 수 있는 수단이 존재하여야 한다. 즉, 망과 망 사용자 간에 망 이용에 관한 약속을 규정하는 공통적인 언어가 필요한 것이다.
- Multicast Routing : 멀티포인트 서비스의 효과적인 지원을 위해서는 출발지로부터 여러 개의 목적지까지 응용이 요구하는 품질의 전송 서비스를 만족시킬 수 있는 최적의 경로를 효과적으로 설정하는 것이 매우 중요하다.
- 자원 예약 : 보장형 서비스를 제공하기 위해서는 망 이용자가 Flow Specification을 통해 요구한 품질의 서비스 제공에 필요한 망 자원을 미리 예약하고 이의 사용을 보장하는 자원 예약 메커니즘의 지원이 반드시 필요하다.
- 실시간 Packet Scheduling : Bandwidth, 지연시간, Jitter 등에 대한 사항이 망에서 보장되기 위해서는 각 교환기 또는 라우터에서 Packet 들에 대한 실시간 처리가 보장되어야 한다. 따라서 망에서 어떤 Packet Scheduling 정책을 채택할 것인가가

보장형 서비스 제공에서 매우 중요한 문제이다.

6.2 Flow Specification

현재 표준화된 상태에 이르지 않지만 특정 미디어에 대한 망 서비스 요구 사항은 대체로 3가지 종류의 서로 다른 부류의 인자들에 의해 정의될 수 있다.

첫번째 부류는 트래픽 특성을 표현하는 인자들의 집합으로써 망에 대한 Bandwidth 요구 사항을 기술한다. 트래픽 특성 기술 방법에 대해서는 서로 다른 많은 제안들이 존재하고 있으며, 대표적인 방법으로는 패킷의 최대 크기(Maximum Packet Size), 최대 패킷 발생률(Maximum Packet Rate), 그리고 패킷 발생률에 대한 단기간 동안의 Violation에 대한 허용치를 나타내는 최대 버스트 크기(Maximum Burst Size) 등 3개의 인자들으로써 트래픽 특성을 표현하는 LBAP(Linear Bounded Arrival Process) 모델[46, 47], 패킷 최대 크기, 최소 패킷 도착 시간 간격(Minimum Packet Interarrival Time), 그리고 평균 패킷 도착 시간 간격(Average Packet Interarrival Time)으로 트래픽의 특성을 표현하는 Intergap 모델[26, 48], 그리고 마지막으로 Leaky Bucket 모델[49]이 있다. Leaky Bucket 모델에서 발전된 많은 새로운 모델들이 존재하지만 이 부류의 모델들의 일반적인 특징은 망 내의 교환기 또는 라우터의 패킷 처리 능력에 대한 요구를 표현하는 토큰 발생률(Token Generation Rate), 사용되지 않은 토큰에 대한 저장 능력에 대한 요구 사항을 표현하는 토큰 버킷 크기(Token Bucket Size) 등의 인자를 최대 패킷 크기와 최대 패킷 발생률과 같은 인자와 함께 사용하여 트래픽 특성을 표현함으로써 망 사용자에게 의한 트래픽 Violation에 대해 망의 대처 방식을 보다 구체적으로 표현한다. 현재 Internet에서 RFC 1363으로 제안되어 있는 Flow Specification 표준(안)은 Leaky Bucket 방식에 근거하고 있다.

두번째 부류의 인자들의 집합은 해당 미디어의 성능 특징을 표현하기 위한 것으로서 일반적으로 End-to-End 지연 시간의 최대값(Maximum End-to-End Delay), 지연 시간의 최대 편차(Maximum Delay Jitter) 등의 인자가 사용된다.

세번째 부류는 해당 미디어의 오류에 대한 허용 정도로 나타나는 인자들으로써 전체 패킷이 주어진 최대 지연 시간내에 목적지까지 완전하게 전송될 확률과 연속적인 오류 발생 간격에 대한 최대 허용 정보를 나타내는 인자들로 구성된다.

Flow Specification에 대해서는 현재 많은 연구와 실

힘이 진행되고 있으며 필요한 경우 [50]를 참조하기 바란다.

6.3 Multicast Routing

멀티미디어 통신 서비스를 효과적으로 지원하기 위해서는 망 레벨에서 멀티캐스트 서비스를 지원하는 것이 매우 중요하다. 기존의 Unicast Routing을 사용하여 멀티캐스트 서비스를 지원하는 경우 송신자가 수신자의 수 만큼의 패킷을 복제하여 전송하여야 하기 때문에 많은 Bandwidth 손실을 가져올 수 있고, 또한 각 송신자가 여러 수신자에 대한 주소 정보를 유지하고 있으면서 각 수신자마다 주소 정보가 다른 패킷을 만들어서 송신할 수 있어야 한다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 망에서 하나의 송신자로부터 여러 수신자에게 패킷이 전달될 수 있는 멀티캐스트 트리 형태의 최적 경로를 설정하고 해당 경로상의 교환기 또는 라우터가 필요한 경우(둘 이상의 Branch가 존재하는 경우) 패킷을 복제하여 해당 경로들에 전달하는 Multicast Routing기능이 제공되어야 한다. Multicast Routing 문제는 망 내에서 멀티캐스트 그룹에 대한 주소 정보를 어떻게 관리할 것인가와 하나의 멀티캐스트 그룹에 대한 최적 멀티캐스트 경로를 어떻게 설정할 것인가를 두가지 문제로 구분할 수 있다.

쉽게 생각할 수 있는 멀티캐스트 그룹 정보 관리 방식은 각 송신자가 모든 수신 자에 대한 정보를 관리하는 것이다. 즉, 자신의 데이터를 송신하고자 하는 모든 목적지들에 대한 주소 정보를 유지하고 데이터를 송신할 때 이들 목적지에 대한 정보를 사용한다. 이 방식은 멀티캐스트 그룹의 크기가 작고 데이터 전송이 ST-II에서와 같이 연결 지향형(Connection-Oriented)으로 이루어 질때(즉, 멀티 캐스트 주소 정보의 전달이 경로 설정시 한번만 필요한 경우) 비교적 쉽게 사용할 수 있다. 그러나 IP와 같이 데이터 전송이 비연결형(Connectionless)으로 이루어지는 경우 주소 정보로 인한 패킷 크기의 증가 때문에 비현실적이다. 그리고 그룹의 크기가 커지고 그룹의 구성원이 동적으로 변화할 때 송신자가 모든 그룹 정보를 관리하기가 매우 어려워진다. 이런 문제를 해결하기 위해 제시된 프로토콜이 IGMP(Internet Group Management Protocol)[51]이다. IGMP는 특정한 그룹에 관해 구별 가능한 ID를 부여하고 해당 멀티캐스트 그룹에 관한 정보를 ICMP와 같은 방식으로 관련 라우터들이 공유할 수 있도록 함으로써 사용자가 제공하는 멀티캐스

트 그룹 ID만으로 멀티캐스트 라우팅이 가능하게 한다. 개념적으로 IGMP는 두 단계로 동작한다. 첫째 단계는 특정 호스트가 특정 멀티캐스트 그룹에 가입하면 해당 호스트는 모든 호스트에게 자신의 가입 사실을 알리는 IGMP 메시지를 보낸다. 이 메시지를 받은 로컬 라우터는 이 정보를 적절한 경로를 통해서 관련 있는 다른 라우터들에게 전달한다. 두번째 단계는 각 로컬 멀티캐스트 라우터가 자신이 관상하는 특정 그룹의 구성원에 대한 상태(개속하여 그룹에 속해있는지의 여부)를 주기적으로 검사하여 이 정보를 다른 라우터들에게 알려줌으로써 그룹 구성원에 대한 동적인 변경 사실이 망 전체에서 적실하게 갱신될 수 있게 한다.

최적 멀티캐스트 경로의 설정 문제는 NP Complete로서 많은 휴리스틱 알고리즘들이 제안되어 있다. 그러나 현재 많이 사용되고 있는 알고리즘들은 대부분 각 구성원에 대한 최적 경로를 찾아 다음 중복되는 라우터를 경유하는 경로를 하나로 합함으로써 멀티캐스트 트리를 만드는 방식을 채택하고 있다. 현재 제안되어 있는 알고리즘들을 경로계산 방법이 아닌, 망 내에서 멀티캐스트 정보를 어떻게 유지하느냐에 따라 구분해 보면 Per-Source Tree 방식과 Shared Tree 방식으로 분류할 수 있다. Per-Source Tree 방식은 멀티캐스트 그룹내의 각 Source(송신자)마다 멀티캐스트 트리를 유지하고 송신자가 데이터 송신시 자신의 주소(Source Address)와 그룹 주소를 함께 사용함으로써 각 라우터가 적절하게 패킷을 전달할 수 있게 한다. 현재 Internet에서 IP의 멀티캐스트 확장을 위해 제안되어 있는 대표적인 두가지 경로 설정 프로토콜인 DVMRP(Distance Vector Multicast Routing Protocol)[52]과 LSMRP(Link State Multicast Routing Protocol)[53] 모두 이 방식을 채택하고 있다. 그러나 이 방법은 그룹의 크기가 커지고, 망에서 제공하는 그룹의 수가 많아지며, 특히 그룹 내의 송신자가 많아질 때 망 내의 각 라우터가 유지해야 하는 멀티캐스트 정보가 급격하게 증가한다는 단점이 있다. 그리고 새로운 호스트가 특정 그룹에 가입할 때 모든 Source로부터 멀티캐스트 트리를 갱신해야 하는 단점이 있다. 인터넷과 같은 대규모 망에서 이와 같은 문제점을 해결하기 위해 제시된 방식이 Shared Tree방식으로서 대표적인 예는 CBT(Core Based Tree)[54]이다. CBT 방식은 Per-Source Tree 방식과 달리 멀티캐스트 그룹마다 하나의 멀티캐스트 트리를 유지하고 모든 송신자가 이 트리를 공유하게 한다. 공유 트리는 Core

라는 중심 노드로부터 모든 수신자에게 연결되는 멀티캐스트 트리로서 각 송신자는 Unicast 방식으로 Core 노드에게 패킷을 전달하고 Core 노드가 이미 설정된 이 공유 트리를 이용하여 패킷을 멀티캐스트한다. 이 방식은 멀티캐스트 그룹마다 하나의 멀티캐스트 트리를 유지함으로써 기존의 Per-Source Tree 방식의 문제점들을 해결할 수 있다. 그러나 모든 패킷이 Core를 경유함으로써 지연 시간이 증가할 수 있고 Core를 유지하는 오버헤드가 필요하다.

최적 멀티캐스트 경로 설정에서 새롭게 제기되고 있는 문제로는 경로 설정시에 링크 Bandwidth, 라우터 또는 교환기의 처리 능력, 지연 시간 등 새로운 매개 변수를 고려할 필요가 있다는 것이다. 즉 기존에는 대체로 최단 경로를 최적으로 보고 경로를 설정하였지만 보장형 서비스가 적절하게 제공되기 위해서는 새로운 매개 변수를 고려한 경로 설정이 요구된다는 것이다. 이 문제에 대해서는 현재 많은 연구가 진행되고 있다[55, 56].

6.4 자원 예약

기존의 패킷 통신망에서는 기본적으로 FCFS(First Come First Served) 형태의 Best-effort 방식으로 모든 패킷을 처리함으로써 망 자원의 효율적인 공유를 도모하였다. 그러나 실시간 오디오나 비디오와 같이 Bandwidth, 지연 시간, Jitter 등에 대한 보장이 필요한 미디어를 수용하기 위해서는 Best-Effort 방식은 불충분하다. 이에 대한 대안으로 제시되고 있는 방식이 자원 예약 방식이다. 즉, 앞에서 설명한 Flow Specification을 통해 망 이용자가 전송할 미디어에 대한 서비스 요구 사항을 표현하면, 망에서 이 서비스를 보장하기 위해서 필요한 자원(링크 용량, 라우터 또는 교환기의 처리 능력, 버퍼 등)을 사전에 할당하고 통신 중에 이 자원을 사용을 보장하는 것이다. 자원 예약 방식에 근거하여 개발된 대표적인 망 레벨 프로토콜에는 ST-II[40]와 RSVP[45]가 있다(SRP[46], RCAP[57] 등 기타 다른 프로토콜도 존재하지만 이 프로토콜들은 멀티캐스트 기능이 결여되어 있으므로 논의에서 제외한다).

ST-II는 하나의 송신자로부터 다수의 수신자에게로의 단방향 보장형 멀티캐스트 경로를 설정하고 이 경로를 통한 보장형 패킷 전송 서비스를 제공하는 프로토콜로서 인터넷과 같은 패킷망에서 오디오 회의, 멀티미디어 회의와 같은 응용에 적합하게 설계된 프로토콜이다. ST-II에서는 예약된 자원의 범위 내에

서 제어 정보 처리로 인한 서비스 품질 훼손을 방지하기 위해 제어 정보 처리를 위한 프로토콜(SCMP)과 데이터 전송 프로토콜(ST)을 완전히 분리하여 정의하고 있다. SCMP는 스트림의 설정과 관리를 담당하는 프로토콜로서 사용자가 적절한 Flow-Specification의 스트림 설정을 요구할 수 있게 하고, 새로운 호스트의 추가와 삭제, Flow-Specification의 변경 등의 제어 기능을 제공한다. 스트림 설정시에 ST-II 서비스를 제공하는 라우터 또는 교환기(ST Agent)는 적절한 멀티캐스트 경로 설정 프로토콜(구체적인 프로토콜에 대해서는 정의하고 있지 않음)을 사용하여 멀티캐스트 경로를 설정하고, 설정된 경로 상의 자원을 Store-and-Forward 방식으로 예약한다. ST-II를 사용하여 회의형 응용과 같이 Multipoint-to-Multipoint 형태의 통신을 지원하기 위해서는, 망 내의 별도의 오디오 Mixer, 또는 비디오 교환기[74]등을 이용하지 않는 한 그룹 내의 송신자 수 만큼의 단방향의 멀티캐스트 스트림이 설정되어야 한다. 따라서 오디오 회의와 같이 많은 송신자가 존재하지만 그중 일부만이 데이터 통신을 수행하거나, TV 수신과 같이 여러 송신자(채널)로부터의 정보를 선택적으로 수신하는 경우, 불필요한 자원의 예약으로 인한 손실이 있을 수 있다. ST-II에서는 이런 문제를 프로토콜 외적인 방법(예를들면, 데이터 전송이 이루어지고 있지 않은 스트림에 할당된 자원을 다른 목적으로 사용할 수 있게 함)으로 해결하도록 유도하고 있다. 또 다른 문제로는, 새로운 호스트가 참여하는 경우 모든 송신자로부터의 스트림을 해당 호스트에게로 확장해야 한다는 것과, 수신 능력이 다른 여러개의 호스트를 동일한 스트림에 수용할 수 없다는 점이다.

이런 문제에 대한 근본적인 대안으로 제시된 프로토콜이 RSVP이다. RSVP의 특징은, ST-II에서 각 송신자가 자원 예약을 요구하고 예약된 자원은 해당 송신자만이 사용할 수 있게 하는 것과 달리, 각 수신자가 자원 예약을 요구하도록 함으로써, 서로 다른 수신 능력의 수신자들을 쉽게 수용할 수 있게 하고, 자원 예약과 자원 사용자 지정(Filtering)을 분리함으로써 보다 유연한 자원 예약과 사용을 가능하게 하는 것이다. RSVP에서 자원예약은 각 수신자가 미리 설정되어 있는 송신자별 멀티캐스트 트리의 역 방향으로 자원 예약을 요구함으로써 이루어진다. 이때, 각 수신자에 의해 요구되는 자원량은 서로 다를 수가 있으며, 자원 예약이 완료되면, 동일한 멀티캐스트 그룹에게 보내어지는 서로 다른 데이터 스트림을 수신할 수 있

고, 자신의 자원 예약 범위내에서 수신 데이터 스트림의 종류를 동적으로 변경할 수 있다. 자세한 동작 방식에 대해서는 [45]를 참고하기 바란다. RSVP는 현재 ST-II와 같은 완전한 프로토콜 형태로 정의되어 있지 않으며, 기본적인 개념만으로 비교할 때, 동작방식이 복잡하고 라우터에서 유지해야하는 멀티캐스트 라우팅 정보가 많아지는 단점이 있다.

6.5 실시간 Packet Scheduling

망내의 교환기나 라우터가 입력 패킷을 단순한 FCFS 방식이 아닌 실시간으로 처리해야하는 요인은, 일정한 Bandwidth의 미디어 스트림에 대한 End-to-End 지연시간을 보장하기 위한 것이다. 즉, 라우터(교환기)에 대한 실시간 처리 제약 조건은 해당 장치에서 사용자가 요구하는 End-to-End 지연 시간에 대한 제약을 경로상의 모든 라우터에게 분배하는 과정을 통해 설정되고[46, 48, 57], 각 라우터는 해당 채널을 통해 입력되는 모든 패킷에 대해 이 실시간 처리 제약 조건을 충족시킬 수 있는 Packet Scheduling 정책을 사용하여야 한다. 실시간 Packet Scheduling 정책에 대해서는 많은 제안들이 제안되어 있으며, 지연시간 Jitter 축소의 고려 여부에 따라 Work-conserving 방식과 Non-work-conserving 방식으로 구분될 수 있다[58]. Work-conserving 방식은 다른 채널들에 대한 성능 보장에 지장이 없는 범위내에서 가능한한 빠른 속도로 입력 패킷을 처리하는 방식으로써, Delay EDD[48], Virtual Clock[59], Fair Queuing[60]등이 이 방식으로 동작한다. 이 방식은 망 자원의 이용율을 증가시키는 장점이 있으나, 목적지에 가까운 수목 임접한 패킷간의 시간 간격이 커질 수 있고(Jitter의 발생), 목적지에 가까운 라우터나 교환기가 상대적으로 더 많은 버퍼를 필요로 하는 문제점이 있다.

반면, Jitter-EDD[63], HRR[62], Stop-and-Go[61] 등과 같은 Non-work-conserving 방식의 Packet Scheduling 정책들을 채택한 라우터나 교환기에서는, 매 입력 패킷에 대해 미리 계산된 처리 시작 시점까지 기다린후 처리함으로써, 임접한 패킷들이 일정한 시간 간격으로 해당 라우터를 통과할 수 있게하여 최종 목적지에서의 Jitter를 최소화 한다. 이 방식을 사용하면, 패킷의 각 라우터 통과에 대한 지연 시간이 일정하게 주어짐으로써 버퍼할당의 불균형 문제도 해결되어 진다. 그러나, 이 방식에서는 처리 능력의 여유가 있음에도 불구하고 기다려야 하는 상황이 발생할 수 있으므로, 상대적으로 망자원 이용율을 낮아진다.

Ⅶ. 고속 트랜스포트 프로토콜

기존의 컴퓨터 네트워크는 수십 Kbps에서 수 Mbps의 낮은 전송 대역폭과 높은 비트 에러율(BER: Bit Error Rate) 때문에 통신 프로토콜은 이를 극복하는데 기능상의 초점이 맞추어져 왔다. 그러나 현재의 새로운 네트워크 환경은 광섬유를 이용한 전송 및 프로토콜 기능을 구현하여 수백 Mbps에서 수 Gbps 정도의 넓은 대역폭을 제공하고 또한 낮은 비트 에러율을 보장한다.

또한 사용자들의 요구도 텍스트 데이터나 저해상도의 그래픽 등 실시간성이 거의 요구되지 않는 것에서부터 음성, 영상, 오디오, 애니메이션, 고해상도의 그래픽 등 대용량의 멀티미디어 데이터 내지는 실시간성이 요구되는 서비스를 원하고 있다. 따라서 기존의 OSI 프로토콜이나 TCP/IP는 네트워크의 대역폭이 작고 비트에러율이 높으며 시스템 자원이 부족하던 때에 개발되었으므로 대역폭의 효율적 사용과 에러의 발견 및 회복에 초점을 둔 프로토콜이었다.

따라서, 달라진 네트워크 환경에 적응하기 위한 새로운 트랜스포트 프로토콜이 갖추어야 할 기능들에 대해 많은 논의가 있으며, 다음과 같은 요구사항들이 있다.

- 연결 관리
 - Short-lived connection 필요: 암시적 연결설정, 지연감소, 처리율 증가
 - Handshaking 방식의 다양화: 2 way, 3 way
 - 가상회선/데이터그램의 지원
 - Multicast 전송 지원
 - Disconnect 방식의 다양화: timeout/implicit, hand shake/explicit
- 데이터 전송
 - 병렬 디코딩(parallel decoding)이 가능한 자료 구조 고정 위치, 고정 크기, 바이트/워드 정렬, padding 활용
 - 헤더와 checksum을 분리하여 trailer에 위치시킴
- 흐름 제어/에러 회복
 - 흐름 제어와 에러 제어를 분리시킴
 - Credit-based 흐름 제어(수신측의 버퍼 여유만큼 credit할당)
 - 전송율 제어(버퍼 크기/간격, 패킷간 지연 시간)
 - 실제적인 재전송
 - 주기적인 송신사, 수신사 간에 상태정보 교환

- Block 단위로 Acknowledgement
- Timer 갯수의 최소화
- 운영 체제로부터 독립시켜 구현함(off-board processing)

- 높은 신축성(여러 가지 응용을 지원함)

현재 고속 통신망에서 동작하는 트랜스포트 프로토콜들이 많이 제안되고 또 사용되는데 실제로 구현된 사례들을 구분하면 크게 다음의 두 종류로 구분된다.

- 새로운 종류의 고속 프로토콜로 해결

XTP(eXpress Transfer Protocol), NETBLT(Network Block Transfer), Delta-t, VMTP(Versatile Message Transaction Protocol)등 주로 트랜스포트 계층에 집중되어 있는데, 이들 프로토콜의 주요 공통점으로는 내역폭이 다소 낭비되더라도 성능의 최대 장애물인 프로토콜 처리시간을 최소화하기 위해 프로토콜 처리 요구량을 최소화하고, 전송 에러율이 작으므로 에러회복에 과도한 처리를 하지 않으며, 기존의 흐름 제어 기법보다 더욱 효율적인 방식을 채택한다는 세 가지를 들 수 있다.

- 기존의 프로토콜에 보다 향상된 구현 기법의 도입
다중프로세서, 병렬적 구조, VLSI 등 주로 2, 3, 4 계층에 해당됨

7.1 TP5

INRIA(France)에서 제안되었으며 실시간 멀티미디어 데이터를 전송하는데 특히 주안점을 둔 트랜스포트 프로토콜이다. ISO의 TP4의 변형으로서 실시간 데이터에 대해서는 흐름제어나 에러복구 등의 처리를 하지 않는다. 이러한 실시간 멀티미디어 데이터를 위해 특별히 RT TPDU(Real Time Transport Protocol Data Unit)를 정해서 전송을 한다. 이 실시간 데이터에 대한 전송에러는 감지만 되고 숫자만 기록된다. 에러율이 성능을 약화시킬 때 연결을 해제하는 것은 응용계층이 결정할 사항이다. 흐름제어는 전송을 제어(rate control)로 바뀌며 전송율에 대한 것은 연결 설정시 협상된다.

보통 데이터(normal data)와 실시간 데이터(real-time data)는 상호 동기화를 위해 둘다 같은 연결을 통해 전송이 된다. 두가지 동기화 방법이 있는데 relative sequence 방법은 RT-TPDU가 DT-TPDU(normal data

의 TPDU)보다 먼저 도착 되어야 한다. Absolute sequence 방법은 단지 RT-TPDU만 순서대로 수신되는 방법이다.

이 프로토콜은 아직 널리 쓰이지는 않지만 TP4를 개조하여 실시간 멀티미디어 데이터를 위한 전송과 동시에 보통의 데이터를 전송하는 기능을 같이 가졌다는 의미에서 의의를 갖고 있다. 성능이 보장이 되면 실시간 멀티미디어 데이터를 사용하는 응용 프로토콜의 하위계층으로 쓰일 수 있을 것이다.

7.2 TP++

Bellcore에서 개발된 멀티미디어 응용(1Gbps)을 위한 고속 트랜스포트 프로토콜이다. 전송 데이터의 순서의 불일치(misordering), 다중 경로(multipath)를 가정한다. 또한 복잡성을 피하기 위해 여러 트랜스포트 계층의 연결을 다중화(multiplexing)하는 것은 제외시키고 설계 되었다.

연결 관리(connection management)는 handshake 방식에 비해 지연시간이 작고 오버헤드가 작은 타이머에 의존하는 방식이고, 흐름제어는 실질적으로 없다고 할 수 있고 가능하다면 network back-pressure²를 사용한다. 에러제어 방식은 흐름제어로부터 분리되어 ARQ(Automatic Repeat reQuest)와 FEC(Forward Error Correchion)를 사용한다.

TP++는 단방향 연결(simplex connection)을 기본으로 사용한다. 양방향 및 multicast 연결은 단방향 연결의 다중으로 사용하여 만들어진다. 각 연결은 16비트의 CID(Connection IDentifier)를 가지며 수신자는 데이터의 근원지를 식별할 수 있으므로 각 데이터 패킷의 식별자 역할을 하는(발신자, CID)쌍은 유일하다고 할 수 있다. 하나의 연결 내에서 각 바이트 데이터는 연관된 CSN(Connection Sequence Number)를 갖는다.

TP++는 ATM 망 위에서 동작하는 것을 상당히 고려했기 때문에 비트에러율이 낮고 폭주(congestion)에 의한 패킷 손실이 있는 상황을 고려했다. 또한 멀티미디어 통신과 고속 트랜잭션을 지원하는 것을 목표로 하고 있으며, 다음과 같은 서비스를 지원한다.

- 전송 지연에 제약이 있는 서비스
- 분산 환경에서의 트랜잭션 서비스
- 다량(bulk)데이터 전송 서비스

²현재 네트워크의 트래픽 등의 상태를 고려한 트랜스포트 계층의 연결에 대한 QoS인자 등을 조정하는 것

7.3 XTP(Express Transport Protocol)

XTP(eXpress Transport Protocol)은 네트워크 계층과 트랜스포트 계층을 하나로 통합하여 두 계층이 가진 기능의 서비스를 제공한다. 이 프로토콜은 VLSI칩으로 구현될 것을 고려하고 설계되었으며, 완벽한 고속 트랜스포트 계층의 기능 제공을 목표로 한다.

XTP는 전통적인 흐름 전송 서비스(TCP와 다량(bulk) 데이터 전송)외에 실시간 데이터그램 전송서비스도 제공한다. XTP는 선택적인 재전송 방법을 사용하고 옵션으로 재순서화(resequencing)을 제공한다. 또한 다중 주소지정 방식(multiple addressing scheme)을 사용하여 신뢰적인 multicast를 지원한다.

흐름 제어는 윈도우 흐름 제어와 전송률 제어(rate control) 기법에 기반을 둔다. NETBLT의 전송률 흐름제어(rate control)와 달리 가변적인 버퍼 크기를 가진다. 그리고 네트워크의 트래픽 제어는 사용자나 네트워크의 제한조건에 따라 조정될 수 있다.

위에서 언급한 사항과 기타 특징 등을 간단히 요약하면 다음과 같다.

- 처리시간이 전송시간보다 작도록 설계
- 에리, 흐름, 전송률 제어, multicasting 기능
- 타이머를 제한적으로 사용(수신측에 1개)
- 병렬적 수행이 가능한 state machine을 사용
- 32bit flow window
- Transport checksum field 헤더에 놓음
- 고정 크기의 헤더

XTP의 흐름제어(flow control)는 수신자가 송신자에게 자신의 현재 수신 버퍼상태에 대한 인사를 제어 패킷으로 전송하여 알려주게 된다. 전송률 제어(rate control)는 송신자가 전송하는 데이터 비스트의 시간 간격 및 크기를 조정하는 방법으로 수행되며, 다음과 같은 인사를 사용한다.

- RATE: 1초 동안 받을 수 있는 최대 바이트 수
- BURST: 한 번의 패킷을 비스트에 받을 수 있는 최대 바이트 수

7.4 HSTP(High Speed Transport Protocol)

OSI 모델의 트랜스포트 계층에 위치한 프로토콜로서 현재 국제 표준기구의 고속 트랜스포트 프로토콜 표준화 작업에 제출되어 있으며, 기존의 XTP(eXpress Transfer Protocol)에 기초하고 있다. XTP는 트랜스포트 계층과 네트워크 계층의 일부를 포함하는 프로토콜인데 여기서 네트워크 계층의 기능을 삭제하고, 순차값 범위(sequence space)를 32비트에서 64비트

로 확장하는 등, 약간의 수정을 가한 것이 HSTP이다.

HSTP의 특징으로는 다음의 5가지가 있다.

- VLSI 구현에 의한 병렬 처리가 효율적으로 수행될 수 있도록 병렬적 구조를 가진 프로토콜 기제로 설계되었다.
- 흐름제어 방식으로 윈도우 흐름제어 외에 단위 시간 동안 전송할 수 있는 데이터의 양을 제한하여 패킷 전송속도를 제한하는 전송률 제어(rate control)의 스케줄링의 기능을 제공한다.
- 에러제어를 위해 go-back-N과 selective repeat 기법을 사용한다. 두 에러제어 기법 중 어느 것을 사용할 것인지는 연결설정시에 결정한다.
- 수신 시스템의 상태 정보를 알기 위해 송신부는 데이터 패킷이나 제어 패킷의 SREQ비트를 사용하여 응답 전송시기를 사용한다. SREQ 비트를 언제 set해서 응답을 요청할 것인가가 성능에 큰 영향을 미친다.
- 전송된 데이터의 응답을 기다리기 위한 타이머로서 WTIMER가 있다. WTIMER는 트랜스포트 연결당 하나만 사용하며, SREQ비트가 set된 패킷이 전송될 때마다 재시동된다.

HSTP는 ISO 8348에서 정의된 비연결(connectionless) 네트워크 서비스 위에서 동작하도록 설계되었고, ISO 트랜스포트 프로토콜 서비스 정의(ISO 8072)에 기초한 HSTS(High Speed Transport Service)를 상위계층에 제공한다. 현재 계속 연구, 발전이 되고 있으며 아직 많이 쓰이고 있지는 않다.

7.5 VMTP(Versatile Message Transaction Protocol)

VMTP는 통신망의 여러 노드에서 작동하는 분산 운영체제에 고성능 통신을 제공하기 위해 설계되었다. 이 프로토콜은 트랜잭션 처리를 위주로 하는 통신을 위해 고안된 것으로 특히 RPC(remote procedure call) 기능을 지원하는데 중점을 두었다고 할 수 있다. VMTP는 또한 전송률 제어(rate control)와 선택적인 재전송 방식을 채택하여 대량의 데이터를 효율적으로 전송하는 streaming mode를 제공한다.

Multicast나 call forwarding 등의 기능이 지원되고 주소가 설계 위치에 독립적이라는 특징을 가진다. 네트워크의 보안을 위해 주소인증(address authentication) 기법이 사용되는 것도 한 특징이 되겠다. 이러한 특징들을 요약하면 다음과 같다.

- 호스트 주소에 독립적인 naming

- 다중 패킷(Multi-packet)의 요구 및 응답 메시지
- 선택적인 재전송
- 전송율 기반의 흐름제어(rate-based flow control)
- 메시지의 보안성 지원
- Multicast 메시지 트랜잭션의 처리 지원
- 실시간 통신
- 매우 간단한 클라이언트/서버 구현

실시간 트랜잭션을 위한 VMTP는 메시지 트랜잭션을, 클라이언트가 일단 서버들에게 request 메시지를 보내면 서버들은 그에 대한 응답을 하는 것으로 정의된다. 메시지는 MCB(Message Control Block)과 데이터 부분으로 구성되며, 하나의 메시지는 한개 이상의 패킷그룹으로 구성되고 각 패킷그룹은 최대 32개까지의 패킷으로 이루어진다. 각 request는 같은 (Client, Transaction) 식별자를 갖는 응답에 의해 정상적으로 전송되었음이 확인된다. 여러 개의 타이머들이 클라이언트와 서버간의 추정된 round-trip delay와 Multi-packet response가 필요한 경우에는 패킷간 지연, 그리고 기대되는 응답을 기다리는 시간들을 고려하기 위해 사용된다. 흐름 제어는 전송하는 패킷 사이의 시간을 조정하는 전송율 제어(rate control)를 사용한다.

스탠포드 대학의 V 분산 시스템의 트랜스포트 프로토콜로 개발된(RFC 1045) VMTP는 크게 두 가지 통신유형을 지원한다. RPC(Remote Procedure Call) 방식과 Request/Response 방식의 일반적인 트랜잭션 위주의 통신이 바로 그것인데 망 환경은 비신뢰적인 데이터그램 IP 상에서 동작한다.

7.6 Delta-t

Delta-t 프로토콜은 스트림과 트랜잭션 위주의 통신을 지원하기 위해 설계된 것으로 비연결형 네트워크 프로토콜(예를 들면 ISO CLNP(ConnectionLess Network Protocol) 위에서도 구현 가능하다. 이 프로토콜은 주로 연결관리(Connection Management)에 중점을 두었다고 할 수 있다.

Delta-t 프로토콜은 스트림을 목적지 포트(destination port)와 근원지 포트(source port) 그리고 스트림 식별자로 이루어진 단방향 흐름으로 정의하며, 스트림에서는 3가지 심분(B, E, W)가 쓰이는데 각각의 의미는 다음과 같다.

- B: 상위계층 데이터 단위의 시작을 나타낸다.
- E: 상위계층 데이터 단위의 끝을 나타낸다.
- W: 수신자에게 처리할 데이터가 수신되었음을 알리는 wakeup point 역할을 한다.

흐름제어로는 sliding window 방식이 쓰이며 비트 단위로 흐름제어와 에러제어를 수행한다. Check-sum을 사용하여 에러를 감지할 수도 있다. 재전송을 위해서는 ARQ(Automatic Repeat reQuest)와 go-back-N방식을 사용해 에러회복을 한다.

연결제어는 타이머에 기초하여 이루어진다. 송신자는 연결에 대한 기록(connection record)을 초기화한 후에 송신 타이머(send timer)를 기동시키고 데이터 패킷을 전송한다. 데이터 패킷의 수신자는 연결에 대한 기록을 하고 수신 타이머(receive timer)를 기동시킨다. 연결은 송신 타이머가 끝나면 해제가 되며, 이러한 기법에서 난점은 망의 지연이나 패킷의 lifetime을 고려하여 타이머의 시간을 잘 결정해야 하는 것이다.

7.7 NETBLT(NETWORK BLock Transfer)

NETBLT는 MIT대학에서 개발한 내용망의 데이터를 전송하는 트랜스포트 프로토콜로서 어떤 데이터그램 방식의 네트워크 위에서도 동작하도록 설계되었다.

NETBLT에서 데이터는 단위들의 순서화된 집합(이를 NETBLT에서는 버퍼라고 한다.)으로 전송한다. 데이터는 송신자(sender client)가 버퍼로 만들어 NETBLT에 제공하면 NETBLT는 다시 버퍼를 패킷화시켜 버스트로 전송하게 된다. 두 개의 패킷교환으로 연결이 설정되고 연결에 대한 인자들(버퍼, 패킷, 버스트 크기 등)이 협상된다.

흐름제어는 2가지 전략으로 이루어 지는데 하나는 client 수준에서 단위 시간당 전송하는 버퍼 수를 조정하는 방법으로 흐름이 제어되고 또 하나는 송신측에서 로칼 타이머와 협상된 패킷, 버스트 크기로써 전송율을 조정할 수 있다.

NETBLT은 에러와 패킷이 도중에 분실되는 것을 감지하고 선택적인 재전송 방식을 사용하는데 송신자는 전체 버퍼를 모두 전송한 후에 수신측의 응답을 기다린다. 수신자는 손실된 패킷이 있는 경우에는 그 손실된 패킷을 가르치는 RESEND 메시지를 보내고, 아니면 OK 메시지를 보내어 전송이 완료되었음을 송신자에게 알린다. 수신자가 GO 메시지를 보내는 경우는 다음 버퍼의 내용을 보내라는 의미이다. 망의 지연이 매우 긴 경우에는 버퍼를 보낼 때마다 기다리는 이 기법이 비효율적이므로 다중 버퍼링 기법(multiple buffering mechanism)을 사용해 하나의 버퍼를 전송한 후에 응답을 기다리지 않고 다음 버퍼를 보내기도 한

다. 이를 그림으로 나타내면 그림 22과 같다.

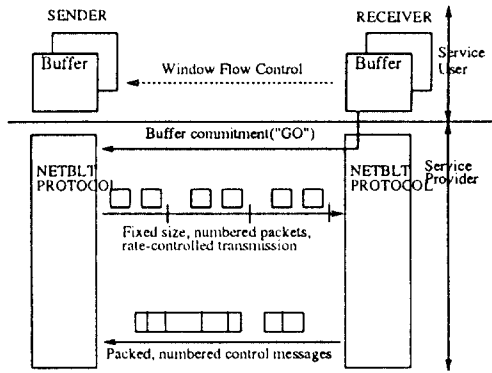


그림 22. NETBLT의 데이터 전송에

VIII. 멀티미디어 동기화

최근 몇년 동안 멀티미디어 통신과 관련하여 가장 주목받았던 Issues중의 하나가 이 동기화 문제였다. 동기화 문제는 기본적으로 서로 다른 특성의 미디어를 별도의 연결을 통해 전달하는 다중 연결 Call 개념이 멀티미디어 응용에 적합한 것으로 이해되면서 제기되었으며, 이 경우 서로 다른 지연 시간 특성을 가지는 연결을 통해 각각 전달되는 미디어 간에 주어질 시간 관계가 목적지에서 어떻게 유지되도록 한 것인가가 멀티미디어 동기화 문제의 본질이다[6, 7, 8]. 멀티미디어 데이터 전송중에 미디어 상호간에 시간적인 불일치를 유발하는 요인은 많이 있을 수 있다. 우선, 송신 호스트에서 각 미디어 데이터를 부호화하고 패킷화하는 데에 걸리는 시간이 다를 수 있고, 망내에서도 서로 다른 경로의 설정, 경로상의 Queuing Delay등의 차이로 인한 전송 시간의 차이가 있을 수 있으며, 수신측 호스트에서도 송신 호스트와 유사한 차이가 유발될 수 있다. 망에서 유발되는 지연시간의 차이에 대해서는 앞에서 설명한 Non work conserving 실시간 Packet Scheduling 정책등의 채택으로 어느 정도 해결될 수 있으나, 서로 다른 채널간의 지연시간 차이를 일정하게 지시하기 위해 필요한 오버헤드등으로 인하여 완전한 해결책을 기대하기는 어렵다. 따라서 End-to-End 수준에서의 동기화 문제는 여전히 중요한 문제로 남는다.

End-to-End 레벨에서 동기화 문제를 해결하는 방

안으로 쉽게 생각할 수 있는 것중 하나는, 서로 다른 연결의 지연시간을 수신측에서 버퍼링을 통하여 의도적으로 일치시키는 방안이다. 즉, 동기 관계가 설정된 연결들의 지연시간을 모두 가장 큰 지연시간을 가지는 연결에 일치시키고 지연시간이 작은 연결을 통해 전달된 미디어 데이터는 일정 시간 동안 버퍼링함으로써 인위적인 지연시간을 추가하여 다른 연결들과 일치시키는 방법이다. 이 방법이 효과적으로 적용되기 위해서는 각 데이터 연결의 최대 허용 지연시간이 완전하게 보장되고, 이 값을 사전에 계산을 통하여 파악할 수 있는 실시간 트랜스포트 프로토콜이 제공되고, 송신자와 수신자의 시계가 완전히 동기화될 수 있어야만 한다. 현재 보장형 망서비스에 대한 연구와 함께 실시간 트랜스포트 프로토콜 개발에 관한 연구가 활발하게 진행되고 있으며[39, 64, 65] 망에서의 시계 동기화에 대한 많은 연구 결과가 존재하고 있으므로, 향후 이 방법이 많이 사용될 수 있을 것으로 예상된다.

그러나 지금까지 End-to-End 레벨에서의 동기화 기법에 관한 대부분의 연구들은 지연시간이 임의로 주어지고, 시계의 완전한 동기화도 기대할 수 없는 기존의 통신 환경을 가정하고 진행되어 왔다. 이 경우, 동기화를 위한 중요한 Issues는 다음과 같이 정리될 수 있다.

- Framing : 서로 다른 연결상의 미디어 스트림의 데이터 단위들에 대해 상호간에 동기 관계(동일한 시간에 도착)가 존재한다는 사실을 어떻게 표현할 것인가. 즉, 실제적으로 서로 다른 연결을 통해 전달되는 별개의 데이터 단위들을 논리적으로 하나의 그룹으로 묶고, 이 사실을 수신자가 알 수 있게 하여 동일한 그룹에 속한 서로 다른 연결의 데이터 단위들이 동일한 시점에서 처리될 수 있게 하는 것이다. 이렇게 서로 다른 연결상의 데이터 단위를 하나의 논리적인 그룹으로 묶는 작업을 일반적으로 Framing이라 한다.[30, 32] Framing에서 중요한 고려사항은 Frame의 크기 길성이다. Frame의 크기는 멀티미디어 데이터 흐름의 일정한 부분을 나타내는 시간 구간(Time Interval)으로 표현될 수 있고, 결국 Framing은 송신측의 시간축에서 동일한 시간 구간에 속한 멀티미디어 데이터 단위들이 수신측의 시간축상에서도 동일한 시간 구간에 속하여 맞게 유지되어야 함을 표현하므로, Frame의 크기는 곧 동기 Granularity를 나타낸다. 즉, Frame 크기가 커

지면 커질수록 동기화 강도에 대한 요구사항은 반대로 적어짐을 표현하게 된다. Frame 크기의 설정은 특정 응용의 요구사항에 맞게 결정되어야 한다. 예를들어, 비디오 전화 응용에서는 일반적으로 Frame의 크기가 70-150 ms의 범위에서 결정된다. Frame 크기는 일반적으로 동기 관계가 존재하는 관련 연결들을 설정할 때에 결정되고, 통신중에 동기 오류의 정도에 따라 변경될 수도 있을 것이다.

- 동기 정보의 전달 : 위에서와 같이 특정한 멀티미디어에 대한 Frame 크기가 결정되었을 때, 동일한 Frame에 속한 데이터 단위들에 대한 정보(동기 정보)를 어떻게 표현하고 또 이를 어떻게 목적지에 전달할 것인지가 결정되어야 한다. 동기 정보를 전달하는 방법은 크게 동기 마크 방법과 동기 채널방법으로 구분할 수 있다[31]. 동기 마크 방법은 동기 관계가 설정된 연결상의 데이터 단위들에(혹은 데이터 단위들 사이에) 특정한 Frame을 나타낼 수 있는 정보(동기 마크)를 삽입하는 것이다. 동기 마크는 Timestamp, 별도의 동기화 일련 번호등 다양한 형태로 실현될 수 있다. 이 방법은 비교적 간단하게 구현될 수 있는 장점은 있으나, 동기 정보가 항상 미디어 데이터 스트림내에 삽입되어야 하기 때문에 보다 복잡한 동기 정보의 표현이 어렵고, 사용자 데이터 스트림이 전송 시스템에 의해 변경되어야 하는 문제점이 있다[31]. [33]등이 이 방법을 사용하여 제안된 동기화 기법들이다. 동기 채널 방법은 동기 정보 전달을 위한 별도의 채널을 사용함으로써 동기 정보를 사용자 데이터 스트림으로부터 분리하는 것이다. 이때 동기 정보의 표현은 동리한 Frame에 속한 데이터 단위들에 대한 참조 정보와 이들간의 보다 복잡한 관계의 표현으로써 이루어질 수 있다[31]. 이 방법을 사용하면, 사용자 데이터 스트림과 동기 정보의 처리가 분리되기 때문에 사용자 데이터 스트림을 변경할 필요가 없고, Frame내의 데이터 단위들에 대한 보다 복잡한 관계의 표현이 용이한 장점이 있다. 그리고, 동기 관계에 대한 변경이 있을 때에 사용자 데이터 스트림을 처리하는 전송 시스템과 무관하게 변경된 동기 관계를 표현하는 동기 정보를 전달할 수 있으므로, 보다 유연한 동기화 시스템 구축이 용이해진다. 그러나 별도의 동기 채널의 설정이 필요해지고, 동기 채널과 사용자 데이터 스트

림들을 위한 연결들과의 시간적인 동기화 유지가 필요하다는 문제점이 있다. 무엇보다도 사용자 데이터 전송 시스템의 외부에서 동기화 문제를 실현하여야 하기 때문에 효율성에 문제가 있을 수 있다.

- 동기 오류의 처리 : 동기 관계가 설정된 멀티미디어 전송중에 동기 오류가 발생할 경우(동일한 Frame에 속한 데이터 단위가 수신측의 해당 시간 구간내에 도착하지 않은 경우), 이 오류를 어떻게 처리할 것인가가 또하나의 중요한 문제이다. 대체로 동기화 문제는 Lip-sync와 같이 실시간 멀티미디어 전송에서 발생하고 이 경우, 데이터의 실시간 속성으로 인하여 기존의 대표적인 오류 복구 방식인 재전송 기법에 의한 미도착 또는 손실된 데이터의 복구 방법을 사용할 수가 없다. 따라서 멀티미디어 동기에서 오류가 발생할 경우, 이를 허용 범위내에서 무시하거나, 허용되는 범위내에서 미리 도착한 Frame에 속한 관련 데이터 단위로 대체하는 보간법(Interpolation)에 의한 복구 방식을 사용한다[32]. 이와 같은 방법으로 극복할 수 없는 상황의 오류에 대해서는, 사용자 데이터 스트림을 전송하는 연결을 해제하고 보다 좋은 QoS의 연결을 다시 설정하는 등 동기 외적인 방법으로 해결하게 된다. 어느 정도의 동기 오류를 무시하고, 어느 정도의 Interpolation을 허용할 것인지에 대해서는 관련 미디어의 오류 허용 정도에 따라 결정될 문제이다.

멀티미디어 동기화 문제에 대해서는 지금까지 많은 연구가 진행되어 왔지만, 아직 뚜렷한 해결책의 제시가 미흡한 실정이다. 이것은 동기화 문제가 보장형 망서비스의 실현, 실시간 트랜스포트 프로토콜의 개발등과의 연계가 부족한데서 기인된 것으로 사료되며, 향후 이들에 대한 통합적인 연구·개발이 병행되어야 할 것으로 생각된다.

IX. 멀티미디어 Conference Call 제어

9.1 멀티미디어 Conference Call의 구조

최근들어 고속망에서의 중요 응용으로 각광받고 있는 멀티미디어 회의 시스템은 오디오, 비디오, 그리고 텍스트나 이미지등을 통합 처리할 수 있는 멀티미디어 시스템(PC 또는 워크스테이션)을 대화형 멀티포인트 통신 시스템과 결합함으로써, Face-to-Face, 음성 회의(Voice Conferencing), 그리고 공유 작업 공

간(Shared Working Space)을 통한 공동 작업등을 동시에 지원하는 동기화된 공동 작업 도구(Synchronous Cooperative Working System)이다[66, 67, 68, 69]. 멀티미디어 회의 시스템을 통신 측면에서 살펴보면 다중 연결(Multiple Connections)과 멀티포인트(Multipoint)로써 그 특징을 표현할 수 있다.

다중 연결은 멀티미디어 회의 시스템이 가지는 멀티미디어 처리에 대한 속성을 표현한다. 즉, 하나의 멀티미디어 회의는 오디오, 비디오, 데이터등 서로 다른 속성의 미디어를 동시에 처리할 수 있어야 하고, 사용자는 이들에 대한 통합적인 제어(다중 연결 회의 설정과 해제, 회의에 새로운 참여자의 추가 또는 삭제등)뿐만 아니라, 개별 미디어에 대한 제어(새로운 미디어의 추가, 사용중인 미디어의 삭제, 특정 미디어에 대한 접근 중지 또는 재접근, Floor 제어등) 기능을 요구하게 된다. 따라서 멀티미디어 회의 서비스에 참여하는 다수의 참여자간 통신 관계를 나타내는 멀티미디어 Conference Call은 다수의 서로 다른 서비스 품질을 가지는 연결들로 구성되는 것이 바람직하다[27, 28, 29]. 만일 다수개의 미디어를 동일한 연결로 Multiplexing하는 단일 연결 Call로써 통신 서비스를 제공한다면, 해당 연결의 서비스 품질은 관련 미디어들이 요구하는 품질중 항상 최대의 서비스 품질로 설정되어야 하므로 불필한 자원의 낭비를 가져올 수 있고, 미디어의 추가나 삭제등과 같이 Call 특성 변화를 연결에 반영하기가 어려워진다. 그러나, 기존의 패킷망이나 N-ISDN등과 같이 미디어별 데이터 연결 설정과 관련 자원의 효율적인 활용이 직접 연계될 수 없는 상황의 경우, 단일 연결 Call 모델을 사용할 수 있으며, ITU-T의 T.122[71]의 경우 실제로 이 모델에 근거한 멀티미디어 Conference Call 서비스를 정의하고 있다.

다중 연결 Call 구조를 예를들어 보면 그림 23과 같다[70].

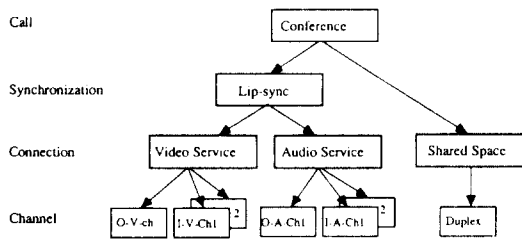


그림 23. 다중 연결 call 구조의 예

그림에서 하나의 Conference Call은 오디오, 비디오, 그리고 공유 공간등의 서비스를 위한 3개의 서로 다른 연결들으로써 구성되고, 오디오나 비디오 연결 상호간에는 Lip-sync 관계가 설정되어 있으며, 공유공간 연결은 Duplex 특성의 대칭형(Symmetric)이나, 오디오나 비디오의 경우에는 Simplex 채널의 조합으로 구성됨으로써 그 구성 방식에 따라 비대칭형(Asymmetric)으로 구성될 수도 있음을 보여준다. 예를 들어, ST-II를 이용하여 오디오나 비디오 정보를 교환하는 것으로 가정하면, 오디오나 비디오 연결은 자신의 데이터를 송신하는 Outgoing 스트림과 다른 참여자로부터의 정보를 수신하는 Incoming 스트림들로 구성된 것이다. 모든 참여자가 특정 미디어에 대해 송·수신을 동시에 수행할 필요가 없을 수도 있으므로, 각 참여자가 특정 연결을 통한 통신에 참여하는 방식이 다를 수 있다. 이러한 비대칭성은 서로 다른 스트림의 서로 다른 조합으로 특정 연결을 구축함으로써 쉽게 수용할 수 있을 것이다.

연결에 대한 비대칭성과 같이 Call에서의 비대칭성 요구사항도 존재할 수 있다. 비대칭적 Call의 지원은, 예를 들어 그림에서와 같은 구조의 Conference Call에 오디오 미디어에 대한 처리 능력만을 가진 참여자, 또는 오디오와 공유 공간에 대한 처리 능력을 가진 참여자가 함께 참여할 수 있어야 함을 의미한다.

멀티미디어 회의 시스템은 다수의 참여자간에 실시간상의 데이터의 원활한 교환을 요구하므로 멀티포인트 통신 서비스를 효율적으로 제공하는 것이 무엇보다 중요하다. 지금까지 시도되고 있는 멀티포인트 통신 서비스 제공 방법을 정리하면 Point-to-Point 연결의 조합 방법[67, 71], 망레벨(IP 레벨)에서 멀티캐스트 기능을 제공하는 방법[40, 51]으로 구분할 수 있다.

Point-to-Point 연결의 조합으로 멀티포인트 통신 서비스를 제공하는 방법을 그림 24에서와 같이 Mesh 방법, Star 방법, 그리고 Hierarchical 방법으로 구분할 수 있다.

Mesh 방법은 우선 각 참여자가 유지해야 하는 연결의 수가 지나치게 많아지고, 항상 호스트에서 목적지의 수만큼 데이터가 복제되어 망으로 유입되므로 Bandwidth의 낭비를 초래한다. Star 방식은 Mesh 방식의 문제점을 해결하기 위해 망내에 멀티포인트 제어 서버를 두고 각 참여자는 이 서버와 Point-to-Point 연결을 설정함으로써 멀티포인트 통신을 실현할 수 있게 하는 방법이다. 이 방법은 문제점은 모든 데이터가

서버를 거쳐 전달되어야 하므로 지연시간이 커진다는 것과, 서버에서 항상 데이터 복제가 일어나므로 여전히 Bandwidth 손실을 가져온다는 것이다. 이러한 문제점들은 단일 서버를 사용하지 않고 망내에 여러 개의 서버를 두고 이들을 최적으로 활용하는 Hierarchical 방법을 사용함으로써 어느 정도 가능해진다. 그러나 이 방법 역시 결국 멀티포인트 통신이 서버들 간의 응용 레벨 Store-and-Forward 전송에 의존하므로 지연시간 단축과 Bandwidth 효율 제고에는 한계가 있을 수 밖에 없다. 일반적으로 Point-to-Point 통신에서 하나의 연결은 기본적으로 Duplex 형태로 정의되므로, 이러한 Point-to-Point 연결 조합 방법으로 위에서의 비대칭형 연결의 지원에 어려움이 따른다.

따라서, 멀티포인트 통신의 효율적인 제공을 위해서는 앞에서 설명한 보상형 멀티포인트 서비스망의 완전한 실현이 전제되어야 한다. 이 경우, 멀티포인트 통신 서비스 제공의 기본 단위는, 특정 멀티미디어 회의 응용 뿐만아니라, VOD, TV 분배등 많은 차세대 멀티미디어 응용이 요구하는 통신 서비스가 완전한 대칭형 보다는 비대칭형 서비스를 요구하는 경우가 많으므로, 한 지점(Source)에서 여러 지점(Destination)으로 주어진 Flow Specification의 미디어를 전송하는 연결 지향형 단방향 멀티캐스트 채널이 되는 것이 바람직하다[72, 73].

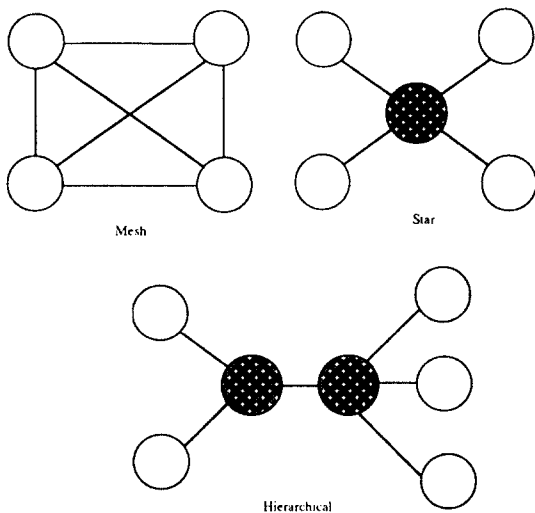


그림 24. Mesh, Star, Hierarchical 멀티포인트 통신 방법

그리고 특정 미디어의 교환에 필요한 임의의 N-way (Multipoint-to-Multipoint) 연결은, 회의에 참여하고 있는 참여자들중 송신자들로부터 수신자들로의 임의의 개수의 채널을 설정함으로써 설정될 수 있을 것이다. 이때, 회의참여자 송신자의 수가 많아져 이들간에 지나치게 많은 채널이 설정되거나, 음성회의의 서비스 (Voice Conferencing)와 같이 특정 지점의 음성 믹싱 서비스를 받을 수 있는 경우, 또는 비디오 스위치를 통하여 여러 송신자로부터 선택된 특정 비디오 모든 수신자에게 분배하는 등의 경우, [74]의 경우에서와 같이 각 참여자로부터 특정 지점(음성 믹서, 비디오 스위치)으로의 Unicast 채널을 설정하고, 여기에서부터 모든 수신자로의 멀티캐스트 채널을 설정할 수도 있을 것이다. 그림 25는 단방향 멀티 캐스트 채널을 이용하여 설정한 연결의 예들을 보여주고 있다[72].

9.2 멀티미디어 Conference Call 서비스

멀티미디어 Conference Call은 다중 연결의 구조를 가지고 사용자 응용이 이들의 통합제어 뿐만아니라, 개별적으로 제어할 수 있어야 하고, 연결 상호간에 동기 관계가 설정될 수 있으므로, Conference Call 서비스는 Call 레벨의 서비스, 연결 레벨의 서비스, 그리고 동기화 서비스로 구분될 수 있다. Call 모델을 구체적으로 어떻게 설정하느냐에 따라 구체적인 Call 서비스의 종류와 동작 방식이 달라질 수 있지만, 일반적인 Call 서비스의 내용을 살펴보면 다음과 같이 정리될 수 있다[70, 71, 75].

9.2.1 Call 레벨의 서비스

- Conference Call의 설정 : Conference Call의 설정은 Call 기동자(Initiator) 응용의 요청에 의해 이루어지고, 원하는 Call의 특성(미디어 갯수, 미디어의 종류, 미디어간의 동기 관계등)에 맞는 연결들의 설정이 이루어진다. 일반적으로 특정 Call 설정 요청을 받은 모든 참여자가 기동자가 원하는 형태의 Call 설정에 응할 확률이 높지 않으므로, 참여자들간의 협상(Negotiation)의 결과에 따라 적절한 Call의 설정이 이루어지도록 하는 것이 바람직하다. 따라서, 협상을 위한 제어 연결을 별도로 설정하는 것이 필요하며, 이 제어 연결을 추후 다른 제어 정보의 교환에 사용함으로써 사용자 미디어 정보의 교환이 제어 정보의 교환과 무관하게 동작할 수 있게 하는 것이 바람직하다.
- Conference Call의 해제 : Call의 해제는 Call 기동

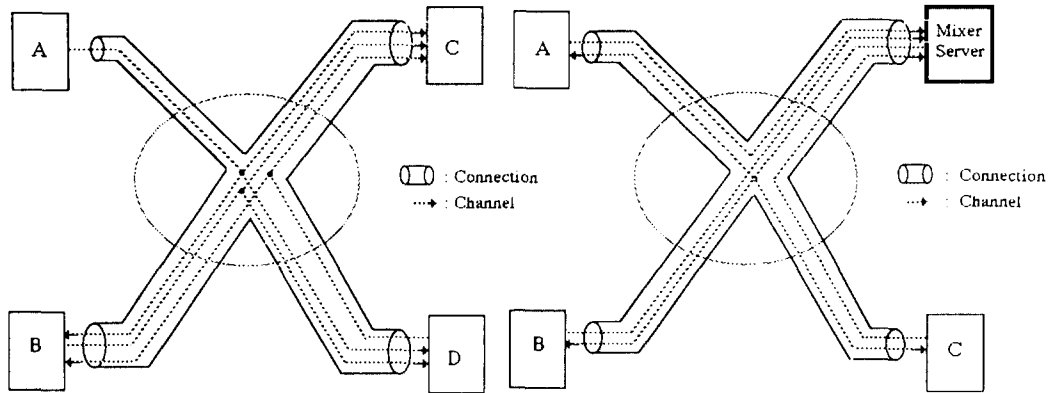


그림 25. 단방향 멀티커넥션을 이용한 N way 연결의 설정 예

자의 요청에 의해 이루어지는 것이 바람직하며, Call 해제는 Call내의 모든 연결의 해제를 포함한다.

- Call에의 초청 : 기존의 Conference Call에 참여하고 있지 않은 특정 참여자를 초청함으로써, Call 참여자 수를 확대하는 서비스이다. 이 서비스도 Call 설정의 경우와 같이 초청 대상이 해당 Call에 대해 참여 여부를 결정할 다음 실질적인 확장이 이루어지도록 하는 것이 바람직하다. 이를 위해서는 먼저, 제어 연결을 초청 대상에게 확장하고, 이를 통하여 초청 수락 여부를 협상 한 다음, 수락하는 경우 Call의 확장을 수행한다. Call이 확장은 초청 대상이 선택한 모든 연결의 확장을 포함한다.
- Call로부터의 축출 : Call 기동자가 기존의 Call 참여자를 축출하는 서비스로써, 특정 참여자가 유지하고 있던 Call의 모든 연결로부터의 축출을 포함한다
- Call에의 자의적인 참여 : 현재 진행중인 Conference Call에 자의에 의해 참여하는 서비스로써 이 경우 진행중인 Call에 대한 정보(Call ID, Call 기동자등)를 파악할 수 있는 메카니즘이 별도로 제공되어야 할 것이다. 동작 방법은 참여자가 요청하는 것을 제외하고는 Call에의 초청 동작과 유사하다.
- Call로부터의 자의적인 탈퇴 : 진행중인 Call로부터 자신을 스스로 축출시키는 서비스로써, 해당 Call의 모든 연결로부터 자신을 축출하는 것을 포함한다.

기타, Call 기동자의 변경등 많은 서비스가 특정 Call 모델에 따라 추가적으로 정의될 수 있을 것이다.

9.2.2 연결레벨 서비스

- 연결의 추가 : 기존의 Call에 특정 미디어 전송을 위한 연결을 할당하는 서비스로써, Call의 설정에서와 같이 Call에 참여하고 있는 참여자들간의 협상 결과에 실질적인 연결의 설정이 이루어지는 것이 바람직하다. 연결 추가 동작은 Call 기동자에 의해 개시되는 것이 일반적이다.
- 연결의 삭제 : 기존의 Call에 존재하는 특정 연결을 Call로부터 완전히 삭제하는 서비스로써, Call 기동자의 요청에 의해 이루어지는 것이 바람직하다.
- 연결에의 자의적인 참여 : Call의 참여자중 특정 연결에 참여하고 있지 않은 참여자가 해당 연결에 참여하고자 할 때 사용할 수 있으며, Call내의 연결에 관한 정보(연결 ID 등)를 파악할 수 있는 별도의 메카니즘을 필요로 한다.
- 연결로부터의 자의적인 탈퇴 : Call 레벨의 탈퇴 없이 특정 Call의 특정 연결로부터 자신을 탈퇴시키는 서비스이다.
- 연결로부터의 축출 : Call 레벨의 축출없이 특정 Call의 연결로부터 특정 참여자를 축출하는 서비스이다.
- 연결에의 초청 : Call에 참여하고 있는 참여자중 특정 연결에 참여하고 있지 않은 참여자를 해당 연결에 참여하도록 초청하는 서비스이다.

- Token 요청 : 특정 미디어의 전송에 대한 권한을 확보하기 위한 서비스로써 데이터 송신을 요구하는 자가 Call 기동자에게 요청하게 된다.
- Token 반환 : 데이터 송신 완료 후 기동자에게 Token을 반환한다.

기타, 연결의 QoS(Flow Specification)의 변경, 데이터 전송, Token 강제 반환등 다른 서비스들이 연결 레벨 서비스로 정의될 수 있다.

9.2.3 동기화 서비스

멀티미디어 Conference Call에서 동기화 서비스의 필요성은 많이 언급 되고 있지만, 동기화 서비스의 실현을 위해 구체적으로 어떤 서비스를 정의할 것인지에 대해서는 아직 많은 연구가 진행되고 있지 않다. 이것은 동기화 문제에 대한 연구 결과가 어느 정도 합의점에 도달할 수 있는 상태가 아니기 때문인 것으로 생각된다. 그러나, 일반적인 관점에서 보면, 동기 관계의 설정(설정시 구체적으로 결정되어야 하는 인자들은 동기화 기법에 따라 달라질 수 있을 것이다), 동기 관계의 해제, 동기 관계의 변경등의 서비스를 생각할 수 있을 것이다.

X. 결 론

본 연구에서는 고속통신망 환경을 통한 다양한 멀티미디어 응용들을 지원하기 위해 요구되는 통신 프로토콜 구조의 개선과 관련된 문제들에 관해 살펴보았다. 대용량 실시간 멀티미디어 응용들을 고속통신망 환경에서 효율적으로 지원하기 위해서 요구되는 프로토콜 구조 재구성의 필요성과, 관련 표준화 기관과 연구 기관들의 연구 사례들을 분석하였고, 데이터 링크 레벨에서의 고속 전송 기술과 이미 대안으로 제안된 프로토콜들의 사례 분석, 망 레벨에서 요구되는 라우팅 기법, 멀티캐스팅, 자원 예약, 실시간 패킷 스케줄링등에 대해서도 살펴보았다. 고속통신망 서비스의 효율적인 활용에 가장 큰 장애 요소로 지적되고 있는 트랜스포트 계층의 현안들과 기존 연구 기관들에서 대안으로 제시하고 있는 다양한 프로토콜에 대해서도 언급하였다. 또한 차세대 멀티미디어 응용에서 새롭게 요구되는 멀티미디어 동기화 서비스와 멀티미디어 Conference Call 제어 서비스에 대해서도, 문제점과 현재 진행되고 있는 연구 방향 측면에서 분석 하였다.

차세대 고속통신망 구축과 관련된 이러한 분야의

기술 개발이 매우 활발하게 진행되고 있으나, 아직 전체적으로 하나의 통신된 프로토콜 구조로 제안되기에 해결되어야 할 많은 문제점들이 남아있다. 현재의 상태를 요약하여 표현하면, 각 연구 기관에서 나름대로 대안을 설정하고 이에 대한 개발과 실험을 반복하고 있는 상태로 나타낼 수 있다. 대표적인 차세대 고속 근간망으로 예상되는 B-ISDN의 경우에도 상위 계층 프로토콜들에 대해서는 거의 표준화가 이루어져 있지 않은 상태이고, Internet의 경우도 실시간 데이터 전송 기능 추가를 위한 관련 프로토콜 개발에 노력하고 있는 상태이다. 망 계층과 트랜스포트 계층과 관련된 문제에 대해서 많은 대안들이 제시되어 있으나 멀티미디어의 고속 처리를 위한 차세대 대안으로 발전하기 위해서는 더 많은 연구가 필요한 실정이다. 멀티미디어 동기화, 멀티미디어 Call 제어등의 문제도 비슷한 상황에 놓여있다.

그러나, 고속통신망이 차지할 문화, 사회, 경제적인 비중을 고려할 때 이 분야의 기술 발전은 급속하게 이루어질 것으로 예상되고, ITU-T등을 통한 표준화 작업도 활발하게 진행될 것으로 전망된다. 이 분야 기술은 향후 정보화 사회로의 진행에 가장 기초적인 배경을 형성하게 될 것으로 전망되고, 따라서 관련 기술 개발 현황과 현안에 대해 분석하고 있는 본 연구의 내용은 향후 연구 개발 방향 설정에 많은 도움을 줄 것으로 생각한다.

참 고 문 헌

1. 윤종화 외, "Fast Ethernet 프로토콜 : 100-Mbit/s CSMA/CD and 100BASE-VG," 한국통신학회지, 제 10 권, 제 12 호, Dec. 1993.
2. T. McElgunn, "ANSI Fiber Distributed Data Interface(FDDI) Standards," Datapro Information Services Group, Nov. 1991.
3. D. Minoli, "ANSI Fiber Channel Standard," Datapro Information Services Group, Apr. 1992.
4. S. Saunders, "Fiber Channel Outpaces ATM," Data Communications, May. 1993.
5. Edoardo Biagioni, et. al, "Designing a Pratical ATM LAN," IEEE Network, pp.32-38, Mar. 1993.
6. Kazuo IMAI, et. al, "ATMR : Ring Architecture For Broadband Networks," IEEE GLOBECOM'93, pp. 1734-1738, Dec. 1990.

7. Apple Computer, Bellcore, Sun Microsystems, and Xerox, "Network Compatible ATM for Local Network Applications : Phasel, Version 1.01," Oct. 1992.
8. 차영욱 외, "ATM 환경에서의 고속데이터 통신 기술동향 및 발전전망," 한국통신학회지, 제 10 권, 제 12 호, Dec. 1993.
9. 서진교 외, "LAN, MAN 기술개발현황 및 망연동 방식에 대한 고찰," 한국통신학회지, 제 10 권, 제 12 호, Dec. 1993.
10. Carig Partridge, "Gigabit Networking," Addison Wesley, Oct. 1993.
11. Ferruccio Antonelli, et. al, "A Data Service For The Nineties," Data Communications International, Oct. 1993.
12. J. Jhonson, "SMDS : Out of the Lab and Onto the Network," Data Communications, Oct. 1992.
13. Datapro Staff, "Switched Multi-megabit Data Services (SMDS)," Datapro Information Services Group, Jul. 1991.
14. D. Minoli, "Technology Overview : Frame Relay," Datapro Information Services Group, Jan. 1991.
15. D. Minoli, "Enterprise Networking : Functional T1 to SONET, Frame Relay to BISDN," Artech House.
16. P. Heywood, "Global Public Frame Relay : Risky Business," Data Communications, Nov. 1992.
17. Datapro Staff, "Frame Relay and Fast Packet Switching," Datapro Information Services Group, Feb. 1991.
18. D. Minoli, "ATM and Cell Relay Concepts," Datapro Information Services Group, Apr. 1992.
19. J. Herman and C. Serjak, "ATM Switches and Hubs Lead the Way...," Data Communications, Mar. 1993.
20. D. Minoli, "Telecommunications Technology Handbook," Artech House.
21. Sylvie Dupuy, et. al, "Protocols for high-speed multimedia communications networks," computer communications, vol.15, no.6, pp.349-358, Jul. 1992.
22. Willibald A. Doeringer, et. al, "A Survey of Light-Weight Transport Portocols for High-Speed Networks," IEEE Trans. Commun., vol.38, no.11, pp. 2025-2038, Nov. 1990.
23. Radia Perlman, "Interconnections : Bridges and Routers," Addison-Welsey, 1992.
24. Douglas E. Comer, "Internetworking with TCP/IP," Prentice-Hall, 1991.
25. S. Keshav, "Open Issues and Challenges in Providing Quality of Service Guarantees in High-Speed Networks," Computer Communication Review, Vol. 23, No.1, Jan. 1993.
26. D. Ferrari, et al., "Client-Network Interactions in Quality of Service Communication Environments," Proceedings and High Performance Networking'92, 1992.
27. S. Minzer, "A Signaling Protocol for Complex Multimedia Services," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol.9, No.9, Dec. 1991.
28. W. Chang, et al., "Call Processing and Signaling in a Desktop Multimedia Conferencing System," Proceedings of GLOBECOM'92, 1992.
29. A. D. Smedt and R. Theeuwes, "A Concept for Multiconnection Calls," Proceedings of Workshop on Broadband Communications, Jan. 1992.
30. C. Nicolaon, "An Architecture for Real Time Multimedia Communication Systems," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol.8, No.3, April 1990.
31. D. Shepherd and M. Salmony, "Extending OSI to Support Synchronization Required by Multimedia Applications," Computer Communications, Vol.13, No.7, Sept. 1990.
32. K. Ravindran and V. Bansal, "Delay Compensation Protocols for Synchronization of Multimedia Data Streams," IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, Vol.5, No.4, Aug. 1993.
33. S. Ramanathan and P. V. Rangan, "Feedback Techniques for Intra-Media Continuity and Intermedia Synchronization in Distributed Multimedia Systems," The Computer Journal, Special Issues on Distributed Multimedia Systems, March 1993.
34. R. Steinmetz, "Multimedia Synchronization Techniques : Experiences based on Different System Structures," Proceedings of Multimedia'92, 1992.
35. Z. Hass, "A Protocol Structure for High-Speed Communication over Broadband ISDN," IEEE Network Magazine, Jan. 1991.
36. W. A. Doeringer, et al., "A Survey of Light-Weight Protocols for High-Speed Networks," IEEE Transactions on Communications, Vol.38, No.11, Nov. 1990.
37. D. D. Clark and D. L. Tennenhouse, "Architectural

- Considerations for a New Generation of Protocols," Proceedings of ACM SIGCOM'90, Sept. 1990.
38. Recommendation I.374(revised), Framework Recommendation on "Network Capabilities to Support Multimedia Services," ITU/TSS SG13, July 1993.
 39. INTERNET-DRAFT, "Issues in Designing a Transport Protocols for Audio and Video Conferences and Other Multiparticipants Real-Time Applications," IETF, Dec. 1992.
 40. RFC1190, Experimental Internet Stream Protocol, Version 2(ST-11), IETF Network Working Group, Oct. 1990.
 41. C. Elliott, "High-Quality Multimedia Conferencing Through a Long-Haul Packet Network," Proceedings of ACM Multimedia'93, June 1993.
 42. G. Partridge and S. Pink, "An Implementation of the Revised Internet Stream Protocol(ST-2)," *Internetworking: Research and Experience*, Vol.3, 27-54, 1992.
 43. M. Altenhofen, et al., "The BERKOM Multimedia Collaboration Service," Proceedings of ACM Multimedia'93, June 1993.
 44. B. Butscher, "A Flexible Transport Service in The BERKOM Broadband Environment," Proceedings of Protocols for High-Speed Networks, 1989.
 45. L. Zhang, et al., "RSVP: A New Resource Reservation Protocol," *IEEE Network Magazine*, Vol.9, No.5, Sept. 1993.
 46. D. Anderson, R. Herrwitch, and C. Schaefer, SRP: A Resource Reservation Protocol for Guaranteed Performance Communication in Internet, TR-90-006, UBC/ICSI, Feb. 1990.
 47. D. Anderson, et al., "Support for Continuous Media in the DASH System," Proceedings of 10th International Conference on Distributed Computing Systems, May 1990.
 48. D. Ferrari and D. C. Verma, "A Scheme for Real-time Channel Establishment in Wide-Area Networks," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, Vol.8, No.3, April 1990.
 49. D. Hong and T. Suda, "Congestion Control and Prevention in ATM Networks," *IEEE Network Magazine*, July 1991.
 50. RFC1363, A Proposed Flow Specification, Sept. 1992.
 51. RFC1112, Host Extensions for IP Multicasting, Aug. 1989.
 52. RFC 1075, Distance Vector Multicast Routing Protocol, Nov. 1988.
 53. INTERNET-DRAFT, Multicast Extensions to OSPF, IETF Network Working Group, March 1993.
 54. T. Ballardie, et al., "Core Based Tree(CBT): An Architecture for Scalable Inter-Domain Multicast Routing," Proceedings of ACM SIGCOM'93, Sept. 1993.
 55. D. C. Verma and P. M. Copal, "Routing Reserved Bandwidth Multipoint Connections," Proceedings of ACM SIGCOM'93, Sept. 1993.
 56. X. Jiang, "Routing Broadband Multicast Streams," *Computer Communications*, Vol.15, No.1, Jan 1992.
 57. A. Banerjee and B. Mah, "The Real-Time Channel Administration Protocol," Proceedings of 2nd International Workshop on Network and Operating System Support for Digital Audio and Video, Nov. 1991.
 58. H. Zhang and S. Keshav, "Comparison of Rate-based Service Disciplines," Proceedings of ACM SIGCOM'91, Sept. 1991.
 59. L. Zhang, A New Architecture for Packet Switched Network Protocols, PhD Dissertation, MIT, July 1989.
 60. A. Demers, et al., "Analysis and Simulation of a Fair Queuing Algorithm," *Internetworking: Research and Experience*, Oct. 1990.
 61. S. J. Dolestani, "A Stop-and-Go Queuing Framework for Congestion Management," Proceedings of ACM SIGCOM'90, June 1990.
 62. C. R. Kalmanek, et al., "Rate Controlled Servers for High-Speed Networks," Proceedings of IEEE GLOBECOM'90, Dec. 1990.
 63. D. Ferrari, "Distributed Delay Jitter Control in Packet Switching Internetworks," *Internetworking: Research and Experience*, Vol.4, 1993.
 64. B. Wolfinger and M. Moran, "A Continuous Media Data Transport Service and Protocol for Real-Time Communication in High Speed Networks," Proceedings of 3rd International Workshop on Network and Operating System Support for Digital Audio and Video, Nov. 1992.
 65. S. Dupuy, et al., "Protocols for High-Speed Multimedia Communications Networks," *Computer Com-*

munications, Vol.15, No.6, July 1992.

66. S. Masaki, et al., "A Promising Groupware System for Broadband ISDN: PMTC," Proceedings of Multimedia'92, 1992.

67. W. J. Clark, "Multipoint Multimedia Conferencing," IEEE Communications Magazine, May 1992.

68. T. Ohmori, et al., "Multiparty and Multimedia Desktop Conferencing System: MERMAID," Proceedings of Multimedia'92, 1992.

69. M. Chen, et al., "Software Architecture of DiCE: A Distributed Collaboration Environment," Proceedings of Multimedia'92, 1992.

70. Seungchul Park and Yanghee Choi, "An End-to-End Connection Management Protocol for Multimedia Multipoint Communications," Proceedings of IEEE GLOBECOM'93, Nov. 1993.

71. Recommendation T.122, Multipoint Communication Service for Audiographics and Audiovisual Conferencing Service Definition, ITU/TSS SG8, May 1993.

72. 최종 연구 보고서, 차세대 정보통신 프로토콜 구조의 표준 연구(II), 한국전자통신연구소, 1993년 12월

73. L. A. Crutcher and A. G. Waters, "Connection Management for an ATM Network," IEEE Network Magazine, Nov. 1992.

74. 최양희, "광역망에서의 영상 회의를 위한 중앙 집중식 프로토콜 모범," 한국통신학회논문지, 제 18 권, 제 12호, 1993년 12월

75. TR WUCS-92-01, Connection Management Access Protocol(CMAP) Specification, Department of Computer Science, Washington University, May. 1992.



최 양 희

- 1955년 7월 27일생
- 1975년 2월 : 서울대학교 공과대학 전자공학과(학사)
- 1977년 2월 : 한국과학원 전기 및 전자공학과(석사)
- 1984년 6월 : 프랑스 국립 전기통신대학 전산과(공학 박사)
- 1977년 ~ 1979년 : 한국전기통신연구소 연구원
- 1981년 ~ 1984년 : 프랑스 국립 전기통신연구소 연구원
- 1988년 ~ 1989년 : IBM Thomas J. Watson Research Center 방문연구원
- 1984년 ~ 1991년 : 한국전자통신연구소 책임연구원
- 1991년 ~ 현재 : 서울대학교 컴퓨터공학과 조교수
서울대학교 중앙교육연구실장원 부원장