

MPLS망에서 차등화 서비스 지원을 위한 동적 대역폭 할당 모델의 실험적 평가

김 성 찬* · 장 근 원** · 오 해 석***

요 약

본 논문은 차등화 서비스를 지원하는 MPLS망 환경에서 효율적으로 QoS 차등화 서비스를 지원하기 위해 네트워크의 트래픽 정보를 갱신하여 대역폭을 재 할당해 주는 방법에 대하여 연구하고 평가하였다. MPLS 망에서의 차등화 서비스는 RSVP(Resource Reservation Protocol)의 자원 예약 메커니즘에 의해 제공되고 있지만 이 방법 또한 정적인 자원 선점 방법에 기초하고 있다. 네트워크 망에서의 대역폭 할당을 정적인 자원 선점 차원에서만 접근 한다면, 어느 특정 서비스 클래스에 대역폭 할당 요청이 집중되고, 그렇지 않은 서비스 클래스가 존재 할 경우 유 휴 대역폭을 발생시킬 수 있는 문제가 있다. 본 논문에서는 현재 네트워크 트래픽 상태에 기초하여 동적으로 대역폭을 재 할당해서 대역폭 사용을 최대화 시켰다.

An Experimental Evaluation of Active Bandwidth Allocation Model for DiffServ Support in MPLS Networks

Sung-Chan Kim* · Kun-Won Chang** · Hae-Seok Oh***

ABSTRACT

This paper researches and evaluates a bandwidth reallocation mechanism for efficient DiffServ QoS support in MPLS networks by monitoring the network traffic status and reallocating unused bandwidth. While the Differentiated Services in MPLS Networks architecture provides QoS management through the RSVP resource reservation, this mechanism is based on a static provisioning of resource. But this approach can lead to waste bandwidth in some service classes or, leave some service classes' resource starved. This paper presents the bandwidth reallocation dynamically based on network traffic status for bandwidth usage maximization.

키워드 : QoS, 차등화 서비스(Differentiated Services), MPLS 망(MPLS Network), 대역폭 관리자(Bandwith Manager)

1. 서 론

현재 인터넷 망에서의 네트워크 트래픽은 멀티미디어에 관련된 데이터나, 특정 어플리케이션에 필요한 실시간 데이터 형태의 트래픽이 상당 부분을 차지하고 있으며, 점차 증가하는 추세에 있다. 하지만 현재의 최선형(Best Effort)방식에 기반을 둔 IP(Internet Protocol)는 QoS를 제공하는 능력에 제한이 따른다. 따라서 어플리케이션들이 요구하는 자원을 보장함으로써 이 문제를 해결 하려는 다양한 방법들이 연구되어 왔는데 이들 중에 대표적인 것이 IntServ(Integrated Service)와 DiffServ(Differentiated Services)이다[1].

IntServ를 개선한 DiffServ는 두 종류의 서비스 제공을 정의하는데, IP 네트워크에서처럼 표준 Best Effort 서비스와,

클라이언트들이 요청하는 서비스 별로 대역폭을 보장 할 수 있는 프리미엄 서비스이다. DiffServ에서의 RSVP 자원예약 메커니즘은 사용자들의 요청에 의해 네트워크 자원을 예약 하는데, 이러한 자원예약은 전송되는 정보의 현재 상태에 대한 아무런 고려 없이 이루어진다. 하지만 대역폭 관리자를 이용한 대역폭 예약은, DiffServ에서 제공하는 자원할당 방법, 즉 자원을 정적으로 선점함으로써 초래할 수 있는 대역폭에 대한 낭비를 초래하는 방법 보다는 더 좋은 결과를 얻을 수 있다[2].

본 논문에서는 네트워크의 상태와 어플리케이션의 현재 요구에 기초하여 동적으로 대역폭 자원을 재분배 시켜줌으로써, DiffServ 영역에서 효율적으로 대역폭을 관리할 수 있는 방법을 연구 하고 평가해 보고자 한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 본 연구의 기초가 되는 관련된 연구에 대하여 소개하고, 3장에서는 동적 대역폭 관리 방법에 대하여 기술한다. 4장에서는 NS2(Network Simulator2)[3]를

* 정 회 원 : 숭실대학교 대학원 컴퓨터과학
 ** 준 회 원 : 숭실대학교 대학원 컴퓨터과학
 *** 종신회원 : 경원대학교 소프트웨어 대학 교수
 논문접수 : 2004년 6월 18일, 심사완료 : 2004년 8월 30일

이용하여 실험하고 평가한 내용을 소개하고 5장에서 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

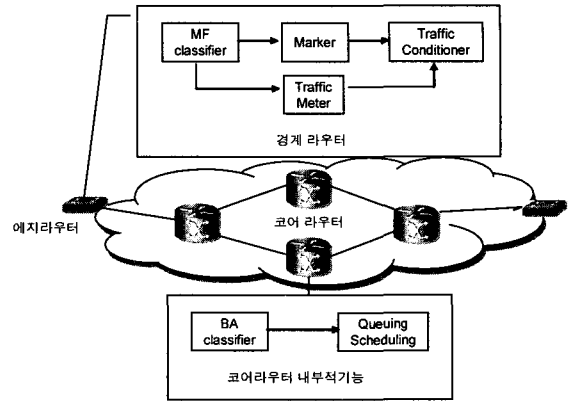
QoS를 지원하는 현재의 모델은 서비스 차등화에 그 기반을 두고 발전하고 있다. 이러한 모델들은 자원예약 프로토콜과 레이블 스위칭, 그리고 적절한 우선순위에 의해 그 기능이 정의 된다. IntServ 모델에서 사용하는 자원예약 프로토콜인 RSVP[4]는 차등화된 QoS 클래스를 지원하기 위해 패킷 속성에 대한 정의를 내리고 전통적인 데이터그램 포워딩 방식을 따른다. 네트워크를 구성하고 있는 각 노드들의 상태 정보를 서로 교환해서 호 설정(Call Setup)을 하기 위해 시그널링 메시지를 교환하고 이렇게 설정된 출발지와 목적지간의 호는 데이터가 전송되는 동안 각 노드 간의 홉의 상태를 유지하도록 한다. 레이블 스위칭 네트워크 모델에서는 설정된 경로 상태의 전송과 트래픽 관리를 네트워크 경로에 존재하는 각 홉마다 보다 자세한 자원 할당에 대한 정보를 트래픽 플로우에서 얻음으로써 이를 구현한다[5].

2.1 Differentiated Services

DiffServ는 개별적인 사용자 플로우 단위에서 벗어나 플로우들의 집합 단위로 차별화된 서비스를 지원 하는 방식이다 [6]. DiffServ방식에서는 네트워크로 유입되는 사용자 플로우에 대한 제어가 망의 경계에서 이루어지게 되며, 소수의 트래픽 클래스로 군집화 함으로써 네트워크 망 내에서의 복잡한 패킷 처리과정을 단순화 한다. (그림 1)은 DiffServ망의 구조를 나타낸다. 입구 라우터에서는 패킷 헤더의 특정 정보를 보고 차등화된 서비스를 위한 패킷들의 모임인 BA (Behavior Aggregate)를 결정하고 정의된 패킷 흐름의 집합체에 트래픽 분류와 조절 기능을 수행한다. 패킷 조절 기능에는 트래픽 분류에 따른 패킷의 표시(Mark), 흐름의 측정(Meter), 그리고 셰이핑(트래픽의 네트워크 진입 여부 통제)과 감시기능을 포함한다[7]. 망을 구성하는 내부의 코어 라우터에서는 입구 라우터부터 분석된 패킷 정보를 IPv4 패킷 포맷중 ToS(Type Of Service)필드의 DSCP(Differentiated Services Code Point)에 의해서 패킷을 전달한다. 이런 전달 기능을 DiffServ에서는 PHB(Per Hop Behavior)라고 한다. 망을 구성하는 코어 라우터에서는 DiffServ의 PHB를 지원하기 위해 RED(Random Early Detection)과 WFQ(Weighted Fair Queuing)과 같은 큐잉 및 스케줄링 메커니즘을 사용한다[8].

PHB는 BE(Best Effort), EF(Expedited Forwarding), AF(Assured Forwarding)의 3가지 PHB로 정의된다. BE PHB는 현재의 IP 포워딩 방식의 라우터에서 널리 사용하고 있는 최선형 패킷 전달방식을 정의 한다. EF PHB는 라우팅 정보 갱신, 망 제어 트래픽과 같이 전송 우선순위가 가장 높은 전달 방식을 정의한다. AF PHB는 망이 아주 혼잡해지는 상

황에서도 최소 전송속도를 보장하는 PHB이다. 이는 다시 4개의 클래스로 나뉘어 지고 각 클래스는 다시 3개의 Drop 확률이 적용되는 집합으로 나뉜다[5, 8].



(그림 1) DiffServ 망 구조

2.2 DiffServ 지원 MPLS

MPLS 망에서는 IP를 인식할 수 없기 때문에 입구 라우터에서 DiffServ의 트래픽 플로우를 MPLS에서 알 수 있도록 매핑 해야 한다[9]. 기본적인 실행은 Ingress 라우터의 IP 계층에서 DiffServ의 PHB를 선택하고 다음계층인 데이터 링크 레이어로 패킷을 내려 보낸다. 이곳에서 PHB에 따라 MPLS 레이블과 EXP 필드가 결정되어 해당 LSP(Label Switching Path)에 따라 패킷 전송이 시작된다.

MPLS 망에서 DiffServ를 제공하기 위해서는 DiffServ의 DSCP 값을 MPLS의 EXP 필드에 할당 하는 것이 필요하다. 즉, DiffServ의 BA들을 MPLS의 LSP에 할당 시키는 방법을 말하는 것으로 이 방법에는 E-LSP(EXP-Inferred-Per hop Scheduling Class LSP)와 L-LSP(Label-Only-Inferred LSP)방법이 있다.

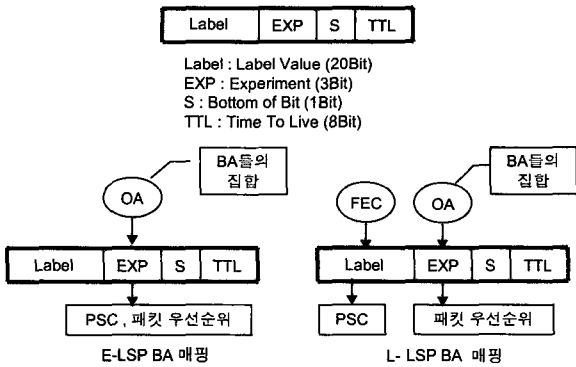
2.2.1 E-LSP(EXP-Inferred-Per hop Scheduling Class LSP)

(그림 2)에서와 같이 E-LSP에서는 여러 BA들의 집합인 OA(Ordered Aggregate)에 대해 하나의 LSP를 사용하고, FEC(Forward Equivalence Class)에 의해서 E-LSP는 결정된다. 하나의 E-LSP내에서는 MPLS 헤더의 EXP 필드를 이용하여 PHB를 결정하는데, EXP 필드가 3비트 이므로 최대 8가지의 서로 다른 BA들을 전달한다. EXP 필드 하나로 PSC(PHB Scheduling Class)와 패킷 우선순위까지 결정하기 때문에 EXP-Inferred-PSC LSP라 한다. EXP 필드와 PHB의 할당은 E-LSP 설정 시 명시해주는 방법과 미리 정의된 규칙에 따라 할당하는 방법이 있다[10].

2.2.2 L-LSP(Label-Only-Inferred LSP)

E-LSP를 사용한 방법이 8개의 PHB만 지원하기 때문에 그 이상의 PHB를 지원하기 위해 고안된 방법이 L-LSP이

다. L-LSP는 FEC와 OA에 대하여 하나의 LSP를 사용한다. 따라서 LSP를 설정할 때 하나의 PSC가 결정되고 각 레이블 스위칭 라우터들은 레이블을 참조하여 해당 PSC를 결정한다. EXP를 고려하지 않고, 단지 LSP의 레이블만으로 PSC가 결정되기 때문에 Label-Only-Inferred-PSC LSP라 한다. 각각의 L-LSP는 같은 명시적 경로를 사용하지만 대역폭 할당 정보는 구분해서 사용하기 때문에 다른 레이블을 할당 받는다[10].



(그림 2) E-LSP와 L-LSP

2.3 대역폭 관리자

대역폭 관리자는 네트워크 서비스 사용자와 네트워크 내에서 IP QoS 서비스를 지원하기 위한 트래픽을 모니터링하고 대역폭을 관리한다. 서비스를 제공하는 측과 이를 이용하는 사용자들 간에 맺어진 서비스 정책에는 사용자들이 받을 수 있는 QoS에 대하여 명시하고 있으며, 이를 SLA(Service Level Agreement)[11]라 한다. SLS(Service Level Specifications)[11]는 네트워크 장비들에게 서비스 레벨에 따른 QoS 자원을 할당하기 위해 SLA로부터 필요한 정보를 정의해 놓은 것이다. SLA에 근거하여 사용자로부터 요청되는 대역폭에 대한 제공 여부를 결정하고, SLS에 의해 세부적으로 패킷의 서비스 클래스 타입을 구분하고 결정하도록 엣지 라우터들을 설정한다[11].

3. 동적 대역폭 할당

본 논문에서는 차등화 서비스를 지원하는 MPLS망 환경에서 동적으로 대역폭을 관리하고 할당할 수 있는 방법을 연구하고 평가하고자 한다. 본 논문에서 제안한 동적 대역폭 관리방법은 MPLS망 환경에서 차등화 서비스를 지원하는 대역폭 관리자를 두어 네트워크로 진입하는 사용자들의 트래픽 플로우의 특성정보를 계속 수집하고 이미 할당 되었지만 사용되지 않는 대역폭을 재사용 하도록 함으로써 대역폭 사용률을 향상시킬 수 있다. 즉 대역폭의 낭비를 막고 네트워크에서 감당할 수 있는 최대 사용자를 수용 하도록 하는 것이다.

3.1 동적 대역폭 할당의 기능

앞 장에서 설명 하였듯이 DiffServ 모델에서는 서비스 이용자들에게 자원을 할당하는데 미리 정의된 정책이나 SLA를 이용한다. 이러한 정책은 사용자의 최대 네트워크 사용비율, 서비스 이용시간, 허용 가능한 지연 시간 등의 값을 이용해 결정된다. 많은 인터넷 네트워크 어플리케이션들 중 특히 미디어 스트림 데이터 전송을 하는 어플리케이션들은 사용 순간 네트워크 트래픽이 급격히 증가하지만 그렇지 않은 어플리케이션의 경우는 높은 전송률을 필요 하지 않는다. 따라서 대부분 사용자들에게 할당된 대역폭의 최대 전송률에 도달하는 경우는 거의 없고 상당 부분이 사용되지 않는 대역폭으로 남아 있게 된다. 그리고 한번 사용자에게 할당된 대역폭은 네트워크 내의 다른 사용자들이 사용할 수 없다. 결과적으로 사용자들의 어플리케이션들은 그 종류에 관계없이 서비스 사용 시 네트워크 최대 전송 용량에 기초한 대역폭을 요청하게 되고, 대역폭이 할당 되면 전송 데이터가 무거운 미디어 스트림 데이터든, 아니면 가벼운 텍스트 메시지는 할당된 최대 대역폭을 사용하므로, 네트워크 대역폭의 낭비가 생기게 된다. 이러한 자원 할당을 보다 지능적으로 유류 자원 없이 할당하기 위해서는 대역폭을 관리해주는 에이전트가 필요하다. 이 에이전트는 다양한 트래픽 플로우와 관련된 정보를 수집해서 데이터베이스에 저장한다. SLA, 현재 자원 예약 및 할당 상태, 엣지 라우터 설정값, DSCP값과 서비스의 매핑등과 같은 데이터 베이스에 저장된 정보에 의해서 에이전트는 사용자에게 필요한 자원을 예약하고 서비스에 대한 DSCP값을 부여한다. 사용자에게 자원을 할당하는데 각 트래픽 플로우의 정보를 고려하여 자원을 할당하는 방법은 대역폭의 낭비를 줄이는데 중요하다.

본 논문에서 제안하는 동적 대역폭 관리의 기본 개념은 사용자가 네트워크로 패킷을 보내고 이 패킷이 주어진 시간에 얼마만큼의 대역폭을 차지하고 있는가를 알아내서 사용되지 않는 대역폭에 대해 다른 사용자들이 사용할 수 있도록 재 할당 해주는 것이다. 각 사용자들의 요청은 대역폭의 양, 접속 시간 기타 서비스에 관련된 파라미터 값이 정의된 SLS와 동일하게 처리된다. 서비스와 관련된 파라미터 값은 사용자로부터 패킷이 네트워크로 진입할 때 패킷 내에 DSCP 값으로 표시되어 이 값에 매핑이 된 레이블을 할당받아 코어 라우터로 전송되고, 코어 라우터에서는 적절한 우선순위를 부여하여 패킷 포워딩을 처리한다. 따라서 망 내의 코어 라우터의 기능은 단순화 된다.

모든 네트워크 사용자들의 데이터 전송률을 측정하기 위해서 대역폭 관리자는 DiffServ에서 제공하는 측정방법을 사용한다. TSW(Time Sliding Window)[12]는 TSW2CM(Time Sliding Window 2 Color Marker)[13]나 TSW3CM(Time Sliding Window 3 Color Marker)[14]와 같은 트래픽 측정 정책에 정의된 트래픽 플로우의 전송률을 이용해 네트워크

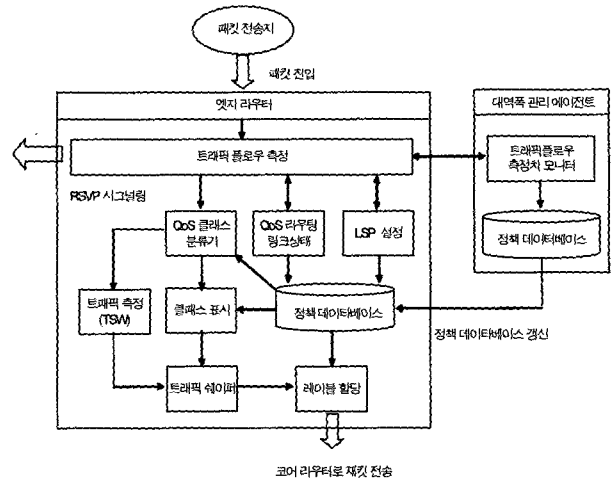
내의 평균 대역폭 사용량을 측정 할 수 있는 기준이 된다. 네트워크로 진입하는 트래픽에 대한 정보를 가지고 다양한 트래픽 사용률에 대한 DSCP 값을 정의 할 수 있다. 따라서 대역폭 관리자가 네트워크 내의 트래픽 사용률이 사용자와 협의된 최대 사용률보다 밑으로 떨어질 때는 현재의 트래픽 사용률에 맞는 낮은 우선순위의 DSCP 값을 부여한다. 그리고 사용되지 않는 대역폭은 사용가능한 대역폭으로 정의하여 새로운 사용자에게 부여하거나 기존의 사용자가 추가적인 대역폭을 요구할 때 할당 한다.

이것은 보다 많은 사용자에게 대역폭 보장 서비스를 제공 하도록 하며, 대역폭의 사용률을 높이는 역할을 한다. 하지만 최악의 경우 네트워크 내의 모든 사용자가 최대 대역폭을 필요로 하는 많은 양의 패킷을 네트워크 내로 전송 한다면 네트워크의 대역폭은 기존의 최선형(Best Effort)서비스의 형태에 의존할 수 밖에 없다. 이를 방지하기 위한 선행 조건은 첫째로, DiffServ망에서 정의된 클래스 마다 허용되는 자원의 예약 수에 제한을 두어야 하며, 둘째로 최선형(Best Effort)서비스에 이용 될 대역폭을 고정시켜 제한하는 것이다. 예를 들어 PHB의 EF 클래스에서 필요로 하는 예약의 수에 제한을 둔다면, QoS의 프리미엄 서비스에 제한을 가할 수 있고, 보다 엄격하게 대역폭을 관리해 사용되지 않는 대역폭의 양을 줄일 수 있다. 또한 요청되는 대역폭을 추가하거나 제거할 수 있는 범위 내에서 최선형 서비스에 할당될 대역폭을 고정시켜 제한하면, 사용되지 않는 대역폭에

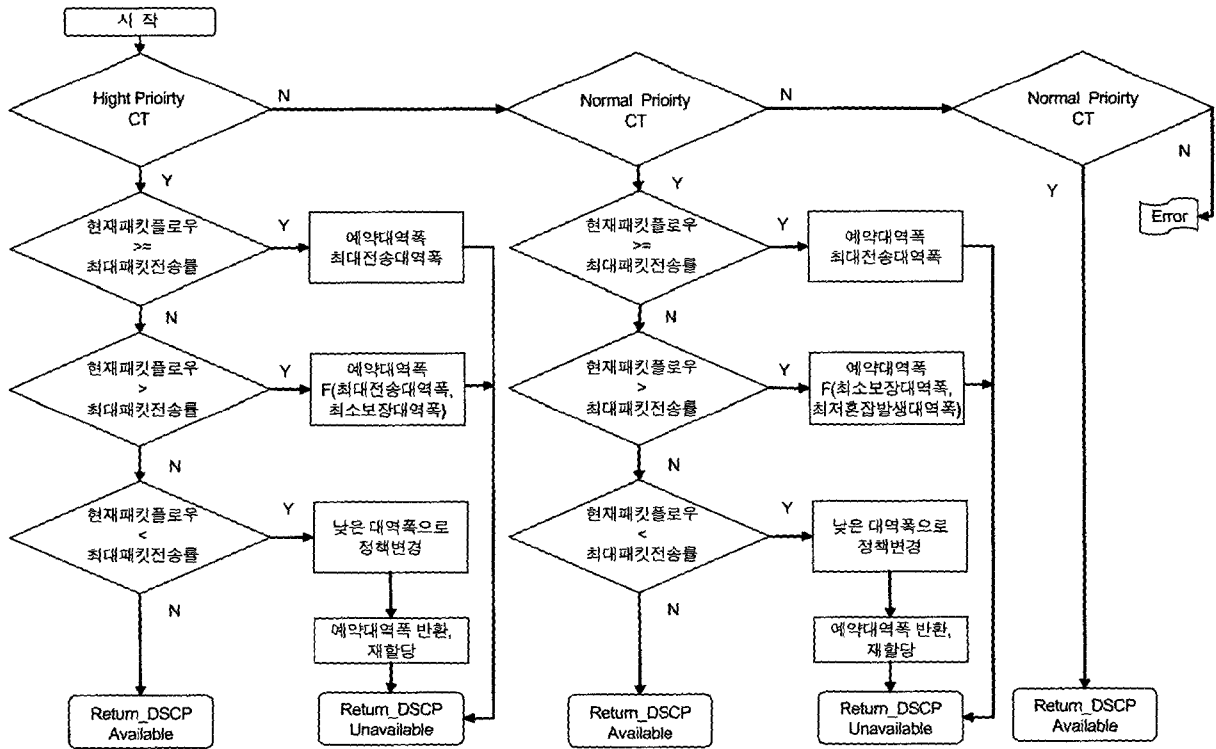
대한 갱신 및 재구성을 용이 하게 할 수 있다.

3.2 동적 대역폭 할당 알고리즘

동적 대역폭 관리 구성은 (그림 3)과 같이 설명될 수 있다. Source와 Destination을 쌍으로 종단 간에 자원 할당을 담당하는 대역폭 관리자가 있고, 각각의 사용자는 MPLS DiffServ 망에서의 RSVP 시그널링에 의해, 각각의 클래스 별로 차등 서비스를 지원하도록 대역폭을 할당 하는 방법을 제공한다고 가정한다. 그리고 서로 다른 네트워크 도메인간의 대역폭 관리 연동은 고려하지 않는다.



(그림 3) 동적 대역폭 관리 구성



(그림 4) 클래스별 대역폭 관리 알고리즘

사용자 측의 전송지에서 목적지로 패킷을 보내기 위해 네트워크의 자원 할당 요청을 하게 되면 패킷이 진입하는 엣지 라우터가 이 요구를 접수한 다음 정책 데이터베이스를 살펴보고 사용 가능한 대역폭과 허용가능 지연시간, 그리고 SLA의 값들을 참조해 DSCP 값을 할당한다. 그리고 정해진 DSCP 값을 목적지 엣지 라우터에 시그널링을 통해 보내고 라우터를 설정한다[15]. 그리고 RSVP에 의해 매핑된 DSCP 값을 참조해 레이블을 할당 받고 해당 코어 라우터로 전송한다. 코어 라우터에서는 레이블 스위칭을 통해 패킷을 전송하고 최종 목적지 이전의 출구 라우터에서 레이블을 떼어낸 후 패킷을 목적지의 IP 스택에 보내게 된다.

만약 기존의 패킷 전송지에서 이미 할당된 클래스의 대역폭 보다 낮은 전송 비율로 패킷을 전송 할 경우 엣지 라우터는 네트워크로 진입하는 패킷 플로우에 대하여 낮은 우선순위의 DSCP값을 부여하도록 정책 데이터베이스를 갱신한다. 낮은 우선순위의 DSCP값을 받은 패킷 플로우는 그 패킷 클래스에 맞는 레이블을 할당 받고 같은 방법으로 목적지까지 전송되며, 차감된 대역폭은 사용 가능한 대역폭 정보로 갱신되어 대역폭 관리자에 의해 재 할당 된다. 그리고 특정 클래스의 할당된 대역폭이 트래픽 플로우 양이 폭증하여 한계에 이르고, 다른 클래스의 대역폭과 예약되지 않은 대역폭의 여유가 있을 때 대역폭 관리자는 정책 데이터베이스를 갱신하여 클래스 별로 변경된 정책에 대한 대역폭을 할당한다. 대역폭 관리자의 정책 데이터베이스 갱신 및 엣지 라우터 갱신은 (그림 4)의 순서로 진행된다.

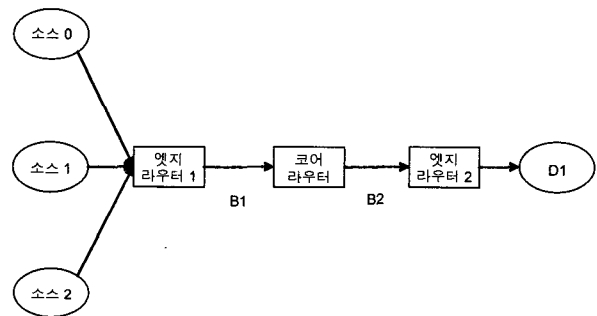
4. 실험 및 평가

4.1 실험 네트워크 구성

본 논문의 대역폭 관리모델을 평가하기 위해 NS-2 툴킷을 이용하여 시뮬레이션을 수행 하였다. NS-2(Network Simulator 2) 툴킷은 서로 다른 네트워크 토폴로지와 트래픽 모델에 대해서 실제적 상황에서 시뮬레이션 할 수 있는 기능을 갖고 있고, Open Architecture로 구성되어 있어 사용자들이 새로운 모델이나 기능을 추가해서 유용하게 시뮬레이션 할 수 있다. 본 논문에서는 Nortel Networks Corp에서 제공한 DiffServ aware MPLS 실험모델[16]을 확장하여 사용하였다.

MPLS DiffServ의 실험모델은 엣지 라우터와 코어 라우터 그리고 정책관리자의 세 가지 모듈로 구성되어 있다. 정책관리 모듈은 엣지 라우터의 정책을 생성, 조정, 수행하는 기능을 담당한다. 정책은 패킷이 엣지 라우터에 도달했을 때 어떻게 처리 되어야 하는가를 정의하고 TCL 스크립트로 표현한다. 각 클래스별 정책은 정책 값을 저장하고 있는 배열 형태의 테이블을 사용하고, SLA에 관련된 현재 자원 예약상태, 라우터 설정 및 라우터 정책, 그리고 DSCP 매핑 값을 갖고 있다. 패킷이 엣지 라우터에 도달하면 어느 트래픽

클래스에 속하는지 결정되고 클래스에 할당된 패킷 전송률 인가를 판별하기 위해 트래픽 측정 정책에 의해 클라이언트에서 보내는 평균 트래픽 전송률을 계산한다. 동적으로 대역폭을 할당하기 위해서는 사용자 측에서 보내는 트래픽 플로우의 전송을 모니터 하면서 데이터 전송 량이 이미 할당된 클래스의 대역 보다 낮은 비율로 패킷이 전송되면, 해당 클래스의 허용가능 지연시간과 지터등의 SLA값들을 참조해 낮은 단계의 DSCP값을 할당하게 하고, 나머지 대역은 다시 새로운 패킷 플로우에 할당할 수 있도록 반환 한다. 본 논문의 동적 대역폭 관리 모델은 기존의 DiffServ MPLS망과의 시뮬레이션 결과를 통해 그 성능을 비교해 볼 수 있다. 실험에 사용될 네트워크 모델은 (그림 5)와 같이 4개의 노드와 2개의 엣지 라우터 1개의 코어 라우터로 구성되어 있으며, 엣지 라우터1에서 플로우 감시 및 클래스 별 패킷 분류를 한다. 소스에서 목적지까지 링크는 심플렉스 링크이며 테스트 타임은 100으로 설정하였다.



(그림 5) 실험 네트워크 구성

본 논문의 실험에서는 소스 노드에서 요청하는 모든 대역이 코어 네트워크의 링크대역에서 감당할 수 있을 때와 소스 노드에서 요청하는 대역이 코어 네트워크에서 제공할 수 있는 한계 대역을 초과하는, 즉 패킷 처리 지연으로 인한 혼잡이 발생하는 두 가지 상황에서 DiffServ MPLS 모델의 패킷 처리능력과 제안된 동적 대역 할당 모델의 패킷 처리능력에 대하여 시뮬레이션 한다.

(그림 5)에서 트래픽을 발생시키는 송신지는 소스 0, 소스 1, 소스 2이며 D1은 트래픽이 전송되는 수신지이다. 본 논문의 시뮬레이션에서 소스 노드의 트래픽 타입은 각 트래픽 타입별 특성을 반영하기 위해 하드 트래픽과 소프트 트래픽으로 구분하였는데, 하드 트래픽 타입은 VoIP 서비스, 소프트 트래픽 타입은 VoD(MPEG-2) 서비스로 전체 하였다. 일반적으로 VoIP 트래픽은 Exponential 분포를 따르므로 NS-2의 Exponential 트래픽 에이전트를 이용하였고, MPEG-2 트래픽은 CBR(Constant Bit Rate)과 VBR(Variable Bit Rate)를 지원하므로 NS-2의 CBR 트래픽 에이전트를 이용하였다. 각 트래픽 타입별 패킷 사이즈와 전송 속도 등의 파라미터 값은 서비스별 특성을 반영하여 설정하였다. <표 1>은 (그

림 5)의 실험 네트워크의 구성요소에 대한 소스 트래픽 특성과 파라미터 값을 나타내며, <표 2>는 TCL 스크립트로 입력되는 최초 정책과 최초 정책이 수행되지 못 할 경우의 대체 정책을 나타낸다.

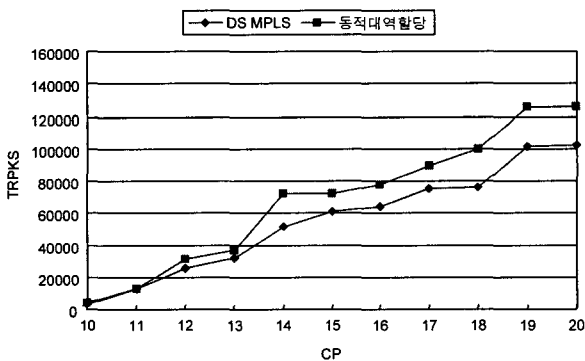
<표 1> 실험 네트워크 구성 파라미터

이름	파라미터
소스 0	하드 트래픽, Packet Size = 500, Burst Time = 500ms, Idle Time = 300ms, Rate = 1Mbps
소스 1	하드 트래픽, Packet Size = 500, Burst Time = 500ms, Idle Time = 300ms, Rate = 1.5Mbps
소스 2	소프트 트래픽, CBR Type, Source UDP, Rate = 2Mbps
D1	목적지 노드(Generic Node)
B1	대역폭 = 4.5Mbps, 딜레이 = 5ms, 3큐 3Drop 우선순위 스케줄 모드
B2	대역폭 = 4.5Mbps, 딜레이 = 5ms, 3큐 3Drop 우선순위 스케줄 모드

<표 2> 최초 패킷 처리 정책과 대체정책

	CIR	PIR	정책	대체 CIR	대체 PIR	대체정책
소스 0	1Mbps	1Mbps	EF	500Kbps	700Kbps	EF
소스 1	1.5Mbps	2Mbps	EF	1Mbps	1.5Mbps	TSW3CM
소스 2	2Mbps	2.5Mbps	TSW3CM	1.5Mbps	2Mbps	TSW3CM

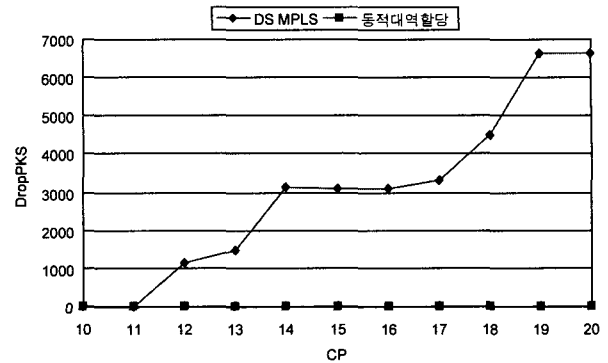
(그림 6)은 (그림 5)의 실험 네트워크를 이용하여 <표 1>의 파라미터 값과 <표 2>의 패킷 처리정책을 이용하여 DiffServ MPLS 모델과 제안된 동적 대역 할당 모듈 하에서 시뮬레이션 한 결과이다. (그림 7)의 결과에서 볼 수 있듯이 CP 12부터 DiffServ MPLS 모듈에서는 폐기되는 패킷이 나타나기 시작하여 실험이 종료되는 시점까지 꾸준히 증가하지만 동적 대역할당 모듈에서는 패킷 손실이 발생하지 않고 보장된 서비스가 제공됨을 볼 수 있다.



(그림 6) 대역 용량을 초과하지 않을 때 패킷 처리비교

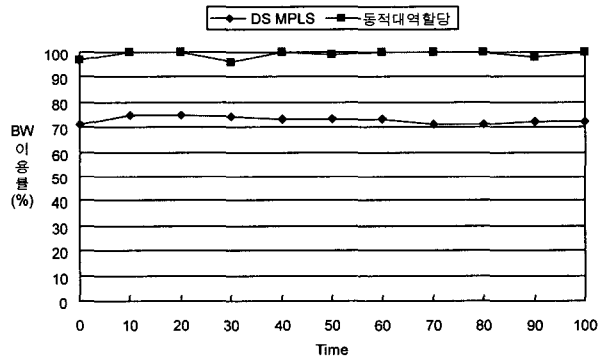
(그림 5)의 실험 네트워크에서 소스 노드에서 발생한 전송 트래픽은 MPLS 네트워크를 구성하는 노드인 엣지 라우터 1

과 코어 라우터, 엣지 라우터 2 사이의 LSP를 통과하게 된다.



(그림 7) 대역 용량을 초과하지 않을 때 폐기되는 패킷 비교

이때 LSP 대역폭 초기값을 4.5Mbps로 설정하여 대역폭 재조절 여부에 따른 대역폭 이용률을 측정하였다. (그림 8)의 결과에서 볼 수 있듯이 동적 대역 할당 모듈의 경우 트래픽의 증감에 따라 동적으로 소스 노드에서 요청하는 대역폭의 크기를 변화시키므로 거의 100%에 가까운 대역폭 이용률을 보이고 있으며, 클래스별로 고정된 값을 사용하는 DiffServ MPLS 모델보다 20%이상의 대역폭 사용 효율을 보이고 있다.

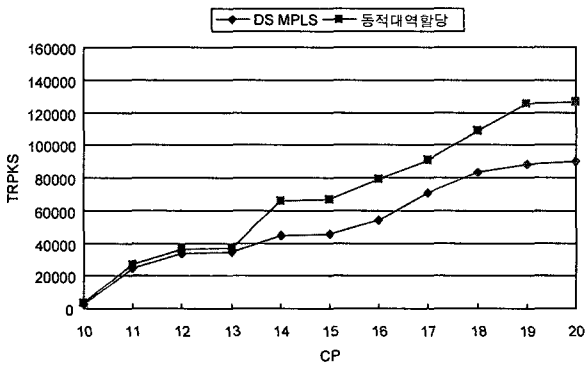


(그림 8) 대역 용량을 초과하지 않을 때 대역폭 이용률

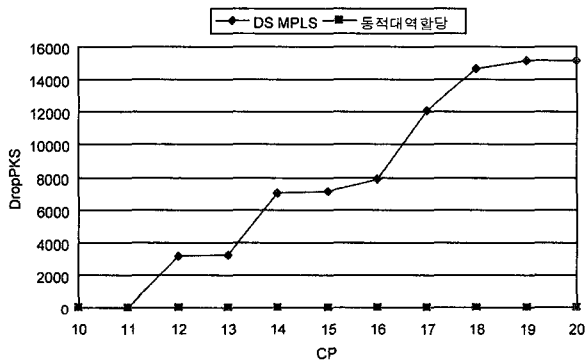
두 번째 실험은 소스 노드에서 요청하는 대역이 코어 네트워크의 허용한계를 넘어서 혼잡 및 지연이 발생하는 경우로 (그림 5)의 실험 네트워크에서 소스 0 노드의 요청 대역폭을 1.5 Mbps로 상향 조정하여 DiffServ MPLS 모듈과 동적 대역 할당 모듈 하에서 실험하였다. (그림 5)의 네트워크 링크용량이 4.5Mbps이므로 소스 0를 1.5Mbps로 상향 조정한다면, 소스 노드들의 총 요청 대역은 5Mbps이므로, 네트워크에 대역 할당 초과에 따른 혼잡 현상이 발생할 것이다.

(그림 9)와 (그림 10)의 결과에서 볼 수 있듯이 폐기되는 패킷이 발생하는 CP 12에서부터 DiffServ MPLS 모듈과 동적 대역 할당 모듈의 패킷 처리량이 차이가 나기 시작한다. 클래스별 고정 대역을 사용하는 DiffServ MPLS 모듈에서

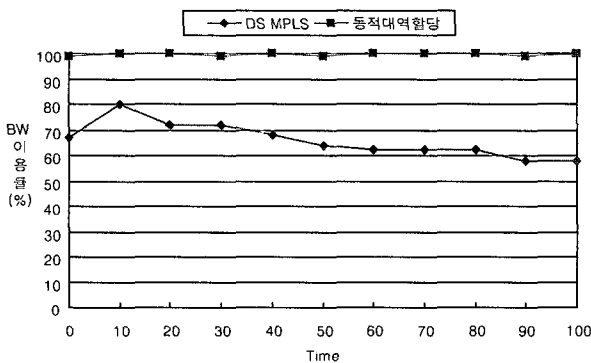
는 SLA를 충족시키지 못하는 패킷 플로우의 경우 폐기 시키며, 혼잡 상황에서도 SLA를 충족시킬 수 있는 패킷 플로우만 처리하기 때문에 폐기되는 패킷이 지속적으로 증가하게 된다.



(그림 9) 대역 용량을 초과하여 혼잡 발생시 패킷 처리 성능 비교



(그림 10) 대역 용량을 초과하여 혼잡 발생시 폐기되는 패킷 비교



(그림 11) 대역 용량을 초과하여 혼잡 발생시 대역폭 이용률

두 번째 실험의 대역 이용률을 측정 한 결과 (그림 11)과 같이 대역 재조절을 통한 동적 대역 할당 모듈은 트래픽의 증감에 따라 대역폭 크기를 변화시키기 때문에 거의 100%에 가까운 이용률을 보이고 있다. 이는 시뮬레이션 도구의 특성으로 인해 재조절에 따른 처리 지연, 대역폭 재조절의 입계치, 플로우의 요청 대역폭과 실제 전송 트래픽의 차이

등이 반영되지 않은 결과로서 실제 구현 환경에서는 이보다 낮은 이용률을 나타낼 것으로 예상된다. 혼잡 상황에서 클래스별 고정된 대역을 사용하는 경우에는 트래픽의 증감에 따른 대역폭 변동이 없기 때문에 전송 트래픽이 대역폭 보다 많을 경우에는 폐기되는 패킷이 발생하고 상대적으로 느슨한 SLA를 만족하는 패킷만을 처리하기 때문에 혼잡상황이 증가되면 증가될수록 대역 이용률이 떨어짐을 볼 수 있다.

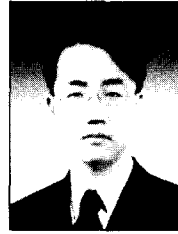
4. 결 론

본 논문에서는 차등화 서비스를 지원하는 MPLS 네트워크에서 기존의 클래스 별 고정된 대역 할당에 기반을 둔 QoS서비스의 비효율성을 극복하고 보다 효율적으로 네트워크 트래픽 처리 능력을 증대시키기 위해 엣지 라우터에 진입하는 트래픽 플로우의 측정에 기반을 둔 동적 대역 할당 방안을 제시 하고 평가 하였다. 본 논문의 대역 관리 방안은 어느 특정 클라이언트에 의해 예약되었지만 사용하지 않는 대역을 다른 클라이언트들이 이용 할 수 있도록 반환 해 줌으로서 제한된 대역의 가용성을 최대화 시켰다. NS-2로 시뮬레이션 한 결과 동적 대역 관리 모델은 기존의 DiffServ MPLS 모델에 비하여 20% 이상 높아진 대역 이용률을 볼 수 있었다. 본 논문에서 트래픽의 증감을 측정하는데 사용된 평균 전송률 예측 기반 방식은 고정된 시간 창 길이를 이용하여 평균 전송률을 예측하기 때문에 실제로 구현된 네트워크에 존재하는 다양한 트래픽 플로우를 측정하는데 약간의 오차가 발생할 수 있다. 따라서 향후 연구과제로는 이러한 오차를 극복하고 엄격하고 세분화된 QoS 트래픽 정책을 제공하는 연구가 필요하다. 본 연구는 소스에서 목적지까지 장애가 발생하지 않는다는 가정 하에 연구하였기 때문에 링크나 노드 장애 시 즉시 복구를 가능하게 하는 방안에 대한 연구도 병행되어야 할 것이다

참 고 문 헌

- [1] D. Awduche, L. Berger and D. Gan, "RSVP-TE : Extensions to RSVP for LSP Tunnels", RFC 3209, December, 2001.
- [2] Sanda D, Dadu D. and Dr. Martin C, "Bandwidth Management in MPLS Networks" pp.3-21, November, 2001.
- [3] The Network Simulator (NS-2) Homepage <http://www.isi.edu/nsnam/ns>, 2003.
- [4] 이은규, 변상익, 이수인, 김명철, "IntServ/RSVP와 DiffServ를 제공하는 네트워크에서 중단간의 서비스 품질을 보장하기 위한 Bandwidth Broker의 역할", 한국정보과학회 추계학술대회 학술발표논문집 Vol.27, No.2, pp.2-6, 2000.
- [5] E. Rosen and R. Callon, "Multi protocol Label Switching Architecture," Cisco Systems, Inc. Forcel0 Networks, Inc. Juniper Networks, Inc., January, 2001.

- [6] S. Blake and D. Black, "An Architecture for Differentiated Services," Bell Labs Lucent Technologies, W. Weiss, Lucent Technologies., December, 2000.
- [7] 전용희, 박수영, "차등 서비스 네트워크에 대한 성능 분석과 합성에 대한 연구", 정보처리학회논문지C, 제9-C권 제1호, pp. 3-22, Feb., 2002.
- [8] Semeria C., "Supporting Differentiated Services Classes" : Active Queue Memory Management. White Paper, Juniper Networks Inc., 2002.
- [9] F. Le Faucheur, L. Wu, B. Davie and S. Davari, "Multi-Protocol Label Switching (MPLS) Support of Differentiated Services," May, 2002.
- [10] 권호환, 윤상식, 최덕재, "Linux 기반의 DiffServ over MPLS망 구축 및 IEEE 1394 활용방안 연구", 한국통신학회 pp.3-15, 2002.
- [11] M. Mahajan and M. Parashar, "Content Aware Bandwidth Broker," Proc. Of Fourth Annual International Workshop on Active Middleware Services. Network Services Session. 83-90, Edinburgh. Scotland, July, 2001.
- [12] W. Fang, N. Seddigh and B. Nandy, "A Time Sliding Window Three Colour Marker (TSWTCM)," Nortel Networks, June, 2000.
- [13] Heinanen J, Finland T. and Guerin R., "A Single Rate Three Color Marker. Internet Draft," May, 2000.
- [14] Heinanen J, Finland T. and Guerin R, "A Two Rate Three Color Marker, Internet Draft," May, 2000.
- [15] Jerry Ash, "Max Allocation with Reservation Bandwidth Constraints Model for DiffServ-aware MPLS Traffic Engineering & Performance Comparisons," AT&T, pp. 3-24, January, 2004.
- [16] Baines M., Shallwani and F. Ethridge J., "A Network Simulator Differentiated Services Implementation, Open IP, Nortel Networks," July, 2002.



김 성 찬

e-mail : viper72@chol.com

2002년 숭실대학교 정보과학대학원

정보통신학과 석사

2000년~현재 (주)유코레일 정보시스템부

과장

2002년~현재 숭실대학교 대학원

컴퓨터과학 박사과정

관심분야 : 정보보호, 유무선 PKI, VPN, MPLS, 트래픽 엔지니어링, QoS 라우팅, DiffServ, 액티브 네트워크



장 근 원

e-mail : jaques72@naver.com

2002년 숭실대학교 정보과학대학원

정보통신학과 석사

2002년~현재 숭실대학교 대학원

컴퓨터과학 박사과정

관심분야 : 정보보호, 유무선 PKI, RFID,

스마트카드, QoS 라우팅,

DiffServ, BcN



오 해 석

e-mail : oh@kyungwon.ac.kr

1981년 서울대학교 대학원 컴퓨터과학 석사

1989년 서울대학교 대학원 컴퓨터과학 박사

1982년~2003년 숭실대학교 정보과학대학

교수

1990년~1991년 일본 동경대학교 객원교수

2000년~2001년 미국 스탠포드대학교 객원교수

2003년~현재 경원대학교 소프트웨어 대학 교수

관심분야 : 멀티미디어, 데이터베이스, 영상처리, 정보보호, 멀티

미디어 암호, 유무선 PKI