

광대역통합 네트워크에서의 스케줄링 기법

장희선* · 조기성** · 신현철*** · 이장희****

요 약

본 논문에서는 광대역통합 네트워크(BcN : Broadband Convergence Network)을 이용하는 사용자에게 서비스품질을 제공하기 위한 스케줄링 기법의 성능을 비교, 분석한다. 이를 위하여 트래픽의 등급별 분류, 입력큐에서의 처리, 등급별 가중치 부여 등과 같은 주요 서비스품질 관리 기법들을 분석하고 최근 멀티미디어 인터넷 통신을 위해 우선 고려되고 있는 주요 스케줄링 기법(Round Robin, Priority, Weighted Round Robin)들의 동작원리를 분석한다. NS-2를 이용한 시뮬레이션을 통하여 각 스케줄링 기법들의 성능을 분석한 결과, 단순히 하나의 서비스 등급에 대하여 Priority 스케줄링 기법을 사용하는 것보다 등급별로 적절한 가중치를 두어 자원을 사용하는 것이 바람직함을 알 수 있다.

Scheduling Algorithms for QoS Provision in Broadband Convergence Network

Hee-Seon Jang* · Ki-Sung Cho** · Hyun-Chul Shin*** · Jang-Hee Lee****

ABSTRACT

The scheduling algorithms to provide quality of service (QoS) in broadband convergence network (BcN) are compared and analysed. The main QoS management methods such as traffic classification, traffic processing in the input queue and weighted queueing are first analysed, and then the major scheduling algorithms of round robin, priority and weighted round robin under recently considering for BcN to supply real time multimedia communications are analysed. The simulation results by NS-2 show that the scheduling algorithm with proper weights for each traffic class outperforms the priority algorithm.

Key words : BcN(Broadband Convergence Network), Quality of Service

* 평택대학교 경상학부 교수

** 한국전자통신연구원 팀장

*** 백석문화대학 컴퓨터학부 교수

**** 교신저자, 한국기술교육대학교 산업경영학부 교수, 천안시 병천면 가전리 307, Tel : 041-560-1446,
E-mail : janghlee@kut.ac.kr

1. 서 론

1990년대 중반부터 일기 시작한 인터넷 붐은 일반 사용자에서 대기업에 이르기까지 사회 전 분야에서 인터넷 기반으로의 구조 변화를 야기하고 있는 ‘인터넷의 생활화’ 시대를 도래시키고 있다. 이러한 인터넷의 보편화는 다양한 콘텐츠 기술의 발전을 촉진하고 인터넷 전화, 방송, IPTV, 멀티미디어 통신을 포함한 다양하고 값싼 서비스의 출현을 야기시켜 기존 통신 사업자들의 수익구조에 대한 변화를 초래하고 있다[1, 2, 7].

아울러 인터넷의 생활화에 따른 사용자들의 다양한 욕구 분출은 통신사업자로 하여금 가입자 대역폭의 확대, 고품질 서비스 제공을 담보하는 네트워크의 고도화를 요구하고 있다. 따라서 네트워크 사업자들은 사용자들의 다양한 서비스품질(QoS : Quality of Service)을 만족시켜 주기 위하여 여러 가지 다양한 트래픽 관리 기술을 도입, 적용하고 있으며 일반적으로 서비스품질에는 다음과 같은 세 가지 요인을 고려한다[3, 4].

- 트래픽 분류(traffic classification) : QoS 확인 및 트래픽 마킹 기술 등을 포함한다.
- 트래픽 제어(traffic control) : 하나의 망 요소내에서의 QoS를 의미하며 큐잉, 스케줄링, 폴리싱 및 트래픽 셰이핑 등을 포함한다.
- OAM 기능 : QoS 정책, 관리, 계정(과금) 기능 등을 포함한다.

사용자의 QoS 보장을 위하여 인터넷 표준화 기구인 IETF(Internet Engineering Task Force)는 여러 가지 서비스 모델과 메커니즘을 제시하고 있다. 이는 통합 서비스 모델, IntServ, DiffServ, QSR(QoS Router)을 이용한 보장형 서비스품질 제공[5, 6] 등으로 나눌 수 있으며 여기서 각각의 모델에서는 주요한 트래픽 관리 기법을 사용하고 있다. 트래픽 관리는 크게 큐관리, 트래픽 셰이핑, 수락제어, 폭주관리, 폴리싱 등의 분야로 구분되며, 특히 링크에 도착하는 패킷들을 서비스하기 위한 규칙 즉,

스케줄링 기법에 따라 전체 광대역통합 네트워크(BcN : Broadband Convergence Network)의 성능이 결정된다.

지금까지 BcN 전달망에서 고려되고 있는 스케줄링 기법들은 FIFO(First-In First-Out), Round Robin, Priority, WRR(Weighted Round Robin), WFQ(Weighted Fair Queueing), DRR(Deficit Round Robin) 등이 논의되고 있다. 기법들 간에는 상호 장단점이 존재하며, 그 적용 기술이 복잡할 수록 성능이 우수하다는 장점이 있으나, 현실적인 구현 방안과 패킷 처리의 시간이 다소 길어진다는 단점을 갖고 있다. 결국, 적용하고자 하는 대상 네트워크의 상황과 도착하는 트래픽의 특성에 맞추어 적절한 스케줄링 방법을 적용할 필요가 있다.

본 논문에서는 광대역통합 네트워크에서 현실적으로 적용 논의가 되고 있는 주요 스케줄링 기법들에 대한 성능을 비교, 분석하고자 한다. 이를 위하여 사용자들의 서비스 품질을 만족시켜 주기 위한 주요 QoS 관리 기술들을 분석하고 이후 주요 스케줄링 기법들의 동작 원리를 소개한다. 가상 네트워크를 선정하고 NS-2를 이용한 시뮬레이션을 수행함으로써 스케줄링 알고리즘간 성능을 비교, 분석한다.

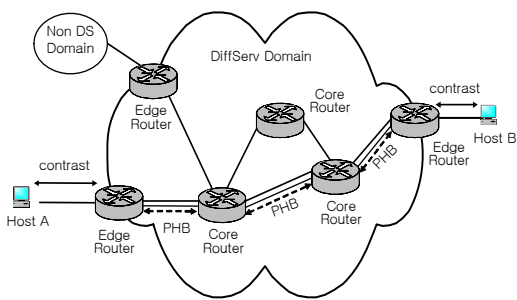
2. 서비스품질 관리

현재의 인터넷은 최선형(Best Effort) 서비스만을 지원하고 있으나 인터넷 전화, 인터넷 방송, VPN(Virtual Private Network), 멀티미디어 서비스 등의 실시간 혹은 높은 대역폭을 요구하는 서비스들이 늘어남에 따라 인터넷에서도 서비스품질에 대한 요구를 처리하는 문제가 큰 이슈가 되고 있다. QoS 보장을 위한 손쉬운 접근 방법은 폭주가 일어나지 않도록 백본의 대역폭을 충분히 크게 확보하는 것이다. 그러나 대역폭만 크게 하고 현재의 최선형 서비스 구조를 그대로 유지할 경우 QoS가

보장될 수 없다. 현재의 서비스 구조에서는 특정 노드나 네트워크에서 불시에 폭주가 발생할 수 있는데, 이런 폭주를 모두 예상해서 백본의 대역폭을 높인다는 것은 비경제적이기도 하지만, 현실적으로 불가능한 일이다. 따라서 대역폭을 충분히 크게 해도 최소한의 QoS 보장 방법이 수반되어야만 요구하는 성능을 얻을 수 있다.

IETF는 인터넷에서 사용자의 요구사항에 따른 QoS를 제공하기 위해 여러 가지 서비스 모델과 메커니즘을 제시하고 있다. 그 중에서 주목받고 있는 것은 크게 통합서비스(RSVP 등), 차등 서비스, MPLS 등이 있다. 여기서 차등 서비스는 DSCP(Differentiated Service Code Point) 필드에 의해 서비스 수를 제한하고 패킷의 분류, 마킹, 폴리싱과 셰이핑을 망 경계 노드에서 수행하며, 코어 노드는 BA(Behavior Aggregated) 분류만 수행하여 확장성 문제를 해결하고 있다[1].

Backbone 망과 같은 대규모 망에서의 QoS 보장에 대해 IntServ는 적합하지 않기 때문에 DiffServ라는 개념을 도입하고 있다. DiffServ는 개별적인 흐름(플로우, flow)에 대해 QoS를 보장해 주는 IntServ와는 다르게 개별적인 흐름을 몇 개의 클래스로 묶어, 각각의 클래스에 대해 QoS를 보장해 주는 방식이다. DiffServ는 많은 수의 흐름을 개별적으로 처리해 주는 것이 아닌 (그림 1)에 나타난 것과 같이 에지 라우터(Edge Router)에서는 많은 수

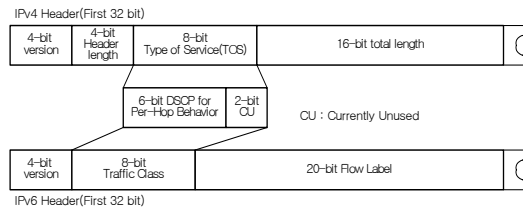


(그림 1) DiffServ 서비스 네트워크 개념

의 흐름을 몇 개의 클래스로 나누어 DSCP에 기록하고, 코어 라우터(Core Router)에서는 DSCP의 값에 따른 패킷에 대한 스케줄링과 dropping을 수행하여 각각의 클래스에 맞는 QoS를 제공해 준다. 즉 IntServ는 개별적인 흐름의 QoS를 보장해 주는 소규모 망에 사용하고, 이러한 소규모 망들이 백본망을 사용할 때 다수의 흐름을 하나의 클래스로 묶어 QoS를 제공해주는 방식인 DiffServ를 사용하는 방식으로 전체적인 QoS를 보장하게 된다.

DiffServ 라우터에서 처리해야 할 트래픽은 DSCP로 구분하며 다음과 같이 세 가지 트래픽 등급으로 나눈다.

- EF(Expedited Forwarding) : 지연과 지터를 최소화 해야 하는 트래픽으로 분류되며, 약정된 대역폭을 모든 플로우들이 공유하고 하나의 code point 값을 가진다.
- AF(Assured Forwarding) : 네 개의 부 등급이 존재하며 각각의 등급은 세 개의 드랍 우선순위를 가질 수 있다. 따라서 총 12개의 code point 값이 존재한다.
- BF(Best Effort Forwarding) : QoS 보장이 없으며 가용한 대역폭을 사용한다.

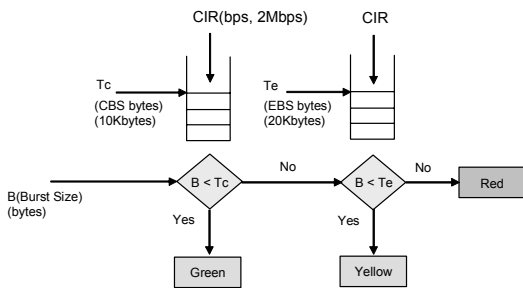


(그림 2) IP 헤더의 DSCP 영역

(그림 2)와 같이 DiffServ에서는 IP 헤더에서 DSCP 영역을 확보하여 위의 트래픽 등급을 분류, 처리한다. 즉, IP 헤더 영역에 서비스 등급 표시를 해서 각 라우터에서의 전송 특성을 지시하게 된다. 이 헤더 영역을 DSCP라고 정의하며, DSCP의 값

에 따라 사전에 지정된 클래스별 버퍼관리를 받게 된다. IPv4에서는 TOS 영역이 사용되고, IPv6 헤더에서는 Traffic Class 영역이 DSCP 영역으로 사용된다.

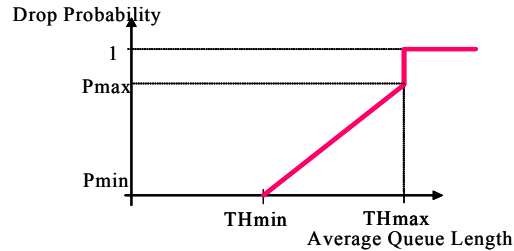
그 외에도 BcN에서는 트래픽 컨디셔닝, 레이트 리미팅, 미터링, 마킹등의 트래픽관리 기법을 사용한다. 특히, DiffServ의 경우 single rate three-color marker(srTCM)과 two-rate three-color marker(trTCM)이 대표적인 마커 혹은 트래픽 컨디셔너로 사용되고 있다. RFC 2697 및 2698에 각각 기술되어 있는 srTCM과 trTCM은 기본적으로 이중 토큰 버킷 구조를 사용하고 있다. (그림 3)은 srTCM의 동작 방식을 보여준다. 입력된 패킷의 크기 B가 토큰 카운터 Tc(CBS) 보다 작으면 green 패킷으로 마크되며, Tc 보다 크지만 Te(EBS) 보다 적은 경우 yellow 패킷으로 마크되고 Te 보다 큰 경우에는 red 패킷으로 마크된다.



(그림 3) srTCM Policer의 동작원리

Random Early Detection 혹은 Random Early Discard라고도 불리는 RED는 TCP 동작 특성을 이용한 대표적인 혼잡 제어 기법이다. 기본적인 동작은 큐에 두 개의 threshold(min, max)를 두고 세 구간에서 서로 다른 drop 확률을 적용하는 것이다. 평균 큐 사이즈(AVG)에 따른 drop 확률 p(AVG)를 그림으로 나타내면 (그림 4)와 같다. $AVG = TH_{min}$ 인 경우 패킷은 drop 되지 않고 큐에서 대기할 수 있으며, $AVG = TH_{max}$ 인 경우 최대 drop 확

률 Pmax로서 도착하는 패킷이 폐기된다.



(그림 4) RED 큐에서 drop 확률 값

3. 스케줄링 기법

QoS 관리 기술은 크게 QoS 보장기술과 제공된 QoS의 상태를 측정하기 위한 QoS 모니터링 기술로 나뉘어 진다. 여기서 QoS 보장기술은 다시 각 네트워크 장비에서 제공되어야 할 트래픽 관리 기술, 네트워크 전체 입장에서 QoS의 보장 기술 및 이를 관리할 수 있는 정책 기반의 QoS 관리기술로 나뉘어 진다. 그리고 QoS 모니터링 기술은 프로토콜 모니터링, 네트워크 모니터링, 종단간 QoS 모니터링 기술로 세분된다[3, 4].

트래픽 관리 기술은 다양한 세부 기술들이 소개되어 있으며, 크게 큐관리(Queue Management), 트래픽 셰이핑(Traffic Shaping), 수락제어(Admission Control), 폴리싱(Policing), 폭주관리(Congestion Control) 등의 분야로 나뉜다. 이들 각각은 독립적으로 사용될 수도 있지만, 대표적인 QoS 관리 모델인 통합 서비스(IntServ)와 차등 서비스(DiffServ) 모델에서는 복합적으로 사용된다.

스케줄링은 버퍼에 저장된 패킷들을 서비스 하는 방식을 말하며, 스케줄링 알고리즘은 간단하면서도 효율적이어야 하고 공정해야 한다. 대표적인 큐잉 및 스케줄링 방식으로 FIFO 방식이 있다. FIFO 큐잉은 단일 FIFO 큐를 사용하는 것을 말한다. FIFO 큐잉에 사용되는 스케줄링 방식은 First Come First

Service, 즉 패킷의 클래스나 우선 순위에 상관없이 먼저 입력된 패킷을 먼저 서비스하게 된다. Best Effort 서비스 모델만을 가지고 있는 전통적인 인터넷 망에 사용되는 큐잉 및 스케줄링 구조에 해당한다. FIFO외에 BcN에서 제공하는 스케줄링 기법으로는 대표적으로 RR(Round Robin), PRI(Priority), WRR(Weighted Round Robin), WIRR(Weighted Interleaved Round Robin) 및 WFQ(Weighted Fair Queueing)가 있다. 트래픽 관리 기술 중 트래픽의 주요 스케줄링 기법을 소개하면 다음과 같다.

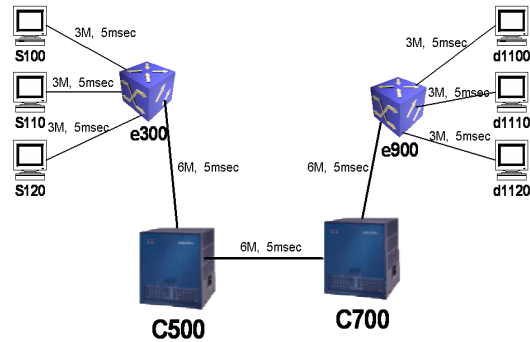
- RR(Round Robin) : 라운드 로빈 스케줄링 원칙 하에, 패킷은 우선순위 클래스별로 다시 분류되며, 클래스들간의 엄격한 우선순위 서비스를 적용하기보다는 라운드 로빈 스케줄러는 클래스들간에 교대로 서비스를 받게 하는 데 그 목적이 있다. 가장 간단한 라운드 로빈 스케줄링의 예를 살펴보면, 클래스 1 패킷이 전송되고 뒤이어 클래스 2 패킷이 전송되고 다시 클래스 1 패킷이 다음에 클래스 2의 패킷이 전송되는 순서를 반복하게 된다. Work-conserving 스케줄링 원칙은 전송하기 위해 대기하고 있는 패킷이 있는 경우에는 링크를 결코 놓리지 않는 것으로, 주어진 클래스에서 패킷을 찾고 없는 경우, 즉시 라운드 로빈 순서상의 다음 클래스를 조사하여 서비스를 하게 된다.
- PRI(Priority) : Priority 스케줄링에서 출력 링크에 도착하는 패킷은 출력 큐에서 두 개 이상의 우선순위 클래스 중에 하나로 분류된다. 패킷 우선순위 클래스는 패킷 헤더에 전달되는 정보에 의해 결정된다. 각 우선순위 클래스는 전형적으로 자신의 대기 영역(큐, Queue)을 가지고 있다. 전송할 패킷을 선택할 때, Priority 스케줄링 원칙은 큐가 비어 있지 않고 전송을 대기하는 패킷이 있는 가장 높은 우선순위 클래스의 큐로부터 하나의 패킷을 전송한다. 그리고 동일한 우선순위 클래스의 패킷들 가운데 선택은

전형적인 FIFO 방식을 적용한다.

- WRR(Weighted Round Robin) : WRR은 상호 연결요구들에 대해서 라운드 로빈 형태로 데이터를 처리한다. 하지만 서비스되는 데이터의 양은 무한대로 적은 양 대신 패킷 단위로 처리하게 된다. 만약 각 연결마다 다른 가중치를 가질 경우, 각 연결에서 서비스되는 패킷의 수는 상대적으로 가중치에 비례하게 된다.

4. 성능 분석

스케줄링 알고리즘의 성능을 비교하기 위하여 (그림 5)와 같은 파라미터를 가정한다. 여기서 세 개의 소스(S100/EF, S110/AF, S120/BF)와 각각의 소스에 대한 목적지로서 d1100, d1110, d1120 세 개의 클라이언트를 가정하였다. 흐름제어를 위하여 S100-d1100, S110-d1110 사이에는 srTCM 폴리싱 기법을 사용하고 RED 기법을 적용하였다. 그리고 S120-d1120 사이에는 폴리싱 기법을 적용하지 않고 FIFO를 통하여 서비스 처리를 하였다.



(그림 5) 네트워크 구조

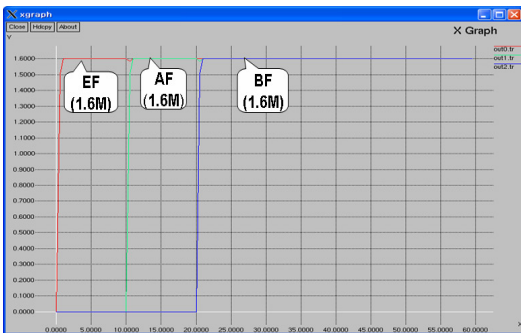
NS-2 시뮬레이션을 위한 트래픽 발생 과정을 요약하면 <표 1>과 같다.

먼저, 각각의 소스에서 1000bytes의 패킷(CBR)을 0.005초 간격으로 발생시키고 60초 동안 12,000

〈표 1〉 소스별 트래픽 발생

src	dest	class	policy	DSCP	Downgraded DSCP	Traffic Type	parameters
s100	d1100	EF	srTCM	10	11, 12	CBR	CIR = 2.048M CBS = 30K EBS = 10K
s110	d1110	AF	srTCM	13	14, 15	CBR	CIR = 2.048M CBS = 30K EBS = 10K
s120	d1120	BF	Null	0	-	CBR	-

(= 60/0.005)개의 패킷을 발생하는 경우 시뮬레이션 결과를 나타내면 (그림 6)과 같다. 여기에서는 각 소스에서 총 1.6M(= 12000 × 1000 × 8/60)의 트래픽이 발생하게 되며, 이는 링크의 용량(3M) 범위내에 있으므로 발생하는 모든 트래픽은 손실없이 원하는 목적지로 도달할 수 있게 된다.

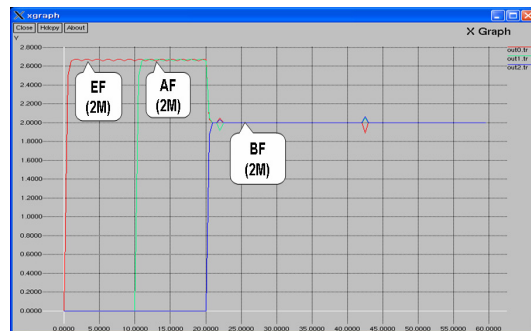


(그림 6) 패킷 손실이 없는 경우

반면, (그림 7)에서와 같이 소스에서 패킷 발생 시간 간격이 0.003초로 작아진다면, 총 20,000(= 60/0.003)개의 패킷이 발생하여 소스당 2.6667M(= 20000 × 1000 × 8/60)의 대역을 요구하게 된다. 따라서 3개의 소스에 대하여 8.1M(= 2.6667 × 3)의 대역폭이 요구되어 e300-C500 링크간 서비스 가능 용량(6M) 보다 크게 됨으로서 적절한 스케줄링 기법이 필요하다.

모든 소스에게 동일한 가중치를 두는 경우 고려할 수 있는 Round Robin 스케줄링 기법을 이용한

다면 모든 소스에게 2M(= 6/3)의 대역이 할당될 것이다. (그림 7)에서 모든 소스에서 트래픽 발생이 시작되는 20초 이후부터 각각의 트래픽에게 2M의 대역폭이 할당됨을 알 수 있다.

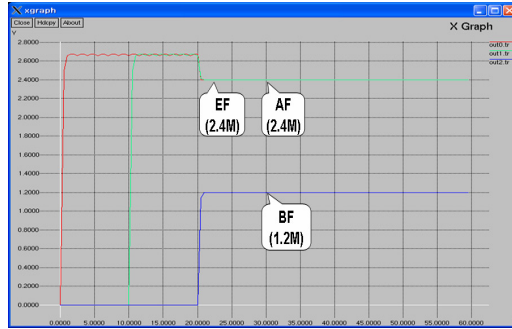


(그림 7) Round Robin 스케줄링

동일한 트래픽 발생하에서 EF(2.7M)와 AF(2M)에게 우선순위를 둔다면 Priority 스케줄링 기법을 사용하여, 이 결과를 나타내면 (그림 8)과 같다. (그림 8)에서 EF와 AF에게는 각각 2.7M와 2M의 사전에 할당된 자원을 사용할 수 있게 할 수 있으며, 나머지 자원 1.3M(= 6 - 2.7 - 2)는 BF에게 할당되어 사용됨을 알 수 있다.

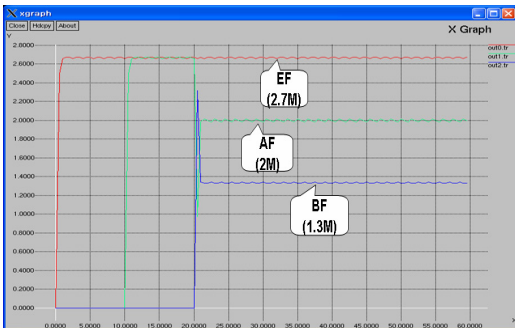
트래픽 등급별로 가중치를 두어 서비스를 하고자 할 경우 WRR(Weighted Round Robin) 스케줄링 기법을 사용하게 된다. 먼저 EF : AF : BF의 가중치가 2 : 1 : 1일 때 결과는 (그림 9)와 같다. 전체 가중치의 합 4에 대한 EF의 가중치 2만큼의 대

역인 $3M(=6 \times 2/4)$ 를 최대 사용할 수 있으나 현재 $2.6667M$ 의 트래픽만이 발생하여 $0.3333M(3 - 2.6667)$ 의 대역이 남게 된다. 남은 대역은 나머지 서비스 등급에 해당하는 트래픽이 자기의 가중치만큼 소유한다. 즉, AF와 EF 트래픽은 자기의 본래 자원인 $1.5M(=6/4)$ 외에 부가적으로 $0.16665M(= (3 - 2.6667)/2)$ 의 자원을 포함하여 총 $1.67M(= 1.5 + 0.16665)$ 의 대역을 사용한다. 여기에서는 AF와 EF 서비스에 대하여 발생하는 트래픽은 각각 $2.6667M$ 이나 할당받은 자원은 $1.67M$ 이므로 나머지 패킷들은 e300노드에서 손실이 발생한다.

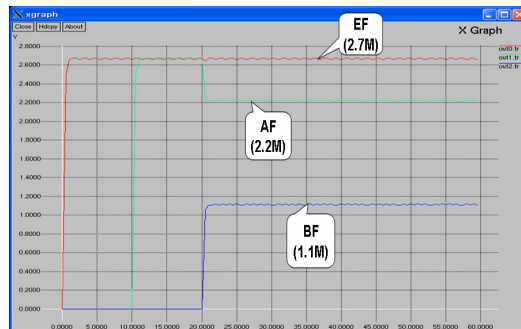


(그림 10) WRR 스케줄링(2:2:1)

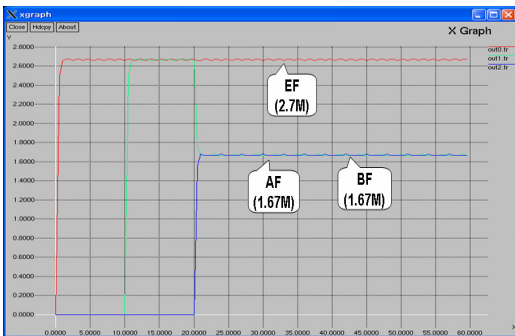
끝으로, 트래픽 등급에 대한 가중치가 EF : AF : BF = 3 : 2 : 1일 때 결과를 나타내면 (그림 11)과 같다. 위에서와 동일한 계산과정을 이용하면 EF에게는 $2.6667M(=6 \times 3/6)$, AF는 $2.2M(=6 \times 2/6 + (3 - 2.6667) \times 2/3)$, BF에게는 $1.1M(=1 \times 1/6 + (3 - 2.6667) \times 1/3)$ 의 자원을 할당하게 된다.



(그림 8) Priority 스케줄링



(그림 11) WRR 스케줄링(3:2:1)

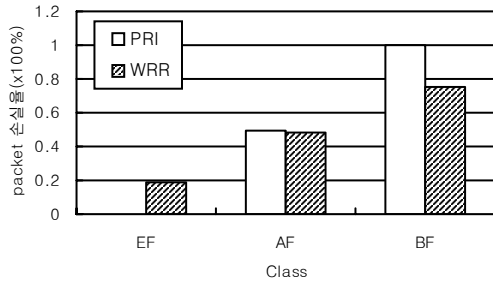


(그림 9) WRR 스케줄링(2:1:1)

(그림 10)은 EF : AF : BF = 2 : 2 : 1인 경우의 결과를 나타낸다. 마찬가지로 이유로 EF와 AF에게는 총 $2.4M(=6 \times 2/5)$ 의 자원이 할당되고, 나머지 $1.2M(=6 \times 1/5)$ 는 BF 트래픽이 사용한다.

PRI와 WRR(3 : 2 : 1)에 대한 패킷 손실율을 나타내면 (그림 12)와 같다. EF에 대해서는 두 가지 스케줄링 모두 우선 순위를 두기 때문에 패킷 손실이 발생하지 않지만, AF와 BF에 대해서는 나머지 자원을 나누어 사용하면서 패킷이 손실되게 된다. (그림 12)의 결과에서 보듯이 PRI 스케줄링보다 WRR 스케줄링 기법의 성능이 다소 우수함을 알 수 있다. 이는 WRR 기법에서 각 트래픽 등급 별로 가중치를 적절히 조정하면 어떤 하나의 등급

에 우선순위를 두는 방법보다 보다 적절히 트래픽의 서비스품질을 보장할 수 있음을 나타낸다.



(그림 12) PRI와 WRR에 대한 성능분석

5. 결 론

최근 인터넷의 생활화에 따른 사용자들의 다양한 욕구 분출은 통신사업자로 하여금 가입자 대역폭의 확대, 고품질서비스 제공을 보장하는 네트워크의 고도화를 요구하고 있다. 이러한 기본적인 요구사항은 통신 사업자들에게 최소의 네트워크 구축 비용과 유지비용의 실현, 최소 통신원가의 실현, 새로운 비즈니스 모델의 창출이라는 과제를 극복하여 미래 무한 경쟁의 통신 시장에서의 생존을 담보해 낼 것인가라는 당면 문제를 던져주고 있다. 이러한 당면 문제에 대한 다양하고 활발한 논의들이 최근 ‘융복합 서비스를 제공하는 패킷 기반의 광대역통합 네트워크’로의 진화라는 결론에 도달하고 있다. 그러나 음성 서비스를 포함한 실시간 멀티미디어 서비스를 통합 수용하는데 있어서의 서비스품질 보장에 대한 문제에 대해서는 여전히 다양한 논의들이 지속되고 있다.

광대역통합망(BcN)을 포함한 통신 네트워크는 IP, FR/ATM, SDH, WDM 등이 구조적으로 혼합된 계층적 네트워크 구조를 가지며, 각 계층별 운용체제가 독립적이고 또한, 복잡한 형태로 운용되고 있다. 이러한 환경속에서 서비스를 이용하는 가입자에게 적절한 스케줄링 기법의 제공을 통하여

서비스품질을 보장해주는 방안이 절대적으로 필요하게 되었다.

이러한 배경 하에, 본 논문에서는 BcN에서의 서비스품질 제공을 위한 여러 가지 스케줄링 기법의 성능을 비교, 분석하였다. DiffServ 네트워크에서의 기본적인 세 가지 서비스 등급인 EF, AF, BF 트래픽을 가정하고 srTCM Policer와 RED 큐잉을 가정하며, NS-2를 이용한 시뮬레이션을 수행하였다. 여기에서는 모든 트래픽에 대하여 동일한 순위를 가정하는 RR(Round Robin) 스케줄링 방법, EF 트래픽에 대하여 우선순위를 제공하는 PRI(Priority) 기법 그리고 각 트래픽 등급별로 적절한 가중치를 제공하는 WRR(Weighted Round Robin) 스케줄링 방법에 대한 성능을 비교하였다. 비교 결과, 한정된 자원을 효율적으로 이용하기 위해서는 WRR 기법을 사용하는 것이 다른 방법에 비하여 우수하며 WRR 스케줄링 방법을 이용하고자 할 경우, 주어진 자원의 량에 따라 트래픽 등급별로 가중치를 적절히 할당해 주어야 함을 알 수 있다. 향후, 본 논문의 성능분석 결과를 이용하여 국내외적으로 인터넷의 인프라에 활용되고 있는 IMS와 QSR 등의 라우터에 적용 가능성을 실험할 필요가 있다.

참 고 문 헌

- [1] M. Balakrishnan and R. Venkateswaren, "QoS and Differentiated Services in a Multi-service Network Environment", *Bell Labs Technical Journal*, pp. 222-239, Oct.-Dec. 1998.
- [2] *The ATM and IP Report*, "Next Generation Networks : Rethinking Routing", Vol. 7, No. 6, 2000.
- [3] *QoS Forum*, "White paper-Introduction to QoS Policies", April 2000.
- [4] *QoS Forum*, "White paper-The Need for QoS", July 1999.
- [5] CASPIAN, "Apeiro QoS Implementation", CA-SPIAN networks, December 2004.

[6] CASPIAN, "QoS Overview", CASPIAN networks, December 2003.

[7] 김학용, "QoS 기술의 이해", 네트워크매니아, Netmanias-wp-sub-104, 2003.



장 희 선

울산대학교 산업공학과(공학사)
KAIST 산업공학과(공학석사)
KAIST 산업공학과(공학박사)
현재 평택대학교 경상학부 교수
관심분야 : 트래픽 엔지니어링



조 기 성

경북대학교 전자공학과(공학사)
경북대학교 전자공학과(공학석사)
현재 한국전자통신연구원 팀장
관심분야 : BcN 통합제어기술



신 현 철

서울산업대 전자계산(공학사)
광운대학교 전자계산학과
(공학석사)
원광대학교 컴퓨터공학과
(공학박사)

현재 백석문화대학 컴퓨터학부 교수
관심분야 : 정보통신



이 장 희

고려대학교 수학교육(이학사)
KAIST 산업공학과(공학석사)
KAIST 산업공학과(공학박사)
현재 한국기술교육대학교
산업경영학부 교수

관심분야 : 데이터마이닝, 지능형정보시스템,
지식기반시스템