

동적인 네트워크 QoS 설비 방안

노희경⁰, 문새롬, 이미정

이화여자대학교 컴퓨터학과

{nohhk77⁰, 992COG12, lmj}@mm.ewha.ac.kr

Dynamic QoS Support Protocol

Hee-Kyung Noh⁰, Sae-Rom Moon, Mee-Jeong Lee

Dept. of Computer Science and Engineering Ewha Womans University

요 약

인터넷에서 멀티미디어 응용들이 증가함에 따라 서비스 품질(QoS: Quality of Service)을 보장해 줄 수 있는 여러 가지 방안이 제안되어 왔는데, 일반적으로 이들 방안은 확장성과 중단간 QoS 보장 간에 상호 모순이 발생하는 경향을 가지고 있다. 본 논문에서는 이와 같은 상호 모순을 피할 수 있는 QoS 지원 방안으로서 DQSP(Dynamic QoS Support Protocol)를 제안한다. DQSP는 도메인 내에서의 자원 예약과 연결 수락 제어 메커니즘을 정의한다. DQSP는 링크 자원을 각 에지 라우터로부터의 트래픽 클래스별로 동적으로 할당하고 에지 라우터가 자신에게 할당된 링크 자원에 관한 정보를 유지하도록 한다. DQSP는 목적지로의 연결 수락 제어를 위한 QoS 신호 프로토콜이 필요 없이 에지 라우터에서 매 사용자 플로우별로 직접적으로 연결 수락 결정을 내리므로 확장성 문제 및 코어 라우터의 복잡한 기능 요구 사항 문제를 해결한다. 또한 DQSP는 에지 라우터가 트래픽 부하에 따라 자신에게 할당되어 있는 자원을 반환하거나 추가적인 자원을 제공할 수 있도록 해 자원 오버 프로비저닝으로 인해 발생할 수 있는 비효율적인 자원 활용 문제를 해결한다. 또한 DQSP는 경로 재계산을 수행하여 라우팅을 조정해 나갈으로써 효율적인 네트워크 자원 활용이 가능하다. 시뮬레이션을 통하여 DQSP와 기존의 자원 할당 및 공유 방식들을 비교한 결과 DQSP가 시그널링과 상태 정보 유지를 위한 오버헤드 면에서 기존의 중단간 QoS 보장을 제공하는 구조인 IntServ에서의와 같은 확장성 문제를 발생시키지 않으면서도 효율적으로 네트워크 자원을 활용할 수 있음을 확인할 수 있었다.

1. 서 론

인터넷에서 멀티미디어 응용들이 증가함에 따라 차별화된 서비스의 품질을 보장해 줄 수 있는 QoS(Quality of Service) 기술이 필요하게 되었다. IETF는 네트워크에 QoS를 제공하기 위한 방안으로써 IntServ(Integrated Services) 모델[1, 2, 3]과 DiffServ(Differentiated Services) 모델[4]을 제안하였다. 그러나 IntServ 모델은 확장성이 떨어지며 DiffServ 모델은 중단간 QoS를 보장하지 못한다[5]. 이에 확장성의 문제를 해결하면서 중단간 QoS를 보장하기 위해 이 둘을 혼합한 IntServ/DiffServ 모델이 제안되었다[6, 7]. 그러나 이 방안에서도 DiffServ 모델이 연결 수락 제어를 위한 표준화된 메커니즘을 제공하지 않으며 혼잡 제어 문제를 해결하지 않기 때문에, 사용자 네트워크의 에지 노드는 DiffServ 도메인 내의 노드의 트래픽 부하를 모른다는 문제점이 있다. 본 논문에서는 한 도메인 안에서 확장성의 문제없이 중단간 QoS를 보장하기 위한 자원 예약과 연결 수락 제어 메커니즘을 정의하는 DQSP(Dynamic QoS Support Protocol)를 제안한다. DQSP는 링크 자원을 각 에지 라우터를 위해 할당하고, 에지 라우터가 트래픽 부하에 따라 동적으로 자신에게 할당된 자원을 재구성하도록 하여 자원 오버 프로비저닝(over-provisioning)으로 인한 문제를 해결한다. 또한 DQSP는 연결 수락 제어를 위한 QoS 신호 프로토콜 없이 네트워크의 경계에 위치한 에지 라우터가 목적지로의 경로상의 가용 자원을 확인하고 연결 수락 결정을 내리도록 하여 중단간 QoS를 보장한다. DQSP는 개별 사용자 플로우에 대한 정보는 에지 라우터에만 유지함으로써 확장성 문제를 해결한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 1장의 서론에 이어서 2장에서는 DQSP를 적용하기 위한 네트워크 구성 및 링크 자원의 구성과 네트워크의 각 엔티티에서 유지해야 하는 정보를 소개하고 상세한 동작 방식을 설명한다. 3장에서는 DQSP의 성능 평가를 위한 시뮬레이션 모델을 제시하고 시뮬레이션 수행 결과를 분석한다. 마지막으로 4장에서는 결론과 함께 앞으로의 연구 방향을 기술한다.

2. DQSP(Dynamic QoS Support Protocol)

이 장에서는 DQSP의 상세한 구조와 동작에 대하여 설명한다. 2.1절에서 먼저 DQSP를 적용하기 위한 네트워크 구성과 링크 자원의 계층적인 구성 및 DQSP의 기본적인 동작 방식에 대하여 설명하고, 2.2절에서 DQSP 네트워크의 각 엔티티에서 유지하는 데이터 구조에 관하여 설명한다. 2.3절에서는 DQSP의 세 가지 기본 동작에 관하여 상세히 설명하며, 마지막으로 2.4절에서는 DQSP의 확장성 및 QoS 지원 정도를 IntServ 및 DiffServ와 비교하여 설명한다.

2.1 DQSP를 위한 네트워크 구성과 링크 자원의 구성

그림 1은 DQSP를 적용하기 위한 네트워크 구성을 보인 것이다. 네트워크는 코어 라우터와 네트워크의 경계에 위치한 에지 라우터로 구성되고, 사용자는 에지 라우터를 통해서 네트워크에 접근한다. 코어 네트워크에는 링크 자원 할당을 담당하는 정책 서버를 두는데, 정책 서버는 경로를 계산하고, 네트워크의 모든 링크들에 대하여 각각 그 링크의 자원을 어떻게 할당할 것인지를 결정한다. 또한, 라우팅과 자원 할당에 관한 정보를 이를 필요로 하는 각 에지 라우터와 코어 라우터에게 알린다.

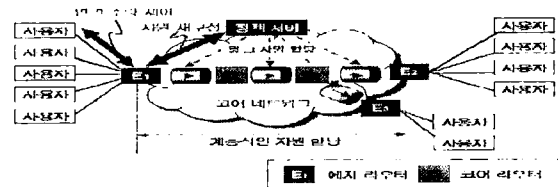


그림 1 DQSP의 네트워크 구성

에지 라우터는 각 링크에 대하여 자신에게 할당된 자원의 양과 그 가운데 얼마를 사용하였는지에 관한 정보를 유지한다. 새로운 사용자 요청이 발생하면 에지 라우터는 자신이 유지하

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(우수여성과학자 도약 지원연구: R04-2000-00078)지원으로 수행되었음

고 있는 라우팅 정보와 자원 사용에 관한 정보를 이용하여 그 사용자 요청이 사용해야 될 경로 상에 현재 충분한 가용 자원이 남아 있는지를 점검해 연결 수락 결정을 내린다. 에지 라우터는 자신에게 할당된 자원이 지나치게 많은 경우에는 이를 정책 서버에게 반납하고, 반대로 부족한 경우에는 정책 서버에게 추가 할당을 요청한다. 정책 서버는 이와 같은 에지 라우터의 자원 재구성 요청을 처리하여 링크 자원 할당을 재구성한다. 또한, 링크의 자원 할당이 변화가 있을 때마다 이를 해당 코어 라우터들과 에지 라우터들에게 알린다. 그리고, 필요한 경우 현재 자원 할당 상태를 기반으로 경로 계산을 다시 함으로써, 네트워크 자원 활용의 효율성과 사용자 요구 수용율의 향상을 도모한다.

DQSP에서는 정책 서버가 관리하는 네트워크의 링크 자원을 계층적으로 구성한다고 가정한다. 먼저 각 물리적 링크는 논리적으로 몇 개의 QoS 클래스로 분리되고, 각 QoS 클래스에 대해서는 DiffServ와 같이 통계적인 부하 예측에 따라 장기적으로 고정된 양의 네트워크 자원이 할당된다. 각 QoS 클래스 내에서는 다시 ISP들 별로 특정 양의 링크 자원을 할당한다고 가정한다. 또한, 각 QoS 클래스 내에서 하나의 사용자 플로우를 위해 할당하는 대역폭의 양은 일정하다고 가정한다. 이와 같은 가정은 실제적으로 적용될 가능성이 높은 네트워크 자원 할당 방식에 기반한 것이다. 각 ISP가 특정 클래스를 위해 사용하는 링크 자원을 논리적으로 프로비전드 링크라 부르기로 한다. DQSP의 정책 서버는 각 프로비전드 링크의 자원을 다시 그 프로비전드 링크를 사용하는 에지 라우터들에게 각각 트렁크라는 논리적 색인으로 나누어 할당하고, 이를 트렁크는 동적으로 재구성한다. 임의의 한 사용자 플로우가 소스 에지 라우터로부터 목적지 에지 라우터에 이르기 위해 사용하는 트렁크들의 연결을 VIP(Virtual IP Path)라 부르기로 한다.

2.2 DQSP의 각 엔터티가 유지하는 정보

DQSP는 정책 서버에 자원 할당 테이블과 경로 구성 테이블을 유지하고 에지 라우터에는 자원 사용 테이블과 경로 구성 테이블을, 코어 라우터에는 자원 할당 테이블과 라우팅 테이블을 각각 유지한다. 정책 서버의 자원 할당 테이블에는 네트워크의 모든 프로비전드 링크에 대하여 각각 현재 그 프로비전드 링크의 자원이 어느 에지 라우터에게 얼마만큼 할당되어있는지의 정보를 기록한다. 추후 트렁크 구성이 동적으로 변화해 나감에 따라 프로비전드 링크 필드의 할당된 자원 값과 트렁크 필드의 할당된 자원의 값이 변화해 나가게 된다.

정책 서버의 경로 구성 테이블에는 모든 소스/목적지 쌍에 대하여 경로 정보를 유지한다. 동적으로 경로가 재계산됨에 따라 경로 구성 테이블에는 새로운 경로 정보가 추가되고, 이에 따라 자원 할당 테이블의 공유 에지 라우터 필드 및 트렁크 필드도 변화해 나간다.

에지 라우터는 경로 결정과 사용자 요청의 연결 수락 제어를 위해 경로 구성 테이블과 자원 사용 테이블을 유지한다.

코어 네트워크에서 정책 서버가 결정된 경로를 따라 정책 서버가 할당한 자원을 이용하여 사용자 플로우가 전달되도록 하기 위하여 코어 라우터에는 라우팅 테이블과 자원 할당 테이블을 유지한다. 코어 라우터는 라우팅 테이블의 정보를 이용하여 사용자 플로우를 라우팅하고, 각 트렁크 별로 정책 서버가 할당한 자원에 따라 사용자 플로우에 대한 서비스를 제공한다. 정책 서버가 동적으로 경로를 재계산하거나 트렁크를 재구성에 따라 코어 라우터의 라우팅 테이블과 자원 할당 테이블은 변화하게 된다.

2.3 DQSP의 동작

DQSP의 동작은 크게 경로 설정, VIP 결정, 트렁크 재구성 등의 세 가지로 구성된다. 경로 설정은 정책서버가 에지 라우터간의 경로를 계산하고 계산된 경로에 기반하여 링크의 트렁크 자원을 구성하며 경로와 자원 할당 정보를 라우터들에게 알리는 과정이다. 이 과정은 초기화 시에 일단 한번 행해지고, 정책 서버가 에지 라우터의 트렁크 재구성 요청을 들어 줄 수 없을 경우 다시 수행한다. VIP 결정 과정은 에지 라우터가 사용자 플로우의 QoS 요청에 적합한 전송 경로를 결정하는 과정으로 에지 라우터에서 새로운 사용자 플로우가 발생할 때마다 행해진다. 트렁크 재구성 과정은 에지 라우터에 의해 트리거되며 이 과정에서 에지 라우터는 정책 서버에게 자원 활용량이 높은 트렁크를 위해서 해당 프로비전드 링크에서의 추가적인

자원을 요청하거나 자원 활용률이 낮은 트렁크의 자원을 반납한다.

2.4 DQSP의 확장성 및 QoS 지원 정도

DQSP는 모든 사용자 플로우들이 걸침되는 네트워크의 코어 부분에 있는 라우터에서는 마이크로 플로우별 정보가 아닌 에지 라우터별 자원 할당 정보만을 유지한다. 각 개별 사용자 플로우에 대한 정보는 네트워크의 에지에 있는 라우터들만이 각자 자신에게 직접 연결되어 있는 사용자 플로우들에 한해서만 정보를 유지하면 된다. 즉, 네트워크 코어에서의 복잡성이 사용자 플로우가 아닌 그보다 훨씬 그 수가 적고 덜 동적인 에지 라우터 수에 의해 결정된다. 따라서 DQSP는 코어 네트워크에서 유지해야 하는 상태 정보 면에서 IntServ의 확장성 문제를 피할 수 있다.

또한, DiffServ가 네트워크 상의 모든 에지 라우터들로부터 유입되는 모든 플로우들의 집합에 대해 클래스 별로 통계적 예상 트래픽 부하에 근거해 반 고정적으로 자원을 할당해 두는 것에 반해, DQSP에서는 코어 라우터의 자원이 각 에지 라우터별로 할당되기 때문에 임의의 코어 라우터에서 자원을 공유하는 플로우 집합은 한 에지 라우터에서 발생한 동 클래스 트래픽 가운데 그 코어 라우터를 경유해 라우팅되는 플로우들로 국한된다. 또한, 실제적인 자원 사용이 어떻게 이루어지는가에 따라 동적으로 에지 라우터간에 자원을 재분배할 뿐 아니라, 경로 재계산을 발생하여 현재의 라우팅에 의해서는 활용이 상대적으로 낮은 부분을 활용할 수 있도록 라우팅을 조정해 나가기 때문에 좀 더 효율적인 네트워크 자원 활용이 가능하다. 그리고, 에지 라우터가 자원 사용 정보를 유지하고 이를 이용하여 트래픽 플로우가 경유해야 하는 경로 상에 가용 자원이 남아 있는 경우에만 연결을 수락하므로 코어 네트워크에서의 시그널링 없이 연결 수락과 자원 예약이 이루어진다.

3. 시뮬레이션 모델 및 결과 분석

DQSP의 자원 활용의 효율성 및 시그널링 오버헤드를 파악하는 것을 목표로 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션은 OPNET을 이용하여 구현되었으며, Windows 2000 시스템에서 수행하였다. DQSP와의 비교를 위하여 CS(Complete Sharing)와 CP(Complete Partitioning) 등의 두 가지의 극단적인 자원 활용 모델을 구현하였는데, CS는 기존의 IntServ의 자원 활용 모델에 해당하는 모델이라 할 수 있고 CP는 DiffServ의 자원 활용 모델과 유사하게 정적으로 자원을 할당하는 모델이다. 3.1절에서 먼저 시뮬레이션 모델을 설명하고, 3.2절에서는 시뮬레이션 결과 분석을 한다.

3.1 시뮬레이션 모델

시뮬레이션을 위해 사용된 네트워크 토폴로지는 그림 2과 같다. 네트워크에는 하나의 정책 서버가 존재하며, 사용자로부터의 플로우는 모두 에지 라우터를 통해 네트워크에 유입된다. CS 모델을 위한 네트워크 토폴로지는 그림 2에서 에지 라우터와 정책 서버가 없는 형태이다.

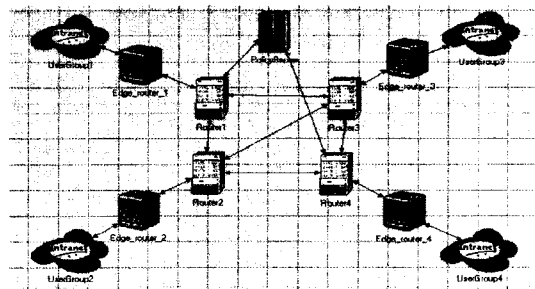


그림 2 네트워크 토폴로지

CS 모델에서 사용하는 RSVP의 리프레쉬 간격 및 RSVP 상태 정보의 라이프 타임은 [1]에서 제시한 디폴트 값 권고에 따랐고, 사용자 플로우를 위한 경로 계산은 QoS를 위한 OSPF 확장(QOSPF) 방안에서의 벨만 모드 알고리즘[8]을 사용하였다. QOSPF의 네트워크 상태 정보 교환과 라우트 재계산에 관련된 여러 가지 파라미터 값은 [7]의 권고 사항과 [9]를 참고하

었다. CP 모델에서는 미리 각 에지 라우터에서 모든 목적지 라우터에 대하여 최단 경로를 한 번 계산해 두고 모든 사용자 요청에 대하여 이 경로 정보를 사용하도록 하였다. DQSP에서는 매 100초마다 트렁크의 자원 활용률을 검사하도록 하였고, 만일 트렁크의 자원 활용률이 1/3 이하이면 할당된 트렁크 자원의 1/3을 반납하도록 하였다. 또한, 트렁크에 남아 있는 자원이 해당 QoS 클래스 하나의 플로우에 대한 대역폭 요구에 미치지 못할 경우 트렁크에 추가 자원을 요청하도록 하였다.

본 시뮬레이션에서는 네트워크 상에 비디오 트래픽과 오디오 트래픽의 두 가지 트래픽 클래스가 존재하고, 비디오 트래픽과 오디오 트래픽의 세션 생성 비율은 1:5 라고 가정하였다. 비디오 플로우의 대역폭 요구는 3M 비트로 설정하였고 세션 지속 시간은 평균이 1152초인 지수 분포 랜덤 변수라 가정하였다. 오디오 플로우의 대역폭 요구는 64K 비트로 설정하였고 세션 지속 시간은 평균이 300초인 지수 분포 랜덤 변수라 가정하였다. 네트워크에는 오직 한 ISP만이 존재한다고 가정하고, ISP의 비디오 트래픽을 위한 프로비전드 링크에는 72M 비트의 대역폭을 할당하고, 오디오 트래픽을 위한 프로비전드 링크에는 2.56M 비트의 대역폭을 할당한다고 가정하였다.

위와 같은 가정 하에서 각 에지 라우터에서 발생하는 트래픽 부하를 다양하게 변화시켜보며 연결 설정 시간, 그리고 제어 메시지 오버헤드를 측정하였다.

3.2 시뮬레이션 결과

이 장에서는 시뮬레이션의 결과를 DQSP와 CS 및 CP 자원 할당 모델과의 성능을 비교하였다.

DQSP와 CS 및 CP를 비교하기 위한 시뮬레이션에서는 모든 에지 라우터에 비슷한 정도의 사용자 요청이 발생하는 경우와 어떤 한 에지 라우터에서 다른 에지 라우터들 보다 많은 양의 사용자 요청이 발생하는 경우의 두 가지 경우를 실험하였다.

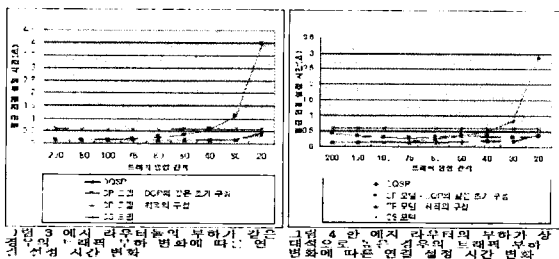


그림 3과 4은 각각 사용자 요청 발생량이 에지 라우터간에 같은 경우와 차이가 있는 경우에 대하여 트래픽 부하 변화에 따른 평균 연결 설정 시간의 변화를 보여준다. 사용자 요청 거절율이 낮은 경우의 결과에서 연결이 수락된 사용자 요청의 경우 연결 설정 시간을 비교해 볼 수 있는데, 이 경우 CS 모델은 CP 모델이나 DQSP에 비해 2~3 배의 연결 설정 시간을 필요로 한다. 이는 CP 모델이나 DQSP의 경우에는 사용자 요청을 받은 에지 라우터가 자신이 유지하고 있는 자원 사용 정보에 기반하여 홉-바이-홉 시그널링 없이 연결 수락 제어를 수행하는 반면, CS 모델은 연결 수락 제어를 위해 RSVP 홉-바이-홉 신호 프로토콜을 사용하기 때문이다.

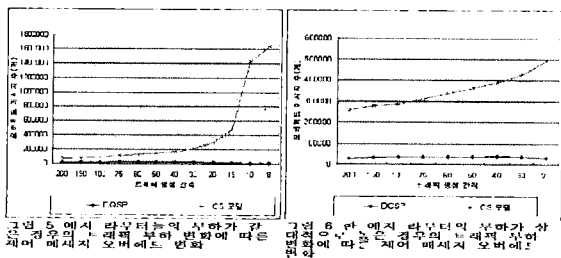


그림 5과 6은 각각 사용자 요청 발생량이 에지 라우터간에 같은 경우와 차이가 있는 경우에 대하여 트래픽 부하 변화에

따른 제어 메시지 오버헤드의 변화를 보여준다. 두 경우 모두 CS의 오버헤드는 DQSP의 오버헤드의 5배 이상이 된다. CS는 트래픽 부하가 증가함에 따라 오버헤드가 증가한다. 이에 반하여 DQSP의 오버헤드는 트래픽 부하와 상관없이 일정한 수준을 유지하기 때문에 사용자 플로우 수에 대한 확장성이 있음을 볼 수 있다.

4. 결론 및 향후 연구 과제

본 논문에서는 중단간 QoS를 보장하기 위한 확장성 있는 방법으로서 DQSP를 제안하였다. DQSP는 한 도메인 내의 자원 예약과 연결 수락 제어 메커니즘을 정의한다. 제안하는 DQSP는 링크를 물리적 링크, 프로비전드 링크, 트렁크의 세 계층으로 나누고 각 ISP가 특정 클래스를 위해 사용하는 프로비전드 링크 수준까지는 정적으로 자원을 할당하는 것을 가정한다. 프로비전드 링크의 자원은 라우팅에 의하여 프로비전드 링크를 공유하는 경로를 가지는 소스 에지 라우터들 간에 공유하도록 하되, 소스 에지 라우터 별로 트렁크가 할당되고 트렁크에 대한 자원 할당은 동적으로 구성된다. 각 에지 라우터는 자신에게 할당된 트렁크들의 자원 사용 정보를 유지하면서 자신에게 도착하는 사용자 플로우에 대하여 자원 예약과 연결 수락 제어를 수행한다. 또한 자신에게 할당된 트렁크에 대하여 트래픽 부하에 따라 추가적으로 자원을 요청하거나 사용하지 않는 자원을 반납한다.

DQSP에서는 동적으로 트렁크를 재구성하기 때문에 네트워크 자원을 효율적으로 사용할 수 있으며, 각 에지 라우터가 자신을 위해 할당되어진 트렁크 자원에 관한 정보를 유지하면서 목적지로의 경로 상에 자원이 있을 경우에만 사용자 요청을 수락하기 때문에 사용자에게 중단간 QoS 보장을 제공할 수 있다. 또한 DQSP에서는 네트워크 코어에서 사용자 플로우가 아닌 에지 라우터 별 상태 정보만을 유지하고, 연결 수락 제어나 자원 예약을 위한 사용자 플로우 별 홉-바이-홉 시그널링을 사용하지 않기 때문에 사용자 플로우 수에 대해 확장성이 있다.

시뮬레이션을 통해 DQSP의 성능을 두 가지의 극단적인 자원 활용 모델인 CS 및 CP와 비교한 결과 DQSP의 자원 활용 효율성이 자원 공유 가능성을 극대화한 CS에 거의 근접함을 볼 수 있었다. 또한, CS 모델에 비해 연결 설정 시간이 짧고 제어 메시지 오버헤드 현저히 작은 것을 볼 수 있었다. 특히, CS의 경우에는 트래픽 로드가 증가함에 따라 제어 메시지 오버헤드가 급격히 증가하는데 반하여 DQSP는 일정 수준을 유지하기 때문에 확장성이 있음을 확인할 수 있었다. 향후 연구에서 패킷 레벨의 시뮬레이션을 수행하여 DQSP의 사용자 QoS 보장 정도를 분석하고자하며, 정책 서버를 사용하지 않고 분산된 방법으로 DQSP를 수행하는 방안을 제안하고자 한다.

참고 문헌

- [1] R. Braden, D. Clark, S. Shenker, "Integrated Services in the Internet Architecture: An Overview", RFC1633, 1994. 6.
- [2] S. Shenker, C. Partidge and R. Guerin, "Specification of Guaranteed Quality of Service", RFC 2212, 1997. 12.
- [3] J. Wroclawski, "Specification of the Controlled-Load Network Element Service", RFC 2211, 1997. 12.
- [4] Walter Weiss, "QoS with Differentiated Service", Bell Labs Technical Journal, 1998.
- [5] S. Blake, D. Black, M. Carlson, E. Davies, Z. Wang, W. Weiss, "An Architecture for Differentiated Services", RFC 2475, 1998, 12.
- [6] Y. Bernet, R. Yavatkar, P. Ford, F. Baker, L. Zhang, M. Speer, R. Braden, B. Davie, J. Wroclawski, E. Reilstone, "A Framework for Integrated Services Operation Over DiffServ Networks", RFC 2998, 2000. 11.
- [7] J. Wroclawski, A. Charney, "Integrated Service Mappings for Differentiated Services Networks", Internet Draft, 2001.
- [8] R. Braden, L. Zhang, S. Berson, S. Herzog, S. Jamin, "Resource ReSerVation Protocol(RSVP) Version 1 Functional Specification", RFC 2205, 1997. 9.
- [9] Paul P. White, "RSVP and Integrated Services in the Internet: A Tutorial", IEEE Communications Magazine, 1997. 5.