

인터넷에서 QoS 보장을 위한 자원관리 (Resource Management for QoS over Internet)

손승원, 정윤희

한국전자통신연구원 교환전송연구소 인터넷구조팀

{swshon, yhjung}@etri.re.kr

요 약

통신망에서 Quality of Service(QoS)를 지원하기 위해서는 해당 응용 서비스마다 적절한 자원을 할당하고 자원의 사용을 모니터링 및 제어하며, 이례적인 사건이 발생하였을 경우 자원을 재할당할 수 있도록 지원하는 자원 관리 기능이 요구된다. 본 논문에서는 현재 인터넷에서 QoS를 보장하기 위해 제안되고 있는 다양한 QoS 제공구조를 살펴보고, 차등서비스 구조에서 QoS 보장을 위한 적용한 대역폭브로커 시스템의 요구사항, 개념 모델 및 구성요소를 제시한다.

1. 개 요

인터넷을 통한 업무처리 및 일상생활에서의 정보화가 급진전됨에 따라 향후의 사회는 정보통신서비스가 기반이 되는 정보화사회로 변모될 것으로 예상된다. 특히 인터넷의 경우 접속의 용이성과 응용 서비스의 다양성 등으로 인해 여러 정보통신 서비스 가운데 단연 발군의 역할을 수행할 것으로 기대된다. 이는 인터넷의 역할이 종래의 데이터 서비스 위주에서 전화 서비스, 영상 서비스 등 멀티미디어 서비스를 수용하는 방향으로 바뀌어야 함을 의미한다.

최근 보편화되고 있는 영상회의, Video-on-Demand(VoD), 가상현실 등과 같은 새로운 응용 서비스들은 단대단 지연 제어나 실시간 QoS를 요구하고 있다. 그러나, 현재의 인터넷은 최선형(best effort) 서비스만을 지원함으로써 FTP나 telnet 같은 전형적인 데이터 서비스에 적합한 구조로 운용되고 있다. 따라서 이들 새로운 서비스가 인터넷을 통하여 폭 넓게 사용되기 위해서 통신망 측면에서 QoS를 측정하고

관리하며 망 자원을 관리하는 자원관리 시스템의 도입이 필요하다.

인터넷 표준화기구인 Internet Engineering Task Force(IETF)를 중심으로 인터넷을 통한 다양한 QoS 지원 방법들이 제안되고 있다. 이를 위한 워킹 그룹에는 Differentiated service(diffserv), integrated service(intserv), integrated service over specific link layer(issll), resource reservation(rsvp), RSVP admission policy(rap), IP next generation(ipng), Multiprotocol label switching(mpls), QoS routing (qosr) 등이 있다 [1~5]. 이 중에서 통합서비스(intserv)의 RSVP, 차등서비스(DiffServ) 및 MPLS는 QoS 보장을 위한 자원 관리측면에서 가장 각광을 받고 있는 기술들이다.

본 논문에서는 현재의 인터넷에 적용하여 QoS를 보장하기 위한 방법 중에서 통합서비스와 차등서비스에서 채용하고 있는 자원관리 방법에 대해 살펴보고자 한다. 특히, 차등서비스를 제공함에 있어 자원의 동적 할당 방안으로 제안된 대역폭 브로커에 대한 요구사항, 구성

요소 및 동작 등에 대해서 집중적으로 기술한다.

2. 인터넷에서 QoS 보장 방법

2.1 QoS의 정의

QoS 개념은 표준화 기관에 따라, 그리고 사용하는 계층에 따라 다양하게 정의된다. International Telecommunication Unit(ITU)의 X.902[9]에서는 QoS를 하나 이상 오브젝트의 집합적 행동에 대한 품질 요구로 정의하고 있으며, QoS 파라미터로는 처리용량, 전송지연, 에러율과 같은 데이터 전송속도와 신뢰성을 들고 있다. ITU-T E.800에서는 QoS를 서비스 사용자의 만족 정도를 결정하는 서비스 성능의 종합적인 효과라고 정의하고 있다. ATM 용어 집[6]에서는 QoS를 Virtual Channel(VC)상의 트래픽 특성을 기술하는 ATM 성능 파라미터의 집합으로 정의하고 있으며, 여기서 ATM 성능 파라미터는 셀손실율, 셀오삽입율, 셀 지연변동, 셀전송지연 및 평균 셀 전송지연등을 의미한다. IETF의 RFC 1946[10]에서는 응용 서비스의 사용 형태, 특성, 그리고 요구 수준에 적응하여 제공할 수 있는 네트워크 서비스의 성능 지표로 정의하고 있다. B.Sabata[7]는 QoS를 매트릭스와 정책의 조합이라고 기술하고 있는데, 매트릭스는 성능, 보안, 비용 등으로 구성되는 시스템 요소의 정량적 속성을 말하며, 정책은 시스템 요소들의 행위로서, 작업시간을 측정하는 즉시성(when), 일의 양을 측정하는 정밀성(how much)과 에러의 정도를 측정하는 정확성(how good) 등으로 구성된다. 또한 K.Maamria[8]는 QoS를 사용자에게 차별화된 서비스를 제공하는 능력으로 정의하고 QoS 파라미터로는 처리 용량, 신뢰성, 지연 및 지터 등을 제시한다.

이와 같이 다양한 QoS 개념 정의가 있어왔으나, 아직 인터넷에서는 QoS 문제를 명쾌하게 정리하고 있지 못하다. 이는 인터넷의 중심 사상이 성능 보장에 있는 것이 아니라 연결성에

있기 때문이다. 따라서 현재 대부분의 인터넷 프로토콜은 QoS를 염두에 두지 않고 소프트웨어적으로 구현되고 있다. 더욱이 인터넷의 분산 정보 처리 메커니즘은 QoS를 고려하지 않고 설계되고 있어서 자원의 일괄된 관리 및 제어 메커니즘의 도입을 어렵게 하고 있다.

따라서 본 논문에서는 인터넷 서비스를 요청하는 입장과 이를 제공하는 입장에 따라 분리하여 QoS를 이원적으로 규정한다. 사용자 관점에서는 특정 응용 서비스 사용에 있어서 만족하는 정도를 나타내는 것으로서 서비스 성능에 영향을 미치는 여러 가지 요소로 정의한다. 망 제공자 관점에서는 어느 수준 이상의 서비스 품질을 보장하도록 제어가 가능한 자원 요소로서 측정 가능하고, 정량적으로 표현될 수 있는 값으로 정의하여 사용한다. 특히 인터넷 서비스 제공 측면인 망 제공자 관점에서 QoS를 표현하는 대표적인 변수로는 지연과 손실 및 throughput 등을 고려할 수 있다.

2.2 QoS 요구사항

응용 서비스에서 요구하는 QoS를 인터넷에서 적절하게 제공하기 위해서는 인터넷 환경에 적합한 QoS 규격 제정, 사용자가 요구하는 QoS와 망 자원과의 매핑 그리고 이를 적용한 QoS 메커니즘 등에 대한 정의가 필요하다.

QoS 규격은 QoS 메커니즘을 구성하고 유지하기 위한 사용자의 요구사항을 명시하는 것으로서 다음사항을 포함한다.

- 흐름 동기화
- 흐름 성능 : 트래픽 처리율, 지연, 지터, 손실율 등
- 서비스 레벨 성능 : 정량적인 흐름 성능을 정성적으로 정의
- QoS 관리 정책
- 서비스 비용

실제 사용자가 요구하는 QoS 수준은 통신망에서 제공하는 프로토콜 처리능력, 통신능력,

저장능력과 같은 자원으로 매핑되어야 한다.

또한, 인터넷의 QoS 메커니즘은 사용자의 QoS 규격에 따라 통신망의 가용자원과 자원관리 정책을 고려하여 선택되어야 하며, 반드시 협약된 QoS 가 보장되어야 한다. 이를 위해 자원관리 시스템은 자원을 할당할 때 가용한 자원과 자원제어정책과 서비스에서 요구하는 QoS 를 고려하여야 하며, 지속적으로 협약된 QoS 를 보장하기 위해 가용한 자원, 프로세싱 부하량과 트래픽의 변동 추이를 모니터링하는 것이 필요하다. 이러한 자원관리를 위한 QoS 메커니즘은 크게 정적 방법과 동적 방법으로 분류한다.

정적인 자원관리는 다음 구성요소를 가진다.

- QoS 매핑
- 수락 제어
- 자원예약 프로토콜 : QoS 기반의 라우팅 알고리즘을 이용하여 경로를 설정하고, 설정된 경로를 이용한 QoS 매핑과 수락 제어를 통해 자원을 예약

동적인 자원관리는 QoS 제어와 QoS 관리의 2 가지 절차로 구성되며, 각각의 구성요소는 다음과 같다.

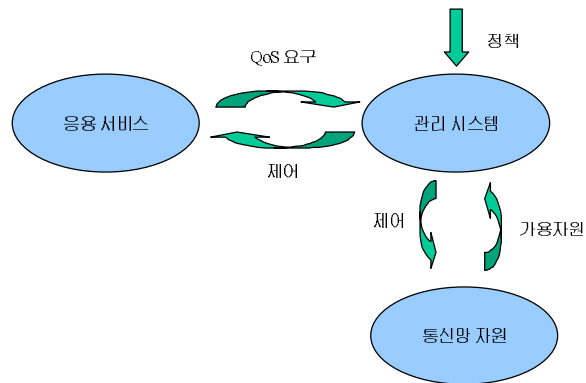
- QoS 제어
 - . 흐름쉐이핑
 - . 흐름스케줄링
 - . 흐름폴리싱
 - . 흐름제어
 - . 흐름동기화
- QoS 관리
 - . QoS 모니터링
 - . QoS 유지
 - . QoS 가용성
 - . QoS 확장성

3. QoS 보장을 위한 인터넷 자원관리

3.1 자원관리 개념모델

앞 절에서 설명한 바와 같이 인터넷에서의 자원관리는 QoS 를 보장하기 위해서 매우 중요한 역할을 수행한다. 따라서 QoS 보장을 위한 인터넷 자원관리의 개념 모델 및 방법에 대한 정의가 필요하다.

일반적으로 인터넷에서 자원 관리 기능을 담당하는 자원관리 시스템은 서비스 특성, 사용자의 요구, 가용한 자원 등을 기반으로 사용자에게 적절한 QoS 를 지속적으로 제공하여야 한다. 이를 위해 자원관리 시스템은 자원을 할당하고 자원의 사용을 모니터링 및 제어하며 이례적인 일이 발생하면 자원을 재할당하는 기능을 가져야 한다. 즉 자원관리 시스템은 서비스로부터의 QoS 요구와 해당 QoS 를 보장하기 위한 가용한 자원을 모니터링한 결과와 통신망의 자원관리 정책에 따라 자원할당을 결정하고 해당 망 자원에 대한 제어 정보를 송신하는 기능을 수행한다. (그림 1)은 이와 같은 자원관리의 개념모델을 도시한 것이다.



(그림 1) 자원관리 개념모델

3.2 자원관리 방법

인터넷의 QoS 지원 메커니즘은 자원 이용의 엄격성을 기준으로 정밀조절형 QoS(fine grained QoS, 자원예약+수락제어 통합형)와 개략조절형 QoS (coarse grained QoS, DiffServ)로 분류하기도 한다.

정밀조절형 QoS 지원방법은 송신자와 수신자 사이의 링크에 고정 대역폭을 할당하고 새

로운 연결을 설정하는 방식이다. 이 방법에서는 통신망이 QoS 요구에 따른 가용 자원을 가지고 있을 경우에만 새로운 연결 설정을 수락한다. IETF 에서 제안한 통합 서비스 모델의 RSVP 가 이에 속하는 대표적인 예라 할 수 있다.

통합서비스 모델에서는 신호 프로토콜인 RSVP 와 트래픽 흐름에서 요구하는 QoS 파라미터를 이용하여 자원예약을 수행한다. 여기서 RSVP 는 사용자가 요구하는 대역폭을 할당하기 위해 국부 자원관리 기능을 수행하는 로컬결정 모듈(Local Decision Module)에게 가용한 자원 용량과 정책의 불일치가 있는지를 문의하고 그 결과에 따라 패킷처리모듈에서 요구하는 파라미터를 설정한다. 그러나 인터넷에서 RSVP 를 사용하기 위해서는 다음과 같은 문제가 선결되어야 한다.

- 확장성 : RSVP 는 각 흐름별로 패킷의 예약상태 정보를 가져야 하므로 확장성에 문제가 있음
- 정책 정의 능력 부족 : RSVP 는 정책을 구현하는 메커니즘은 정의하고 있지만 정책에 대해 정의되어 있지 않음. 현재 IETF RAP 워킹그룹에서 연구 중에 있음

이러한 통합 서비스 모델에서 인터넷 서비스를 제공하는 경로에 위치한 라우터는 반드시 자원 예약과 서비스 품질을 지원할 수 있는 능력을 가지고 있어야 하지만, 어떤 것들은 그렇지 못한 경우가 있다. 이러한 경우에 통합 서비스 모델은 서비스 품질을 보장하지 못하는 치명적인 약점이 있다.

개략조절형 QoS 지원방법은 사용자에게 차별화된 서비스를 제공하는 또 다른 방법으로써, 응용 서비스에서 표기된 패킷을 통신망으로 송신하면, 통신망은 라우터 큐에 우선권을 주는 등의 특별한 처리를 수행하는 방법이다. 이 방법은 하나의 흐름이 아니라 흐름의 집합에 대해 QoS 를 제공하는 방법으로서, 수동적인 망

구성에 따라 통계적으로 QoS 를 제공하므로 신호 프로토콜이 필요 없다. 따라서 통신망간에 정의된 서비스의 호환성과 단대단 QoS 를 준수하였는지가 중요한 문제로 대두되며, 이는 망 경계지점에서 이미 정의된 서비스 방법에 따른 파라미터 매핑에 의해 이루어진다.

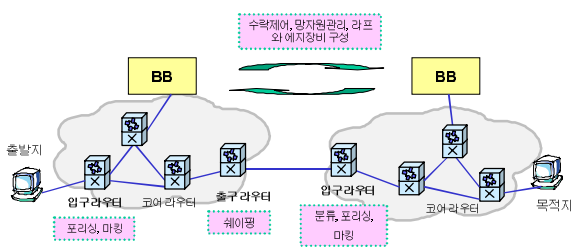
이러한 개략조절형 QoS 지원방법을 채용한 대표적인 방법이 IETF 에서 제안하고 있는 차등 서비스 제공방법이다. 이 차등 서비스 모델은 망 관리적인 측면에서 지나치게 복잡하지 않으면서 차별화된 서비스의 요구를 만족할 수 있는 QoS 지원방법 이다. 이러한 차등 서비스 모델은 망 자원의 효율적인 사용과 비용의 절감을 통하여 사용자의 취향에 따른 차등화된 서비스를 제공하는데 그 목적이 있다.

4. DiffServ 의 자원관리

차등 서비스는 현재 인터넷에서 채용하고 있는 최선형 서비스 환경에서 복잡한 망 기능들을 간소화 시키면서 차별적으로 서비스를 제공하는 새로운 구조로 제안되었다. 이는 QoS 를 제공하기 위해 패킷의 처리 클래스를 정의하고 패킷을 해당 클래스로 분류하며 각 클래스에 자원을 할당하는 기능으로 구성된다. 또한, 차등 서비스는 인터넷 망을 포워딩과 라우팅 요소로 분류하여, 망 경계에서 응용 서비스에 따라 IP 헤더의 특정 비트를 세팅하면, 망 내부에서는 IP 헤더의 세팅된 값에 따라 패킷을 포워딩함으로써, 매 홉 당 신호나 흐름의 상태를 관리하지 않을 수 있다. 그러나 이 모델이 갖는 프로토콜 차원의 기능만으로는 QoS 를 보장할 수 없다. 따라서 차등 서비스 구조에서 사용자의 QoS 요구를 보장하기 위해서는 망 자원의 동적인 할당을 가능하도록 자원관리 기능을 수행하는 대역폭 브로커(Bandwidth Broker)의 도입이 필요하다[11~16].

이를 위해 IETF의 Diff-Serv 작업반에서는 차등 서비스 구조에서 Autonomous System(AS) 간의 쌍무계약에 의해 AS 내의 자원관리를 수행하는 Service Level Agreement(SLA) 협상 방법을 채택하여 동적으로 자원을 할당하는 방법을 표준화하고 있다. 이를 수행하기 위해 BayNetworks의 K.Nichols과 UCLA의 L.Zhang는 Bandwidth Broker(BB)의 개념을 1997년에 제안하였으며, 이러한 자원관리를 위한 신호 프로토콜로 RSVP, COPS, Diameter 등이 제안되고 있다.

BB는 AS 내에서 사용자나 응용 서비스로부터 QoS 요구를 받으면 도메인 내의 자원사용 정책에 따라 내부 자원을 할당하며, AS 외부와는 이웃 도메인의 BB와 상호 서비스 계약을 체결하여 유지하는 기능을 수행한다. 이러한 BB는 자원을 관리하기 위해 각 AS 내에 하나씩 존재한다. BB는 사용자가 특별한 대역폭에 액세스할 수 있는 권한과 우선권에 대한 정보를 가진 정책 DB라 할 수 있으며, Authentication, Authorization과 Accounting의 기능을 가질 수 있다. (그림 2)는 차등서비스 구조에서 BB의 구성 예를 보이고 있다.



(그림 2) DiffServ에서 BB의 구성 예

4.1 광역 대역폭 브로커의 기능 요구사항

BB에서 대역폭 관리를 위해 요구되는 기능들은 크게 인터-도메인 및 인트라-도메인으로 나눌 수 있다.

□ 인트라-도메인 측면

인트라-도메인은 BB와 로컬 도메인 내에 있는 라우터 사이의 인터페이스를 위한 것으로서, BB와 라우터 사이의 송수신되는 메시지 종류 및 내용은 라우터의 종류에 따라 다양할 수 있으며, 다음의 기능을 수행한다.

- 라우터 구성 기능 : 패킷 필터, 마킹, 포워딩, policy 및 셰이핑 등의 구성 파라미터 송수신 기능
- 경계 라우터 구성 기능 : 경계를 지나가는 패킷의 마킹 계약에 따라 코드포인트 변환 기능
- 수락제어 기능: 인트라 도메인 내에서 사용자의 대역폭 할당 요구 처리 기능

인트라-도메인의 프로토콜은 특별한 인트라-도메인 프로토콜, CLI, SNMP 또는 policy 서버-클라이언트간 통신 프로토콜인 COPS 및 DIAMETER를 사용할 수 있다.

□ 인터-도메인 측면

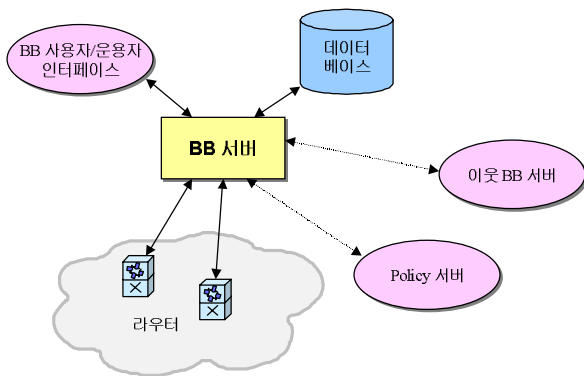
가장 간단하게 인터-도메인을 구성하는 방법은 제공자가 정적 TCA에 기반하여 망을 구성하는 방법이지만, 좀 더 정교한 방법은 사람이 개입하지 않고 자동으로 TCA를 재협상하는 것이다. 이를 위해, BB간의 연결을 설정하고, 이를 통해 자원을 요청하는 인터-도메인 인터페이스는 다음의 기능을 수행한다.

- 로컬 구성 : 시스템을 구동할 때, BB간 통신이 없어도 도메인 사이의 서비스 및 초기 가용자원 정의
- 세션초기화 및 관리 : 이웃 BB와 연결 설정하고 BB간 통신손실에 대처하는 메커니즘 제공
- 서비스 관리 : 이웃 BB와 서비스(SLA)를 셋업, 취소 및 재협상 기능
- 자원할당 : 신호 메시지를 사용하여 자원 할당을 요청하고 처리

인터-도메인의 프로토콜은 특별한 인터-도메인 프로토콜을 사용하거나, 인터-도메인을 위한 RSVP의 변형을 사용, 또는 DIAMETER 프로토콜을 사용할 수 있다.

4.2 광역 대역폭 브로커의 구조 및 시나리오

BB 시스템의 구성요소는 (그림 3)과 같이 크게 BB 서버, BB 데이터베이스, Policy 서버, 그리고 BB 사용자/운영자 인터페이스 등으로 나눌 수 있다.



(그림 3) BB 시스템의 구성요소

□ BB 서버의 기능

- 서비스 클래스의 추가 및 변경
- 라우터 프리미티브(예: 셰이핑 토큰버킷, 비트세팅) 정의 및 변경
- SLA 협상 주도
- 대역폭 할당 요구 처리
- 라우터 구성 화일 생성(CLI command 사용)
- 대역폭 할당 요구 기일이 파기된 경우의 처리
- SLA 요구 기일이 파기된 경우의 처리
- 로그화일 생성
- DB 리포트 화일의 생성
- BB의 시작 및 종료

□ BB 데이터베이스

- 도메인 내의 토폴로지와 링크자원 유지
- OSPF 같은 링크 상태 라우팅 프로토콜에 수동적으로 참가하는 것이 가능한 시스템을 사용하여 토폴로지 정보를 얻을 수 있다. DB에 나타난 라우터에게 SNMP를 이용하여 링크 정보를 얻을 수 있다.
- 서비스 및 대역폭 정보
- 라우터에 PHB를 정의함으로써 다양한 서비스 프로파일을 정의할 수 있어야 한다.

BB 시스템과 다른 시스템간의 인터페이스에서의 요구되는 기능을 기술한다.

□ BB 사용자와의 인터페이스

- 사용자는 대역폭 할당을 요구
- 사용자 인증 메커니즘 및 사용자와의 안전한 통신 보장

□ BB 운영자와의 인터페이스

- SLA 및 대역폭할당 요구를 수동으로 추가/변경/삭제하는 기능
- PHB를 사용하여 서비스를 추가/변경/삭제하는 기능
- BB에게 현재 데이터 요구
- 안전한 통신 보장

□ policy 서버와의 인터페이스

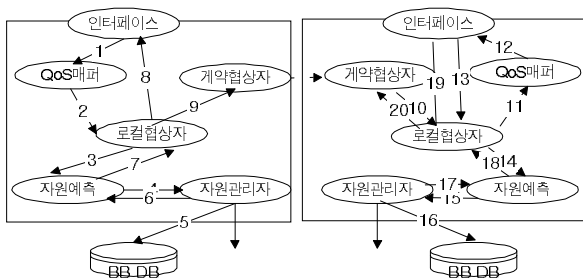
- 대역폭 브로커 기능과 동일 시스템에 존재할 수 있음

□ 라우터와의 인터페이스

- 라우터가 패킷을 필터, 마킹할 수 있도록 구성
- 라우터가 패킷을 포워딩할 수 있도록 구성
- 라우터가 패킷을 가공하고 셰이핑할 수 있도록 구성
- 출구 라우터에서 경계를 지나가는 패킷의 마킹 계약에 따라 코드포인트를 바꿀 수 있는 기능

마지막으로 (그림 4)는 BB 서버 시스템을 구성하는 기능 블록간의 인터페이스를 통하여 관련 시스템과의 자원을 계약하고 협상하는 시나리오의 예를 나타내었다.

시나리오에 따른 동작을 살펴보면, 먼저 사용자는 자원을 계약하기 위해 사용자 파라미터를 QoS 매퍼(Mapper)에게 송신한다(1). QoS 매퍼는 이를 시스템 레벨의 파라미터로 변경하여 로컬협상자에게 송신한다(2). 로컬 협상자는 자원예측을 요구하며(3), 자원예측은 예측된 자원으로 자원관리자에게 자원을 예약한다(4). 자원관리자는 예약 가능한지 여부에 따라 예약을 수행하고(5) 응답한다(6-8). 필요하다면, 로컬협상자는 이웃 BB와 통신을 수행한다(9). 이웃 BB는 원격협상을 수신하면(10), 시스템 파라미터를 사용자 파라미터로 변환하여 사용자 인터페이스로 전송한다(11-12). 사용자는 협상할지를 결정하여 로컬협상자에게 송신한다(13). 로컬 협상자는 자원을 예측하며(14), 자원관리자에게 예측된 자원으로 예약하고 그 결과를 응답한다(14-20)



(그림 4) BB 서버 구조 및 계약협상 시나리오

5. 결론

본 논문에서는 인터넷 환경에서 사용하는 QoS 에 대한 정의와 이를 제공하기 위해 IETF 에서 제안된 여러 메커니즘들 중에서 통합서비스와 차등서비스의 개념을 살펴보았다. 또한

QoS 를 지원하기 위해 요구되는 자원관리 개념 모델에 대해 기술하고 새로운 인터넷 서비스 제공을 위해 채용한 서비스 구조의 자원관리 방법을 분석하였다. 특히, 차등서비스 구조에서 자원을 동적으로 할당하는 방안으로 제안되고 있는 대역폭 브로커에 대한 요구사항, 구성요소 및 구조 등을 제시하였다. 본 논문에서 기술한 대역폭 브로커의 구조는 안전하고 확장성 있는 대역폭 브로커간 통신기술과 결합한다면, 인터넷에서 일관성 있고 글로벌한 자원관리 및 제어를 동적으로 제공할 것으로 기대된다.

참고문헌

- [1] S. Blake, D. Black, M. Carlson, E. Davies, Z. Wang, W. Weiss, IETF RFC 2475, "An Architecture for Differentiated Services", 1998.
- [2] Y. Bernet et al., IETF Internet-Draft, "A Framework for Differentiated Services", 1998.
- [3] F. Reichmeyer, L. Ong, A. Terzis, L. Zhang, R. Yavatkar, IETF Internet-Draft, "A Two-Tier Resource management Model for Differentiated Services Networks", 1998.
- [4] Y. Bernet, R. Yavatkar, P. Ford, F. Baker, L. Zhang, IETF Internet-Draft, "A Framework for End-to-end QoS Combining RSVP/Intserv and Differentiated Services", 1998.
- [5] HP, "Resource Management and Differentiated Services", <http://www-iri.hpl.hp.com/research/present/b-rsvp/sld0001.html>, 1998.
- [6] Y. Hwang, "Quality of Service", <http://www.cs.columbia.edu/~yhwang/ftp/src/qos/qos.html>.
- [7] B. Sabata, S. Chatlerjee, M. Davis, J. J. Sydic, T. F. Lawrence, "Taxonomy for QoS Specifications", Proc. of WORDS '97, 1997.
- [8] Kamel Maamria, <http://www.telecoms->

mag.com/issues/199808/tci/maamria.html,
 “Quantifying Internet Quality”, 1998.

[9] ITU-T X.902, “Information Technology Open Distributed Processing & Reference Model”

[10] IETF RFC 1946, Native ATM Support for ST2+.

[11] Rob Neilson, Jeff Wheeler, Francis Reichmeyer, Susan Hares, “A Discussion of Bandwidth Broker Requirements for Internet2 Qbone Deployment”, 1998, <http://www.merit.edu/working.groups/i2-qbone-bb>.

[12] F. Reichmeyer, L. Ong, A. Terzis, L. Zhang, R. Yavatkar, IETF Internet-Draft, “A Two-Tier Resource management Model for Differentiated Services Networks”, 1998.

[13] K. Nichols, V. Jacobson, L. Zhang, IETF Internet-Draft, “A Two-bit Differentiated Services Architecture for the Internet”, 1998.

[14] CA*net II Differentiated Services, “Bandwidth broker transfer protocol”, 1999.

[15] CA*net II Differentiated Services, “Bandwidth broker high level design”, 1999.

[16] L.Zhang, “Resource management and Differentiated Services”, UCLA Computer Science Department, 1998.

1992 년-현재 한국전자통신연구원 선임연구원
 관심분야 : 인터넷, QoS, ATM 등

손승원

1983 년 경북대학교 전자공학과(학사)
 1994 년 연세대학교 산업대학원(석사)
 1999 년 충북대학교 컴퓨터공학과(박사)
 1991 년~ 현재 한국전자통신연구원 인터넷구조
 팀장

관심분야 : 차세대인터넷기술, 고성능네트워크
 기술, QoS 라우팅, IP/ATM 연동기술 등

정윤희

1990 년 한양대학교 산업공학과 (학사)
 1992 년 한국과학기술원 산업공학과 (석사)