

# 인터넷 트래픽 엔지니어링과 QoS 제어 기술

대구가톨릭대학교 전용희

차례

I. 서 론

II. 트래픽 엔지니어링

III. QoS 제어 기술

IV. SLA와 QoS

V. 국내 추진 현황

VI. 결 론

## I. 서 론

현재의 IP 네트워크는 QoS(Quality of Service) 보장이 되지 않는 비연결형 “최선”(best-effort) 패킷 교환 네트워크 구조를 채택하고 있다. 이와 같이 현재 IP 네트워크는 QoS 보장 메커니즘이 없어 over-provisioning을 통하여 제한적으로 QoS를 제공하고 있다. 차세대 네트워크에서는 패킷-기반 전송 구조에서 음성, 비디오 및 데이터 통신을 지원할 수 있어야 한다. 따라서 품질 보장 기능을 가지고 방송·통신·인터넷을 통합하여 서비스를 제공할 수 있는 BcN(Broadband convergence Network)이 IT839 프로젝트의 3대 인프라의 하나로 개발되고 있다[1,2].

본고에서 주제로 다루는 QoS 문제는 국내에서 구축되고 있는 BcN과 같은 통합망이 성공하기 위하여 중요하다. 통합망에서 제공될 각 서비스 형태는 다른 형태의 QoS 개념을 가진다. 음성 서비스는 어느 정

도의 신호 손실을 수용할 수 있지만, 높은 호 품질을 보증하기 위하여 아주 작은 시간 지연이나 지터(jitter)만 허용된다. 반면에, 데이터 서비스는 어느 정도의 시간 지연은 허용될 수 있지만, 패킷 손실은 허용되지 않는다. BcN 망을 통하여 대역폭이 증가된다고 하더라도, 새로운 애플리케이션들이 이용 가능한 대역폭을 순식간에 소비해 버릴 것이기 때문에 단순한 대역폭 증가만으로는 QoS 문제를 해결할 수는 없다.

QoS에서 대역폭, 트래픽 엔지니어링과 우선순위화(prioritization) 사이에 기본적인 상호 보완관계가 존재한다. 대역폭이 더 제한될수록, 트래픽 엔지니어링과 우선 순위화가 더욱 중요하여 진다. 단순한 보증 이외에, QoS가 실제로 사용자들이 쉽게 사용할 수 있도록 분명하게 정의되고, 정량화되고, 쉽게 표현되어야 한다. 예를 들어, IP 음성과 실시간 멀티미디어인 경우, QoS는 코덱과 패킷화 지연, 전송 및 버

퍼링 지연 그리고 라우팅 지연을 감소하기 위한 전략을 개발하는 의미로 생각할 수 있다. QoS는 OSI 모델의 모든 7계층을 포함하며, 단대단(종단간) 모든 네트워크 요소, 운영체제(실시간 스케줄링, 쓰레드), 통신 프로토콜, 데이터 네트워크, 스케줄링과 트래픽 관리 문제를 포함한다[3].

인터넷 트래픽 엔지니어링(TE: Traffic Engineering)은 운용 네트워크에서 트래픽 취급의 성능 최적화에 관련된 인터넷 네트워크 엔지니어링 관점으로 정의된다. 최적화의 주요 초점은 다른 자원이 네트워크 내에 이용가능 할 때 자원의 과-사용을 최소화하기 위한 것이다. 트래픽 엔지니어링은 운용적인 인터넷의 설계, provisioning, 튜닝과 관련되는 네트워크 엔지니어링 관점을 부과한다. 그것은 비즈니스 목표, 기술과 과학적 원리를 특정한 서비스와 성능 목표를 달성하기 위하여 측정(measurement), 모델링, 특성화, 인터넷 트래픽 제어, 그러한 지식과 기술의 응용에 적용한다. 이것은 네트워크를 통하여 신뢰성 있고 신속한 트래픽의 이동, 네트워크 자원의 효율적인 이용, 네트워크 용량의 설계 등을 포함한다[4].

본고에서는, 인터넷 워킹 그룹의 트래픽 엔지니어링 모델, 일반적인 QoS 제어 기술과 가장 잘 알려진 QoS 프로토콜로 ReSerVation Protocol(RSVP), 차등 서비스(DS: Differentiated Services), MPLS (Multi Protocol Label Switching)에 대하여 기술하고, SLA(Service Level Agreement)와 QoS 제어, 그리고 품질보장망 구축을 위한 국내 추진계획에 대하여 소개하고자 한다.

## II. 트래픽 엔지니어링

### 1. 인터넷 워킹 그룹

인터넷 TEWG는 인터넷에서 트래픽 엔지니어링

을 위한 원리, 기술 및 메커니즘들을 정의하고, 개발하며, 상세히 기술하고, 권고한다[5,6]. 워킹 그룹은 또한 트래픽 엔지니어링 기능을 향상시키기 위하여 IETF 프로토콜에 대한 개선을 토의하기 위한 일반 포럼 역할도 한다.

TEWG의 주요한 초점은 도메인 내 인터넷 트래픽 엔지니어링의 측정 및 제어 관점이다. 이것은 provisioning, 도메인 내 라우팅 측정과 제어, 도메인 내 네트워크 자원 할당의 측정 및 제어 관점을 포함한다. 트래픽 엔지니어링을 위하여 사용되고 있는 기술로는 ATM, 프레임 릴레이 오버레이 모델, MPLS 기반 접근, CBR(constraint-based routing), 그리고 DiffServ 환경에서 트래픽 엔지니어링 방법론 등이 있다.

### 2. 프로세스 모델

프로세스 모델은 운용적인 네트워크의 성능을 최적화하기 위하여 수행될 일련의 조치들로 기술된다. 이 프로세스 모델은 4 개의 단계(phase)로 구성되며 반복적인 프로세스로 계속적으로 반복된다.

- 1단계: 네트워크 운용을 지배하는 관련 제어 정책을 정의한다. 이 정책들은 다음의 요인들에 의하여 의존될 수 있다: 비즈니스 모델, 네트워크 비용 구조, 운용 제한, 유틸리티 모델, 최적화 기준.
- 2단계: 운용적인 네트워크로부터 측정 데이터의 획득을 포함하는 피드백 메커니즘을 구현한다.
- 3단계: 네트워크 상태를 분석하며 트래픽 작업부하를 특성화한다. 분석은 proactive 혹은 reactive 두 가지가 있다. 모델링 기반 분석과 시뮬레이션을 포함하여 정량적이고 정성적인 기법들이 사용될 수 있다.
- 4 단계: 네트워크의 성능 최적화를 구현한다. 이

것은 제공된 트래픽을 제어하거나 네트워크 간의 트래픽 분배를 제어하기 위하여 적절한 기법들의 사용을 포함한다. 구현될 조치들로는 다음과 같은 것이 있다.

- 링크 용량 증가, 부가적인 링크 추가
- 교환기와 라우터 같은 부가적인 하드웨어 설치
- IGP(Interior Gateway Protocol) 메트릭과 BGP(Border Gateway Protocol) 속성과 같은 라우팅 파라미터 조정
- 트래픽 관리 파라미터 조정
- 현재와 미래의 성장을 수용하기 위하여 네트워크 구조, 설계, 용량, 기술 및 구성을 개선하기 위한 네트워크 계획 프로세스 구현

### 3. 프로세스 모델 컴포넌트

지금 까지 기술된 프로세스 모델을 지원하기 위하여, 다음과 같은 주요 컴포넌트를 가지는 시스템이 필요하다.

- 측정 서브시스템
- 모델링 및 분석 서브시스템
- 최적화 서브시스템

#### 1) 측정

네트워크의 운용 상태는 측정(measurement)을 통하여만 확실하게 결정될 수 있다. 측정을 통하여 다른 제어 서브시스템에 의하여 사용되는 피드백 데이터를 제공한다. 측정은 네트워크 서비스의 품질을 결정하고 트래픽 엔지니어링 정책의 유효성을 평가하기 위하여 필요하다.

측정 서브시스템이 개발될 필요가 있을 때, 다음의 질문들이 고려되어야 한다:

- 측정의 필요성
- 측정 파라미터

- 측정 방법, 수행 장소, 시기
- 감시 변수의 측정 빈도
- 요구되는 측정의 정확성과 신뢰도 수준
- 실제로 가능한 측정의 정확성과 신뢰도 수준
- 측정과 감시되는 네트워크 컴포넌트와 변수와의 간접 허용 정도
- 측정비용

측정은 다음과 같은 다른 레벨에서 행해질 수 있다. 패킷 레벨, 플로(flow) 레벨, 사용자 레벨, 집합(aggregate) 트래픽 레벨, 컴포넌트 레벨 및 네트워크 레벨.

#### 2) 모델링, 분석 및 시뮬레이션

네트워크 모델은 관련 네트워크의 특징, 속성 및 특성을 포착하는 네트워크의 함축적인 표현이다. 모델을 구축함으로써 네트워크 확장 계획에 대한 지침 뿐만 아니라 여러 가지 조건에서 네트워크 성능을 예측하기 위하여 사용될 수 있는 분석과 시뮬레이션을 쉽게 한다.

모델은 구조적 모델(structural model)과 행위 모델(behavioral model)로 구분된다. 구조적 모델은 네트워크와 컴포넌트의 구조에 초점을 맞춘다. 반면 행위 모델은 네트워크와 트래픽 작업부하의 역동성(dynamics)에 초점을 맞춘다.

네트워크 시뮬레이션 도구도 트래픽 엔지니어링을 위하여 아주 유용하다. 계획된 솔루션의 유효성 검증 같은 시뮬레이션이 이용될 수 있는 분야가 여러 가지가 있다. IETF에서는 이외에 최적화(optimization)에 대하여도 기술하고 있다.

### 4. 인터넷에서의 트래픽 엔지니어링

트래픽 관리 관점에서, 인터넷은 최선(best effort)

서비스 환경을 가지고 있다. IP 네트워크에는 다른 등급에 속하는 패킷에 대하여 차등 큐 관리 및 스케줄링 서비스를 제공하기 위하여 매우 제한된 트래픽 관리 능력이 존재한다.

라우팅 제어 측면에서, 인터넷은 도메인 내 라우팅을 위하여 분산 프로토콜을 채택하고 있다. 이 프로토콜은 아주 확장성이 있고 탄력적이다. 그러나 경로 선택 과정의 융통성 있는 제어를 허용하기 위하여 매우 제한된 가능성을 가지고 있는 경로 선택을 위한 단순한 알고리즘에 기반하고 있다. 현재 이용되고 있는 트래픽 엔지니어링 방법들로 아래와 같은 것이 있다:

- 동적(dynamic) 라우팅: 라우팅이 지연, 패킷 손실 혹은 처리력과 같은 측정치를 기반으로 동적으로 행해진다.
- ToS 라우팅: IP 패킷 안의 ToS(Type of Service) 필드를 이용하여 라우팅이 행해질 수 있다. 전통적인 ToS 기반 라우팅에서는 각 등급이 네트워크 내의 트래픽 집중의 국부화(localization)를 초래하는 SPF(Shortest Path First) 라우팅에 전적으로 의존하기 때문에 효과적인 트래픽 엔지니어링을 수행하기 어렵다.
- ECMP(Equal Cost Multi-Path): ECMP는 SPF 내부 게이트웨이 라우팅 시스템의 결점을 다루기 위하여 나온 것으로, 두 개 이상의 같은 최단 경로가 존재하면, 노드 간 트래픽이 복수개의 동등-비용 경로 사이에 분산된다.
- 오버레이 모델: ATM이나 FR(Frame Relay)를 기반으로 하는 오버레이 모델은 가상 회선(VC: Virtual Circuit)을 재배치함으로써 경로 최적화를 수행한다. 혼잡하거나 최적이지 아닌 물리 경로는 혼잡하지 않거나 더욱 최적인 링크로 재 경로 지정될 수 있다.
- CBR(Constraint-based Routing): 대역폭, 흡

카운트, 지연과 같은 제한(constraint)을 이용하여, 네트워크나 정책에 의하여 부과된 일련의 제한과 요구사항을 만족하도록 네트워크를 통한 경로를 계산하는 라우팅 시스템의 부류를 언급한다.

### III. QoS 제어 기술[3]

#### 1. QoS의 정의

QoS는 어떤 면에서 다른 의미를 가질 수 있는 애매모호한 단어이기도 하다. QoS는 흔히 아래와 같이 사용 된다.

- 네트워크 사용성의 크기
- 구체적인 서비스 특성 및 특징의 정의
- 트래픽과 서비스 차별화
- 최선 서비스보다 나은 서비스 수준

IP 네트워크가 비즈니스 플랫폼이 되어감에 따라, QoS는 점차적으로 중요성이 증가하고 있다고 할 수 있다. 만약 비즈니스 활동이 열악한 네트워크 품질로 인하여 지연된다면, 사용자들은 그들의 비즈니스에서 막대한 손실을 유발할 것이다. 그러한 위험을 피하기 위하여, 네트워크 사용자들이 원하는 것은 트래픽 품질의 예측 가능한 서비스이다. 이 예측 가능한 트래픽 품질이 본고에서 논의되는 QoS이다.

QoS 특성은 다음과 같은 파라미터에 의하여 정의 될 수 있다.

- 가용성(availability)
- 지연(delay)
- 지터(jitter)
- 패킷 손실 확률
- 처리율(throughput)

가용성은 사용자가 신뢰성 있는 네트워크 연결성을 가지는 것을 의미하며 통신의 가장 기본적인 파라미터이다. 지연은 단방향 전송 지연과 왕복 시간(RTT: round trip time)을 포함한다. 지연 파라미터는 VoIP(Voice over IP)와 같은 실시간 응용을 위하여 중요한 요소이다. 지터는 지연 변화를 의미하며 실시간 응용을 위하여 중요한 요소이다. 패킷 손실 확률은 목적지에 도착되기 까지 전송된 패킷이 손실되는 것을 의미하며 중요한 패킷 전달과 같은 응용을 위하여 중요하다. 처리율은 네트워크 시스템이 전달할 수 있는 데이터 윌을 의미하며, 스트리밍 응용을 위하여 중요하다.

[1]에 의하면 (표 1)과 같은 주요 서비스 품질기준을 제시하고 있다.

특기할 만한 사항은, 보안을 주요 서비스 품질기준의 항목으로 채택하고 있다는 사실이다.

## 2. 스케줄링 메커니즘

차세대 네트워크에서 사용될 수 있는 QoS 제어를 위한 스케줄링 메커니즘은 아래와 같다.

- **우선순위 기반 스케줄링:** 우선순위 기반 스케줄링은 각 대기 행렬에 대하여 절대적인 우선순위를 설정하고 이 우선순위를 기반으로 대기 행렬(queue)로부터 패킷을 전송한다. 각 대기 행렬은 더 높은 우선순위를 가지는 모든 대기 행렬이 비었을 때만 패킷을 전송할 수 있다. 그러므로

가장 높은 우선순위를 가지는 대기 행렬은 어떤 부하에서도 더 낮은 우선순위의 대기 행렬이 서비스를 받기 전에 서비스를 받을 수 있다. 그러나 보다 낮은 우선순위를 가지는 대기 행렬은 서비스를 받기 위하여 오랫동안 기다려야 한다. 전체 트래픽 양에서 우선순위 트래픽의 비율이 이 스케줄링 방법이 충분히 가능할 수 있도록 조정되어야 한다.

- **대역폭-공유 스케줄링:** 대역폭-공유 스케줄링은 경쟁 대기 행렬 사이에 적절한 대역폭을 공유한다. 이 시스템은 다른 대기 행렬의 트래픽 도착 형태에 관계없이 각 대기 행렬에 일정 비율의 대역폭을 제공한다. 아래와 같은 대역폭-공유 모델이 있다.

- Round-Robin(RR): 패킷이 라운드-로빈(Round Robin) 방식으로 각 대기 행렬로부터 전송된다. 대역폭은 동등하게 분할되며 각 경쟁 대기 행렬에 할당된다. 대역폭 공유에 가중치(weight)가 부여되지 않는다.

- Weighted Round-Robin(WRR): 각 대기 행렬에 가중치가 주어지며, 패킷의 수가 가중치에 의하여 결정되며, 각 대기 행렬로부터 패킷들이 RR 절차에 의하여 전송된다. 대역폭은 가중치에 비례하여 분할될 수 있다. WRR은 원래 ATM과 다른 고정-길이 패킷을 위하여 사용되기 위한 것이다. 각 라운드에서 비어있지 않은 대기행렬의 경우에 가중치에 비례하여 패킷을

(표 1) 주요 서비스 품질 정의 항목(예시)

구분	내용	최적 조건
손실(loss)	정보가 유실되는 정도	음성: 1% 이하, 영상: 10 <sup>-7</sup> 이하
지연(delay time)	정보의 도착 지연 시간	음성: 120msec, 단방향영상: 400msec 이하
신뢰도(reliability)	네트워크 접속이 안되는 정도	1년에 2시간 이하, 2회 이내
가용도(availability)	네트워크/서비스 접근이 성공할 확률	99.999% 이상
보안성(security)	정보 누출 가능성	전용선 수준의 보안

전송한다. 그러므로 WRR은 공유에서 높은 입상성(granularity)을 가지는 것이 허용되지 않으며 결과적인 지연 범위가 상대적으로 크다.

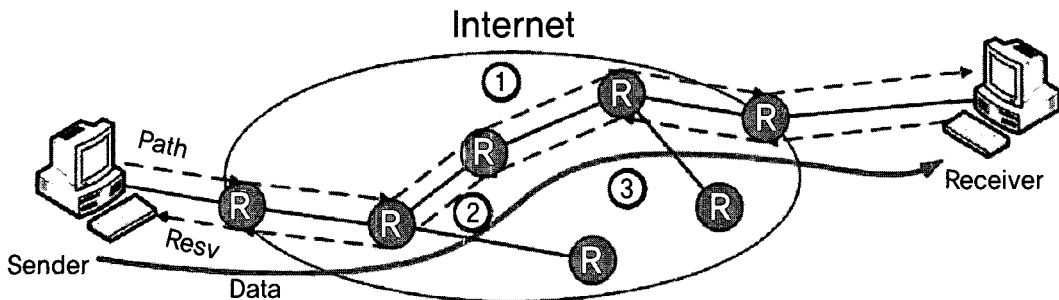
- Deficit Round-Robin(DRR): WRR의 변형된 형태로 기중치를 기반으로 비트 혹은 바이트 단위로 크레딧(credit)을 분배하는 것이다. 크레딧이 패킷 크기를 초과하는 대기 행렬은 패킷을 전송한다. 패킷 전송 후에, 남은 크레딧은 같은 대기 행렬로부터 다음 패킷 전송을 위하여 보유할 수 있다. 만약 대기 행렬이 전송할 패킷을 가지고 있지 않으면, 크레딧은 재설정(reset)된다. 이 절차는 패킷 크기와 독립적으로 다른 플로 사이에 일관성 있는 대역폭 공유를 수행할 수 있다.
- Weighted Fair Queueing(WFQ): 이 절차는 가상 시간과 타임스탬프를 사용한다. 패킷 전달 완료 시간을 기반으로, 경쟁 대기 행렬 사이의 패킷 전달 순서를 결정한다. WFQ의 대역폭 할당이 트래픽 도착 패턴과 실제적으로 분리되기 때문에, 이 절차는 다른 대기 행렬의 패킷 도착율을 알지 않고도 대기 행렬 서비스를 보증할 수 있다. 그러나 WFQ 구현은 WRR 보다 더욱 어렵다.

### 3. RSVP

자원 예약 프로토콜(RSVP)은 통합 서비스 모델을 위한 IP 신호 프로토콜로 설계되었으며, 수년간 비디오 컨퍼런싱을 위하여 사용되어 왔다. RSVP는 IP 네트워크상에서 PSTN 회선 교환망을 가장 가깝게 에뮬레이션할 수 있다. 라우터는 이용 가능한 용량을 기반으로 자원을 할당하기 위하여 각 플로에 대한 상태 정보를 유지하여야 한다.

필요한 서비스 수준을 보증하기 위하여, RSVP는 네트워크 자원을 확보하기 위하여 종단간 시그널링을 위하여 사용된다. IntServ는 보증 서비스(Guaranteed Service)와 통제된 부하(Controlled Load)와 같은 두 개의 서비스 모델을 정의한다. 보증 서비스는 패킷 대기행렬 지연(queueing delay)의 수학적 상한 경계를 제공하며 엄격한(strict) QoS를 요구하는 응용을 위하여 사용된다. 반면에 통제된 부하는 다중 통계학을 이용하여 부하를 제어하며 보증 서비스를 요구하는 응용보다 더 높은 융통성을 가지는 응용을 위하여 사용된다.

(그림 1)은 통합서비스의 구조를 보여준다. 데이터 플로(flow)의 송신자는 전송 전에 수신자에게 RSVP PATH 메시지를 전송한다. PATH 메시지는 송신자



(그림 1) IntServ(RSVP) 구조

의 정보와 데이터 플로의 트래픽 특성을 보여준다. 데이터 경로 상의 라우터가 PATH 메시지를 받으면, 해당 데이터 플로우에 대한 상태 정보를 저장한다. PATH 메시지를 받고나서, 수신자는 QoS 요구를 보여주는 RESV 메시지를 생성하여 송신자에게 되돌려 보낸다. 이 RESV 메시지는 PATH 메시지와 같은 경로 상으로 전달되며 자원이 확보된다. 각 라우터가 데이터 플로우 전달동안 상태 정보를 유지하기 때문에, PATH와 RESV 메시지는 종단간 통신동안 주기적으로 교환된다. 그러나 자원 예약 메커니즘은 RSVP와는 독립적으로 필요하다.

RSVP를 가지는 통합서비스 구조는 종단간 통신의 모든 데이터 플로우에 대하여 위의 시그널링을 수행해야 하며, 네트워크의 모든 라우터는 자신을 통과하는 모든 플로우의 상태 정보를 보유한다. 상태 정보로는 세션 설정 정보와 대역폭 할당 정보 등이 있다. 그러므로 이 구조는 대규모 네트워크를 지원하기 위한 확장성이 결여되고, 아울러 좋은 정책 제어 메커니즘에 취약점이 있다.

#### 4. DiffServ

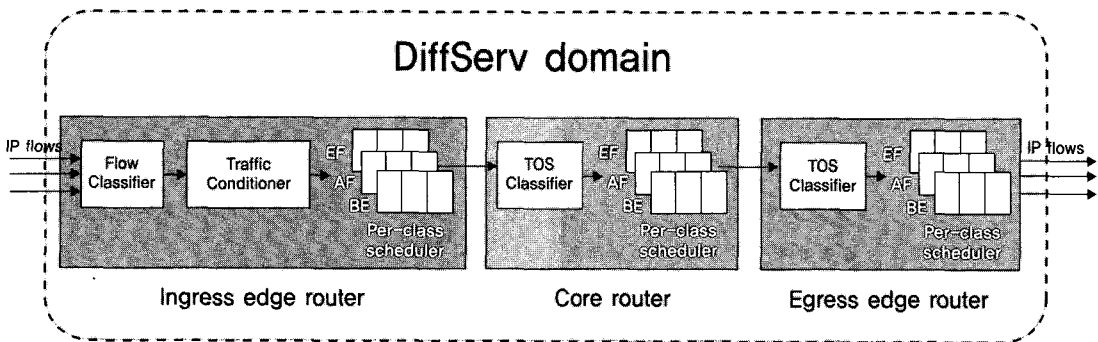
차별화된 서비스(DiffServ:DS)는 통합서비스 모델

과 관련된 확장성과 복잡성을 개선하기 위하여 IETF에서 또 다른 서비스 모델로 도입한 것이다. DiffServ에서는 네트워크 트래픽을 분류하고 우선순위화하기 위하여 거칠고(coarse) 단순한 방법을 제공한다. 모든 패킷은 특정 서비스 클래스에 속하도록 마크되며 네트워크로 전송된다. 경로 상의 모든 라우터는 패킷 헤더를 검사하여 패킷 스케줄링을 결정한다. 이렇게 함으로써 모든 라우터 상에 개별 플로우를 유지할 필요성을 없애준다. DiffServ 시스템은 수락 제어(admission control), 패킷 스케줄링, 트래픽 분류, 정책(policy) 및 규칙(rule)을 지원한다.

(그림 2)는 DiffServ 구조를 보여준다. (그림 2)의 주요 컴포넌트와 기능은 아래와 같다.

**패킷 분류기(packet classifier):** 이것은 미리 정해진 규칙을 기반으로 패킷을 분류하여 추가적인 처리를 위하여 트래픽 조절기(Traffic Conditioner)로 전송하기 위하여 사용된다. 현재 두 개의 분류기 모델이 IETF WG RFC 2745에 의하여 제안되었다.

- Multi-Field(MF) 분류기: 근원지/목적지 주소, DS 필드, 프로토콜 ID, 소스 포트 번호, 목적지 포트 번호 등과 같은 한 개 이상의 헤더 필드 정보의 결합을 기반으로 패킷을 선택한다. DiffServ



(그림 2) DiffServ 구조

는 에지 라우터에서 이 분류기를 주로 사용한다.

- Behavior Aggregate(BA) 분류기: 이 분류기는 DS 값으로만 패킷을 분류하며, 확장성 있는 QoS 제어를 위하여 코어 라우터에서 사용된다.

**트래픽 조절기(traffic conditioner):** 입력 트래픽을 측정하여 패킷 행위가 미리 정해진 프로파일을 따르는지 보증한다. 트래픽 조절기는 아래와 같이 미터(meter), 셰이퍼(shaper), 드롭퍼(dropper)로 구성된다. DiffServ는 에지 라우터에서만 트래픽을 주로 조절한다.

- 트래픽 미터: 미터는 분류기에 의하여 선택된 패킷들의 스트림 행위를 TCA(Traffic Conditioning Agreement)에 의하여 기술된 트래픽 프로파일과 비교한다.
- (Re)Marker: 마커는 패킷의 DS 필드 안의 특정 값을 설정하고, 표시된 패킷을 특정 DS BA에 추가한다.
- Shaper: 셰이퍼는 패킷 스트림을 계약된 트래픽 프로파일에 적용하기 위하여 패킷의 일부 혹은

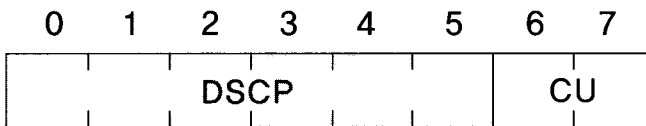
전부를 지연시킨다. 리키 버킷(leaky bucket) 모델이나 순수 셰이퍼가 적용될 수 있다. 리키 버킷 모델은 토큰 울과 버킷의 깊이에 따라서 트래픽을 셰이핑 한다. 순수 셰이퍼는 패킷 출력 처리 동안 피크 울을 실제로 제한하는 Leak Rate 파라미터를 가지고 있다. 어떠한 패킷도 아주 짧은 시간 동안이나마 이 리크 울 제한을 위반할 수 없다.

- Dropper: 드롭퍼는 패킷을 폐기하며 트래픽 울을 계약 프로파일에 강제로 적용시킨다.

**스케줄러(scheduler):** 스케줄러는 각 등급의 트래픽에 해당 등급의 PHB에 적절한 QoS 수준을 제공하기 위하여 개별 등급의 대기 행렬로부터 패킷 전송 순서를 제어한다. 스케줄링 알고리즘은 3.2에서 기술한 바와 같이 두 개의 주 범주로 나눌 수 있다. DiffServ는 네트워크의 에지와 코어 모두에서 스케줄링을 사용한다.

DiffServ 모델에서 서로 다른 패킷 전달 처리를 나타내는 DS 필드별 내의 서로 다른 값은 각 라우터에

### DS필드



DSCP	PHB	
101110	Expedited Forward(EF)	}
001xxx	Assured Forwarding (AF) Class 1	
010xxx	Assured Forwarding (AF) Class 2	
011xxx	Assured Forwarding (AF) Class 3	
100xxx	Assured Forwarding (AF) Class 4	
		+Lo, Med, Hi Drop Precedence

(그림 3) 권고된 DSCP 매핑



서 다루어지며, 이를 PHB(Per Hop Behavior)라고 한다. DS 모델에서 각 라우터는 각 PHB를 기반으로 집합 단위로 자원을 할당하게 된다. (그림 3)에서 보는 바와 같이, DS 필드의 6비트는 각 노드에서의 패킷에 대한 PHB를 나타내는 DSCP(DS Code Point)로서 사용된다. DiffServ WG은 그림 3과 같이 DSCP와 PHB 매핑을 정의하였다.

다음에 IETF에 의하여 정의된 PHB를 기술한다.

**Expedited Forwarding(EF)**

EF PHB 트래픽은 다른 PHB 트래픽에 의하여 영향을 받지 않으며, 패킷 출발율은 명시된 값 이상으로 보장된다. 그러므로 EF PHB는 낮은 패킷 손실, 낮은 지연, 낮은 지터와 보장된 대역폭의 서비스를 제공할 수 있다. EF PHB 전달은 단지 할당된 트래픽 양을 수락하여 트래픽에 대한 최소한의 대기행렬에 의하여 이루어진다. 초과 EF 트래픽은 입력 에지 라우터에서 폐기된다.

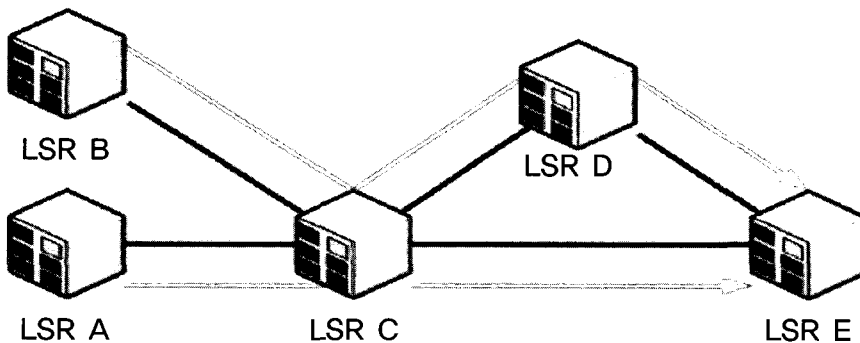
**Assured Forwarding(AF)**

AF PHB는 IP 패킷에 대하여 다른 수준의 전달 특성을 제공한다. 버퍼와 대역폭 같은 특정 양의 전달

자원이 네 가지 AF 클래스의 각각에 할당되며, 세 가지(low, medium, high)의 다른 폐기 정책 중 하나가 각 패킷에 대하여 할당된다. AF PHB 클래스는 전체 트래픽이 미리 정해진 율을 초과하지 않으면 높은 확률을 가지고 패킷 전달을 허용한다.

**5. MPLS**

IP 네트워크는 비연결형 네트워크이기 때문에, 각 라우터는 목적지 주소를 기반으로 수신된 패킷의 다음 홉을 탐색하여 패킷을 전달한다. 그러나 라우터는 가장 긴 접두사 접합(the Longest Prefix Match) 주소 탐색을 사용하기 때문에 고속 패킷 전달을 실현할 수 없다. MPLS에서 전달과정은 전달 테이블을 직접 가리키는 인덱스에 의하여 단순화될 수 있다. MPLS는 패킷 헤더 안에 캡슐화되어 있는 고정 길이의 라벨(label)에 따라서 네트워크 라우팅 제어를 통하여 대역폭 관리를 제공한다. 목적지가 고정-길이 라벨 탐색에 의하여 결정되기 때문에 고속 패킷 전달을 실현할 수 있다. 이 라벨에 의하여 결정되는 패킷 전달 경로를 라벨 교환 경로(LSP: Label Switched Path)라고 한다. 이런 라우팅과 스위칭 기능이 합쳐진 장



(그림 4) MPLS-기반 트래픽 엔지니어링

치를 LSR(Label-Switching Router)이라 한다. 라벨은 이런 두 개의 이웃한 LSR 사이의 가상회선을 나타낸다.

(그림 4)는 MPLS 기반 트래픽 엔지니어링을 보여준다. MPLS는 LSP를 명시적으로 제어하며 해당 트래픽을 위하여 필요한 QoS를 기반으로 최적의 에지-대-에지 경로를 결정한다. 또한 네트워크 내에 각 경로의 부하 분배를 할 수 있는 트래픽 엔지니어링을 제공할 수 있다.

### 1) MPLS 설정 정보

MPLS는 IP 패킷의 라벨 교환을 위하여 다음 정보를 사용한다:

- Forwarding Equivalence Class(FEC): MPLS는 FEC로 같은 전달 처리를 필요로 하는 패킷들의 그룹을 식별한다. 같은 FEC에 속하는 패킷들은 같은 방법으로 처리되며 같은 LSP를 따라서 전달된다. 각 패킷의 FEC는 패킷의 헤더 정보에 의하여 주로 식별된다. FEC는 LSP 종점의 출구 LSR을 통하여 전달될 패킷들의 목적지 주소 접두사의 그룹일 수 있다. 또한 하나의 특정 응용도 IP 주소와 L4 포트 번호에 의하여 식별하는 FEC와 함께 LSP를 따라 단독으로 전달될 수 있다.
- Next Hop Label Forwarding Entry(NHLFE): 이 정보는 라벨 패킷 전달을 위하여 사용된다. NHLFE는 대치될 다음 홉 라벨 값, 라벨 스택 등을 가진다. 라벨 스택은 다음과 같이 입구 및 출구에서 라벨을 패킷에 부착하거나 삭제하기 위하여 사용된다. 패킷이 특정한 도메인에 들어갔을 때, 입구 LSP는 “라벨 푸시(push)”를 수행하며 패킷에 대한 새로운 라벨을 생성한다. 도메인 내의 연속적인 LSR들은 입력 라벨을 출력 라벨로 변경한다. 패킷이 도메인에 도달되었을 때, 출구 LSR은 “라벨 팝(pop)”을 수행한다.

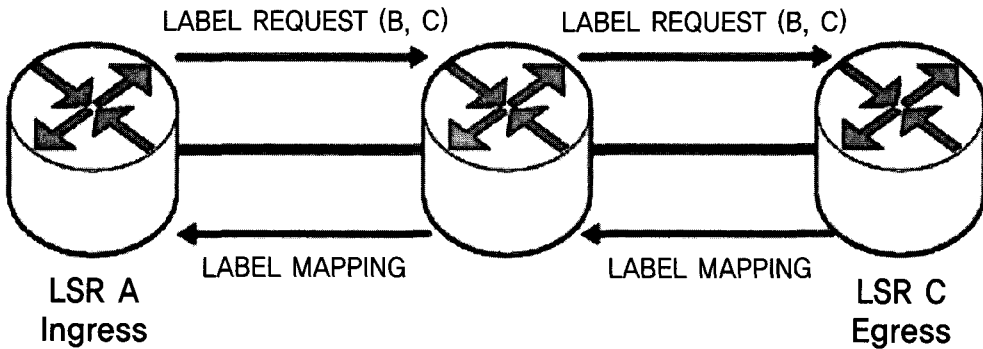
- 입력 라벨 맵(ILM: Incoming Label Map): 수신된 패킷의 입력 라벨과 NHLFE 사이의 매핑을 위하여 사용된다. 코어 LSR은 수신된 패킷의 입력 라벨을 읽어서 그것의 다음 홉과 ILM을 기반으로 대치될 라벨을 선택한다.

- FEC-대-NHLFE 맵(FTN): 각 FEC와 NHLFE 사이의 매핑을 위하여 사용된다. 에지 LSR은 라벨이 없는 패킷의 FEC를 결정하여 그것의 다음 홉과 FTN을 기반으로 추가될 라벨을 선택한다.

### 2) Label 분배 절차

다음의 라벨 분배 절차가 트래픽 엔지니어링을 위하여 MPLS 안에서 LSP 설정을 위하여 이용가능하다.

- CR-LDP: CR-LDP(Constraint-based Routing LDP)는 constraint-based 라우팅을 위한 기존의 LDP로부터 확장된 라벨 분배 프로토콜이다. 그림 5는 CR-LDP에 의한 LSP 설정 흐름을 보여준다. CR-LDP는 라벨 요구 메시지 안에서 LSR B와 C를 통과하는 LSP 설정을 허용한다. 게다가, CR-LDP는 라벨 요구 메시지 안에서 첨두율(Peak Rate), 실행율(Committed Rate), 버스트 크기와 같은 트래픽 파라미터의 설정을 허용한다. 그러나 LSP 트래픽의 QoS 실제 보장 메커니즘은 CR-LDP에 의하여 지원되지 않는다.
- RSVP-TE: RSVP-TE는 기존의 RSVP에서 확장된 라벨 분배 프로토콜이다. 그것은 필수적인 LABEL-REQUEST 객체와 LABEL 객체를 포함하여 여러 개의 새로운 RSVP 객체들을 사용한다. RSVP-TE는 LSP를 설정하고 유지하기 위하여 다음과 같은 추가적인 기능들을 지원한다:
  1. 다운스트림 주문형 라벨 분배
  2. 명시적인 라벨 교환 경로의 instantiation
  3. 명시적인 LSP에 대한 네트워크 자원의 할당



(그림 5) CR-LDP에 의한 LSP 설정 플로우

4. 설정된 LSP 터널의 재경로배정
5. LSP 터널에 의하여 지나간 실제 경로의 추적
6. LSP 터널에 대한 진단
7. nodal abstraction의 개념
8. 관리적으로 통제 가능한 선점(preemption) 선택

### 3) 운영자에 의한 홉별 설정

네트워크 운영자는 NMS를 사용하며 LSP 경로상의 모든 라우터를 위하여 MPLS 사용 정보를 설정한다. CLI, SNMP와 다른 프로토콜들이 라우터 설정을 위하여 사용될 수 있다. MPLS 라우팅은 ATM 가상 회선과 유사한 “고정 대역폭 파이프”를 설정하나, ATM에 비하여 거친 수준의 QoS 제어 수단을 제공한다.

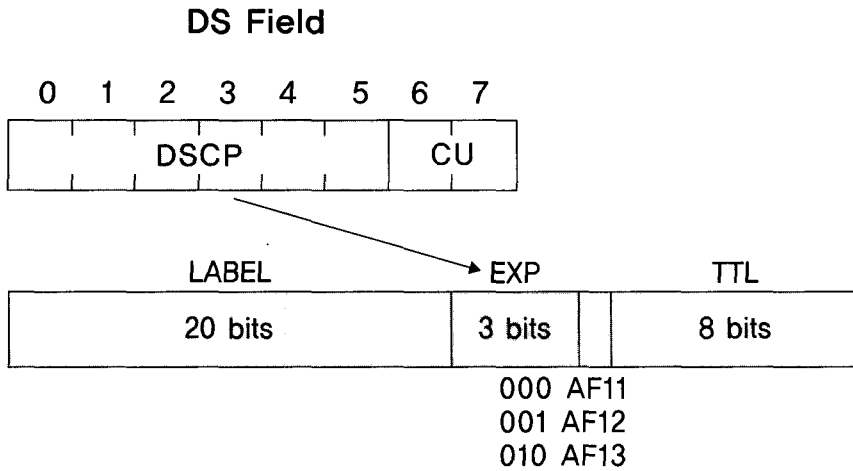
MPLS가 이제 실제 표준(de facto standard)이 되었으며, MPLS와 DiffServ를 통합한 메커니즘도 사용될 수 있다.

## 6. DiffServ-aware MPLS

트래픽 엔지니어링이 위에서 기술한 바와 같이

MPLS에 의하여 구현될 지라도, DiffServ가 확장 가능한 QoS 제어를 위하여 필요하다. 그러나 MPLS가 라벨을 가지는 shim 헤더를 사용하여 IP 패킷을 캡슐화 하며, 코어 라우터는 DSCP를 참조할 수 없다. DiffServ와의 비호환성이 문제를 일으킨다. IETF는 이 문제를 해결하기 위하여 DiffServ over MPLS를 제안하였다. DiffServ over MPLS는 DiffServ의 복수 BA들을 MPLS의 하나의 LSP로 사상할 수 있다. 이렇게 하여, LSP 상의 트래픽이 BA의 PHB를 기반으로 전달될 수 있다. EXP 필드를 이용하여 복수의 BA들을 하나의 LSP에 할당하도록 하는 E-LSP와 하나의 LSP를 하나의 BA에 할당하도록 하는 L-LSP가 LSP와 BA 매핑을 위하여 사용될 수 있다. E-LSP는 MPLS shim header의 EXP 필드를 이용하여 패킷의 PHB를 보여준다. 8 개의 BA까지 EXP 필드 내에 사상될 수 있다. L-LSP는 MPLS 라벨을 기반으로 패킷 스케줄링 특성을, shim 헤더 혹은 계층 2 패킷 폐기 메커니즘을 기반으로 패킷 폐기 우선순위를 결정한다. native ATM은 EXP 필드를 사용할 수 없기 때문에 L-LSP를 사용한다. (그림 6)은 DSCP가 MPLS EXP 필드에 매핑된 예를 보여준다.

NE가 홉별로 패킷 라벨을 대체하기 때문에, 라벨



(그림 6) MPLS EXP 필드에 대한 DSCP 매핑의 예

과 DSCP 매핑은 관리하기 힘들다. E-LSP가 EXP 필드와 전체 네트워크 상의 각 패킷의 DSCP 사이에 매핑을 사전에 결정할 수 있기 때문에 L-LSP보다 제어하기가 쉽다.

#### IV. SLA와 QoS

[1]에 의하면 BcN망에서 QoS 서비스를 제공하기 위하여, 사업자가 이용자와 SLA를 체결하고 이를 기반으로 트래픽 처리 우선순위를 차별화하는 품질보장 서비스를 제공하고, SLA 기반 프리미엄 품질서비스, 콘텐츠 이용 시마다 요금을 협상하는 동적 요금 기반 QoS 서비스 등의 제공을 계획하고 있다. 이는 이용자가 필요로 하는 통신 서비스의 품질을 보장해 줌으로써 통신 서비스의 이용편익의 증진을 도모하고, 품질이 보장되는 서비스 제공을 통하여 사업자의 새로운 수익모델 창출을 지원하기 위한 것이다.

사용자와 응용에 의하여 요구되는 품질은 다르다. 서비스 수준은 이런 품질을 의미한다. 서비스 수준

협약(SLA: Service Level Agreement)은 사용자와 네트워크 서비스 제공자 사이, 그리고 네트워크 제공자들 사이에 이루어진다. 현재 대부분의 서비스 제공자들의 SLA는 가용성, 전송 지연, 패킷 손실 확률 및 다른 사항들을 포함한다. 이것들은 서비스 제공자 네트워크의 평균적인 성능을 보여주며 각 사용자에게 예측 가능한 품질을 보증하지는 않는다.

그러나 미래에는 각 사용자에게 IP 서비스의 예측 가능한 품질을 보증할 필요가 있다. 예를 들어, 네트워크를 통한 기업 대 기업을 위한 B2B(Business to Business) 전자 상거래에서 IP 네트워크를 통하여 실시간으로 비즈니스 거래가 이루어진다. 이런 경우, 만약 네트워크가 안정된 서비스 품질을 가질 수 없다면, 비즈니스 거래에서 막대한 손실을 초래할 수 있을 것이다. 여러 ISP 망들이 상호 연결된 인터넷에서 QoS 제공의 어려운 점은 종단간(end-to-end) 서비스 품질의 보장에 있다. 이를 위하여 서비스 수준 협약은 사용자와 서비스 제공자 사이는 물론이고, 서비스 제공자들 사이에도 필요해진다.

[1]에서는 SLA 도입 추진내용으로 멀티미디어 서

비스의 신뢰도, 보안성 등의 제공수준에 따른 서비스 품질 등급기준을 마련하는 것 이외에, 기술개발, 품질보장망 구축 및 서비스 도입 시기 등을 감안하여 단계적인 SLA 제도 도입 등의 추진 내용을 기술하고 있다.

## V. 국내 추진 현황

### 1. 개요

정보통신부의 광대역통합망 구축 기본계획[1]에 따르면, 현재 초고속국가망은 인터넷 기반의 전자정부 서비스 제공에 요구되는 보안성, 생존성, 신뢰성 등의 확보가 미흡하므로, 유·무선, 통신·방송 융합형 서비스 등 고품질의 다양한 통합 서비스 수용이 곤란하다. 따라서 초고속국가망을 고품질의 전자정부 서비스를 제공할 수 있는 품질보장망으로 고도화하기 위한 전략을 수립 추진하고 있다.

기본적인 QoS 서비스 전략은 사업자가 이용자와 SLA를 체결하고, 이를 기반으로 트래픽 처리 우선순위를 차별화하는 품질보장 서비스를 제공하고, SLA

기반 프리미엄 품질 서비스, 콘텐츠 이용 시마다 요금을 협상하는 QoS 서비스 등을 제공하는 것이다.

단계별 QoS 제공 목표는 표 1과 같다.

### 2. 품질 보장망 구축 방안

〈표 2〉는 단계별 품질보장망 구축 방안을 보여준다.

계층별 품질보장망 구축을 위한 방안은 다음과 같다:

- QoS 관리, SLA 관리, 트래픽 관리, 통합과금 기능 등 효율적인 품질관리 및 망 운영을 위한 통합 망관리 시스템 구축
- 이용자별·서비스별 트래픽을 차별화하여 전송할 수 있는 MPLS/GMPLS 기반의 차세대 교환망 구축
- 테라급 대역폭 전송이 가능한 DWDM/OXC 기반 광전송망 구축
- 서비스 종류, SLA 요구사항(대역폭, 전송 지연 등)에 따라 품질의 차별화가 가능한 유·무선 가입자망 구축

〈표 3〉은 계층별 품질보장망 구축방안을 요약하여 보여준다.

〈표 1〉 단계별 QoS 제공 목표[1]

단계(년도)	QoS 제공 목표
1단계(2004~2005)	일부 가입자 대상 MPLS 기반 품질보장 서비스 제공
2단계(2006~2007)	MPLS 기반 품질보장망 확대 구축 및 GMPLS 망 도입
3단계(2008~2010)	GMPLS 망 확대, 통합망 관리 등을 통한 End-to-End 품질 보장

〈표 2〉 단계별 품질 보장망 구축 방안[1]

구분	품질보장망 구축	통합망 관리	SLA 도입	제공 서비스
1단계('04-'05)	MPLS기반 프리미엄망 구축	사업자내 망관리	사업자내 SLA 도입	음성 중심의 프리미엄 서비스
2단계('06-'07)	MPLS 망 확대, GMPLS망 도입	유·무선망간 통합망관리 연동	망간 SLA 도입	서비스별 차별화된 품질 보장형 멀티미디어 서비스 제공
3단계('08-'10)	GMPLS망 확대구축	유·무선·방송망 통합망관리 연동	End-to-End SLA 도입	이용자별 차별화된 품질보장형 멀티미디어 서비스 제공

(표 3) 계층별 품질보장망 구축 방안[1]

구분	품질보장망 구축 방안
제어망	· 통합 망관리시스템 도입 · QoS 관리, SLA 관리 · 트래픽 모니터링 · 통합 과금관리 등
전달망	· All IP 기반 네트워크 · MPLS 기반 교환망 · 수심 테라급의 OXC 기반 전송망 · 트래픽 엔지니어링 기능
가입자망	· 사용자별/서비스별 품질 차별화

이외에 [1]에서는 품질 보장망 기술방식, 주요 추진 과제로 기술 개발 및 표준화 추진, 통신서비스 품질 인증·평가 체계 구축, 광대역 통합망 품질관리 기반 구축 및 운영, 품질 수준 측정 및 공표 제도 개선, 통신서비스 품질보장제도(SLA) 도입 추진 등을 제시하고 있다.

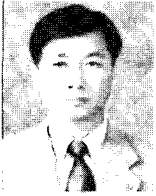
## VI. 결 론

전통적인 IP 네트워크는 비연결형 패킷-교환 방법을 기반으로 하며, 개별 패킷들이 별도로 독립적으로 경로배정되며, 패킷의 적시 전달에 대한 보장이 없다. 이와 같이 기존 인터넷에서는 트래픽을 효율적으로 제어하고 관리하기 위하여 충분한 지원을 제공하지 못하고 있다. BcN의 구축으로 대역폭이 크게 증가할 것이지만, 대역폭의 증가만으로 BcN에서 수용될 통합 서비스의 QoS를 만족할 수는 없다.

본고에서 주제로 다룬 QoS 문제는 국내에서 구축되고 있는 BcN과 같은 통합망이 성공하기 위하여 매우 중요하다. 통합망에서 제공될 각 서비스 형태는 다른 형태의 QoS 개념을 가진다. 따라서 본고에서는 인터넷 트래픽엔지니어링과 QoS 제어 기술, SLA와 QoS 등에 대하여 기술하고, 품질보장망 구축을 위한 국내의 추진계획에 대하여 소개하였다.

## [참 고 문 헌]

- [1] 한국전산원, 정보통신부 광대역통합망 구축 기본계획, 2004
- [2] 한국통신학회, 한국통신학회지 22권 제3호, 정보통신 특집 주제: BcN 표준 모델, 2005년 3월
- [3] NEC, White Paper on IP QoS Control, <http://www.nec-globalnet.com/qos/>
- [4] D. Awduche et al., "Overview and Principles of Internet Traffic Engineering", IETF RFC 3722, May 2002
- [5] Internet Traffic Engineering(tewg), Description of Working Group, 2004. 8.16
- [6] Internet Traffic Engineering(tewg) Internet Drafts, Protocol extensions for support of Differentiated-Service-aware MPLS Traffic Engineering, 2004. 12. 21
- [7] Richard Mortier, Internet traffic engineering, Technical Report UCAM- CL-TR-532, ISSN 1476-2986, Computer Laboratory, University of Cambridge, April 2002



**전용희**

1978년 고려대학교 전기공학과 졸업(공학사)  
 1985년 ~ 1987년 미국 플로리다공대 대학원 컴퓨터공학과  
 1989년 미국 노스캐롤라이나주립대 대학원 Elec. and Comp. Eng. 졸업(공학석사)  
 1992년 미국 노스캐롤라이나주립대 대학원 Elec.

and Comp. Eng. 졸업(공학박사)  
 1978년 ~ 1978년 삼성중공업(주) 근무  
 1978년 ~ 1985년 한국전력기술(주) 근무  
 1979년 ~ 1980년 벨기에 벨가툼(Belgatom)사 연수  
 1989년 ~ 1989년 미국 노스캐롤라이나주립대 Dept of Elec. and Comp. Eng. TA  
 1989년 ~ 1992년 미국 노스캐롤라이나주립대 부설 CCSP(Center For Comm. & Signal Processing) RA  
 1992년 ~ 1994년 한국전자통신연구원 광대역통신망연구부 선임 연구원  
 1994년 ~ 현재 대구가톨릭대학교 컴퓨터·정보통신공학부 교수  
 2001년 ~ 2003년 동 공과대학장 역임  
 2004년 ~ 2005년 한국전자통신연구원 정보보호연구단 초빙연구원  
 관심분야 : BcN 보안 및 QoS 보장 기술, 네트워크 보안, 통신망 성능분석