차세대 전달망 기술

Next Generation Transport Networks

주성순(S.S. Joo) 차세대네트워킹연구팀 책임연구원, 팀장
이병선(B.S. Lee) 통합망핵심기술연구그룹 책임연구원, 그룹장

광대역통합망은 이용자 서비스별 요구 수준에 따라 end-to-end 구간의 대역폭, 손실, 지연 등 서비스품질(QoS) 수준을 차별화하여 제공할 수 있는 품질 보장망이어야 한다. 광대역통합망을 구현하는 방법 중 IP 라우터에 MPLS 기술을 채용하고, 전송망을 GMPLS로 구성하는 All-IP 네트워크가 표준화 완성도 기준에서 현실적인 구현 방법으로 받아들여 지고 있다. 그러나, 한편에서는 인터넷이 공중망으로서 신뢰성 높은 서비스를 제공하기에는 기술적 한계가 있다는 의문이 제기되고 있으며, 이를 극복하기 위한 차세대 인터넷 연구가 진행되고 있다. 본 고에서는 초기 인터넷 철학과 달리 차세대 전달망으로서 인터넷이 현재 안고 있는 문제점을 살펴보고, 인터넷을 차세대 구조로 진화시키기 위하여 논의되고 있는 새로운 전달 기술 관련 연구 동향을 살펴본다.

I. 광대역통합망

융합형 멀티미디어 서비스가 활성화되면서 통신 대역폭은 초기 수 Mbps급 이하에서 수십 Mbps급 이상의 보장속도가 요구될 전망이며, 음성/데이터, 유무선, 통신 방송 통합망 구축을 통해 이용자의 다양한 요구사항을 충족시킬 수 있는 네트워크의 고도화가 요구된다. 정보통신부는 네트워크의 품질보장(QoS) 및 안전성, 신뢰성 확보를 위한 신기술의 개발, 50~100Mbps급 서비스를 end-to-end로 제공하기 위한 가입자망과 전달망의 대역폭 확충, 초고속인터넷 이용 보편화에 따른 주소 자원 고갈 문제 해결을 위한 IPv6의 조기 도입 추진 등을 목표로 2004년 2월 광대역통합망 구축 기본계획을 확정하였다[1].

광대역통합망은 이용자가 HDTV급 영상 등 고품질 서비스와 개인별로 차별화된 품질의 맞춤형 서비스를 요구하며, 사업자는 다양한 고품질 융합형 서비스 제공을 통한 새로운 수익 창출 실현과 망 운영 관리의 효율성 등을 요구하므로, end-to-end 서비스품질 보장이 필요한 새로운 형태의 서비스와 이를 수용할 수 있는 통신망이어야 한다.

특히 2003년 1.25 인터넷 침해사고 경우처럼 신호 제어 및 관리 기능 부재로 일부 구간의 트래픽 급증이 전체 통신망 장애로 확산된 경험과 인터넷망 상위 이용자의 1%가 전체 트래픽의 47%, 상위 20%가 94%를 점유하는 현 상황을 고려할 때, 인터넷이 특정 이용자에 대한 품질 보장이 곤란한 구조라는 점 때문에 QoS 관리, 인증, 과금 및 트래픽 관리 등의 기능을 통합 수행하는 품질보장망 구축이 필요하다. 또한 이용자 권익보호를 위한 SLA 제도 등 통신서비스 품질보장제도의 시행을 위해서는 전송 지연, 손실 등 품질지표에 대한 관리가 가능한 통신망 구축이 필요하다. 따라서, 광대역통합망의 전달계층은 end-to-end 구간에 대하여 이용자 서비스별 요구 수준에 따라 대역폭, 손실, 지연 등 서비스품질 수준을 차별화하여 제공할 수 있는 품질 보장망이어야 한다.

광대역통합망은 IP를 사용하는 서비스의 절대적인 확산으로 All-IP 네트워크로 구성될 것으로 예측되고 있다. 현재 논의되는 전달 기술로 교환 분야는 IPv6를 수용하는 IP 라우터 기술과 MPLS 기술, 전

송 분야는 SDH/SONET 기술, WDM 전송 기술, 코어 네트워크의 GMPLS를 사용한 프로비저닝 기술 등을 들 수 있다.

광대역통합망을 구현하는 방법 중 하나는 GMPLS 기반 All-IP 네트워크이다. 사용자로부터 만들어진 IP 패킷은 에지의 IP 라우터에서 트래픽 클래스를 고려한 MPLS 패킷으로 변환되어 라우팅 정보에 따라 코어 네트워크로 보내지며, 코어 라우터에서는 label switching이 된다. 코어 네트워크의 전송망은 링크, 광채널 단위의 스위칭 처리가 가능하도록 MPLS를 확장한 GMPLS를 사용하여 프로비저닝 한다. 궁극적으로 MPLS에 의한 패킷 교환 경로의 구성에서부터 전송망 구성까지 GMPLS 기술이 제어 신호로써 통합 적용된다[2].

광대역통합망은 현재 표준화가 완성되었거나, 수년 내에 완성될 것으로 기대되는 전달기술을 중심으로 단계적으로 구현될 것이다. 앞에서 서술하였듯이 IP 라우터에 MPLS 기술을 채용하고, 전송망을 GMPLS로 구성하는 것이 표준화 완성도 기준에서 현실적인 구현 방법으로 받아들여 지고 있다. 그러나, 한편에서는 인터넷이 공중망으로서 신뢰성 높은 서비스를 제공하기에는 기술적 한계가 있다는 의문이 제기되고 있으며, 이를 극복하기 위한 차세대 인터넷 연구가 2000년 이후 나타나고 있다.

Ⅱ. 인터넷의 진화

오늘날 전달망에서 제공하는 주요 서비스는 전화 교환망과 사설 전용망을 지원하는 TDM 방식과 인터넷의 근간인 패킷 방식 두 가지이다. 네트워크 사업자들은 여러 교환방식의 네트워크를 운용하기보다는 효율적인 망 운용과 망 운용비 절감을 위하여 VoIP 서비스의 예에서 보듯이 통일된 제어 평면 하에서 하나의 망으로 통합을 원하고 있다. 이를 달성하기 위한 시도로 ATM이 제안되었으나, 오버헤드, 복잡성, 비용 등의 문제로 주력 네트워크 기술로 성공할 수 없었다. IP의 확산으로 라우터 중심의 네트워크 구성이 보편화 되었고, 패킷 교환에 미비된 connection-oriented 기능을 보완한 MPLS가 제안되어 두 에지 라우터 사이에 미리 결정된 경로를 구성하여 자원을 확보하는 방식으로 QoS를 제공하고자 하였다. 많은 망 사업자들은 음성과 전용선 서비스를 포함하여 모든 서비스를 하나의 IP 기반 네트워크로 통합하려는 추세이다.

그러나, 현재 제안된 QoS 관련 IETF의 proposal들은 scalability와 QoS를 동시에 만족시킬 수 있는 해결책이 아니다. 오히려 IP 기반 통합 네트워크로의 진화가 실제로 망을 단순화하고, 비용을 절감하면서 수익을 올릴 수 있는 방식인가에 대한 의문이 커지고 있다. 특히 OC-768과 같이 전송 속도가 높아짐에 따라 개개 IP 패킷 처리 시간은 12.8ns로 짧아지고 있으며, 이처럼 짧아진 시간 내 패킷 처리는 하드웨어 복잡성을 증가시키는 동시에 한 시스템에서 수용할 수 있는 링크 수가 줄어들게 되므로, IP 스위칭 비용은 전송속도가 높아짐에 따라 지수함수적으로 급증하게 된다.

1. 인터넷에 대한 통념[3]

• IP는 간단한 전달방식이다.

초기 인터넷에서는 statistical multiplexing 효과 측면과 스위칭 방식에서 packet switching이 circuit switching 보다 효율적이고 단순하므로, 장비나 운영경비가 더 싸다는 장점이 있었다. 그러나, 오늘날 인터넷은 하나로 여러 가지 서비스를 추구하는 다목적성, 최소의 작용으로 최대효과를 추구하는 고효율성, 만약에 대비한 복잡한 대안이 요구되는 고신뢰성(안정성) 등의 특징을 갖는 전형적인 complex system이 되었다. 따라서, 인터넷은 망이 커질수록 망이 작을 때는 사소하던 문제가 점점 증폭되는 amplification principle과 시스템이 커질수록 연관관계가 더욱 복잡해지는 coupling principle에 따라 IP의 성능, 문제점은 점진적(linear)이 아니라 기하급수적으로 증가하게 되었다. 실제로 오늘날 라우터는 circuit switch 보다 라우터의 소프트웨어, 펌웨어 규모가 더 크고, 패킷 프로세싱이 circuit switching 보다 복잡하며, 라우터의 line card가

circuit의 line card 보다 더 많은 게이트 수로 이루어져 있는 복잡한 구조로, 라우터의 운영이 circuit 장비보다 어려워 패킷망의 고장을 찾아내기가 회선망보다 어려운 실정이다.

• 인터넷은 효율적인 망이며, 가용성이 높은 망이다.

IP 망의 평균 대역폭 활용률은 IP 트래픽의 bursty, self-similar 특성, 큰 대역폭 할당단위, 예비대역폭 확보 요구, 적정 트래픽 제어 메커니즘 부재 때문에 3~20%로 음성망의 33%보다 낮다. Link failure 시 트래픽 집중에 대비하기 위해 50% 예비대역폭 확보 필요, in-band control 특성으로 인해 트래픽 집중 시에도 control 트래픽의 최소 가용 대역폭 확보가 필요함에 따라, 평균 효율 50% 이상을 내기 어려우며, link 효율을 높이기 위한 노력이 복잡성을 가중시키고 오히려 확장성을 떨어뜨린다. 인터넷 문제의 80%는 인위적이거나 시스템 문제로 인해 기인하며, 시스템 안정성을 높이기 위한 노력은 복잡성을 높이고, 이로 인해 다시 문제 요인을 증가시키는 연쇄 고리로 인해 인터넷은 99.999 가용도를 달성하기 어렵게 하고 있다.

• 인터넷이 추구하는 철학은 모든 서비스를 통합하기에 가장 적합하다.

인터넷의 주요 philosophy인 connectionless, stateless data forwarding, no setup, self contained packet, hop-by-hop processing 등에 의한 smart-terminal & dumb network 구조 정립은 PSTN 회선망 구조와 상반되는 개념으로 인터넷 애플리케이션을 발전시킬 수 있었던 주요 계기였으나, network attack에 대한 근본적 대책 부재(mutual trust를 가정한 IP 구조에는 security 개념이 약하며, 악의적인 가입자의 공격으로부터 망을 보호할 대책 없음), identity theft에 대한 무대책(소스 변형이 쉽고 소스 추적이 어려우며, 익명성에 대한 대응 방법 약함), firewall의 부작용(성능저하, 기능부족, 신종 서비스 도입 장애를 초래하며, firewall의 경우 IP의 transparency 개념에 상반되는 것으로 인터넷의 근본적인 보안 대책이 아님) 등 security 문제점이 있다. 또한 TCP는 낮은 IP 백본 link utilization(대부분 congestion은 국지적으로 발생, 대부분 망이 비어 있는데 congestion 발생 시 트래픽을 줄여야 하나?), guaranteed 서비스 제공 한계(전달위주에서 품질위주로 전송의 무게중심 이동, end 단말의 TCP 기능만으론 품질보장 한계), 네트워크의 서비스 기능 강화 움직임(RSVP, MPLS 등은 초기의 stateless 개념 파괴 기술, rerouting 등 망의 controllability 강화 요구, multicasting, streaming media에는 TCP를 사용할 수 없음) 등의 문제 등이 있다. 이처럼 IP는 계속되는 확장, 기능 보완으로 초기 인터넷 형상 및 구조의 변질로 누더기(patches)화 되어 IP가 현재까지는 성공적으로 변화에 적응하여 왔으나 계속적인 성공 가능성에 대한 회의가 일고 있다.

2. QoS와 Scalability

인터넷에서 품질에 대한 문제를 거론하면서 많은 연구 결과와 표준이 등장하였으나, 현실적으로 품질 보장이 적용되는 망은 아직까지 등장하지 않았다. 그 이유 중 하나는 품질 보장을 위한 혼잡 제어 연구가 네트워크의 혼잡 지점이 액세스망에서 코어망으로, 코어망에서 액세스망으로 연구 대상이 바뀌는 속도를 따르지 못해 품질 관련 연구 결과를 적기에 적용하기 어려웠다. 또 하나의 이유는 실제 망에 적용할 수 있는 연구 결과인가에 대한 신뢰성의 문제이다. 네트워크 운용자에게는 불완전한 해결책을 적용하느니 링크 용량을 늘리는 방법이 더 선호되었기 때문이다.

그러나, 단일 품질을 보장하는가 못하는가의 문제가 아니라, 품질의 정의가 shared infrastructure에서 서로 다른 레벨의 서비스 품질을 네트워크가 제공할 수 있는가의 문제일 경우, over provisioning으로는 모든 문제를 해결할 수 없다. 품질을 세분화 할 수 있는 QoS 제공 방법이 필요하며, 품질의 세분화 정도에 따라 실제로 네트워크 내에서 제어 가능한 즉, scalable한 방법이어야 한다[4].

인터넷의 품질 보장 방법으로 IntServ와 DiffServ, MPLS-TE 등이 대표적이다. IntServ는 flow 레벨

의 soft state를 유지하며 자원을 예약하는 방법으로 QoS granularity 면에서는 만족할 만한 방법이나, scalable한 방법이 아니다. 반면, DiffServ는 scalable한 품질 제어 방법이나, QoS granularity 면에서는 부족하다. MPLS-TE는 IntServ나 DiffServ와 함께 적용되어 scalability 문제의 해결을 기대하나, 패킷 교환이 갖고 있는 통계적 다중화 특성을 포기할 수 없으므로, 서로 다른 레벨의 서비스 품질의 완벽한 보장을 제공하기 어렵다.

Ⅲ. 차세대 전달방식 연구동향

앞 절에 서술한 바와 같이 광대역통합망을 위한 품질보장 전달 기술로서 All-IP 네트워크는 문제점을 근본적으로 안고 있다. 이를 극복하기 위한 연구로 인터넷의 문제점을 네트워크 구조 관점에서 진화시키거나, 새로운 전달 기술을 고안하려는 시도가 계속되고 있다. 주요한 연구 추세를 간단히 살펴보고, 이중 NewArch, TCP Switching, Virtual Synchronous Frame Switching에 대해서 자세히 서술한다.

- 인터넷을 만든 DARPA가 인터넷 philosophy 자체에 손대는 것을 금기시하는 IETF의 royal family를 제외시키고, 새로운 인터넷 구조에 대한 연구 프로젝트 "NewArch"를 2000년부터 USC/MIT/ICSI Joint Research로 지원중
- IETF Network Working Group에서는 현 인터넷의 문제점을 정리하고 향후 발전 방향을 제시한 Informational 문서로 RFC3439를 발표. 현재 인터넷은 효율성, 확장성 및 복잡성의 문제를 안고 있으며 이를 위해 회선망의 장점을 수용하고 망에서의 기능성을 더욱 단순화 시키는 방향으로 발전하여야 함을 역설
- Stanford 대학의 McKeown 교수는 패킷망인 인터넷에 circuit switching의 많은 장점(버퍼가 불필요하고 optical 스위칭으로 인한 스위칭 capacity 증가, 저전력 소비, QoS 지원의 용이성 그리고 간단한 admission control 등)을 융합하기 위한 TCP flow의 edge-to-edge 교환인 TCP switching을 제안
- Carnegie Mellon 대학의 김형석 교수는 IP 네트워크로의 converge는 congestion, unpredictable delay, low reliability & availability, 고속 패킷 처리 시 비용 증가 등의 이유로 적당하지 않으며, multi-rate circuit switching, burst switching, cell switching, MPLS 등의 장점을 도입한 Virtual Synchronous Framing(VSF) 구조를 제안
- IP 네트워크 종단에서 원치 않는 트래픽을 차단하고, 품질이 다른 경로를 선택할 수 있는 Internet Control Plane을 연구 개발하여 DoD 테스트베드에 구현하려는 프로젝트가 DARPA 지원으로 진행중

1. NewArch

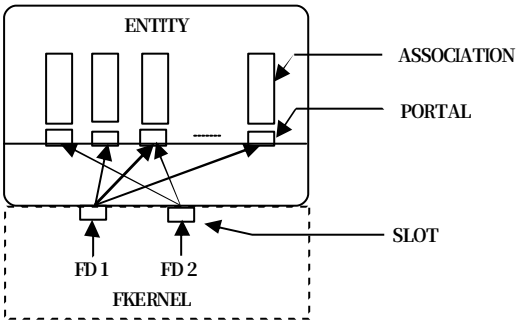
엔지니어들의 커뮤니티로서 안정성, 확장성, 관리의 효율성을 제공하는 인터넷의 초기 철학과는 달리 이해 관계가 다른 여러 사용자 집단이 활용하는 사이버 공간으로 발전됨에 따라 인터넷의 진화 방향을 예측하기 어렵게 되었으며, 통신 메커니즘과 프로토콜로 구성되는 인터넷 구조 측면에서 문제가 생기게 되었다. 그 예로, 네트워크를 보호하기 위해 개발된 방화벽은 인터넷의 end-to-end transparency를 없애게 되었으며, IPSec은 전송계층 헤더를 암호화하여 네트워크 공급자가 포트 번호와 상위 계층 프로토콜 헤더를 볼 수 없게 만들었고, 부족한 IP 주소 공간을 보완하기 위한 NAT은 peer-to-peer 모델을 사용할 수 없게 하였다.

이러한 문제 해결뿐만 아니라 초기 인터넷에서 고려하지 못했던 미래의 요구사항인 이동성, 자동망 구성 등을 지원하는 새로운 네트워크 구조가 필요하게 되었다. NewArch는 차세대인터넷을 위한 통신 메커니즘과 프로토콜 분야의 새로운 개념을 연구중에 있다[5].

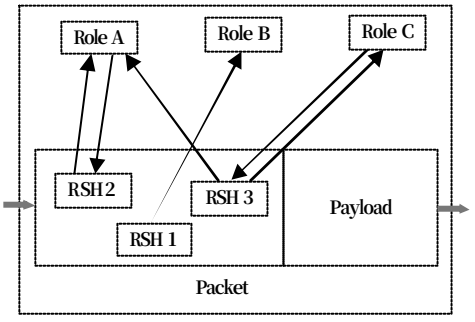
FARA(Forwarding directive, Association, and Rendezvous Architecture)는 이동성과 보안성을

강화할 수 있도록 네트워크 계층의 포워딩 메커니즘에서 end-system 식별을 하지 않으며, global name space 없이 전달이 가능하도록 하는 구조를 제안한다. 통신 개체는 (그림 1)과 같이 네트워크 끝단에 존재하는 응용들로 컴퓨터, 휴대폰뿐만 아니라 프로세스, 스레드 등도 될 수 있으며, 이들 개체간 논리적 통신 링크들을(association) 구성하여 통신 상태를 유지하며, 네트워크 주소에 의한 패킷 포워딩이 아닌 목적지 개체의 정보를(forwarding directive) 헤더 필드에 사용하며, 최초 전송 시에는 association ID를 알 수 없으나, rendezvous 메커니즘을 이용하여 목적지 AID를 알아낸 후 이를 사용한다[6].

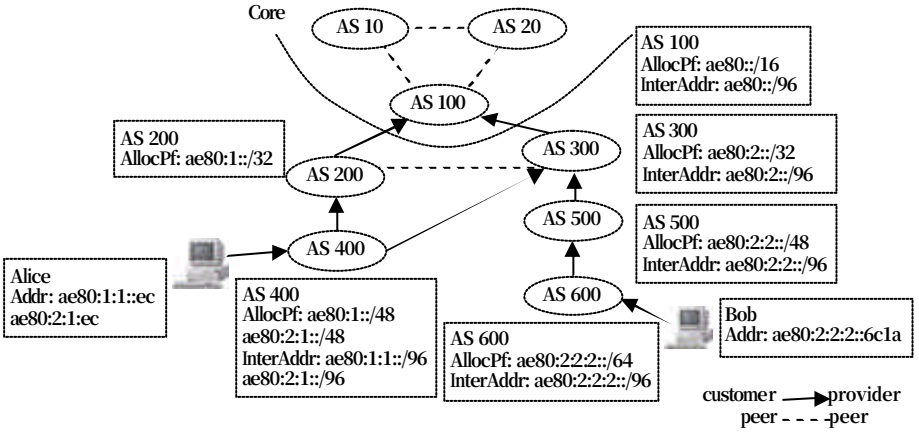
인터넷의 계층간 인터페이스를 수정하기보다는 계층 사이에 새로운 기능을 넣거나 middle box를 넣는 형태로 서비스가 제공됨에 따라 야기된 확장성과 유연성 문제를 해결하기 위하여 Role-based Architecture라는 비계층 프로토콜을 연구중에 있다. 네트워크 구조에 기능 추가 시 기존 계층적 구조 하에서 제공하는 시그널링으로 불충분한 경우 이를 위한 새로운 시그널링 프로토콜을 정의할 수 밖에 없는 단점을 역할이라고 불리는 프로토콜 단위를 도입함으로써 해결하고자 하였다. 역할은 구체적인 임무를 수행하는 작은 단위 모듈로 (그림 2)와 같이 Role-Specific Header(RSH)로 노드를 거치며 필요한 역할을 수행하게 하며, 이러한 역할들을 조합하여 기능을 구성할 수 있게 한다. 종단 시스템은 자신이 보낸 패킷이 어떤 특정한 역할을 하는 노드를 만나는지 알 필요가 없이 원하는 기능을 수행하기 위해 필요한 RSH로 헤더를 구성하며, 경로상 노드도 기능 수행을 위해 필요한 RSH를 첨가할 수 있다[7].



(그림 1) FARA 엔티티의 구조[6]



(그림 2) 노드 내 Role-Specific Header 동작[7]

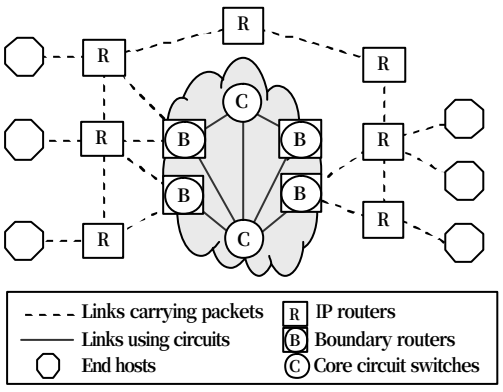


(그림 3) NIRA Addressing 예[8]

NIRA(New Internet Routing Architecture)는 기존 라우팅 방식의 문제를 해결하기 위해서 scalability, robustness, 라우팅 오버헤드 최소화, 한 도메인 내 각각의 사용자가 다른 종류의 ISP 선택 등이 가능하도록 새로운 라우팅 구조를 제안한다. Scalable 라우팅을 위하여 Name-to-Route Resolution Service와 Topology Information Propagation Protocol을 사용하여 계층적 라우팅 경로를 선택하며, 토폴로지 정보와 라우팅 정보의 업데이트를 각각의 사용자가 선택할 수 있게 한다. (그림 3)과 같이 라우팅 오버헤드를 줄이기 위하여 IPv6 방식으로 각각의 ISP 마다 고유한 접두사 부분을 제공하는 계층적인 provider-rooted addressing scheme를 사용한다[8].

2. TCP Switching

회선교환은 패킷교환보다 교환 처리가 간단하여 고속 인터페이스를 수용하기 쉬우나, 통계적 다중화 이득을 얻을 수 없고 peak rate 대역 최대치를 할당해야 함에 따른 대역 이용률이 낮은 단점이 있다. 반면 패킷 교환은 다중화 이득과 패킷별 라우팅에 의한 전달 안정성이 높으나, 대용량 스위치를 구성하는 데 기술적 어려움이 있다. 인터넷은 물리적 회선 위에 다른 계층으로 구분되어 상호 관련 없이 운용된다. 계층 구분은 서로 영향을 미치지 않으며 독립적으로 진화할 수 있는 이점이 있으나, 두 계층간 기능의 중복과 함께 두 계층이 상호 작용을 하게 될 때 얻는 장점을 기대할 수 없다.



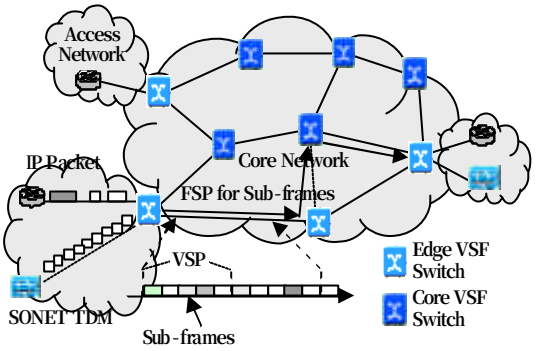
(그림 4) TCP Switching 네트워크[9]

TCP switching[9]은 인터넷에 회선교환의 장점을 융합시키기 위하여 TCP connection의 응용 레벨 플로 별로 soft state를 이용한 edge-to-edge로 빠르며, 간단한 회선 연결 설정을 제공하는 방식이다. TCP switching은 (그림 4)와 같이 회선 교환 line card를 갖고 있는 에지 라우터와 회선 교환을 수행하는 코어 노드로 구성된다. 에지 라우터에서는 IP 패킷의 address lookup으로 다음 홉(hop)을 알아내고, 이 홉으로 갈 수 있는 출력 링크에 회선 연결 경로가 있는 경우, 이 회선 연결 경로로 향하는 버퍼에 큐잉하여 패킷을 포워딩하거나 혼잡 시 드롭시킨다. 회선 연결 경로가 없는 경우, 첫번째 TCP SYN 패킷 도착 시 에지에서 목적지 에지 라우터까지 회선을 설정하여 이용하며, 이 회선 교환 경로는 inactivity time-out에 의해 해제된다.

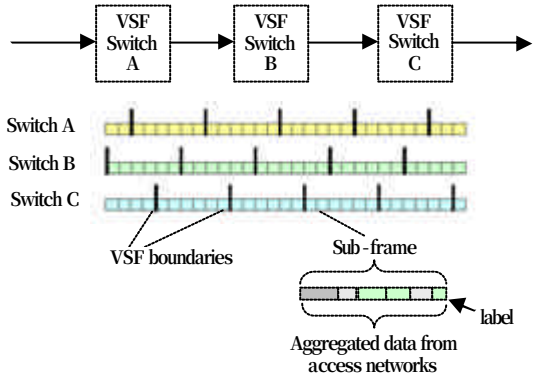
3. VSF 구조

오늘날 스위치 구조 동향은 스위칭 속도를 높이기 위하여 variable size 패킷을 짧은 고정 길이 데이터 유닛으로 분할하여 스위칭하는 추세이다. VSF(Virtual Synchronous Frame) 구조[10]는 패킷을 분할한 후 조립하는 방식보다는 패킷을 모아 고정 길이 프레임을 스위칭 하는 방식이 time critical 서비스의 QoS 제공과 회선교환 네트워크의 이용률을 높이기 위해 보다 효과적인 스위치 구조와 네트워크 구성이라는 개념으로부터 시작되었다. VSF 구조는 패킷을 모아 버스트로 전달하며, 데이터 버스트가 없는 경우 연결을 해제한다.

VSF 네트워크는 (그림 5)와 같이 액세스 네트워크와 코어 네트워크로 구성된다. 액세스 네트워크는 현존 에지 라우터, TDM 스위치, SONET ADM/DCS 등으로 구성되며, 코어 네트워크는 가상 동기 프레임 스위치로 구성된다. 가상 동기 프레임은 (그림 6)과 같이 서브-프레임(sub-frame)으로 구성되며 주기적으로 반복되나, SONET과는 달리 스위칭 노드들간 프레임 바운더리의 동기화가 없다. 스위치 노드 각자는 단지 자신의 VSF 바운더리 타이밍을



(그림 5) VSF 네트워크 구조[10]



(그림 6) Virtual Synchronous Framing[10]

유지할 뿐이다. 코어 네트워크는 MPLS의 패킷 pipe와 유사한 동기 TDM pipe인 Frame Switched Path(FSP)를 제공한다. 이 FSP는 모든 에지 스위치를 full mesh 형태로 구성하여 각 에지 스위치 pair 간 single-hop 경로를 제공한다.

FSP는 동기 FSP와 비동기 FSP로 구성된다. Constant periodic traffic의 경우, VSF 마다 특정 서브-프레임 슬롯을 지정하지 않고 원하는 대역폭만큼 서브-프레임의 개수만을 세어 데이터를 집어넣어 교환시킨다. 이 방식은 스위치 제어 방식을 극도로 단순화 시킨다. 비동기 FSP는 동기 FSP 서브-프레임이 처리되고 난 후 서브-프레임 슬롯이 남았을 경우 비동기 FSP를 위한 서브-프레임이 처리된다. 비동기 FSP를 위한 우선순위 방식으로 best-effort traffic을 위한 differentiated 서비스를 구현할 수 있다.

VSF의 제어 평면은 가상회선 기반의 connection oriented switching signaling과 routing protocol이 필요하다. 가상 동기 프레임 네트워크 구조의 제어 평면은 MPLS와 같이 QoS constraint-based routing과 traffic management가 필요하지만, 동기 프레임 교환이므로 보다 단순하고 scalable한 path computation 알고리듬의 적용이 가능하다.

VSF 에지 스위치에서 TDM은 서브-프레임으로 패킷화되고, IP 패킷은 서브-프레임으로 집합되어 FSP label이 붙여져 VSF 네트워크 내로 보내진다. 코어 스위치는 프레임 헤더의 FSP label에 따라 output port로 보내며, 이때 fabric scheduler에 의하여 FSP 당 QoS를 만족시키는 동시에 최대 스루풋을 낼 수 있도록 스위칭 한다. 스위칭 패브릭은 서브-프레임 time unit 마다 동기적으로 동작하므로, 패킷 스위치의 패킷 처리 시간이 nano second인데 비해 서브-프레임이 1μsec인 경우 스위치 패브릭 구성 제어에 시간이 충분하므로 100Peta bps 규모의 스위칭 패브릭 구성이 가능하다.

Ⅳ. 맺는 말

광대역통합망은 통신、방송、인터넷의 혁명적 대통합을 가능케 하여 모든 사람들이 원하는 서비스를 언제 어디서나 편리하게 이용할 수 있는 유비쿼터스 네트워크 사회로 발전하는 데 기반이 될 것이다. 특히 광대역통합망은 end-to-end 구간에 대하여 이용자의 서비스별 요구 수준에 따라 대역폭, 손실, 지연 등 서비스 품질(QoS) 수준을 차별화하여 제공할 수 있는 품질보장망 구성이 가능하므로 고품질 VoD, 개인 맞춤형 방송, 콘텐츠 대화형 방송 등 다양한 융합형 멀티미디어 서비스의 활성화가 기대된다.

우리나라는 광대역통합망 구축으로 세계 최초로 NGN(Next Generation Network) 구현을 시도한 나라로 주목 받고 있다. 광대역통합망의 전달기술로 현재 표준화 진행 정도로 볼 때 GMPLS 기반 IP/WDM 네트워크로 구성될 것으로 예측된다. 현재 시점으로부터 차세대라는 기준은 시간이 지남에 따라

계속 변화할 것이므로, 광대역통합망 구축 최종 단계에 이르기까지 전달기술의 발전 추이를 주시하며, 지속적인 광대역통합망 진화가 가능하도록 전달기술의 연구와 표준화 및 기술 구현 노력이 계속되고 있다.

그 노력 중 하나로 전달기술을 데이터의 destination으로 전달 시 source의 트래픽 특성을 변경시키지 않으며 네트워크 자원 이용률을 최대화하는 기술로 정의할 때, 임의의 한 가지 트래픽에 적합한 교환 방식으로는 여러 가지 특성의 트래픽 모두에 최적인 망을 구성하기 어려우므로, 동기 및 비동기 패킷 교환 방식 중 source와 destination 간 트래픽 특성을 유지하기에 적합한 방식을 선택하여 전달할 수 있는 통합 미디어 전달 기술이 ETRI에서 연구되고 있다.

참 고 문 헌

[1] 광대역통합망 구축 기본계획, 정보통신부, 2004. 2.

[2] Nasir Ghani et al., "On IP-WDM Integration: A Retrospective," *IEEE Comm. Magazine*, Sep. 2003, pp.42-45.

[3] R. Bush and D. Meyer, "Some Internet Architectural Guidelines and Philosophy," RFC3439, IETF, Dec. 2002.

[4] Michael Welzl and Max Muhlhauser, "Scalability and Quality of Service: A Trade-off?," *IEEE Comm. Magazine*, June 2003, pp.32-36.

[5] David Clark and John Wroclawski et al., "Tussle in Cyberspace: Defining Tomorrow's Internet," ACM SIGCOMM 2002, Aug. 2002.

[6] D. Clark, R. Braden, A. Falk, and V. Pinigali, "FARA: Reorganizing the Addressing Architecture," ACM SIGCOMM 2003 FDNA Workshop, Aug. 2003.

[7] R. Braden, T. Faber, and M. Handley, "From Protocol Stack to Protocol Heap – Role-Based Architecture," Hotnets-I, NJ, Oct. 2002.

[8] Xiaowai Yang, "NIRA: A New Internet Routing Architecture," ACM SIGCOMM 2003 FDNA Workshop, Aug. 2003.

[9] Pablo Molinero-Fernamdez and Nick McKeown, "TCP Switching: Exposing circuits to IP," IEEE Micro, Jan.-Feb. 2002, pp.82-89.

[10] Hyong S. Kim, "A New Direction for QoS Switching and Network Architecture," WTC/ISS 2004, Seoul, Sep. 2004.