

Differentiated Service 제공을 위한 CBQ 기반의 패킷 전송 기법에 대한 연구

°문준현, 김광현

광주대학교 컴퓨터학과, 광주대학교 컴퓨터전자통신공학부
hpkim@bravo.kwangju.ac.kr, ghkim@hosim.kwangju.ac.kr

A Study on Packet Transmission Mechanism based on CBQ for Providing the Differentiated Service

°Jun-Hyun Moon, Gwang-Hyun Kim

Dept. of Computer Science and Engineering, Kwangju Univ.
Dept. of Computer Science and Electronics and Telecommunications, Kwangju Univ.

요약

현재 인터넷이 제공하는 최선의 서비스(best-effort)를 개선하기 위해서 IETF(Internet Engineering Task Force)의 DiffServ(Differentiated Service) WG에서는 현재의 인터넷 서비스를 보다 차별화된 QoS를 제공할 수 있도록 하는 방안으로서 Differentiated Service를 제안하였다. 본 논문에서는 이러한 Differentiated Service의 개념과 구조를 살펴보고 Differentiated Service에서 트래픽 포워딩을 효율적으로 제공하기 위한 하나의 방법으로서 CBQ를 이용한 패킷 전송 기법을 제안한다. 본 논문에서 제안하고 있는 이러한 방법을 통해 서비스 측면에서 어느 정도까지의 QoS를 보장할 수 있는지를 실험적으로 보이고자 한다.

1. 서론

최근 인터넷이 전세계적으로 많은 사용자를 확보하게 됨으로써 누구나 쉽게 인터넷을 이용해서 자신이 원하는 정보를 손쉽게 찾을 수 있게 되었다. 이러한 인터넷의 양적인 증가와 함께 인터넷에서 다루고 있는 데이터의 종류도 기존의 단순한 텍스트 위주의 데이터에서 오디오, 비디오 데이터를 비롯해서 실시간성이 요구되는 스트리밍 데이터 등 수많은 종류가 생겨나게 되었다. 또 여기에 화상회의나 원격 강의, VOD 등과 같이 QoS(Quality of Services)의 보장을 요구하는 많은 실시간 멀티미디어 서비스가 증가하고 있다. 하지만 현재의 인터넷은 패킷에 따른 구별 없이 똑 같은 서비스가 제공되는 최선의 서비스만을 제공하므로, 실시간 응용 서비스들이 요구하는 QoS를 보장할 수 없다. 이에 따라 최근 몇 년 전부터 인터넷에서 QoS에 대한 요구가 심화되었으며, 이를 해결하기 위한 다양한 기술들을 연구하게 되었다. 현재의 인터넷은 양적인 성장 및 서비스 측면의 요구 조건을 충족시키기 위해서 크게 고속화 QoS를 목표로 발전을 추가하고 있다. 이러한 노력의 일환으로, 기존의 최선의 서비스만을 제공하는 현재의 인터넷의 서비스를 개선하기 위해 IETF에서는 다양한 서비스의 품질을 제공하는 여러 서비스 모델을 제시하고 있다. 이렇게 해서 제시된 서비스 중 하나가 서비스의 차별화를 위해 패킷의 흐름(flow)을 단위로 하여 QoS를 보장하는 Integrated Services로서 RSVP(Resource Reservation Protocol)에 기반을 두고 있다. 이 방식의 경우 확실하게 차별화된 서비스를 제공할 수 있으나, 인터넷 기반에 전반적인 수정을 요구하는 단점이 있으며, 확장성에도 많은 문제점을 가지고 있다.

이러한 Integrated Services의 단점 때문에, 흐름단위에서 벗어나 흐름들의 집합(aggregate)을 단위로 서비스를 차별화 하는 Differentiated Service가 주목을 받게 되었다. Differentiated Service는 흐름의 집합별로 차별화된 서비스를 제공함으로써 Integrated Services에 비해 훨씬 간단하고, 또한 확장성도 우수하고 간단한 소프트웨어 업그레이드

를 함으로써 현재의 인터넷의 문제점을 개선할 수 있는 방식이다[1,2].

본 논문의 구성을 살펴보면, 2장에서는 먼저 IETF에서 제안하고 있는 Differentiated Service의 개념과 구조를 살펴보고 3장에서는 인터넷에서 차별화 된 서비스를 위해서 본 논문에서 제안하는 CBQ를 이용해서 Differentiated Service에서 효율적인 패킷 전송 모델을 설계하고 4장에서는 앞으로의 연구 방향과 결론을 맺도록 한다.

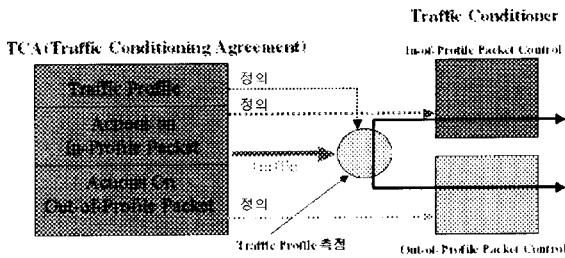
2. Differentiated Service의 구조

2.1 Differentiated Service 망 구조

Differentiated Service는 구조는 두 가지 특징을 가지고 있다. 첫째, Differentiated Service는 Integrated Services처럼 하나의 IP 패킷 흐름, 즉 흐름별로 서로 다른 QoS를 제공한다는 개념이 아니라, 흐름집합을 단위로 각 집합별로 서로 다른 패킷 전달 품질을 제공한다. 둘째로 Differentiated Service는 End-to-End 신호를 사용하지 않고 Per-Hop-Behavior(PHB) 방식을 채택하였다. 따라서 Differentiated Service는 여러 ISP(Internet Services Provider) 망이 연결된 큰 규모의 인터넷 망에 적용할 수 있는 확장성을 갖는다. Differentiated Service를 제공할 수 있는 능력을 갖는 망은 여러 ISP 망으로 구성될 수 있다. ISP를 연결하는 링크상에 경계노드(Boundary node)가 존재하며, Differentiated Service망이 Non-Differentiated Service망과 연결되는 위치를 Edge라 부른다. DS domain은 DS 노드들의 연속적인 집합으로 같은 관리를 받는 여러 네트워크로 구성되며 여러 개의 DS domain들이 서로 연결되어 DS region을 구성한다. 일반적인 Differentiated Service망은 DS 노드들의 집합으로 이루어진 여러 개의 DS Domain으로 구성되며, DS 노드는 edge 노드와 내부 노드(interior node)로 구분된다. DS edge는 다른 DS domain이나 Non-DS domain 간의 연동을 수행할 수 있도록 되어있다[3].

2.2 Differentiated Service 구성 요소

Differentiated Service에서는 트래픽이 DS 도메인 내로 들어 올 때 이러한 트래픽이 이웃 도메인과의 계약을 준수하는 지 확인하고 필요에 따라 표시 기능을 수행하며, 트래픽이 해당 DS 도메인을 벗어나는 경우 DS 도메인 내에서 정의하고 있는 PHB에 따라서 패킷을 전달하도록 트래픽 제어를 수행한다. 그러므로 DS 도메인 내에서 QoS를 제어하기 위해서는 위에서 언급한 바와 같이 DS 노드의 동작을 나타내는 PHB, PHB에 해당하는 IPv4, IPv6의 각각의 Codepoint, 그리고 PHB 구현을 위한 기본 메커니즘의 설정이 필요하다. 이러한 동작들이 적절히 수행되기 위해서는 DS 노드에 트래픽 제어 기능들이 일반적으로 구현되어 있어야 한다. [그림 1]은 DS 도메인 내의 노드들이 QoS를 제어하기 위해서 필요한 일반적인 기능적 구조를 나타내고 있다.

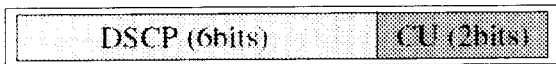


[그림 1] Differentiated Service의 기능적 구조

Differentiated Service에서는 위의 [그림 1]에 나타나있는 것처럼 트래픽 프로파일에 따라 이를 위반한 패킷(out-of-profile)과 위반하지 않은 패킷(in-of-profile)으로 구분하며, 각각의 패킷들은 적절한 동작 모듈로 입력되어 처리된다[4].

2.3 PHB(Per-Hop Behavior)

Differentiated Service는 사용자에게 높은 우선 순위를 갖고 ISP사이에 패킷이 전송될 수 있도록 각각의 흐름에 따라 패킷의 우선순위를 정의하고 있다. 이러한 서비스를 제공하기 위해서 IPv4에서는 IP 헤더의 DS 영역을 사용하여 패킷을 마킹하는 방법을 사용하고, IPv6의 경우는 헤더의 트래픽 클래스 바이트를 사용한다. 현재 표준안으로 제안된 DS 바이트는 [그림 2]와 같이 6개의 비트가 패킷 전달 방식에 관련된 PHB를 결정하는 DSCP로 할당되어 있다[5].



* DSCP : Differentiated Service Codepoint
* CU : Currently Unused

[그림 2] TCP 헤더의 DS 바이트

PHB는 DS 영역 중 6비트를 사용하는데, DS 노드에서 특정 패킷 집합의 전송 속성에 대한 등급을 나타낸 것이다. 따라서 각 DS 노드에서는 PHB에 정의된 속성에 따라 패킷 전송 시 대역폭과 같은 자원을 다르게 할당하게 된다. 정의된 PHB들이 집합을 형성하여, 큐 관리 방식과 같은 공통적인 규약에 따라 서비스를 받을 수 있는데, 이러한 PHB들의 집합을 PHB 그룹이라고 한다. 현재 제안된 PHB 그룹으로는 EF(Expedite Forwarding) PHB, AF(Assured Forwarding) PHB 그룹 등이 있다. PHB 그룹들은 DS 도메인의 서비스 제공자

에 따라 자유로이 선택되어 사용되며, 한 노드에서 하나 이상의 PHB 그룹이 사용될 수 있다. 또한 각 PHB와 DSCP간의 대응은 고정적으로 정의된 것이 아니라, 각 DS 도메인에 따라 자유롭게 정의될 수 있다. 각 노드에서 정의된 PHB 그룹들은 노드에서 수행되는 패킷 스케줄링 방식과 버퍼 관리 방식에 따라서 구체적으로 실행된다. 지금까지 DiffServ WG에서 정의하고 있는 PHB로는 세 가지가 있다. 그 중 DE PHB는 Codepoint '000000'로 정의되어 있고 현재 인터넷에서 서비스되고 있는 최선의 서비스 형태이다. EF PHB는 Codepoint가 '000010'이고 우선순위가 가장 높은 전달방식으로서 확실한 대역폭 뿐만 아니라 낮은 지연과 손실률도 보장해야 하며, 다른 트래픽의 부하에 의한 영향을 받지 않아야 한다. EF 트래픽에 대한 서비스는 두 부분으로 이루어져 있는데 첫째로 각 노드의 EF PHB는 적절한 최소 전송률을 설정해야 하며, 둘째로 DS 도메인의 경계 노드에서는 트래픽을 조절하여 내부 노드에서 패킷의 도착률이 전송률을 넘어서지 않도록 해야 한다.

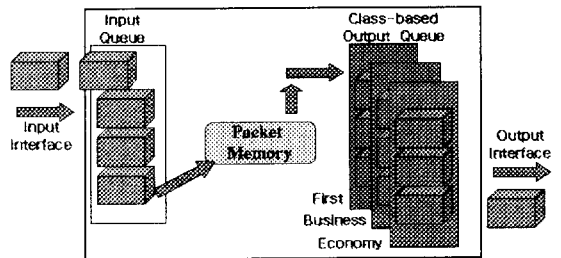
[표 1] AF PHB 그룹

구분	Class 1	Class 2	Class 3	Class 4
Low Drop Prec.	001010	010010	011010	100010
Medium Drop Prec.	001100	010100	011100	100100
High Drop Prec.	001110	010110	011110	100110

AF PHB 그룹은 [표 1]과 같이 4개의 Class로 구성되어 있으며, 각 클래스는 다른 클래스와 독립적으로 대역폭이나 버퍼와 같은 자원이 할당된다. 또한 각 클래스별로 3등급의 폐기 순서가 구분되어 총 12개의 PHB로 나누어져 있다[6].

3. CBQ(Class Based Queuing)

CBQ는 우선순위 큐잉 방법의 변형으로 서비스 클래스에 따라 서비스 큐를 정의하고 있으며 특정 서비스 클래스가 낮은 우선 순위로 인해 자원을 할당 받지 못하여 생기는 굶주림 현상을 막기 위하여 고안되었다. 또한 관리자는 각 큐가 서비스 되는 성향이나 큐잉되는 트래픽의 양 등을 결정할 수 있다. CBQ는 트래픽의 형태에 따라 우선 순위에 기초하여 큐잉 서비스를 수행하고 특정 서비스 클래스의 트래픽이 시스템 자원과 대역폭을 독점하는 것을 막음으로써 공평성을 제공하게 된다.

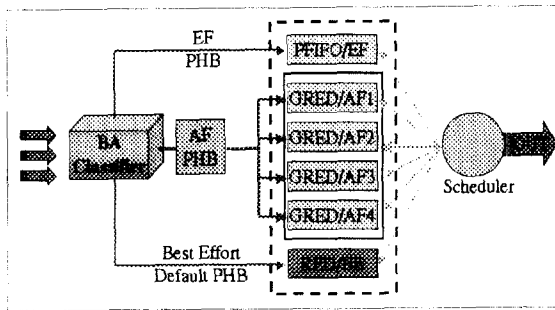


[그림 3] CBQ의 일반적인 구조

[그림 3]은 high, medium, low 3개의 우선 순위를 갖는 CBQ이다. CBQ는 각 큐의 우선 순위에 따라 각기 다른 양의 서비스 한계값을 두고 이 값에 따라 스케줄링 라운드마다 각 큐를 서비스함으로써 특정 서비스 클래스가 영구히 서비스 받지 못하는 굶주림 문제를 막을 수 있으며 각 패킷들은 상당히 적은 양의 지연값으로 서비스 되어진다. 일반적으로 CBQ는 각 서비스 클래스에 일정한 양의 대역폭을 할당하는 방법으로

인식되어 진다. CBQ는 높은 우선 순위의 트래픽에 더 많은 양의 자원을 할당함으로써, 우선순위 큐잉 방법에서 높은 우선 순위를 갖는 트래픽을 무조건 먼저 서비스해 줌으로써 낮은 우선 순위를 갖는 트래픽이 자원을 할당 받지 못하여 발생하는 굼뚱뚱 문제를 해결할 수 있다. 즉, 우선순위 큐잉방법과 비교해 낮은 우선 순위를 갖는 트래픽에 대해 자원을 무조건 빼앗는 것이 아니라 약간의 일정한 자원을 할당하여 서비스를 수행하게 된다. 또한 CBQ는 트래픽을 여러 가지 서비스 클래스(Class of Service, CoS)로 분류하는 기본적인 방법으로 간주되어지며 각 서비스 클래스에 대해 링크 공유를 제공하고 큐 자원을 관리하는 방법을 제공한다.

본 논문에서는 이러한 CBQ를 Differentiated Services의 트래픽 제어기에 적용시켜서 각각의 PHB에 따라 포워딩된 패킷을 에지 노드에서 처리하는 모델을 제시하고자 한다. Differentiated Services의 트래픽 제어기는 크게 네 가지로 구성되어 있다. 먼저 패킷 헤더내의 특정 영역들을 참고로 하여 트래픽 스트림으로부터 특정 패킷을 선택하는 Classifier, 선택된 패킷을 TCA의 프로파일을 기반으로 측정하는 미터, 패킷 헤더 내의 DS Field 값을 특정 codepoint 값으로 설정하는 기능을 하는 마커가 존재한다. 마지막으로 헤이퍼는 트래픽 스트림을 트래픽 프로파일에 맞추기 위해 하나 혹은 여러 개의 패킷들을 지연시키고, 버퍼 크기를 0 또는 작은 값으로 설정함으로써 패킷을 드롭시키는 기능을 각각 수행한다.



[그림 4] CBQ를 이용한 패킷 전송

위의 [그림 4]는 Differentiated Services에서 CBQ를 이용해서 PHB 그룹들을 스케줄링하고 포워딩하는 모델이다. 패킷이 수신되면 먼저 패킷 분류자는 수신된 패킷의 헤더정보를 식별하고 패킷 스케줄러에 의해 이 패킷이 서비스될 클래스가 결정된다. 이때 패킷 분류자는 큐 정보와 기타 클래스 관련 정보를 가지고 있는 클래스 구조체에 포인터를 넘기고, 패킷 스케줄러는 해당 큐가 오버플로우 되었는지를 체크하여 넘치지 않았다면 각각의 PHB 그룹에 맞는 서비스 클래스 큐에 각각 큐잉될 것이다. 출력 드라이버는 스케줄러와 비동기적으로 동작하므로 링크 레이어로 전송할 데이터가 있을 때 구동되어 패킷 스케줄러를 호출하고 패킷 스케줄러는 각 큐의 사용량과 우선 순위에 따라 다음 패킷을 전송할 큐를 결정하여 출력 드라이버로 전송하게 된다. CBQ에서 패킷 스케줄러에 의해 사용되어지는 스케줄링 알고리즘은 링크-공유 스케줄러(link-sharing scheduler)와 GPS(Generalized Packet Scheduler)이다. CBQ에서 사용되는 링크-공유 스케줄러는 탑-레벨 링크-공유 스케줄러로 많이 과부하 되었을 때 동작하여 우선 순위가 낮은 클래스의 링크 사용량을 한정된 값으로 제한하고 우선 순위가 높

은 클래스가 할당된 대역폭보다 더 많이 사용할 수 있도록 대역폭의 사용량을 조절하는 기능을 수행한다. 대역폭의 사용량을 조절하는 방법은 오버플로우된 큐의 데이터를 버리거나 데이터의 전송을 지연시킨다. GPS는 PRR(Packet-by-packet Round Robin) 패킷 스케줄러와 WRR(Weighted Round Robin) 패킷 스케줄러로 구현되어 우선 순위에 기초하여 스케줄링을 수행한다.

이러한 점들로 미루어 보아 CBQ가 Differentiated Services 망에 적용된다면 사용자들이 원하는 QoS를 제공할 뿐만 아니라 네트워크의 트래픽 과부하를 적절하게 제어함으로써 네트워크의 향상된 속도와 안정성을 줄 수 있는 좋은 방안으로 생각된다.

4. 결론 및 향후 연구 과제

최근 인터넷 사용의 폭발적인 증가와 함께 점점 더 QoS에 대한 요구가 늘어나고 있으며, 이를 해결하기 위한 다양한 연구가 계속되고 있고 많은 기술들이 개발되고 있다. 그 중 IETF에서 제안하고 있는 Differentiated Service의 경우 현재의 인터넷 환경을 그대로 유지하면서 가장 손쉽게 QoS의 보장이 가능한 기술로 손꼽히고 있다. 또한 RSVP 망과의 연동을 통해서 가입자망에서는 RSVP를 사용하고 백본망으로는 Differentiated Service를 사용하는 방안도 제안되어 많은 연구 중에 있다.

본 논문에서는 이러한 Differentiated Services에서 정의된 PHB 그룹에 따른 패킷 전송을 하기 위한 방법 중 하나로 CBQ를 이용한 패킷 전송 기법에 관해서 제안하였다. CBQ를 이용한 패킷 전송 방식은 현재 RSVP 등에서도 많은 연구가 진행되고 또한 솔라리스나 리눅스용으로 CBQ 커널이 개발되어 있어서 실제 테스트 베드의 구축이 용이할 것으로 생각된다. 현재 이러한 방법 외에도 더욱 다양한 패킷 전송 방법들이 제안되고 있다. 따라서 이러한 PHB 그룹에 따라 적절한 패킷 스케줄링 및 버퍼 관리 방식이 수행되어야 할 것이다. 앞으로의 연구는 본 논문에서 제안한 CBQ를 이용한 패킷 전송 기법을 이용해서 얼마나 효율적으로 사용자 QoS가 보장되는가를 실험으로 통해 보이는 연구가 필요하다.

5. 참고 문헌

- [1] K. Nichols, S. Blake, "Definition of the Differentiated Services Field (DS Byte) in the Ip v4 and Ipv6 Headers", RFC 2474, December 1998.
- [2] D. Black, S. Blake, M. Carlson, E. Davies, Z. Wang, and W. Weiss, "An Architecture for Differentiated Services", Internet RFC 2475, December 1998.
- [3] K. Nichols, S. Blake, "Differentiated Services Operational Model and Definitions", Internet Draft, Feb. 1998.
- [4] Paul Ferguson and Geoff Huston, "Quality of Service in the Internet: Fact, Fiction, or Compromise?", INET'98 Jul. 1998.
- [5] 김영한, 신진서, "Differentiated Services의 동향 및 전망", 개방시스템, 12권 제2호, 1998.
- [6] 김광현, 조정호, 이태훈, "인터넷에서 Differentiated Service 제공을 위한 동적 셰이핑 기법에 관한 연구", 정보과학회 '99 봄 학술 발표 논문집, 제26권 1호, 1999.