

인터넷에서 End-to-End QoS 제공을 위한 Differentiated Services 에 관한 연구

이 계 상

동의대학교 전자통신공학과
e-mail: ksl@hyomin.dongueui.ac.kr

A Study on Differentiated Services Providing End-to-End QoS in Internet

Lee, Kye-Sang

Dept. of Electronic Communications Engineering
Dong-eui University
e-mail: ksl@hyomin.dongueui.ac.kr

요 약

최근 인터넷에서는 Mbone, 인터넷 폰과 같이 End-to-End QoS (Quality of Service) 보장을 요구하는 많은 실시간 멀티미디어 응용들이 출현하고 있다[1]. 인터넷 표준 기구인 IETF (Internet Engineering Task Force)에서는 과거 수년간, 이러한 실시간 멀티미디어 응용들을 지원하기 위한 Integrated Service 구조를 개발하고 자원 예약 프로토콜로서 RSVP (Resource Reservation Protocol)를 개발하였다. 하지만, flow 를 기본 단위로 하여 자원을 예약하고 패킷을 처리하는 Integrated Service 모델은 인터넷에 광역적으로 구축되기에는 너무 복잡한 것으로 드러났다.

이에 따라, 큰 규모의 인터넷 전달망에 적용할 경우 scalability 문제를 안고 있는 Integrated Service 모델의 대안 또는 보완책으로, Differentiated Service 구조가 작년부터 IETF 에서 활발히 논의되어 왔다 [2,3,4]. 본 논문에서는 Differentiated Service 의 구조 및 구성요소의 개념을 살펴보고, RSVP/Integrated Service 구조와 어떻게 공존하여 광역 인터넷에서 End-to-End QoS 를 제공할 수 있을지를 고찰한 다음, 향후 기술 발전을 전망한다.

1. 서 론

최근 들어, 인터넷에서는 Mbone, 인터넷 폰 등과 같은 실시간 응용 서비스가 증가하고 있다. 현재 인터넷에서는 best-effort 형 패킷 전달 서비

스가 제공되고 있다. 즉, 기존 데이터 서비스이건 새로운 실시간 멀티미디어 서비스이건 모든 트래픽이 차별없이 가능한 빠르고 많은 대역폭을 활용하는 방식으로 패킷 전달이 제공된다. 이러한 패킷 전달 방식은 실시간 응용 서비스가

요구하는 QoS를 만족시킬 수 없다.

실시간 응용 서비스가 요구하는 QoS를 지원하기 위해 기존 best-effort형 IP 패킷 전달 방식에 대한 보완 연구가, 최근 수년간 IETF Intserv WG (Working Group)에서 연구되어 왔다[5]. 이 WG에서 개발된 Integrated Service (IS) 방식은 실시간 응용에서 발생하는 패킷의 흐름(flow)을 단위로 하여 RSVP 신호 프로토콜을 이용하여 사전에 허락제어와 자원예약을 수행하여 QoS 보장형 서비스와 best-effort형 서비스 등을 제공한다. 하지만, 각 flow를 단위로 하여 자원예약을 하는 RSVP 프로토콜은 망의 규모가 커질 때 복잡성이 증대되는 scalability 문제를 갖고 있는 것으로 드러났다.

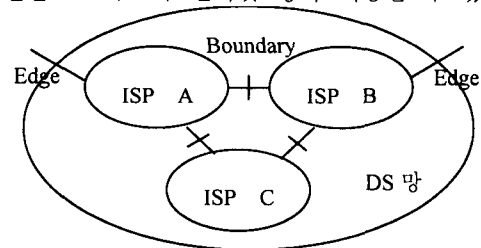
이에 따라, flow 단위에서 벗어나 어떤 flow들의 집합(aggregation)을 단위로 서비스 차별을 함으로써 훨씬 더 간단하고, 따라서 대규모 망에도 적용 가능한 새로운 구조로 Differentiated Service (DS)가 IETF Diffserv WG에서 작년부터 논의되기 시작되어 빠른 속도로 구조 및 관련 표준안이 개발되고 있다. Differentiated Service는 IP 패킷의 DS byte(현재 IP v4의 TOS와 IP v6의 Class Field) 정보에 의해 결정되는 중간 라우터의 패킷 전달 방식(Per-Hop Behavior)과 트래픽 조절기(Traffic Conditioner) 및 도메인의 서비스 할당 정책이 적절히 구성, 조합되어 다양한 서비스를 실현할 수 있는 구조를 갖는다.

본 논문에서는, 우선 Differentiated Service의 구조와 그 구성 요소인 Per-Hop Behavior (PHB), Traffic Conditioner 및 Service Allocation Method에 대하여 살펴본 후, End-to-End 서비스 제공을 위한 Integrated Service 구조와의 연동 방안을 분석하고, 향후 기술 발전을 전망한다.

2. Differentiated Service 구조

Differentiated Service 구조는 두 가지 특징을

갖는다. 첫째, 하나의 IP 패킷 흐름, 즉, flow 별로 서로 다른 QoS를 제공한다는 개념에서 벗어나, flow 집합을 단위로 각 집합 별로 서로 다른 패킷 전달 품질을 제공하고자 하는 개념이다. 둘째, Differentiated Service는 End-to-End Signalling을 사용하지 않고 Per-Hop Behavior 방식을 채택하였다. 따라서, Differentiated Service는 (그림 1)처럼 여러 ISP (Internet Service Provider) 망이 연결된 큰 규모의 인터넷 망에 적용할 수 있는



(그림 1) Differentiated Service 참조망

scalability를 갖는다.

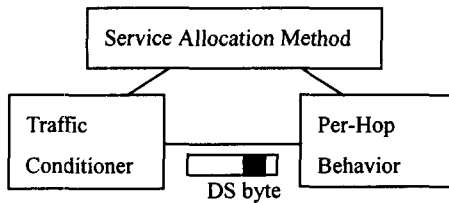
(그림 1)에서와 같이, Differentiated Service 제공능력을 갖는 망은 여러 ISP 망(또는 Autonomous System 또는 Domain)으로 구성될 수 있다. ISP를 연결하는 link 상에 Boundary가 존재하며, Differentiated Service 망이 Non-Differentiated Service 망과 연결되는 위치를 Edge라 부른다.

Differentiated Service 구조는 여러 ISP에 걸친 End-to-End 서비스(Inter-domain Service)와 하나의 ISP 망에서 시종되는 Intra-domain 서비스의 두 형태를 지원한다. End-to-End 서비스 지원에는 두 ISP 간 Bilateral Agreement가 요구되어 진다.

3. Differentiated Service 구성 요소

Differentiated Service는 (그림 2)와 같이 세 가지 요소로 구성된다[6].

- DS byte와 Per-Hop Behavior
- Traffic Conditioner
- Service Allocation

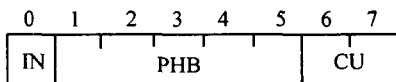


(그림 2) Differentiated Service 구성요소

각 ISP 는 위 요소를 building block 으로 하여 구체사항을 자유로이 선택 조합하여 다양한 Differentiated Service 를 제공한다. 다음에 위 세 요소를 차례로 기술하고, 이들에 대한 IETF 표준화 동향을 살펴본다.

가. DS byte 와 Per-Hop Behavior

IP 패킷이 중간 경유 라우터에서 Differentiated Service 를 받으려면, IP v4 의 경우 Type of Service octet 과 v6 경우 Class Field 가 재정의 되어야 한다. 재정의된 해당 Octet 을 DS byte 라 부른다. 현재 표준안으로 제안된 DS byte 의 포맷은 (그림 3)과 같다.



IN : IN/OUT Bit

PHB : Per-Hop Behavior

CU : Currently Unused

(그림 3) DS byte 포맷

5 개의 bit 가 패킷 전달 방식 PHB 를 결정하는 code point 로 할당되었다. DS byte 의 코드 값은 패킷이 경유하는 라우터에서 index 로 사용되어 패킷의 전달 방식인 PHB 를 결정한다. IN bit 는 패킷이 약정된 profile 에 맞는지 (In-profile)와 맞지 않는지 (Out-of-profile)를 나타낸

다. IN bit 가 1 인 패킷은 0 인 패킷보다 해당 PHB 에 할당된 라우터 자원(예, 버퍼, 대역폭) 배분의 한도내에서 더 높은 수준의 서비스 (예, 더 낮은 손실확률)를 받는다. CU bit 는 앞으로 Explicit Congestion Notification 과 같은 용도를 위해 예비한 field 이다. DS byte 는 패킷이 다른 도메인에 전달되면서 재기록될 수도 있다. (그림 3)의 DS byte 포맷은 아직 많은 논의가 되고 있어 완전히 결정되지 않았다[4]. DS byte 의 표준 작업은 아래의 PHB 표준작업과 함께 현재 IETF Diffserv WG 의 주요 임무이다.

Differentiated Service 모델에서, 라우터는 패킷 전달 메커니즘으로 다양한 큐 관리 및 패킷 스케줄링 기능을 제공한다. ISP 관리자는 이들을 잘 선택 구성하여, 결국 특정의 몇가지 패킷 전달방식 (forwarding treatment)을 제공하게 된다. 각 ISP 또는 Domain 별로 어떤 전달 방식을 제공하던지, 그리고 그에 해당하는 DS byte 의 PHB code point 를 어떻게 할당하던지에 관한 별다른 요구사항은 없다. 하지만, ISP 들이 결국 유사한 전달 방식을 사용하게 되고, 이를 위해 서로 다른 code point 를 사용하게 된다면, Boundary 에서 DS byte 의 code point 를 변환해야 하는 쓸데없는 작업이 요구된다. 따라서, 시간이 경과하면서, ISP 들이 공통적으로 사용하게 될 전달 방식과 그 code point 는 적시에 표준화 됨이 바람직할 것이다. 이와 같이, PHB 는 라우터에서 패킷이 받게 되는 공통된 전달 방식을 표준화 한 것이다. 전달 방식의 표준에는 내부 구현 메커니즘은 기술되지 않고 외부에 드러난 input/output behavior 만이 기술된다. 아직 모든 PHB 에 대한 표준 제안은 시기상조이나, (그림 4)의 두가지 PHB 는 이미 기존 인터넷에서 널리 사용되어 온 전달방식으로 IETF 표준안으로 제안이 되어 있다.

PHB	Code Point
Default (DE)	00000
Expedited Forwarding (EF)	11100

(그림 4) 표준안으로 제안된 PHB 와 code point

Default (DE) PHB 는 오늘날 인터넷 라우터에서 널리 취해지는 패킷 전달 방식인 best-effort 전달 방식을 근사적으로 대신한다. 이 방식에서 패킷은 입력된 순서대로 출력되고, 손실이 일어날 수도 있다. 지연은 가능한 최소화되고, 대역폭은 가능한 많이 이용된다. Expedited Forwarding (EF) PHB 는 라우팅 정보 갱신과 같은 망제어 트래픽 전달에 사용되는 우선순위가 높은 전달 방식을 겨냥한다. 패킷은 작은 지연과 지연변이를 가져야 한다.

나. Traffic Conditioner

같은 DS byte 를 갖고 Boundary 를 넘어오는 패킷들의 집합을 Behavior Aggregates 라고 한다. Traffic Conditioner 는 통상 Boundary 에서 동작하며 자기 Domain 에서 적절한 Differentiated Service 제공을 위해 Behavior Aggregates 를 준비한다. Traffic Conditioner 는 몇가지 primitive 로 구성된다. Classifier, Marker, Policer 및 Shaper 가 그 예이다.

Classifier primitive 는 패킷을 분류하여 후속 primitive 에 넘기는 역할을 한다. 패킷의 분류는 DS byte 외에 Source 및 Destination Address Field 등 다른 IP header field 에 근거하는 MF (Multi-Field) 분류와 단지 DS byte 만을 사용하여 분류하는 BA (Behavior Aggregate) 분류로 나뉜다. Classifier 는 Boundary 뿐 아니라 망내 모든 노드(라우터)에 존재한다. Marker 는 특정 bit 패턴을 DS byte 에 기록하여 패킷을 특정 Behavior

Aggregate 에 속하게 한다. Policer 는 Behavior Aggregate 의 동적 흐름을 관측하고 약정된 profile (예, rate 나 burst)에 어긋나는 패킷에 적절한 조치 (통상 DS byte 재기록 또는 패킷의 폐기)를 취한다. Shaper 는 Aggregate 의 트래픽 패턴을 약속된 profile 에 준수토록 조치를 취한다. Policer 와 Shaper 는 통상 Classifier 뒷 단계에 위치하며 둘 중 하나만 존재한다.

Traffic Conditioner 는 Marker 만으로 구성된 단순형부터 MF Classifier 와 Marker 로 구성된 것 등 그 형태가 다양할 수 있다.[7,8,9] Traffic Conditioner 의 여러 primitive 가 적절히 조합되어 PHB 와 함께 동작되고, 서비스 할당 방침이 실제 집행되어, 다양한 서비스를 실현한다. Traffic Conditioner 가 IETF 표준화 대상이 될지는 아직 미지수이다. IETF 는 98 년 하반기에 이에 대한 논의를 시작할 예정이다.

다. Service Allocation Method

Service Allocation 은 Intra-domain 또는 Inter-domain 에서 트래픽을 서비스에 할당하는 기능을 말한다. 일종의 admission control 기능으로 볼 수 있다. Traffic Conditioner 의 기능과 PHB 방식을 조합 구성하고 도메인에서 트래픽 관리 정책을 적용한다. Intra-domain 에서 Service Allocation 은 간단할 수도 복잡할 수도 있다. 관리자가 개입하여 수작업이 필요한 Static 방식과 자동으로 동작하는 Dynamic 방식 (예, Aggregated RSVP[10,11], BW Broker[9])으로 나눌 수 있다. Inter-domain Service Allocation 은 Customer Traffic 까지 포함하여 다루는 Intra-domain 에서 보다 도메인간 트래픽 집합을 다루므로, 비교적 간단한 도메인간 Bi-lateral Agreement 로 이루어질 수 있다. 예로서, PHB 항과 max rate 항으로 구성되는 간단한 테이블로 구현 될 수도 있다. Intra-domain 서비스 정책은 독자적으로 이루어질 수 있는 것으로 IETF 의 표준화 대상은 아니지만,

Inter-domain 에서는 좀더 유연한 Service Allocation 을 위해 궁극적으로 표준화 대상이 될 수 있다.

라. 표준화 동향

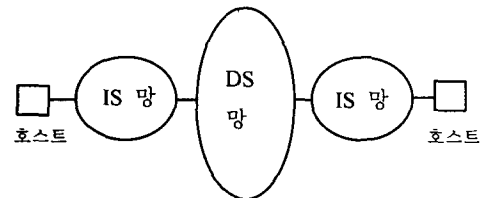
IETF 에서 Differentiated Service 논의는 97년 8월 뮌헨 회의에서 BOF 세션으로 시작되어, 현재 Diffserv WG 이 정식 발족되어 활발히 이루어지고 있다[12]. 현재 기본적인 개념과 구조는 정립되어 있는 편이나, 구체적인 DS byte 규격과 PHB 규격은 아직도 여러 세부사항이 mailing list 상에서 활발히 논의 중에 있어 많은 변화가 전망된다. 98년 4월 LA 에서 열린 IETF 회의에서는 향후 문서 작업을 DS byte 표준과 프레임워크 문서로 나누어 진행하기로 합의하였다. 이 두 문서는 5월 까지 완성되어 6월 Interim 회의에서 검토하여 마무리 지을 예정이다. 98년 8월 시카고 회의에서는 Traffic Conditioner 와 Boundary Mechanism 에 대한 논의를 본격적으로 시작할 것으로 보인다.

4. Integrated Service 구조와 연동

이 장에서는 앞 장에서 기술한 Differentiated Service (DS) 구조와 기존의 Integrated Service (IS) 구조의 연동 문제 또는 양립 가능성에 대하여 살펴본다. IS 구조는 실시간 응용의 QoS 보장을 지원하기 위해 역시 IETF 의 Intserv WG 에서 연구되어 왔다[13,14]. IS 구조의 핵심은 RSVP Signalling 프로토콜을 이용하여 End-to-End 전 경로에 걸친 네트워크 자원 (버퍼 또는 대역폭)을 사전에 예약하는 기능에 있다[15]. 이 구조에서 자원의 예약은 개개의 flow 별로 이루어지므로 큰 규모의 망에 적용에는 scalability 문제가 따른다. 하지만, 이 구조는 규모가 작은 망에서는 flow 마다 QoS 를 달리 제공할 수 있는 능력을 갖는다. 반면에, 큰 규모망을

대상으로 고안된 DS 구조는 flow 집합을 한 단위로 End-to-End Signalling 프로토콜을 사용하지 않고 차별된 서비스를 제공한다.

이와 같이 볼 때, IS 구조를 갖는 망과 DS 구조를 갖는 망은 (그림 5)에서와 같이 상호보완적으로 연동될 수 있다는 제안이 가능하다 [16]. (그림 5)는 주변의 소규모 망에는 RSVP/IS 구조가 적용되고, 다수의 ISP 망으로 구성될 수 있는 가운데 전달망에는 DS 구조를 적용함으로써, 호스트간 End-to-End QoS 의 제공이 가능함을 나타낸다. 이 구조는 Intserv WG 의 IS 연구와 Diffserv WG 의 DS 연구가 약간의 상호호혜성을 해결하면, 각각 상호호혜적이며 독립적으로 발전될 수 있다는 장점을 갖는다.



(그림 5) DS 망과 IS 망의 연동

이 구조에서 DS 망은 Carrier 로, IS 망은 Carrier 인 DS 망의 Customer 의 관계를 갖는 것으로 가정한다. 두 망의 구체적 연동에서는 다음과 같은 세부 과제들이 고려되어야 한다. 호스트에서 발생된 RSVP 메시지가 어떻게 IS 망과 DS 망을 거쳐 전달될 것인가, 또는 양쪽 망에서 admission control 의 동작은 어떻게 이루어지는가 하는 과제와, IS 망의 flow 를 DS 망 서비스에 매핑하는 문제 및 이에 따른 IS 망과 DS 망의 Static 또는 Dynamic 협상 문제, 그리고 호스트에서 RSVP 신호 기능과 DS byte 기록 기능 지원 문제 등이다.

5. 결론 및 전망

광역망에서도 실시간 서비스의 QoS 보장을

지원할 수 있는 DS 구조 및 구성요소를 살펴보고, 기개발된 RSVP/IS 구조와 연동되어 End-to-End QoS를 지원할 수 있는 가능성을 고찰하였다. DS 구조는 DS byte와 Per-Hop Behavior, Traffic Conditioner의 여러 primitive를 기본 building block으로 하여 이들을 적절히 조합하여 매우 다양한 서비스의 실현을 가능케 한다. 또한, End-to-End QoS 제공을 위해 주변 소규모 망에는 RSVP/IS 구조를 적용하고 대규모 전달망에서는 DS 구조를 적용하며, 이들에 Customer와 Carrier 관계를 부여함으로써 연동될 수 있다.

이와 같이 볼 때, IS와 DS는 상호보완적으로 이용될 수 있으므로, QoS를 지원하는 광역 인터넷의 도래를 앞당기는데 큰 기여가 기대된다. 하지만, 그렇게 되기까지는 아직 많은 시간이 소요될 것이다. DS 구조는 거의 정립되었으나 정확한 DS byte 포맷과 관련된 여러 세부 과제가 해결되어야 하고, IS 모델과의 연동에 있어서도 이제 풀어야 될 과제가 제기된 상태일 뿐이기 때문이다. QoS 제공 연구에서도 구현 및 구축과 표준 개발이 동시에 진행되는 작업 방식이 적용되고 있다. IS와 DS 구조에 따라 많은 ISP들이 QoS 제공망을 구축하고 그들의 구축 및 운영 경험을 공유하여 그 결과를 표준으로 발전시킬 전망이다.

참고문헌

- [1] P. ferguson, et al., "Quality of Service : Delivering QoS on the Internet and in Corporate Networks," John Wiley & Sons Inc., 1998.
- [2] IETF, "Minutes of the Intserv meeting at the 39th IETF," <http://diffserv.lcs.mit.edu/IETF39/minutes.html>, Aug. 1997.
- [3] IETF, "Minutes of the Intserv WG meeting at the 40th IETF," <http://diffserv.lcs.mit.edu/IETF40/minutes.txt>, Dec. 1997.
- [4] IETF, "Preliminary Minutes of the Diffserv meeting at the 41th IETF," Diff-serv archive mail message 796, Apr. 1998.
- [5] 이계상, "Internet 과 ATM 의 통합 표준화 동향 분석," 한국해양정보통신학회 논문지 제 2 권 제 1 호, 1998.
- [6] Internet-Draft, "Differentiated Services Operational Model and Definitions," <draft-nichols-dsopdef-00.txt>, Feb. 1998.
- [7] D. Clark, et. al., "An Approach to Service Allocation in the Internet", Internet Draft <draft-clark-diff-svc-alloc-00.txt>, Jul. 1997.
- [8] K. Kilkki, "Simple Integrated Media Access (SIMA)", Internet Draft <draft-kalevi-simple-media-access-01.txt>, Jun. 1997.
- [9] K. Nichols, et. al. "A Two Bit Differentiated Service Architecture for the Internet", Internet Draft <draft-nichols-diff-svc-arch-00.txt>, Nov. 1997.
- [10] S. Berson, et. al. "Aggregation of Internet Integrated Service State", Internet Draft <draft-berson-classy-approach-01.txt>, Nov. 1997.
- [11] R. Guerin, et. al. "Aggregating RSVP-based QoS Requests", Internet Draft <draft-guerin-aggreg-rsvp-00.txt>, Nov. 1997.
- [12] <http://www.ietf.org/html.charters/diffserv-charter.html>, Mar. 1998.
- [13] Chris Y. Metz, "Integrated Services Architecture," The 10th Annual Conference on Next Generation Networks, Washington DC, pp 33-47, Nov. 1996.
- [14] Barden, et al., "Integrated Service in the Internet Architecture : An Overview," RFC 1633, June 1994.
- [15] Paul P. White, "RSVP and Integrated Services in the Internet: A Tutorial," IEEE Communications Magazine, pp 100-106, May 1997.
- [16] Internet-Draft, "A Framework for End-to-End QoS Combining RSVP/Intserv and Differentiated Services," <draft-bernet-intdiff-00.txt>, Mar. 1998.