

3G 네트워크상에서 정책기반 End-to-End QoS 지원을 위한 DiffServ-aware MPLS

정회원 최 성 구*, 전 경 구**

Policy-based End-to-End QoS Provision for 3G Networks Using DiffServ-aware MPLS

Sung gu Choi*, Kyung koo Jun** *Regular Members*

요 약

외부 IP 네트워크와 연동하여 다양한 패킷기반 서비스를 제공하는 3G 네트워크 환경에서 서비스의 end-to-end QoS 제공은 중요한 문제이다. 3GPP 진영은 정책기반 네트워크 자원관리 아키텍처를 표준으로 제안하고 있으며, 실제적으로 정책을 수행하는 수단으로 IntServ와 DiffServ의 사용이 권장되고 있다. 본 논문에서는 DiffServ-aware MPLS를 정책 수행 수단으로 사용하는 것을 제안한다. 이 방식을 이용하면, DiffServ에 의해 트래픽의 QoS를 차별적으로 보장하는 것은 물론, MPLS를 통해 다중 경로를 활용할 수 있어 네트워크 자원 이용도를 높일 수 있다. 이러한 장점들은 실시간 트래픽과 비실시간 트래픽이 동시에 서비스되는 환경에서 제안방식을 시뮬레이션 하여 검증하였다.

Key Words : MPLS, 정책기반제어, DiffServ, 3GPP 네트워크, QoS

ABSTRACT

In 3G networks interworking with external IP-based networks, provision of end-to-end QoS to packet-based services is a critical issue. In this paper, we propose DiffServ-aware Multiple Protocol Label Switching(MPLS) as a new policy enforcement means. With the adoption of the proposed DiffServ-aware MPLS, it is feasible to provide differentiated QoS provision with the help of DiffServ as well as to improve network utilization by using multiple paths based on MPLS. We verify the effectiveness of our proposed policy enforcement means through a simulation in which realtime traffic and non-realtime traffic are served together.

I. 서 론

UMTS망이 다양한 외부 IP 네트워크와 연동하여 패킷기반 서비스를 제공하는 비중이 커짐에 따라 end-to-end QoS 제공문제가 중요해지고 있다. 특히 이러한 QoS 문제는 네트워크 지연 등에 민감한 실시간 트래픽 서비스의 경우 더욱더 중요하다. 또한 망의 고속화와 IP Multimedia Subsystem (IMS)^[1]

등을 통해 새로운 실시간 서비스가 점차 늘어가는 추세에서 end-to-end QoS 지원은 서비스 성공의 필수 요건이다. 3GPP 진영은 정책기반 네트워크 자원 관리를 end-to-end QoS를 지원하기 위한 기본 아키텍처로 삼았다^[2]. 이러한 정책기반 네트워크 자원관리를 할 때 정책 수행 기법으로 IntServ^[3]와 DiffServ^[4]의 사용이 권장되고 있으며, 정책기반 아키텍처를 구성하는 네트워크 엔터티 간의 정책 제어관련 메시지

* 한국전자통신연구원 이동통신연구단 무선액세스연구그룹 (sguchoi@etri.re.kr)

논문번호 : KICS2006-03-115, 접수일자 : 2006년 3월 4일, 최종논문접수일자 : 2006년 4월 13일

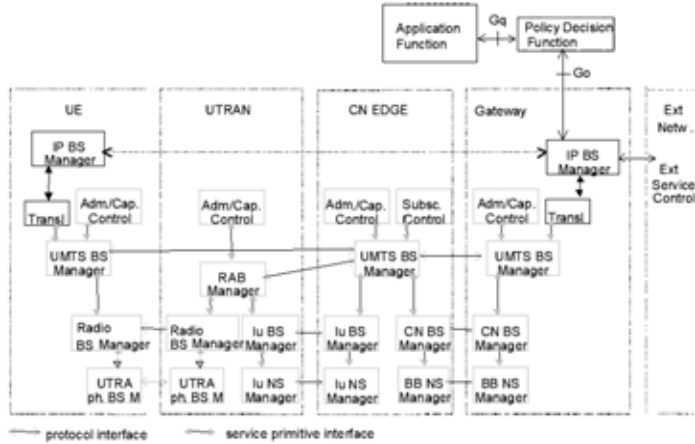


그림 1. End-to-End QoS 제공을 위한 3GPP 정책기반 네트워크 관리구조

교환을 위해서는 Common Open Policy Service (COPS)^[5] 프로토콜 사용을 표준으로 하고 있다. 외부 IP 네트워크 망과 3GPP망이 연동하여 서비스를 제공하는 상황에서 policy기반 네트워크 관리에 의해 서비스의 end-to-end QoS 제공에 관한 연구는 크게 두 카테고리 나눌 수 있다. 첫번째 카테고리에서는 policy-based architecture가 어떠한 형태를 가져야 하는 것에 관한 연구이다^[8]. 두번째 카테고리에서는 policy를 적용할 때 어떠한 policy-enforcement 기법을 사용하느냐에 대한 연구이다. DVB가 integration된 diversified radio environment 하에서 효율적으로 서비스 QoS를 제공하기 위한 policy 기반 관리 시스템을 제안하고 있다^[9]. 또한 관리를 위한 일련의 action들이 COPS 프로토콜 메시지를 통해 전달될 수 있다는 것을 보여준다^[10]. 본 연구는 DiffServ-aware MPLS 기법을 일반 IP 네트워크상의 서비스와는 다른 서비스 특징을 갖는 3G 네트워크 상의 서비스 트래픽의 end-to-end QoS 제공에 적용해 본다. 제안한 방식을 평가하기 위해 NS-2 시뮬레이션을 통해 best-effort, DiffServ, MPLS, 그리고 DiffServ-aware MPLS를 간의 end-to-end QoS 제공 성능을 비교하여, 제안 방식이 실시간 트래픽의 QoS를 보장하는 동시에 네트워크 자원 utilization면에서 다른 기법들보다 우수함을 보인다.

II. Policy-based End-to-End QoS Provision

외부 IP 네트워크와 연동하는 3G 네트워크 상황에서 end-to-end QoS 제공을 위해서는 policy기반 네트워크 자원관리 architecture를 사용한다. 3GPP

에서 제안하는 policy 기반 network management architecture는 그림 1과 같다. IP BS manager는 UMTS BS manager와 translation function을 통해 통신한다. 이는 IP 네트워크에서 사용되는 테크닉이 UMTS 도메인에서 사용되는 것과 다르기 때문이다. UMTS BS manager는 UMTS 도메인에서의 QoS 지원을 담당한다. PDF는 사용할 policy를 결정한다. 결정된 policy는 IP BS manager에게 전달된다. 현재 UMTS의 GGSN이 PEP의 역할을 한다. AF는 PDF와 IP bearer의 조정을 원하는 service-based policy setup 정보를 교환한다. AF는 IMS 도메인에서 P-CSCF에 해당한다. 즉, P-CSCF는 단말과 IMS 도메인 사이에서, 단말에 최초 접속을 제공하는 SIP 서버이다. PDF와 PEP 사이의 메시지 교환은 COPS 프로토콜을 사용한다. COPS는 policy관련 제어를 위해 정의되었다^[5]. 이것은 IntServ가 복잡하고 scalability가 없는 단점을 보완한다.

DiffServ는 트래픽의 패킷들을 DSCP를 부여하여 마킹하여 클래스별로 분류한다. 이렇게 분류된 패킷들은 diffserv-enabled된 라우터를 거치면서 정의된 PHB에 따라 처리된다. 이러한 PHB는 클래스별 패킷 스케줄링 우선순위, 네트워크 congestion시의 패킷 drop 순위를 정의한다.

그림 2에서는 External IP Network 도메인과 UMTS 도메인이 a set of routers에 의해 연결되어 있으며, 두 도메인간에는 다중 경로가 존재한다. 이때 External IP network의 traffic source로부터 UMTS domain의 traffic destination으로 실시간 트래픽과 비실시간 트래픽이 동시에 전송되고 있다고 가정하자. 이 때 실시간 트래픽의 QoS를 비실시간 트

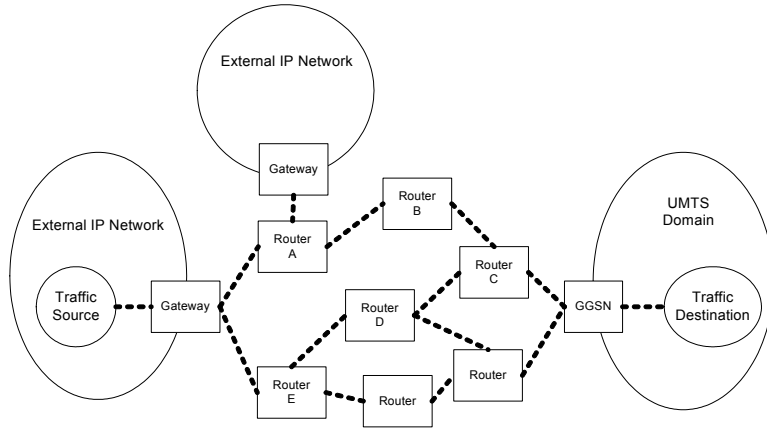


그림 2. DiffServ의 다중경로 사용에 대한 한계적인 구조

래픽의 QoS와 차별적으로 처리하기 위해 DiffServ를 사용하여, 두 트래픽의 패킷에 각각 다른 DSCP를 할당했다고 하자. 이때 모든 트래픽 패킷들은 할당된 DSCP에 상관없이 모두 routerA, B, C, GGSN로 이루어진 경로만을 거쳐서 전달된다. 이 상황에서 만약 경로 gateway-router A-router B-GGSN 경로에 congestion이 발생하면 낮은 우선순위의 DSCP를 할당받은 비실시간 패킷들이 실시간 트래픽 패킷들보다 drop될 확률이 높다. 이 때, 다른 경로 E/F/G/ GGSN 혹은 E/D/C/GGSN의 대역폭에 여유가 있을지라도 그것을 이용하지는 못한다. DiffServ는 DSCP에 따라 다른 경로를 취하게 하는 기능이 없어서, 다른 경로에 존재하는 네트워크 자원에 여유에 있음에도 낮은 우선 순위 패킷들을 효과적으로 전달할 수 없다.

III. DiffServ-aware MPLS for Policy Enforcement

UMTS와 외부 IP 네트워크가 interworking할 때 end-to-end QoS를 지원하기 위한 policy enforcement 수단으로 DiffServ-aware MPLS^[6]를 사용하는 policy-based network management를 제안한다. 제안하는 DiffServ-aware MPLS 방식에서는 MPLS^[7]를 확장하여 패킷의 LSP를 결정할 때, 목적지 IP 주소 domain뿐만 아니라, 패킷이 요구하는 QoS 수준을 고려할 수 있다. 이렇게 함으로써, 같은 목적지 IP 주소 domain을 가진 패킷이라 할지라도 DSCP에 의해 지정된 QoS 우선 순위에 따라 다른 LSP를 통해 전송된다. 기존 MPLS는 패킷 트래픽을 목적지 IP 주소 domain에 따라 Forwarding

Equivalence Class (FEC)별로 구분하여 label을 결정한다. 그림 3은 외부 IP 네트워크와 UMTS가 interworking하면서 실시간 트래픽과 비실시간 트래픽이 혼재할 때, 제안하는 방식에 기반하여 다중경로와 DiffServ를 사용하여 실시간 트래픽과 비실시간 트래픽 간의 QoS를 차별적으로 보장하는 policy를 적용한 예이다. 실시간/비실시간 트래픽 모두 UMTS 도메인의 같은 목적지로 전달된다. 이들 트래픽 소스와 목적지는 DiffServ-aware MPLS가 가능한 라우터들로 연결되며, UMTS의 GGSN도 DiffServ-aware MPLS를 지원한다고 가정한다. 외부 IP 네트워크와 UMTS 도메인사이에는 그림에서와 같이 두 개의 경로, LSR-1,2,3,GGSN(Path A)와 LSR-1,4,5,6,GGSN (Path B)가 존재한다.

policy-based network management를 위해 외부 IP 네트워크와 UMTS의 policy 결정을 위한 PDF가 각각 있고, LSR-1과 GGSN은 각 망에서의 PEP 역할을 한다. 특히 LSR-1은 DiffServ를 사용하여 실시간 트래픽과 비실시간 트래픽에 각각 다른 DSCP를 할당한다. 이때 높은 우선 순위의 DSCP를 가진 패킷들은 패킷 스케줄링과 drop 확률에서 낮은 우

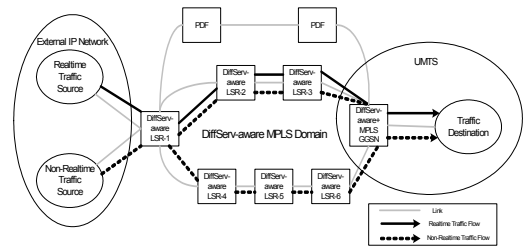


그림 3. 제안한 DiffServ-aware MPLS기반 실시간/비실시간 라우팅제공 기법

선 순위의 DSCP를 가진 패킷들과 차별됨으로써 QoS를 보장받는다. 그림에서, DiffServ만을 이용한 방식에서는 shortest-path 원칙에 따라 패킷들은 DiffServ-aware LSR-1(이하 LSR-1), LSR-2, LSR-3, GGSN를 거쳐 목적지로 전달된다. 또 다른 경로인 LSR-4,5,6은 사용되지 않아 네트워크 자원 활용율이 낮다. MPLS만을 이용한 경우, 목적지 IP 주소 domain에 따른 FEC 분류가 가능하므로, 실시간 트래픽과 비실시간 트래픽의 경로를 따로 지정하는 것은 가능하지만, 하나의 트래픽 플로를 세분하여 경로를 지정하는 것은 불가능하다. 결론적으로, 제안하는 방식은 MPLS와 DiffServ 각각의 장점을 결합하여 시너지 효과를 내는 동시에, 각각의 단점을 보완한다. 장점 활용 측면에서는 DiffServ의 scalability와, MPLS의 고속 패킷 스위칭과 다중 경로를 이용한 traffic engineering을 적용시킬 수 있다.

제안하는 DiffServ-aware MPLS를 지원하기 위해 그림 4의 LSR들은 라우터 구조를 갖는다. 이 구조는 위에서부터 아래로, packet 분류역할을 하는 queue, packet scheduler, labeller, 그리고 switching 부분으로 구성되어 있다. queue에 저장된 패킷들은 packet scheduler에 의해 queue들의 우선 순위를 고려하여 전송할 패킷을 결정한다. Labeller는 FEC 분류, 해당 label, 그리고 출력 interface에 관한 정보를 가지고 있는 테이블인 Label Forward Information Base(LFIB)을 참조하여 패킷의 label을 결정한다. 제안하는 방식에서 트래픽별 사용하는 경로를 설정하기 위해 constrained route-label distribution protocol을 사용한다. LDP란 MPLS에서 FEC

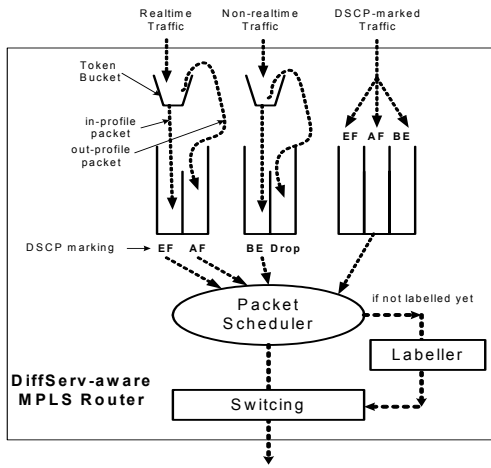


그림 4. DiffServ-aware MPLS를 제공하는 Label 스위치 라우터 구조

와 LSP간의 binding을 각 LSR로 전파하기 위해 사용하는 시그널링 프로토콜이다. 이러한 LDP 메시지를 교환하는 두 개의 LSR을 peer LSR이라한다. 이러한 점에서 DiffServ Edge Router와 LSR1, 2, 3, 4, 5, 그리고 GGSN은 서로간에 모두 LSR peer관계에 있다. LSR은 incoming 패킷에 대하여 MAC 헤더와 IP 헤더사이에 위치한 MPLS shim header에 표시된 label을 보고 패킷을 스위칭하지만, DSCP는 IP header의 ToS(type of service) field에 포함된다. 본 논문에서는 DSCP를 MPLS의 shim header에 통합하는 방법을 사용한다. 논문에서는 E-LSP 방식을 채용하였다. 3G에서는 서비스하는 트래픽 클래스는 conversational, streaming, interactive, background의 네 개이며, 논문에서는 트래픽 클래스가 conversational 클래스와 streaming 클래스를 EF와 AF, 그리고 interactive와 background 클래스를 AF와 BE로 나눈다. 따라서 실제로 사용되는 DSCP는 EF, AF, 그리고 BE의 3개이므로, DSCP 표현을 위해 3bit의 EXP만을 사용하는 E-LSP를 사용한다.

IV. 시뮬레이션을 통한 성능 검증

시뮬레이션을 실행하기 위한 환경은 그림 5와 같다. 환경은 데이터 소스가 되는 외부 IP 네트워크 망, 데이터 수신을 하는 UMTS 망, 그리고 이 두망을 연결하는 DiffServ-aware MPLS를 구현하는 LSR들로 되어 있다.

그리고 DiffServ Edge MPLS router와 GGSN에 policy를 제공하는 PDF들로 구성되어 있다. 외부 IP 네트워크망의 데이터 소스는 3GPP 서비스 모델에 해당하는 VoIP, Video, WWW, 그리고 FTP 데이터 소스가 위치하고 있다. UMTS 도메인의 데이터 수신은 각 서비스별로 UE들이 있다. 실시간 트래픽인 VoIP와 Video는 시뮬레이션에서 UDP 트래픽으로 구현하였으며, 비실시간 트래픽인 WWW

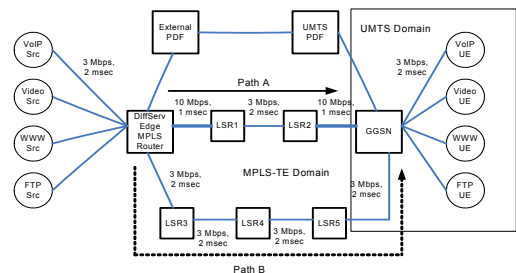


그림 5. 시뮬레이션 환경 구성도

와 FTP는 TCP 트래픽으로 구현하였다. 시뮬레이션은 비실시간 트래픽의 양이 실시간 트래픽의 양보다 상대적으로 많은 상황이다. 다량의 비실시간 트래픽을 위해 WWW 데이터 플로우와 FTP 데이터 플로는 각각 2.4 Mbps씩, 총 4.8 Mbps의 트래픽을 발생시킨다. 그리고 실시간 트래픽은 VoIP 트래픽의 경우 constant-bit rate으로 400 Kbps 대역폭을 사용한다. 그리고 Video streaming 트래픽 역시 constant-bit rate으로 800 Kbps 대역폭을 사용한다. 시뮬레이션은 네 가지 시나리오에 의해 진행된다. 첫 번째 시나리오는 DiffServ와 MPLS를 사용하지 않고, default로 best-effort shortest-path 방식에 의한 라우팅을 지원하는 경우이다. 두 번째 시나리오는 DiffServ만을 사용하는 경우이다. 세 번째 시나리오는 DiffServ의 사용 없이 MPLS만을 사용하는 경우이다. 그리고 네 번째 시나리오는 본 논문에서 제안하는 DiffServ-aware MPLS를 사용하는 경우이다. 첫 번째 시나리오에 의한 결과는 그림 6(a)과 같다. 실시간 트래픽인 VoIP와 Video는 앞서 설명한 대로 각각 400 Kbps와 800 Kbps로 발생하지만, 실제 goodput은 약 330 Kbps와 약 670 Kbps로, 실시간 트래픽의 대역폭이 보장되지 못하였다. 이는 모든 패킷들은 shortest-path 원칙에 따라 Path-A만을 사용하고, 실시간 패킷과 비실시간 패킷간 구분이 없기 때문이다. 비실시간 트래픽인 WWW과 FTP가 사용한 대역폭은 각각 1Mbps로, 전체 트래픽이 사용한 대역폭 합은 3 Mbps로, 이는 path A의 최대 대역폭과 일치한다. 한 가지 주의깊게 볼 것은, 비실시간 트래픽의 전송을

하락비율이 실시간 트래픽의 전송을 하락보다 더 크다. 비실시간인 WWW과 FTP는 초기에 각각 2.4 Mbps로 시작하지만, 실제로는 1 Mbps로 수신된다. 이는 실시간 트래픽과 비실시간 트래픽의 transport layer인 UDP와 TCP의 차이이다. TCP는 congestion control 사용으로, 네트워크상황을 판단하여 전송율을 감소시킨다. 두 번째 시나리오에서는 DiffServ만을 이용하였다. 또한 in-profile인지 out-profile인지에 따라 DSCP를 할당받는다. Token rate 할당은 실시간 트래픽의 경우, VoIP와 video에는 각각 1 Mbps씩 할당하였다. 그러므로 실제 발생 트래픽인 400 Kbps와 800 Kbps는 모두 in-profile traffic이 된다. 비실시간 트래픽의 경우, token rate으로 각각 500 Kbps씩을 할당하였다. 그러므로 2.4 Mbps씩 발생하는 WWW과 FTP 모두 약 1.9 Mbps가 out-profile로 분류되어 DSCP로 BE를 할당받게 된다.

그림 6(b)는 DiffServ만을 사용한 경우의 결과로서, 실시간 트래픽의 경우 대역폭이 보장되어 VoIP는 400 Kbps, video는 800 Kbps의 대역폭을 안정적으로 사용하고 있음을 알 수 있다. 하지만 비실시간 트래픽들의 경우 그림 6(a)경우보다 낮은 약 평균 900 Kbps씩을 사용하고 있음을 알 수 있다. 뚜렷 실시간 트래픽의 대역폭 보장은 비실시간 트래픽이 사용하는 대역폭을 감소시킴으로서 옳을 알 수 있다. 세 번째 시나리오에서는 MPLS만을 이용하여, 실시간 트래픽과 비실시간 트래픽로 다른 경로를 사용하도록 다중 경로를 사용하도록 하였다. 시뮬레이션에서는 CR-LDP에 기반하여 Explicit-

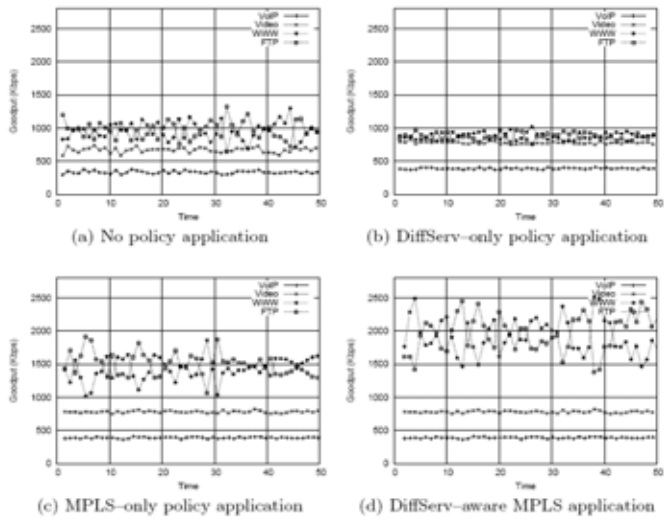


그림 6. 4개 트래픽 클래스에 대한 Goodput

route로 Path A와 Path B를 설정하였다. 실시간 트래픽의 경우, path A를 이용하도록 하고, 비실시간 트래픽은 Path B를 이용하도록 하였다.

그림 6(c)은 MPLS를 사용하여 실시간 트래픽과 비실시간 트래픽이 각각 다른 경로를 사용했을 경우의 결과이다. 실시간 트래픽은 VoIP와 video가 각각 400 Kbps와 800 Kbps씩 안정적으로 사용하고 있으며, 비실시간인 WWW와 FTP도 각각 평균 1.5 Mbps씩 goodput을 보이고 있다. 이는 그림 6(a)의 best effort 경우나 그림 6(b)의 DiffServ의 경우보다 비실시간 트래픽의 goodput이 향상되었다. 그림 6(d)는 MPLS와 DiffServ를 모두 사용했을 경우의 결과이다. 그림 6(c)과 비교하여, 실시간 트래픽의 대역폭은 보장되면서, 비실시간 트래픽의 대역폭이 약 2.0 Mbps로 향상되었음을 알 수 있다. 이는 Path A의 대역폭 중 일부를 in-profile로 구분되어 AF DSCP를 할당받은 비실시간 트래픽이 사용하였기 때문이다. 따라서 본 논문에서 제안한 방식은 MPLS와 DiffServ를 결합하여 복수 경로의 장점을 이용하여 실시간 트래픽의 대역폭을 보장하는 동시에 네트워크 사용 효율 향상 문제도 해결할 수 있음을 보여준다.

V. 결론


본 논문에서는 IP기반의 3세대 이동통신 시스템에서 패킷서비스의 QoS를 보장해 주기위한 DiffServ-aware MPLS를 정책 수행 수단으로 제어하는 기법에 대해서 제안하였다. 정책기반 수단으로 DiffServ-aware MPLS를 이용하면, DiffServ에 의해 트래픽의 QoS를 차별적으로 보장하는 것은 물론, MPLS를 통해 다중 경로를 활용할 수 있어 네트워크 자원 이용도를 높일 수 있다. NS-2 기반 시뮬레이션 환경에서 실시간 트래픽과 비실시간 트래픽이 동시에 서비스되는 환경을 가정하여 본 논문에서 제안한 기법과 기존의 DiffServ기법, MPLS기법등과 QoS보장과 네트워크의 사용효율 관점에서 비교 검증하였다. 또한 DiffServ-aware MPLS, E-LSP를 사용하여 DiffServ와 MPLS기법을 상호 결합하여 최적화된 라우터 구조와 트래픽 유형 분류 및 최적 경로할당 방안에 대해서도 기술하였다.

참고 문헌

[1] 3GPP Technical Specification 23.228 v.7.2.0 "IP Multimedia Subsystem(IMS) (R7)," Dec.

2005.
 [2] 3GPP Technical Specification 23.207 v.6.6.0 "End-to-End QoS Concept and Architecture (R6)," Oct. 2005.
 [3] R. Braden et al., "Resource ReSerVation Protocol(RSVP)-Version 1 Functional RFC 2205, Sept. 1997.
 [4] S. Blake et al., "An Architecture for Di@erentiated Services," RFC 2475, Dec. 1998.
 [5] D. Durham et al., "The COPS(Common Open Policy Service) Protocol," RFC2748, Jan. 2000.
 [6] L. Wu et al., "Multi{Protocol Label Switching (MPLS) Support of Differentiated Services," RFC 3270, May 2002.
 [7] E. Rosen et al., "Multi{Protocol Label Switching Architecture," RFC 3270, Jan. 2001.
 [8] <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>
 [9] Iacono, S., Arneodo, F., Cardoso, K., Genet, M.G. and Zeglache, D., "Policy based management for next generation mobile networks," in Proceedings of Wireless Communications and Networking 2003, Mar. 2003.
 [10] Zhuang, W., Gan, Y., Loh, K. and Chua, K., "Policy-based QoS Architecture in the IP Multimedia Subsystem of UMTS," IEEE Network, May/June 2003.

최 성 구 (Sung Gu Choi) 정회원
 한국통신학회 논문지 제31권 제 3B호 참조
 현재 한국전자통신연구원 이동통신연구단 책임연구원

전 경 구 (Kyung koo Jun) 정회원
 1996년 2월 서강대학교 컴퓨터공학과, 학사
 1998년 5월 Purdue University, Computer Science, M.S.
 2001년 5월 Purdue University, Computer Science, Ph.D.
 2001년 6월~2001년 12월 Ashleylaurent Inc., Software

Engineer
 2002년 1월~2004년 2월 삼성전자 정보통신총괄 책임연구원
 2004년 3월~현재 인천대학교 멀티미디어시스템공학과 조교수
 <관심분야> 컴퓨터 네트워크, 무선 통신망 자원관리, 지능형 임베디드 시스템