

인터넷 QoS 기술 및 표준 동향

최태상, 정태수(한국전자통신연구원 IP네트워킹기술팀)

지난 사반세기동안 웹을 시작으로 인터넷은 전세계를 거대한 네트워크로 연결하면서 사용자의 수를 기하급수적으로 늘렸으며, xDSL, HFC 혹은 Metro Ethernet과 같은 초고속 액세스 기술의 접목을 통해 광대역 고속 접속을 가능케했고, B2C, B2B, ASP, 전자정부 등과 같은 비즈니스와 공공업무의 디지털화, 또한 네트워크 게임, 스트리밍 응용 및 P2P와 같은 네트워크 자원을 닥치는데로 소비하는 응용들까지 다양하고 많은 양의 트래픽 증가를 가져왔다. 이는 인터넷 망의 대역폭 확대를 끊임없이 요구하고 있으나, 단순한 대역폭의 증가만으로 이러한 엄청난 수요를 충족시킬 수 없다는 것이 현실적인 공론이다. 왜냐하면 인터넷 트래픽이 양적으로 증가할 뿐만 아니라 MPLS VPN, VOIP 등과 같은 비즈니스 서비스들이 질적인 변화를 요구하고 있기 때문에 새로운 요구에 부응하기 위한 변화가 동반되어야 한다. 본 고에서는 이러한 변화가 왜 일어나고 있으며 어떻게 대처해야 되는가에 대한 기술적인 해답을 찾기 위해서 전 세계적으로 활발히 진행되고 있는 인터넷 QoS 기술 및 표준화 동향에 대해 논하고자 한다.

1. 개요

인터넷의 IP 기술은 수많은 시스템과 통신 매체들을 연결하는 글로벌 네트워크의 형성을 가능하게 만들었다. 전 세계적으로 전자 우편과 웹 행해가 업무, 연구, 학업 그리고 레저 등을 수행하는 일상생활의 수단이 되었다. 또한 라디오, 텔레비전과 같은 방송망과 일상생활에서 빠져서는 안될 유무선 전화망이 편리성, 보편성, 융통성을 확장하기 위해서 IP와 통합을 시도하고 있으며, 이러한 새로운 통합네트워크의 출현이 새로운 응용, 서비스, 나아가서는 새로운 사용자들을 창출하는 견인차 역할을 하고 있다.

이 추세에 가장 큰 원인은 IP 기술의 단순성에 근거한다. 즉, 인터넷은 대부분의 지능을 네트워크의 종단으로 몰고 네트워크 내부에서는 목적지 주소를 바탕으로 단순하게 정보를 전달하기만 하는 간결한 구조를 가지고 있다. 따라서 인터넷은 네트워크 전달 장치인 라우터 자원의 여부에 따라 데이터의 전달이 지연되거나 혹은 손실될 수도 있는 최선형 서비스로의 특성만 가지게 되었다. 사용자 수의 폭발적인 증가와 다변화된 응용 및 서비스 요구는 이러한 최

〈표 1〉 네트워크 응용 분류표 (출처: iBAND2 백서) [1]

				표준명
다방향 (many-to-many bidirectional)	<u>Asynchronous Burst</u> - News - Session announcement	<u>Interactive Stream</u> - Distance learning - Multi-Player games <u>Interactive Burst</u> - Chat (IRC) - Resource discovery - Shared editing	<u>Isochronous Stream</u> - A/V Conferencing - Distributed simulation - Real-time modeling	<u>Mission-Critical Stream</u> - Distributed procces <u>Mission-Critical Burst</u> - Auction
양방향 (one-to-one bindirectional)		<u>Interactive Stream</u> - Thin client - X-windows <u>Interactive Burst</u> - Web browsing - Resource sharing - Database access - POS transactions - Remote login - Chat (text-based)	<u>Isochronous Stream</u> - Telephone <u>Isochronous Burst</u> - Database updates	<u>Mission-Critical Stream</u> - Telemedicine - Remote control <u>Mission-Critical Burst</u> - Financial X- actions
단방향 (one-to-one or one-to-many unidirectional)	<u>Asynchronous Burst</u> - E-mail - File Transfer - Push Media	<u>Synchronous Stream</u> - Streaming media - Data collection - Push media	<u>Isochronous Stream</u> - Data collection - Process monitoring - Push media	<u>Mission-Critical Stream</u> - Data collection - Process monitoring - Push media

선형 서비스에 대역폭만 늘리면 쉽게 해결되는 단순한 문제가 아니게 되었다. 멀티미디어 서비스나 IP 전화와 같은 응용서비스는 대용량의 대역폭뿐만 아니라 엄격한 시간적인 전달 요구 사항 및 일대다/다대다의 전달 요구사항을 갖게 되었다. 즉, 근본 인터넷의 철학인 네트워크의 단순성을 탈피하고 지능을 추가해야 되는 상황이 된 것이다. <표 1>은 인터넷 응용을 전송율, 전송방식 및 지연성에 따라 분류하고 있다.

<표 1>의 다양한 요구사항을 가진 응용들을 지원하기 위해서는 대역폭의 증대뿐만 아니라

전송 신뢰성, 실시간성, 혼잡처리 등 충족 시켜야 될 많은 기술들이 필요하다. 이러한 기술들을 한마디로 표현하면 서비스/응용의 QoS 기술이라고 통칭할 수 있다. 즉, 최선형 서비스 형태에서 탈피해서 차세대 인터넷의 상업용 서비스를 제공하기 위해서는 QoS 기술이 필수 불가결한 요소이다.

QoS 는 이러한 사용자의 트래픽과 다양한 서비스 요구사항을 충족시키기 위해서 네트워크 요소인 응용, 호스트 및 네트워크 장비 (예, 라우터, 스위치 등) 에서 체계적인 일관성을 기반

으로 제공되어야될 서비스 보장 (assurance) 기술이라고 볼 수 있다. 이 기술은 다시 특정 네트워크 요소의 응용 계층에서부터 물리 계층까지 전 네트워크 계층에서의 보장 기술과 네트워크 요소 종단간에 관련된 모든 요소에서의 보장 기술로 나뉘어질 수 있다. 서비스 품질을 결정하는 최종 기준은 종단간의 네트워크 요소 중 병목이 되는 곳의 성능에 전적인 영향을 받기 때문에 어떤 요소에서도 소홀할 수 없는 특성을 지닌다. 먼저 특정 네트워크 요소의 형태에 따라서 적용되는 기술이 다른데, 예를 들어 응용의 경우에는 응용 자체 서비스의 특성을 보장해 줄 수 있도록 성능에 맞는 설계 및 네트워크의 서비스 품질의 차이를 활용할 수 있는 인터페이스 및 연결 기능이 지원되어야 된다. 또한 라우터나 스위치의 경우에는 트래픽의 특성에 맞게 자원 관리 및 스케줄링을 할 수 있어야 한다. 네트워크 요소 종단간의 QoS는 사용자 단말, 전달 링크, 스위치나 라우터 같은 망장치에서의 지연 및 Throughput, 손실 특성 등에 의해 복합적으로 영향을 받게 되므로, 종단간 QoS 보장형 서비스를 지원하기 위해서는 이들 QoS 요소 변수들을 제어할 수 있는 네트워크 서비스 측면의 제어 메커니즘이 필요하다. 예를 들면 망에서 실시간 고품질 서비스를 지원하기 위해서 망의 자원 용량을 적절히 설계하고, 요구되는 자원을 미리 예약하거나, 네트워크내의 트래픽 부하를 반영하여 라우터의 큐잉 기능을 적절히 설정하거나, 혹은 설정된 트래픽 특성이 제대로 운영되는지를 모니터링하고, 이 결과를 바탕으로 네트워크 자원의 최적화와 신뢰성을 높일수 있는 트래픽 엔지니어링을 수행하는 기능 등이 이에 해당한다. 이외에 QoS 정책을 네트워크 요소에 자동적으로 설치 혹은 관리하기 위한 QoS 관리

기능, 서비스 품질을 신뢰성있게 적용하기위한 보안 기능, 서비스 품질을 준수하고 과금을 적용하기위한 트래픽 측정, 분석 및 과금 기능 등도 필히 갖추어져야 한다.

본 고에서는 현재까지 진행되어 왔던 다양한 형태의 QoS 기술 및 표준화 동향을 소개하고자 한다. 이를 위해 QoS 보장을 위한 핵심 요소 기술들을 장비 및 네트워크 관점에서 분리하여, 장비상의 QoS 핵심 요소 기술 및 네트워크상의 QoS 기술에 대한 다양한 연구 및 표준화 동향을 살펴본다.

II. QoS 핵심 요소 기술

개요에서 언급되었듯이 QoS 서비스를 제공하기 위해 필요한 기술은 크게 QoS 보장 기술과 제공된 QoS의 상태를 측정/관리하기 위한 QoS 모니터링 기술로 나뉘어 진다. QoS 보장 기술은 다시 각 네트워크 장비에서 제공되어야 될 트래픽 관리 기술, 네트워크 전반적으로 적용될 QoS 보장 기술 및 이를 관리할 수 있는 QoS 관리 기술로 나뉘어 진다. 또한 QoS 모니터링 기술은 프로토콜 모니터링, 네트워크 모니터링, 종단간 QoS 모니터링 기술로 세분된다.

1. 네트워크 장비 QoS 보장 기술

네트워크 장비 상에서 제공되는 QoS 보장 기술들을 통칭해서 트래픽 관리 기술 (Traffic Management) 이라고 일반적으로 부른다. 트래픽 관리 기술은 다양한 세부 기술들이 소개되어 있으며 크게 큐관리(Queue management), 트래픽 셰이핑(Traffic shaping), 수락제어(Admission control), 폴리싱(Policing), 혼잡관리(Con-

gestion management)의 분야로 나누고 각 분야별 세부적 알고리즘이나 방법들은 아래에서 설명한다. 이들 각각은 독립적으로 사용될 수도 있지만 대표적인 QoS 관리 모델로 알려진 인터넷의 통합서비스(Integrated Service) 모델과 차등서비스(Differentiated Service) 모델에서와 같이 복합적으로 사용되기도 한다.

가) Queue Management

큐잉(Queuing)은 라우터 구조에서 핵심 부분으로서, 프레임들이 입력 프로세스를 거쳐 패킷으로 합쳐지고 무결성을 검사 받은 뒤 포워딩 프로세스에 의해 출력될 인터페이스가 결정되고 출력 프로세스에 의해 다시 프레임화 되어 다음 라우터로 전달되는 과정을 포함한다. 큐관리는 이 과정에서 프로세스간의 연결 역할을 하게 된다. 따라서 큐잉이 지금까지, 현재, 그리고 미래의 서비스 차별화를 위해 해오거나 할 역할을 이해하는 것이 매우 중요하다. 다음은 큐관리를 위해 제안된 대표적인 방법들이다. 본고에서 소개된 방식외에 기능의 추가 및 통합을 통한 다양한 변형방법들이 소개되고 있으나 지면상 대표적인 방식들만 소개를 한다.

· FIFO Queuing

트래픽을 Store-and-forward 방식으로 처리하는 가장 대표적인 방법이다. 네트워크의 대역폭이 충분히 크고 스위칭/포워딩 성능이 뛰어난 버스트 트래픽만 처리하면 되는 경우에는 FIFO 큐잉방식이 적절하지만, 최근에는 트래픽의 양이 FIFO 큐가 처리할 수 없을 만큼 발생할 경우가 많이 생기고 있다. 또한 FIFO 큐가 채워질 경우 서비스의 종류와 무관하게 패킷이 버려지는 상황이 발생하여, 차별적인 서비스를 제공해야 할

경우에 한계에 부딪히게 된다. 따라서 아래에서 설명될 다른 형태의 방법이 필요하게 된다.

· Priority Queuing

Priority 큐잉은 FIFO 큐잉 방식을 변형한 것으로서 특정 유형의 트래픽을 구분하여 출력 Queue의 앞부분으로 보내 먼저 처리될 수 있도록 한 방식이다. 이 방식은 가장 초보적인 서비스 차별화를 가능하게 하지만 여러 가지 단점을 가지고 있다. 서비스 차별화 단계를 많이 만들수록 처리 부담을 가중시키고 패킷 포워딩 성능을 저하시키게 된다. 그리고 가장 높은 우선순위 트래픽의 양이 많을 경우 순위가 낮은 트래픽은 버퍼 고갈로 인해 손실율이 높아지게 되고, 지연에 민감한 응용의 경우에는 제대로 작동을 하지 않을 수도 있게 된다. 점차 고속화 되는 네트워크 환경에서 이 큐잉방식은 확장성을 지원하기가 힘들다.

· Class-Based Queuing (CBQ)

Priority 큐잉 방식의 단점인 우선권이 있는 클래스를 제외한 타 클래스 트래픽의 자원을 완전히 거부하는 경우를 방지하기 위해서 최근에 제안된 방식으로 동류의 알고리즘이 이미 운영체제에서 많이 활용되고 있다. CBQ는 Priority 큐잉방식의 변형으로써 하나의 출력 큐 대신에 여러 개의 출력 큐를 클래스 별로 두어서 우선 순위를 정하고 각 큐별로 서비스 되는 트래픽의 양을 조절할 수 있는 방식이다. 이렇게 함으로써 어느 특정 클래스의 트래픽이 전 시스템 자원을 모두 독점하는 것을 방지한다. CBQ는 각 클래스별로 정해진 양의 대역폭을 보장할 수 있는 방식으로 알려져 있지만, 실제로는 완전 보장이라기 보다는 Priority 큐잉 방식보다는 약간 더 완화된, 클

래스별로 자원이 완전 고갈되는 것을 막으면서도 각 클래스에 적절한 서비스를 제공할 수 있는 방식이다. 그러나, 이 방식도 여전히 복잡한 큐 관리에 소요되는 계산 부담 때문에 고속의 네트워크의 경우에는 확장성이 부족하게 된다.

· Weighted Fair Queuing (WFQ)

WFQ는 소량의 트래픽이 대량의 트래픽에 의해서 피해를 보지 않도록 플로우 별로 큐를 두어 트래픽을 조절하는 공정성 측면과 특정 기준에 따라 가중치(Weight)를 정하고 이에 따라 같은 양의 트래픽을 가진 플로우 간에도 차별을 두는 가중치 측면을 복합적으로 적용한 큐잉 방식이다. 이때 가중치를 결정하는 방식은 구현 방식 의존적이며 한가지 예로 IP 헤더의 Type of Service(TOS) 필드 중 IP precedence 비트를 사용하는 구현이 소개되었다. WFQ 방식도 priority 큐잉 혹은 CBQ와 비슷한 특성을 가지고 있는 관계로 고속의 네트워크 환경에서 확장성을 가지기가 어렵다. 또한, 트래픽 플로우 간을 차별 할 수 있는 메커니즘의 부재로 인한 granularity 부족이 이 방식의 큰 단점이다.

나) Traffic Shaping

트래픽 셰이핑은 네트워크 내부로 유입되고 유출되는 트래픽의 양과 유출되는 트래픽의 속도를 조절하는 메커니즘이다. 또한 Ingress 포인트에서 유입되는 트래픽의 플로우를 구분하여 플로우별로 셰이핑하는 기능도 포함한다. 대표되는 방법으로, leaky-bucket 방법과 token-bucket 방법 그리고 이들을 통합한 복합 방법이 있다.

· Leaky-Bucket 방식

Leaky-Bucket은 일정하지 않은 트래픽을 일정

하게 유지시켜 네트워크에 전송시키기 위한 방식으로 ATM 네트워크에서 셀트래픽의 속도를 조절하기 위해 제안되었으나 패킷 네트워크의 제3계층에서도 사용되고 있다. Bucket(FIFO Queue)의 깊이(크기)와 전송율은 일반적으로 사용자가 조절할 수 있으며 바이트 단위로 표시한다. 이 방식은 네트워크로 전송되는 트래픽을 아주 단순히 제어하고 조절할 수 있으며 구현 또한 비교적 쉽고, 네트워크 내의 한 종류의 트래픽 양을 조절하는 임의의 임계치(threshold)로 사용할 수 있는 방식인 반면, 여러 종류의 트래픽 속도를 지원해야 하는 경우에는 비 효과적이며, leak rate이 고정된 값을 가지므로 네트워크 자원의 여유가 많을 때에도 충분히 활용할 수 있는 적응성을 가지지 못하는 단점을 가지고 있다.

· Token-Bucket 방식

Token-Bucket은 Leaky-Bucket과는 달리 Bucket 자체를 FIFO 큐로 사용하지 않고 트래픽을 제어하기 위한 제어용 토큰을 관리하는 용도로 사용한다. 트래픽은 토큰의 유무에 따라 흐름의 제어를 받게 되는데, 고속도로의 톨게이트에서 통행료를 지불하는 차량들이 통과하듯이 트래픽은 토큰이 있을 경우 통과 하게 된다. 또한 항상 정해진 일정양만 통과하도록 되어있는 Leaky-Bucket과는 달리 트래픽이 버스티한 경우에도 정해진 한계치 범위 내에서는 통과가 가능하다. 따라서 네트워크의 자원 활용을 보다 효율적으로 할 수 있는 장점을 가진다. 또한 하나의 토큰과 한계치 값을 갖는 방식에서 다수를 허용하는 변형된 방식들도 소개되었는데 이를 통해 서로 다른 클래스 트래픽의 개별적인 조절이 가능하다.

· 복합 방식

위 두 가지 방식의 장점을 활용한 복합 방식도 제안되었는데, 먼저 Token-Bucket으로 트래픽 양의 버스트를 허용하면서 조절한 후, Leaky-Bucket을 이용해서 특정 한계치의 값만큼 일정하게 트래픽을 전송하는 방식이 복합 방식이다. 이 방식을 이용하면 다수의 Token-Bucket 방식이 가질 수 있는 특정 클래스의 자원 독점 혹은 경쟁을 막을 수 있을 뿐만 아니라 트래픽 클래스의 차별화를 훨씬 용이하게 구현할 수 있게 된다.

다) Admission Control

수락제어는 어떤 종류의 트래픽을 네트워크로 받아 들일 것인가를 결정하는 정책이다. 이러한 정책 없이 네트워크를 운영할 경우 네트워크 내부에서 발생할 수 있는 다양한 문제점들에 대해 해결책을 제시할 수 없게 되어 QoS 보장이 불가능하게 된다. 즉, 수락제어는 QoS를 제공하는데 필수적인 요소이며, 이를 제공하기 위해 Leaky-Bucket 혹은 Token-Bucket을 이용한 단순한 방법에서부터 복잡한 QoS 변수를 적용하여 수락제어를 하는 통합서비스 모델, 그리고 자원의 유무와 별도로 네트워크 자체의 정책에 따른 수락제어에 이르기까지 다양한 방법들이 적용될 수 있다.

라) Congestion Control

엄격한 수락제어와 큐관리에도 불구하고 다양한 트래픽을 수용하다 보면 혼잡상황을 완전히 피할 수는 없게 된다. 혼잡은 네트워크의 작동을 예상하기 힘들게 만들고, 시스템 버퍼들을 채워서 데이터 손실율을 높이며, 다시 재 전송율을 증가시켜 악순환을 반복하게 하는 주범이 된다. 다음은 혼잡 관리의 두 가지 대표적인 방

식을 소개한다.

· Random Early Detection(RED)

수천/만 개의 플로우가 동시에 네트워크에 존재할 때, 어느 한 부분에서 혼잡 상황이 발생하면, 각 플로우가 거의 동시에 데이터 손실을 겪게 되는 “글로블 동기화” 현상을 방지하기 위하여 임의로 플로우를 선택하여 탈락(drop)시키는 방식을 RED라고 한다. 이를 위하여 RED는 큐 길이를 측정하여, 시스템 관리자가 설정해 둔 한계치 값에 접근하면 임의로 특정 플로우를 선택하여 패킷을 탈락시켜 송신측에서 송신 속도를 늦출 수 있도록 한다. 따라서 앞에서 설명된 비 FIFO 큐잉방식들의 단점인 패킷 순서 조정 및 큐 관리에 소요되는 계산 부담없이 혼잡 제어를 할 수 있는 장점이 있다. 그러나 이 방식은 혼잡 발생시 탈락시키는 플로우의 선택을 임의로 하기 때문에 서비스의 차별성을 두어야 하는 환경에서는 공정성을 유지하기가 쉽지 않다.

· Weighted Random Early Detection (WRED)

WRED는 RED의 단점을 보완, 서비스 차별성을 유지하면서도 혼잡을 제어 할 수 있는 방법으로 혼잡발생 시 탈락시킬 플로우를 특정 기준(정책)에 준하는 값에 따라 우선순위를 두고 선택하도록 한 방법이다. 이와 유사한 방식으로 Enhanced RED(ERED)도 제안되었다.

2. 네트워크 QoS 보장 기술

1절에서 설명한 기능들이 네트워크를 구성하는 장비에 탑재되면 사용자들이 희망하는 QoS 서비스를 제공하기 위한 가장 기본이 갖추어진

다. 이 물리적인 기본 기능들을 활용하기 위한 상위 기능이 필요하게 된다. 인터넷은 많은 도메인으로 구성되며 각 도메인은 특정 관리 주체가 존재하고 각 도메인별로 다양한 QoS 관리 정책을 가질 수 있다. 인터넷의 사용자들은 이러한 사업자들의 정책에 무관하게 고품질의 서비스를 받기를 원하고 있다. 즉, 종단간 QoS 서비스를 제공하기 위해서는 QoS 정책을 사업자들이 명시할 수 있어야 하며 고객은 서비스 품질 규약에 맞는 서비스를 요청할 수 있는 방법, 즉 QoS 신호 및 자원 예약 메카니즘이 필요하며, 각 도메인별로는 사업자들이 자체 네트워크 자원을 최적화하고 신뢰성을 증대시킬 수 있는 트래픽 엔지니어링 기능 및 이를 QoS 제공기능과 연계할 수 있는 기능이 요구된다. 또한 네트워크 QoS 보장이 된 후 품질을 모니터링할 수 있는 기능이 반드시 제공되어야 한다. 본 절에서는 이러한 네트워크 상에서 요구되는 QoS 기술 및 표준화 동향에 대해서 살펴본다.

가) QoS 신호 및 자원예약 메카니즘

종단간 QoS 서비스를 제공하기 위해서는 고객이 요청을 하고 네트워크에서 서비스를 제공할 수 있는 제반의 조치를 취해야 한다. 이를 위해서 크게 두가지의 방식이 제안되고 있다. 첫 번째는 기존의 통신사업자들이 전통적으로 선호해온 각 사업자별 QoS 관리시스템을 구축하고 각 관리 시스템간 SLA 협상 프로토콜을 이용해서 QoS 요구사항을 전달하여 자원을 예약하고 QoS 서비스를 제공하는 방식이다. 두 번째 방식은 인터넷의 전형적인 철학인 온라인 신호 프로토콜을 통해서 종단간의 QoS 서비스를 제공하자는 방식이다. 첫 번째 방식은 통신회사 주도로 시도되고 있으며 두 번째 방식은 네트워크

장비 업체위주로 IETF에서 QoS 신호 프로토콜 표준을 제정하는 형식으로 진행되고 있다. 첫 번째 방식은 아래의 다절에서 QoS 관리시스템을 설명하면서 자세히 다루기로 하고, 두 번째 방식을 좀 더 자세히 설명하고자 한다.

IETF Next Steps in Signalling (NSIS) WG [2]에서는 기존의 InterServ QoS Model 에서 제공되고 있는 신호프로토콜인 RSVP 의 단점을 보완하고 특정한 QoS Model에 국한되지 않는 독립적인 QoS 신호 프로토콜 표준을 만드는 것을 목표로 작업을 진행중에 있다. 이를 위해서 두 계층의 신호 프로토콜을 정의하고 있다. 하위 계층 프로토콜은 NSIS Transport Layer Protocol (NTLP)^[3]로서 상위의 다양한 신호 프로토콜 정보를 투명하게 전달할 수 있는 기능을 제공한다. 즉, NTLP는 QoS 신호 메시지 뿐만 아니라 NAT, Firewall 등과 같은 신호 메시지를 전달할 수 있는 기능을 제공한다. 현재 General Internet Messaging Protocol for Signaling (GIMPS)^[4]가 NTLP 구현 프로토콜로 제안된 상태이다. 상위 계층 프로토콜로 NSIS Signaling Layer Protocol (NSLP)가 제정 중에 있다. 이 프로토콜은 하부의 NTLP를 기반으로 응용 구체적인 신호 정보를 전달하는 역할을 하는데 현재 표준화가 진행중인 분야는 QoS 관련 부분이다. QoS-NSLP의 특징은 하부의 QoS Model에 의존적이지 않다는 점이다. 따라서 QoS 서비스를 제공해야 되는 다양한 도메인의 QoS 모델을 수용할 수 있는 장점이 있다. 예를 들면 종단간에 3개의 도메인이 존재하고 양 종단 두 도메인은 표준 QoS 모델을 준수하고 있는 반면 중간 도메인은 자체적인 로컬 QoS 모델을 사용할 경우 QoS-NSLP는 이들간의 차이를 흡수할 수 있도록 설계되었다. 즉, QoS-

NSLP와 GIMPS 를 통합하여 종단간의 QoS 신호 정보를 하부의 QoS 메카니즘에 독립적으로 전달할 수 있으면서 최대한 단순화된 표준 프로토콜을 제정하는데 목적을 두고 있다. 이 프로토콜의 표준화가 완성될 경우 네트워크 장비 업체와 통신 사업자들이 채택을 하게 될지는 아직 판단하기에 이르진 하나 현재까지 제안되었던 QoS Model과 RSVP와 같은 다양한 신호 프로토콜의 장단점을 골고루 분석하여 가장 최적의 솔루션을 제공한다는 목표로 표준 작업이 진행되고 있어서 좀더 관심을 가지고 지켜볼 필요가 있을 것 같다.

나) Traffic Engineering, QoS routing & QoS for Wireless/Mobile IP

인터넷에서 QoS제공과 관련된 또 다른 연구 분야로 트래픽엔지니어링, QoS 라우팅, Mobile IP/Wireless Network을 위한 QoS 등을 들 수 있다. 트래픽 엔지니어링은 네트워크의 자원의 효율성을 극대화하고 신뢰성을 높이기 위한 제반 기술이다. 트래픽엔지니어링은 QoS보장 기술은 아니지만 특정 서비스의 QoS를 보장하기 위해 전체 네트워크의 자원을 비효율적으로 사용하면 문제가 될 수가 있다. 즉 QoS를 보장하면서 동시에 네트워크의 자원을 효율적으로 사용하는 것이 가장 이상적인 경우가 될 것이다. 바로 트래픽엔지니어링이 이러한 요구사항을 충족시키기 위해서 필요한 기술인 것이다. 주요 트래픽엔지니어링 기술로는 원하는 경로를 계산하고 시그널링하는 기능, 한곳으로 트래픽이 몰리지 않도록 트래픽을 분배하는 기능, 특정 경로가 문제가 생겼을 경우 서비스 중단없이 신속하게 대체 경로로 옮기고 향후 이를 복구할 수 있는 기능 등이다. 인터넷 상에서 가장 대표적인

트래픽엔지니어링 기술로 MPLS-TE가 받아들여지고 있으며 QoS와 MPLS가 접목되기 위한 연구와 표준활동이 현재 진행 중에 있다.

QoS 라우팅에 대해서는 90년 중반이후로 꾸준히 연구가 진행되고 있는 분야로서 이상적인 QoS 요구사항을 모두 만족하면서 미래의 요구까지 예측하는 QoS 라우팅은 NP-Complete/NP-Hard 문제이며 성능대비 라우팅의 최적성간의 Trade-off을 통한 Huristic 알고리즘에 대한 연구가 많이 진행되었다. 특히 Legacy IP 네트워크 보다는 MPLS 네트워크와 연계된 연구가 주류를 이루었는데 이는 기존의 IGP가 필요한 Constraint를 전달할 수 있는 방법이 없는데 반해 MPLS에서는 이를 위한 확장이 되어있고 현재 사용중인 대부분의 MPLS 라우터의 CSPF 알고리즘을 확장하는 측면에서 제안이 되었다. 대표적인 알고리즘으로는 Min-hop, Widest-shortest path (WSP), Minimum inference routing 알고리즘과 이들을 기반으로한 확장 알고리즘들이 있다. 이 분야는 연구적인 결과가 대부분이며 아직 필드에서 보편화된 경우는 없다. 위에서 언급된 알고리즘들은 모두 online 용이어서 적용이 될려면 라우터 업체들이 채택을 해서 개발을 하여야할 뿐만 아니라 표준화 문제도 같이 결부되어 있어서 쉽지가 않은 문제가 많이 산재해 있다. 그러나 Offline 알고리즘의 경우에는 트래픽엔지니어링 측면에서 특히 resource global optimization 용도의 자체적인 차별화 기능으로 사용이 되고 있다.

무선 혹은 이동 네트워크를 위한 QoS 보장문제는 최근들어 많은 이슈가 되고 있다. 얼마전까지는 이동 네트워크의 주요 서비스가 음성전화였으며 데이터에 대한 필요성이 많이 부각되지 않은 상황이어서 문제화되지 않았었다. 그러나

최근들어 유무선 통합과 음성 및 데이터 서비스의 차별이 점차 없어지면서 무선 네트워크의 QoS에 대한 관심이 고조되었다. 특히 무선 네트워크 중 일부분의 특성이 유선 네트워크와 많이 다르므로해서 새로운 요구사항이 발생하였는데 예로 대부분의 트래픽이 실시간성을 요구하며, 이동성을 지원하여야하며, 사용되는 대역폭이 유선에 비해 매우 제한적이며, 지역적으로 넓게 퍼져있는 구조와 같은 것을 들 수있다. 따라서 이러한 상이한 요구사항을 수용할 수 있는 새로운 형태의 기술들에 대한 연구가 진행되어왔고 이를 표준화하기위한 노력도 증가하고 있다.

다) 네트워크 QoS 관리기술

가절에서 서술된 온라인 QoS 신호프로토콜은 각 네트워크 장비들에 신호 처리 기능이 탑재되고 QoS 서비스 요구가 있을 때 마다 필요한 자원을 할당하는 방식이다. 본 절에서는 이 신호프로토콜의 기능을 QoS관리 시스템이 흡수하여 필요시 네트워크의 자원을 할당하는 방식을 설명한다. 두 방식은 서로 장단점을 가지고 있는데 전자는 별도의 QoS 관리 시스템이 필요 없는 반면 네트워크 자원의 전반적인 상태를 각 장비들이 항상 파악하기가 힘들기 때문에 네트워크의 자원을 최적의 상태로 유지하기가 쉽지 않은 단점이 있다. 반면 후자는 별도의 관리시스템을 운영해야하는 단점이 있지만 네트워크의 자원 상태외에 관리하는 네트워크의 토폴로지 및 트래픽 운영상황을 전체적으로 파악할 수 있기 때문에 QoS 자원 할당 결정을 보다 효율적으로 할 수 있는 장점을 가진다. 이외에도 다양한 차이점을 가지나 본 절에서는 지면상 생략한다.

네트워크QoS 관리 기술은 인터넷에서 QoS서

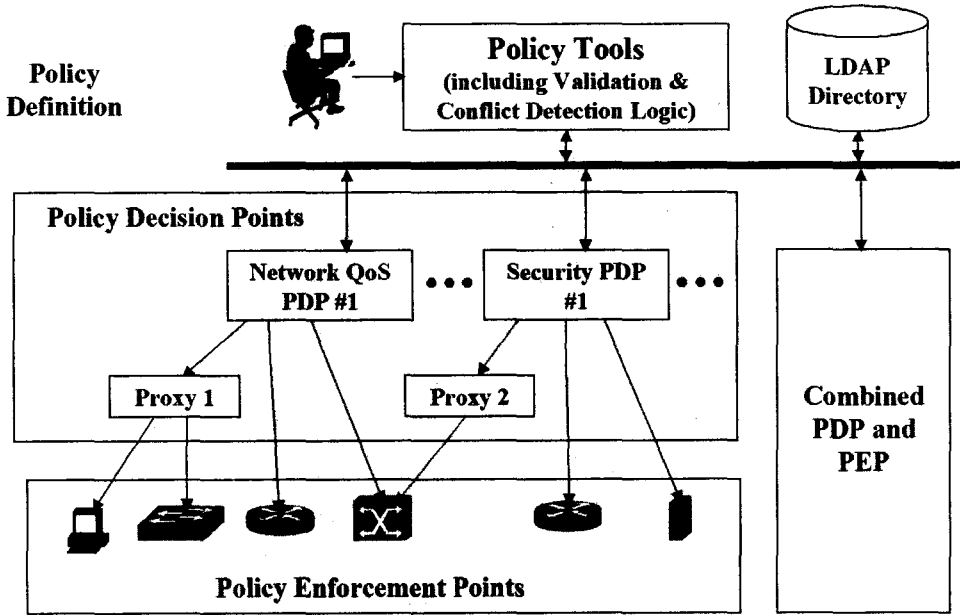
비스를 제공하기 위해 해당 응용 서비스 요청에 따라 자원을 예약하거나 할당하는 기능을 수행하며, 이 경우 일관성 있고 효율적인 종단간의 QoS 보장을 위해서는 네트워크 도메인 내부와 도메인간 전반적인 입장에서 자원관리를 수행한다. 이를 위해 가장 일반적으로 통용되는 기술은 정책기반 QoS 관리이다. 먼저 네트워크 도메인 내부에서는 도메인 특성에 맞는 정책에 따라 QoS 관리를 수행하며 도메인 간에는 서로의 협상을 통해서 종단간의 QoS를 보장하여야 한다.

정책 기반의 QoS 관리는 크게 정책 편집, 정책 충돌 방지, 정책 생성, 정책 분배, 정책 진화 기능으로 구성되어 있다. 정책 편집 기능을 통해서 네트워크 관리자는 네트워크와 사용자의 정책을 생성한다. 생성된 정책은 일단 기존의 정책과 충돌이 일어나는가를 정책 충돌 방지 기능을 통해서 검토한다. 그 후 정책 생성 기능은 네트워크 장비가 이해할 수 있는 형태로 정책을 변경 생성 한다. 변경 생성된 정책 정보는 필요한 네트워크 장비에 분배되며 각 장비는 받은 정책을 적용하여 트래픽을 제어한다. 일단 분배된 정책은 네트워크의 상태나 특정 일시 등과 같은 영향으로 변경을 요하게 되기도 하는데 정책 진화 기능을 이러한 변화를 감지하는데 필요한 기능을 한다.

정책 기반 관리 기술은 단순히 QoS 관리뿐만 아니라 보안, 경로 제어 등을 위한 용도로 광범위하게 사용되므로, 정책 기반 관리 기술은 확장성 있는 구조를 가지는 것이 매우 중요하다.

· 정책기반 QoS 관리 구조

정책 기반의 QoS 관리를 위해서 IETF, Distributed Management Task Force(DMTF)⁵⁾ 등에서는 공통된 시스템 구조를 정의하기 위해 상



〈그림 1〉 정책기반 QoS관리 시스템 구조

호 협력 중에 있으며, 현재까지 정의된 구조를 그림 1에서 보여 주고 있다.

정책 기반 QoS 관리 시스템은 크게 정책 툴, 정책 저장 및 검색을 위한 디렉토리 시스템, 정책 결정을 책임지는 정책 결정 포인트 (PDP: Policy Decision Points)와 정책 실행 포인트 (PEP: Policy Enforcement Points), PDP Proxy로 구성되어 있다. 그림 1에서 보듯이 PDP와 PEP는 통합된 시스템이거나 분산된 형태로 존재할 수 있으며, 분산 시스템이 확장성 면에서 유리하다. PDP, PEP 및 디렉토리 간에는 통신을 위한 프로토콜이 필요한데, 현재 거론되고 있는 대표적인 프로토콜로 Common Open Policy Service(COPS)¹⁶와 Light Weight Directory Access Protocol(LDAP)이 있다. COPS는 PDP와 PEP 사이에 정책 정보를 전달하기 위해 필요하며, LDAP은 PDP나 PEP가

정책 정보를 저장, 검색, 획득하는데 필요한 프로토콜이다. 이 외에 정책기반 QoS 관리에 필요한 프로토콜에 대한 보다 상세한 내용을 요약하면 다음과 같다.

· 정책기반QoS 관리 프로토콜

정책프로토콜은 각 라우팅 시스템에서 사용자 데이터 전달 요구를 수신하였을 때 사용자에게 적용할 수 있는 정책에 따라 사용자를 받아들이거나 거절하는 기능을 수행하기 위하여 라우터와 서버간에 동작하는 프로토콜이다. 이러한 정책 프로토콜에 대하여 다음과 같은 사항들이 요구된다.

- 신뢰성
- 작은 지연
- opaque objects 전송 기능

- PEP-initiated, two-way Transactions 기능
- asynchronous notification 기능
- multicast groups 처리 기능
- QoS Specification 기능

기존에 정책 프로토콜로 이용되어 왔던 프로토콜로는 RADIUS, LDAP, Simple Network Management Protocol(SNMP) 등이 있으나 이들은 신뢰성이 부족하고 서버가 시작하는 메시지 전달 기능 등을 제공하지 못하고 있다. 이러한 단점을 보완하고 위에 기술한 정책 프로토콜 요구를 만족시키기 위하여 제안된 정책프로토콜로는 IETF의 Resource Allocation Protocol (RAP) WG에서 제안한 COPS와 Netconf WG [7]에서 제안한 XML 기반의 Configuration 프로토콜이 있다. 전자는 1999년에 표준작업을 시작하여 2003년 초까지에 작업을 완료하였으며 현재 17여개의 관련 RFC가 만들어졌다. 시스코와 같은 네트워크 장비 업체나 정책기반 QoS 관리 시스템을 개발하는 업체에서 COPS 프로토콜을 채택하여 상품화 하였으나 시장에서 활발히 활용되지 않고 있는 실정이다. 여기에는 여러가지 이유가 있을수 있으나 가장 큰 이유는 기존의 관리 프로토콜인 SNMP와의 경쟁에서 확실한 우위를 확보하지 못한 것으로 추측된다. 최근에 이 분야 전문가 그룹은 후속 프로토콜로 XML을 기반으로한 구성관리 프로토콜의 표준화를 추진중에 있다. 일부 네트워크 장비 업체에서 시작된 이 움직임이 XML이 가지는 다양한 장점들을 부각시키면서 시장에서의 인지도를 넓혀가고 있는 실정이다. 이 작업은 기존의 SNMP 옹호자들 주도로 움직여 지고 있으며 따라서 COPS와는 달리 보다 많은 지지를 받을 수 있을 것으로 판단된다.

· 정책기반 QoS 관리 기술 연구 개발 동향
정책기반 QoS 관리 기술은 크게 하나의 도메인을 관리하기 위한 인트라도메인용과 여러 도메인을 관리하기 위한 멀티도메인용으로 나눌 수 있으며, 기능측면에서도 순수하게 QoS Provisioning만 담당하는지 혹은 트래픽엔지니어링, 성능관리, 및 장애관리 등 복합 기능을 함께 처리할 수 있는냐에 따라 세분된다. 인트라도메인과 QoS Provisioning 기능만을 가진 제품 및 연구개발은 성숙기에 있다고 볼 수 있으며 복합 기능 및 멀티도메인을 감당해야 하는 제품 및 연구개발은 아직 초기 단계에 있다고 볼 수 있다. 본 절에서는 지면상 대표적인 두가지 연구개발 동향을 소개한다: 첫번째는 EU의 IST 프로젝트로 진행 중인 MESCAL[®] 이고 두번째는 한국 ETRI에서 개발한 Wise-TE[®] 이다.

- MESCAL (Management of End-to-end Quality of Service Across the Internet at Large)

MESCAL 프로젝트는 산업체/연구소에서 France Telecom R&D, Thales Research Ltd, Algonet SA, 학계에서 UCL과 UniS, 그리고 장비업체로 Cisco 와 Alcatel Bell 이 참여하고 있는 EU IST 컨소시엄이다. 주요 목표로 인터넷 상에서 도메인간 QoS를 유연하게 프로비저닝할 수 있도록 확장성 및 단계적인 잠재력을 갖춘 솔루션을 정의하고 이를 시험하는 데에 두고 있다. 이를 위해서 먼저 비즈니스 모델과 기능 구조 정의, 동적 서비스 관리 알고리즘의 정의, 구현 및 시험, 도메인간 트래픽 엔지니어링을 실현하기 위한 라우팅 프로토콜의 개선, 마지막으로 IPv6 및 멀티캐스트를 통합할 수 있는 기능 구조 및 기능 요소들을 정의하고 이들 요소

들의 세부 기능들을 설계하고 Proof-of-Concept로 Prototype을 구현하고 시험하는 계획으로 과제를 진행 중에 있으며 현재는 상위 설계서를 작성하고 있는 초기 단계에 있다.

본 프로젝트는 2002년 11월에 시작해서 2005년 4월까지 수행 중에 있으며 다음의 네 가지 작업 패키지 (Work Package) 로 구성되어 있다.

WP0: 프로젝트 관리 및 대외협력 활동

WP1: 기능구조, 알고리즘 및 프로토콜 구획 정의

WP2: 시스템 설계 및 구현

WP3: 시스템 통합, 검증 및 시험

현재까지는 WP0, WP1 및 WP2의 작업을 진행 중에 있으며 작업은 분기별 프로젝트 모임을 갖고 각 참여기관별 업무를 할당하고 이에 대한 결과보고를 하는 형식으로 진행을 하고 있다. 지금까지 공개된 주요 결과물로, “도메인간 QoS 보장을 위한 비즈니스 모델 및 기능구조 명세서”가 있다.

· Wise-TE/VPN/QoS (Wise Internet Traffic Engineering for Traffic Engineering/VPN/ QoS)^[11]

본 프로젝트는 ISP사업자에게 인터넷의 고도화를 달성하는데 필요한 도구를 제공하는 것을 목적으로 1999년부터 2001년까지 연구개발을 진행하였다. 본 프로젝트를 통해서 기존 인터넷이 가지는 Best-Effort 속성에서 벗어나, 사용자의 다양한 품질과 서비스 요구에 맞게, 그리고 망운영자가 망혼잡시 우회 조치, 새로운 트렁크 배정 및 검증 등 효과적인 망운영이 가능하도록 MPLS 기반의 고도화된 인터넷에서 트래픽을 자유롭게 제어하며, 품질을 관리하고 이를 기반

으로한 VPN 및 QoS 서비스를 제공할 수 있는 종합 관리도구를 개발 하였다. 본 프로젝트의 범위는 인트라도메인 영역에서의 관리이며, MESCAL의 시도처럼 멀티도메인 QoS 관리를 위한 프로젝트를 추진중에 있다. 이 시스템의 주요 기능은 다음과 같다.

- QoS, MPLS-TE 및 VPN 셋업에 필요한 복잡한 Rule들을 손쉽게 편집, 수정, 설치, 제거 등을 수행하기 위해 국제표준인 “정책기반 관리 아키텍처(Policy-based Network Management (PBNM))”를 따르는 자동화된 Provisioning 기능
- QoS/MPLS-TE/VPN 구성관리 및 실시간에 가까운 상태 모니터링 기능
- 직관적이고 편리한 관리 수행을 위한 IP, MPLS, OSPF, BGP, VPN 토폴로지와 같은 다양한 유형의 토폴로지 표현 기능
- QoS, MPLS-TE 및 VPN의 효율적인 관리를 위한 IP 트래픽의 측정 및 분석 기능
- 지능적인 LSP 경로 계산, 추정, 및 아래와 같은 다양한 시뮬레이션 기능

3. 네트워크 QoS 모니터링 기술

QoS 보장이 된 후 사용자들이 가장 궁금해 하는 것은 제공 중인 QoS가 요구사항에 따라 제대로 지켜지고 있느냐 하는 것이다. 이를 위해 네트워크 장비 및 네트워크 상태 정보를 규칙적으로 측정하여 분석하고 정책 관리 기능에 피드백하여 QoS 관리에 활용하며, 또한 이를 사용자가 이해할 수 있는 형태의 정보로 변경하여 분배함으로써 요구한 조건이 잘 지켜지고 있는지를 확인 시킬 필요가 있다.

QoS 모니터링 기술은 트래픽 측정, 분석, 표현 기술로 나누어 지며 적용할 범위에 따라 프로토콜 모니터링, 네트워크 모니터링, 종단간 QoS 모니터링 기술로 세분된다. 모니터링 방식은 크게 Passive와 Active 방식으로 양분되며 프로토콜 혹은 네트워크 모니터링을 위해서는 주로 전자가 종단간 QoS 모니터링을 위해서는 후자가 사용된다. 프로토콜 모니터링은 특정 QoS 구조를 가지는 네트워크 도메인에서 사용되고 있는 프로토콜이 제대로 작동되고 있는지를 점검하는데 필요한 기술로서 특정 QoS 관리 구조의 완결성을 확인할 수 있는 좋은 기준이 된다. QoS 모니터링을 위한 기술로는 먼저 프로토콜의 경우에는 모니터링을 하려는 목표 프로토콜이 동작되고 있는 호스트나 네트워크 장비에서 요구된 형태로 프로토콜이 잘 동작하는 지를 시험할 수 있는 툴이 필요한데, 주로 프로토콜이나 장비에 의존적으로 개발이 된다. 예로 RSVP 프로토콜의 동작상태를 모니터링 할 수 있는 RSVP Diagnostics 툴과 같은 것이 있을 수 있다.

네트워크 모니터링 기술은 네트워크 자원의 가용정도나 소비정도를 측정하여 전반적인 상태를 모니터링함으로써 네트워크 엔지니어링과 관리에 도움을 준다. 네트워크 모니터링을 위해서는 기존의 SNMP 기반의 네트워크 관리 툴을 활용하여 현재 표준화가 진행 중인 QoS 보장 관련 기술용 MIB을 구현, 네트워크의 QoS 보장 상태를 모니터링 할 수 있다. 예로 Realtime Traffic Flow Measurement(RTFM) 구조를 기반으로 한 모니터링 툴이 있다. 이 구조의 주요 구성요소로는 meter, meter reader, meter manager, analysis applications이 있다. 모니터링 포인트에 SNMP agent인 meter를 설치하여 수집된 자료를 RTFM MIB에 저장하면, meter reader는 분

산되어 있는 meter에서 필요한 자료를 수집한다. 이때 meter manager는 meter와 meter reader를 관리하는데, 어떠한 자료를 어떻게 수집할 것인가를 결정하는 역할을 한다. 이렇게 수집된 자료는 분석 응용이 분석하게 된다. RTFM외에 환경에 적절한 툴 들을 개발할 필요가 있으면 이에 대한 연구 및 개발이 요구된다.

프로토콜 모니터링과 네트워크 모니터링 만으로는 사용자가 요구한 QoS를 만족하고 있는 지를 확인하기가 어렵다. 즉, 가장 복잡하면서도 가장 중요한 종단간의 QoS 모니터링을 통해서 이 문제를 풀어야 한다. 또한 종단간의 모니터링은 이질적인 QoS 관리 구조를 가지는 네트워크 도메인 간의 QoS 보장의 제공 여부를 점검하는 데 중요한 기능을 한다. 먼저 종단간 QoS 모니터링을 위해 원하는 트래픽 생성을 원하는 시점에 원하는 양 많음을 할 수 있는 툴과 그 결과를 모니터링하기 위한 툴이 필요하다. 정확한 Timing, 다양한 종류의 테스트 트래픽으로 정확한 모니터링이 상당히 어렵운데 신중한 사전 설계 및 구조의 정의가 요구된다.

지금까지는 QoS 보장 모니터링 기술 자체에 대해서만 언급했으나 이 기술의 사용자 입장에서 고려해 보면 네트워크 관리자만이 아니라 차등 QoS 서비스를 사용하는 고객들도 주요 사용자이다. 초기에는 이 기술이 QoS 보장 모니터링 자체에만 치중을 하겠지만, 장기적으로는 QoS 상태에 대한 다양한 형태의 분석 자료를 원하는 고객들에게 실시간으로 전달할 수 있는 형태로 발전함으로써 진정한 고객 지향의 차등 QoS 서비스의 초석이 될 수 있는 중요한 기술이다.

III. 결론

본 고에서는 향후 인터넷 상에서 고품질 서비스를 상업화 하기 위해서 반드시 해결해야 될 문제인 QoS 기술의 소개, 핵심 요소 기술, 연구 및 표준화 동향에 대해 살펴보았다. 이 분야의 대부분의 기술은 아직 연구 및 개발 초기 단계에 있으며 그 성공 가능성에 대해서 누구도 자신 있게 대답할 수 없는 입장이다. 왜냐하면 단순히 기술적으로만 해결될 문제가 아니라 경제적, 정치적, 문화적, 사회적으로 모두 매우 신중히 검토되어야 될 복잡한 문제이기 때문이다. 그러나 중요한 것은 불확실한 미래에도 불구하고 전세계 정보 선진국에서는 모두 나름대로의 QoS 기술을 활발히 연구 개발 시험 중에 있다는 사실이다. 네트워크 장비내의 트래픽관리 기술과 같이 일부 세부 분야에서는 상용 제품이 이미 출시되고 있으며 차세대 인터넷 분야에서 가장 관심의 초점이 되고 있다.

국내에서는 가장 선진화된 초고속 인터넷 인프라를 보유하고 있으며 정부에서 추진중인 BcN의 목표와 더불어 산학연관이 QoS의 현실화를 앞당기기 위한 노력을 경주하고 있다. 특히, 인터넷 사업자 중 일부는 자체 네트워크 중 일부에 QoS 서비스를 도입하기 위한 시도를 하고 있는 등 연구 및 개발 단계에 머물지 않고 사업화에 가까워 지고 있는 실정이다. 이러한 시도를 가능케하는 기술의 내부를 들여다 보면 아직도 국외 의존도가 매우 높은 상황이며 이는 초고속 인터넷 접속 환경을 구축하면서 많은 외화 유출을 한 것과 같은 경험을 떠오르게 만든다. 아직은 전세계적으로도 가시적인 QoS 서비스를 시도하고 있는 사업자들이 많지 않은 환경이므로 급하게 서둘러 보다는 내실을 다지면서

발전을 꾀할 수 있는 보다 현실적인 접근이 요구된다. 인터넷 상에서 QoS 문제는 초고속 인터넷 접속의 경우와는 차원이 다른 경제적, 사회적 및 문화적 파급효과를 가져다 줄 수 있기 때문에 국내 기술을 최대한 보호하면서 필요시에는 과감한 연구개발 투자를 통해 국내 기술을 확보할 필요가 있을 것으로 판단된다. 이를 통해 통계상의 인터넷 강국에서 내실 있는 명실 상부한 인터넷 강국으로서 자리 매김할 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] Stardust Forum, Internet Bandwidth Management 2(iBAND2) Conference, <http://www.stardust.com/iband2>, San Francisco, May 1999.
- [2] <http://www.ietf.org/html.charters/nsis-charter.html>
- [3] S. Van den Bosch, G. Karagiannis, et. Al., "NSLP for Quality-of-Service signaling," Internet Draft, draft-ietf-nsis-qos-nsip-02.txt, Feb. 2004.
- [4] H. Schulzrinne, R. Hancock, "GIMPS: General Internet Messaging Protocol for Signaling", Internet Draft, draft-ietf-nsis-ndp-01, Feb. 2004.
- [5] DMTF, Distributed Management Task Force, <http://www.dmtf.org>.
- [6] J. Boyle, R. Cohen, D. Duram, S. Herzog, R. Rajan, and A. Sastry, "The COPS (Common Open Policy Service) Protocol, Internet Draft, December 1998.
- [7] <http://www.ietf.org/html.charters/netconf-charter.html>.
- [8] <http://www.mescal.org/>.
- [9] Wise<TE>: Traffic Engineering Server for A Large-scale MPLS-based IP Network, Taesang Choi, Seunghyun Yoon, Hyungsuk Chung, Changhoon Kim, Jungsook Park, Bungjun Lee, Taesoo Chung, NOMS2002, Florence, Italy, Apr. 2002

저자소개



최태상

1995년 미주리-캔사스 주립대 박사
 1996년-현재 ETRI IP네트워크기술팀
 주관심분야 QoS Management and Traffic Engineering in IP Networks, Traffic Measurement and Analysis, Interactive Multimedia Service System, Network, System, and Service Management



정태수

1983년 경북대학교 전산학 석사
 1983-현재 ETRI 인터넷구조팀
 주관심분야 Internet & Data Networks, Telecommunication Systems, Network Management, QoS Management and Traffic Engineering, Traffic Measurement and Analysis