

논문 2008-45TC-9-6

Flow-Aware Network에서 QoS제어를 위해 Flow 특성에 따른 대역할당 방법과 특성

(Characteristics and Methods of Bandwidth Allocation According to
Flow Features for QoS Control on Flow-Aware Network)

김 재 홍*, 한 치 문**

(Jae-Hong Kim and Chimoon Han)

요 약

오늘날 인터넷에서는 실시간 및 비실시간 등 다양한 멀티미디어 서비스가 존재하고 있으며, 이러한 개개의 서비스 특성을 만족 시키는 데는 한계가 있다. 따라서 서비스의 QoS를 보장하기 위한 한 방법으로 flow-aware 네트워킹 개념을 갖는 네트워크를 제안하고 있다. 인터넷에서 네트워크 이용률 향상과 통계적으로 서비스 보장을 위해 MBAC(Measurement-Based Admission Control) 방식이 연구되었다. 대부분의 MBAC 방식은 집합 flow에 대해 적용하는 총체적 MBAC 알고리즘이며, 입력 flow에 적용하는 per-flow MBAC 알고리즘이 최근 연구되기 시작하고 있다. 본 논문에서는 per-flow MBAC 알고리즘 기반 시스템에서 flow를 특성에 따라 그룹핑하고, 각 그룹핑된 flow에서 먼저 입력되는 flow에 우선순위를 주는 DPS(Dynamic Priority Scheduling)알고리즘 적용한다. 그리고 각 그룹핑된 그룹에 일정대역을 고정 할당한 다음에 그룹 인접대역간 대역폭 차용이 가능한 우선등급 하위대역 차용방식과 각 그룹핑된 flow에 그룹핑된 flow 특성에 따라 대역을 동적으로 할당하는 동적 대역할당 방식을 제안한다. 제안한 두 방식을 시뮬레이션을 통해 서비스 지속성, 링크 이용률, 지연 특성을 평가 분석한다. 그 결과 제시한 방식이 기존의 방식보다 우수하고, 다양한 멀티미디어 환경에서 더 효율적 방식이라는 것을 분명히 한다.

Abstract

Recently, many multimedia services have emerged in Internet, such as real-time and non-real time services. However, in this Internet environment, we have some limitations to satisfy each service feature. To guarantee the service features in Measurement-Based Admission Control(MBAC) based system on the flow-aware network, there is the method applying Dynamic Priority Scheduling(DPS) algorithm that gives a higher priority to an earlier incoming flow in all of the link bandwidth. This paper classifies all flows under several groups according to flow characteristics on per-flow MBAC algorithm based system. In each flow group, DPS algorithm is applied. This paper proposes two methods that are a DPS based bandwidth borrowing method and a bandwidth dynamic allocation method. The former is that if low priority class has available bandwidths, the flow of high priority class borrows the bandwidth of low priority class when high priority flow has insufficient bandwidth to connect a flow call. The later is that the each group has a minimum bandwidth and is allocated the bandwidth dynamically according to the excess rate for available bandwidth. We compare and analyze the characteristics of the two proposed methods through the simulation experiments. As the results of the experiment, the proposed methods are more effective than existing DPS based method on the packet loss and delay characteristics. Consequently the proposed two methods are very useful in various multimedia network environments.

Keywords : Flow-Aware Network, MBAC, QoS Control, DPS, Bandwidth Allocation Algorithm, CAC

* 정회원, ** 평생회원, 한국의외국어대학교
전자정보공학부
(School of Electronic and Information Engineering
Hankuk University of Foreign Studies)
접수일자: 2008년6월23일, 수정완료일: 2008년9월17일

I. 서 론

VoIP, 스트리밍 오디오 그리고 비디오 같은 많은 네트워킹 서비스는 지연 및 손실에 민감하지만, 지연 및

손실에 약간의 변이를 허용하고 있다. 따라서 통계학적 서비스 보장연구가 지난 수년 동안 많은 흥미를 유발시켰다^[1~4]. 그 결과 SSG(Statistical Service Guarantee) 제공하기 위해, MBAC(Measurement-Based Admission Control)는 네트워크 이용율을 높이는 능력 때문에 중요한 기술로 자리 매김을 하고 있었다^[5~7]. 측정기반 수락제어 방식에서, MBAC 알고리즘은 시스템에 존재하는 기존 플로우 및 입력 플로우에 대해 정보원 우선순위 특성을 사용하고 있다.

대부분의 MBAC 방식은 집합 플로우에 대해 총체적으로 MBAC 알고리즘을 적용하고 있으며, 입력 플로우에 적용하는 per-flow MBAC 알고리즘이 연구되기 시작하고 있다^[5~7]. 한 방법은 개개의 플로우에 대해 통계적 서비스 특성을 제공하기 위해, flow-aware 네트워크에서 요구하는 플로우가 요구한 SSG 기반에서 수락할 것인지를 판단하여 결정하기 위해 기존 트래픽을 측정하고, 플로우를 스케줄링하기 위해 우선순위 방식을 채용한 MBAC 기반 DPS(Dynamic Priority Scheduling) 제어 방식에 대한 연구^[8] 등이 이루어지고 있다. 이 방식의 기본 개념은 이미 수락된 플로우의 SSG는 다음에 수락된 플로우에 의해 영향을 받지 않는다는 것이다. 그러나 이 방식은 다양한 대역폭이 존재하는 플로우에 대해, 여분의 대역폭에 따라 공정한 수락 및 링크 이용율의 저하를 가져올 수도 있다.

본 논문에서는 per-flow MBAC 알고리즘 기반 시스템에서 입력 플로우를 특성에 따라 그룹핑하고, 각 그룹핑된 플로우에서 먼저 입력되는 flow에 우선순위를 주는 DPS 알고리즘을 적용한다. 이때 전 flow를 플로우 특성에 따라 그룹핑하고, 각 그룹핑된 그룹에 일정 대역을 고정 할당한다. per-flow MBAC 기반 DPS 특성 및 대역 이용율을 향상시키기 위해, 그룹핑된 인접 그룹대역간 대역폭 차용이 가능한 우선등급 하위대역 차용방식과 각 그룹핑된 플로우에 그룹핑된 플로우 특성에 따라 대역을 동적으로 할당하는 동적 대역할당 방식을 제안한다. 전자는 높은 등급에서 대역이 부족하고 하위 등급에서 대역의 여유가 있으면, 높은 등급에서 하위 등급의 대역을 차용하여 높은 등급의 서비스의 품질을 보장하는 방법이다. 제안한 두 방식을 시뮬레이션을 통해 서비스 지속성, 링크 이용율, 지연 특성을 비교 평가 분석한다. 제안한 방식이 기존의 MBAC 기반 DPS 방식과 비교하여 우수하고, 다양한 멀티미디어 환경에서 더 효율적이라는 것을 분명히 한다.

본 논문은 서론에 이어 제II장에서는 본 논문에서 제

시한 대역폭 할당 수락제어 알고리즘에 대해 설명하고, 제III장에서는 시뮬레이션 모델에 대해 설명한다. 제IV 장에서는 시뮬레이션 및 분석 결과를 나타내고, 제V장에서 결론을 맺는다.

II. 서비스 분류 및 수락제어 알고리즘

1. 서비스별 특성 정의 및 분류^[9]

IETF DiffServ의 class-type를 고려한 서비스별 특성을 분류한다. 전체적인 특성 파라미터는 delay, jitter에 대한 민감성에 따라 표1과 같이 분류한다. 전체적인 서비스 class는 real-time(gold), transaction data(silver), best effort (bronze)로 구분하며, real-time 서비스는 다시 대역폭에 따라서 class1, class2, class3의 서비스로 분류한다. Delay와 jitter에 민감성에 따라서 민감할수록 상위 서비스로 분류한다. 원격 터미널 작업과 같이 대화형 트랜잭션 데이터 서비스에 해당하며, 지터에 별도로 제한이 없는 서비스를 silver급에 transaction data 서비스로 분류한다. Best effort는 기존 인터넷의 최선형 서비스에 해당하며, QoS 파라미터로 특별히 요구하는 사항이 없는 bronze급으로 분류하도록 한다. 본 논문에서는 real time 서비스를 class1, class2, class3, 그리고 transaction data (silver), best effort(bronze)를 best effort service 급으로 4개의 class로 구분하여 평가 하였다.

표 1. 서비스 특성 분류(BW, Delay, Jitter)
Table 1. Classification of Service Characteristics(BW, Delay, Jitter).

Service 분류						
Class-type Nature	Objective	BW	Delay	Jitter	Packet Loss	Example
Gold	Real-time Interaction	1.5 ~	0.8ms	6.5ms	10 ⁻³	HDTV
		64Kb ~ 1.5Mb	7ms	9.1ms	10 ⁻³	MPEG NTSC Video, MPEG Voice
		~ 64Kb	300ms	130ms	10 ⁻³	양속 음성, Video Conference
Silver	Transaction data		400ms 이상	U	10 ⁻³	Terminal session Custom App
Bronze	Best Effort	U	U	U	U	Best Effort Service

2. 수락제어 알고리즘

가. 우선등급 하위대역 차용 할당 수락제어 알고리즘
각 flow는 서비스 등급별로 고정된 대역폭 내에서 DPS 알고리즘에 의해 대역폭을 할당 받는다. 만약에 고정 대역폭에서 대역폭 할당이 불가능할 경우, 인접되는 하위대역에서 대역폭의 여유가 있으면 하위 등급에서 대역폭을 차용하여 플로우에 할당된다. 이때 차용된

대역에서도 DPS 알고리즘의 적용을 받는다. 본 제안 방식의 수락제어 (Admission Control) 알고리즘은 문헌 (8)에 의해 다음과 같이 수정 할 수 있다.

• 수락제어 알고리즘(Admission Control Algorithm) 및 동작원리

본 방식에서 식(1)과 식(2)는 입력 플로우 rate (throughput)에 대한 수락 조건이며, 식(3)은 입력 flow의 지연에 대한 조건이며, 식(4)는 요구된 손실을 만족시키기 위한 최소 버퍼의 조건을 나타낸다. 본 알고리즘은 입력 flow가 식(1)을 만족하면 flow를 입력으로 받아들이고, 다음 단계 즉 식(3) 및 식(4)의 조건을 만족하는지 체크한다. 식(1)을 만족하지 않으면, 각 class에서 하위 대역에 대역의 여유가 있는지를 판단하고, 대역의 여유가 있으면 대역폭을 차용하여 식(2)의 조건을 만족하는지 판단한다. 이때 만족하면 다음 단계로 진행한다. 이때 대역폭 차용 방법은 $C_1 \Rightarrow C_2, C_2 \Rightarrow C_3, C_2 \Rightarrow C_B$ 로 이루어진다.

$$\begin{aligned} \gamma_{n1} + \hat{\gamma}_1 &\leq \alpha_1 C = C_1 & (1) \\ \gamma_{n2} + \hat{\gamma}_2 &\leq \alpha_2 C = C_2 \\ \gamma_{n3} + \hat{\gamma}_3 &\leq \alpha_3 C = C_3 \\ \gamma_{nB} + \hat{\gamma}_B &\leq \alpha_4 C = C_B \\ \gamma_{nx} + \hat{\gamma}_x &\leq C_x & (2) \end{aligned}$$

여기서 $\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4 = \alpha \leq 1 (\alpha < 1)$

$$C_1 + C_2 + C_3 + C_B = \alpha C, (C: \text{전체 링크 용량})$$

$$\hat{\gamma}_1 + \hat{\gamma}_2 + \hat{\gamma}_3 + \hat{\gamma}_B = \hat{\gamma}$$

C_x : 각 class에 할당된 링크용량

(x=1,2,3, B=best effort)

$\hat{\gamma}_x$: 각 class에 이미 존재하는 모든 flow의 평균 대역폭(x=1,2,3,B=best effort)

γ_{nx} : 각 class에서 입력 flow가 요구하는 대역폭의 상한 값(x=1,2,3,B=best effort)

이상의 조건을 만족하면 다음 과정 즉 식(3)과 (4)의 조건을 만족하는지를 탐색한다. 이상의 모든 조건을 만족하면 flow의 입력은 수락하고, 그렇지 않으면 flow는 거절한다.

$$f_d(d_{nx}) \leq \epsilon_{nx}^d \quad (3)$$

$$b_{nx} + \hat{b}_x \leq M_x \quad (4)$$

여기서, ϵ_{nx}^d : 각 class에서 delay 요구 조건

$f_d(d_{nx})$: 각 class에서 flow가 받게 될 지연

M_x : 각 class에 할당된 버퍼 용량

b_{nx} : 각 class의 입력 flow에 할당될 버퍼 크기

\hat{b}_x : 이미 할당된 각 class의 버퍼 크기

우선 등급 하위대역 차용 방식의 수락제어 알고리즘은 그림 1과 같이 나타낼 수 있다. 각 flow는 등급별로 정해진 고정대역 내에서 flow별로 대역을 할당 받으며, 만약에 정해진 고정대역에서 flow별 할당이 불가능할 경우 인접 대역에 대역의 여유가 있으면 그 대역에서 대역을 차용하여 할당 받는다. 이때 차용한 대역의 flow는 대역이 보장된 flow보다 낮은 권한을 할당 받는다. 다음에 차용한 대역의 flow는 기존 flow와 똑같이 지연 및 손실 조건을 만족하는지 체크한다.

따라서 전체 대역에서 무분별하게 대역을 할당 받는 것이 아니라 정해진 대역 내에서 서비스를 받게 함으로써 서비스 별로 차별화된 대역 할당을 적용하게 된다. 여유 대역에 대해서는 서비스 우선권이 높은 flow가 선점하도록 한다. 그러므로 서비스에 더 차별화된 QoS를 제공할 수 있다.

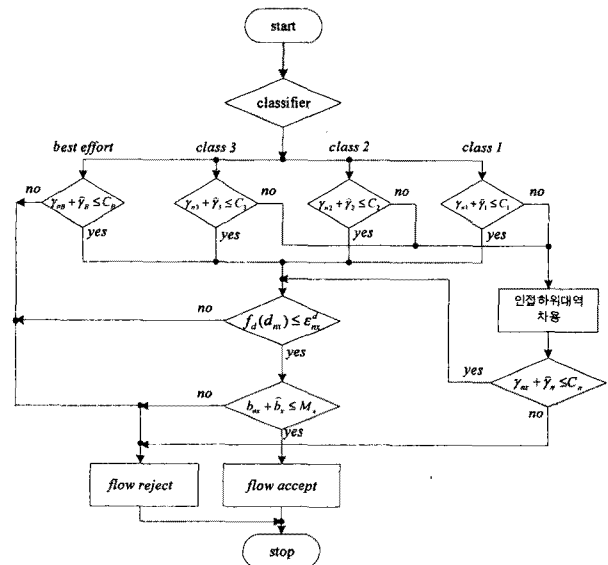


그림 1. 우선등급 하위대역 차용방식의 CAC 알고리즘
Fig. 1. CAC Algorithm of DPS based Bandwidth Borrowing Method from Adjacent Low Class Flows.

나. 동적 대역할당 수락제어 알고리즘

이 방법은 각 class에 해당하는 최소 대역폭을 가지고 있다는 것을 전제로 한다. 이 최소 대역폭은 어떠한

경우에도 각 class에 할당하며, 최소 대역폭의 합은 전체 링크 대역폭보다 매우 적다. 이러한 조건에서 본 방식은 flow의 량 및 조건에 따라 각 등급별 대역폭이 재조정되어 재 할당되는 방식이다. 따라서 본 방식에서 입력 flow는 할당 받아야 할 대역폭과 이미 할당된 대역폭의 합이 입력 flow의 class에 할당된 대역폭보다 작으면, 지연 및 손실 조건을 체크한다. 만약 그렇지 않으면, 입력 flow의 대역폭과 기 할당된 대역폭의 합이 해당 class에 할당된 대역폭보다 큰 경우에 대역폭 초과 조건을 체크한다. 이때, 초과 조건이 excess rate x (예, $x=50$)%을 초과하면, 전 class에 할당된 대역을 재조정한다. 그리고 조건 x 값은 class 별로 달리 설정 할 수 있다. 이때 각 class에 최소 대역폭과 기 할당된 대역폭 중에서 큰 값을 할당하고, 여유 대역폭은 우선순위가 높은 class에 부족한 대역폭만큼 재할당하여 서비스 품질을 높이는 방식이다. 이 때 네트워크 자원인 메모리 용량도 클래스별로 재 할당한다. 메모리 용량은 공통으로 사용 할 수 있다.

• 수락제어 알고리즘(Admission Control Algorithm) 및 동작원리

수락제어 CAC 알고리즘에서 기본적으로 식 (1), (2), (3), (4)을 만족하면 flow를 수락한다. 식(1)의 조건을 만족하지 않으면, 기 할당된 등급에서 초과 flow비율을 체크하여, 일정 값 α_x 을 초과하면 각 클래스 별로 대역 재 할당이 이루어진 후, 다시 수락제어 알고리즘이 동작한다. 이때 α_x 은 식(5)와 같다.

$$\alpha_x = \frac{\hat{\gamma}_x + \gamma_{nx}}{C_x} \tag{5}$$

본 알고리즘에서 동적 대역 할당은 식(6)과 같이 수행한다. 대역은 각 클래스에 고정 할당되는 최소 대역 $C_f = \sum C_{fx}$ 와 각 flow에 따라 동적으로 할당되는 대역 $C_d = \sum C_{dx}$ 로 구성되는데, 각 class에 동적으로 할당되는 C_{dx} 는 동적대역 C_d 내에서 식(6-d) 조건 범위 내에서 할당되도록 한다. 식(6-d)은 각 class에 할당되는 최대 용량을 제한하고 있다. 이는 하위 등급이 동적 대역을 필요이상 점유하는 것을 방지하기 위함이다.

$$C = C_d + C_f \leq 1 \tag{6-a}$$

$$\sum C_{fx} = C_f \tag{6-b}$$

$$\sum C_{dx} = C_d \tag{6-c}$$

$$C_x = C_{fx} + C_{dx} \leq C_{x, \max} \tag{6-d}$$

여기서, $x=1,2,3,B$

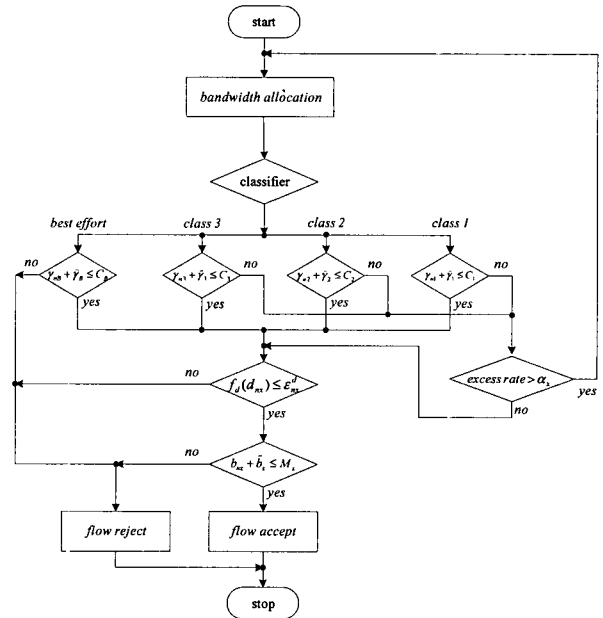


그림 2. 동적 대역폭 할당 CAC 알고리즘
Fig. 2. CAC Algorithm of DPS based Bandwidth Dynamic Allocation Method.

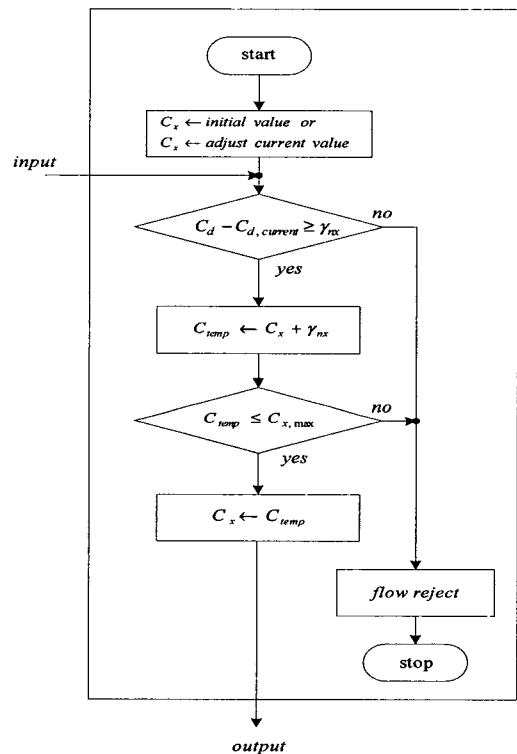


그림 3. 대역폭 할당 및 재할당 방식
Fig. 3. Bandwidth Allocation and Reallocation Method.

동적 대역폭 할당 수락제어 알고리즘의 그림2와 같 으며, 대역폭 할당 방식은 그림3과 같다. 최초 각 class 에 일정 고정대역폭을 할당한다. 각 클래스에 대역폭 재 할당 방식은 각 클래스에서 요구하는 입력 flow의 대역 γ_{nx} 가 $\gamma_{nx} \leq C_d - C_{d,current}$ (동적대역 C_d 에서 현재 사용 중인 동적대역 $C_{d,current}$ 을 제외 대역) 조건을 만족하고, 현재 각 class가 사용 중인 대역과 새로 입력 되는 flow의 대역의 합이 각 class에서 취할 수 있는 최대대역 조건 $C_{x,max}$ 보다 적을 때, 각 class에 대역을 새 flow의 입력만큼 증가시킨다. 이때 접속 중인 flow 가 종료되면 각 class에 할당된 대역폭을 항상 재조정 한다고 가정한다.

III. 시뮬레이션 모델 및 평가 파라미터

1. 시뮬레이션 모델

서비스를 대역폭에 따라 분류하고 1.5Mb(HDTV), 256Kb(MPEG voice), 64Kb(video conference), 16Kb (best effort)로 정의한다. 각 서비스 발생 분포는 지수 함수 분포(exponential) 이고 각 서비스별 패킷의 지속 시간은 on-off 분포로 평균 지속시간은 325ms로 가정 하였다. 패킷의 크기는 128 byte로 정의하였으며, 버퍼는 160개 패킷을 수용하도록 설정하였다.

시뮬레이션은 NS-2를 사용하였고, 시뮬레이션 네트워크 모델은 그림 4와 같으며, 각 링크 지연은 1 msec 로 설정하였다. 이 모델에서 발생된 트래픽은 class 1

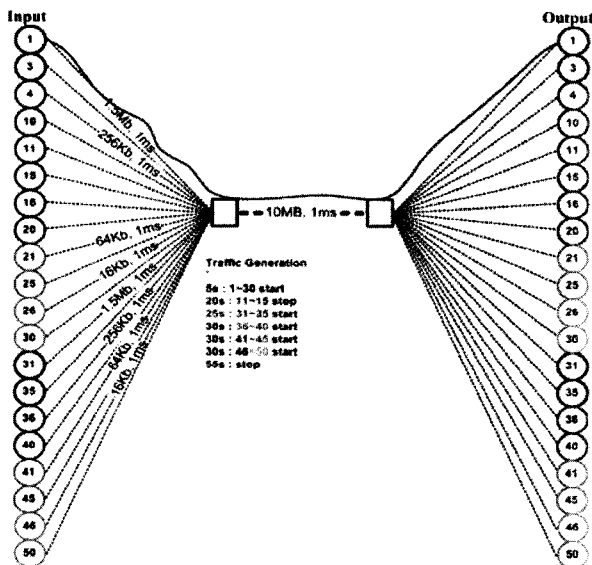


그림 4. 시뮬레이션 네트워크 모델
Fig. 4. Simulation Network Model.

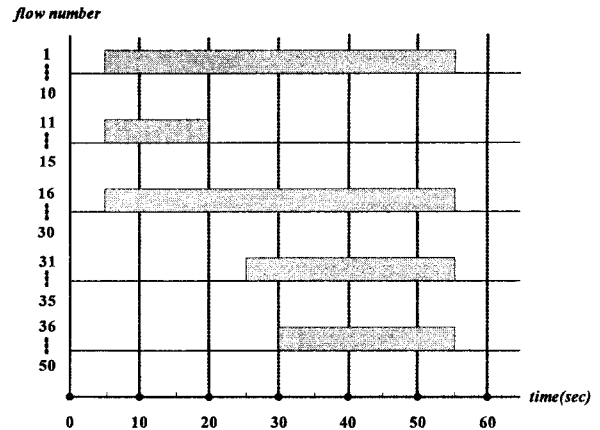


그림 5. Flow별 트래픽 발생시간
Fig. 5. Traffic Generation Time of Each Flows.

트래픽이 3개, class 2 트래픽이 16개, class 3 트래픽이 5개, best effort 트래픽을 5개를 발생하여 총 30개의 flow가 네트워크에 접속되도록 하였다. 이때 추가적으로 각 class별로 5개의 flow가 발생하도록 구성하기 위해 20개의 flow를 더 발생시켰다. 각 flow들에서 요구된 대역폭 및 flow 수를 고려해서 전체 링크 속도는 10Mb로 하였으며, 각각의 flow의 구별을 위해서 출력에도 50개의 출력을 만들어 각 flow가 peer-to-peer로 연결됨으로 각각의 flow에 대한 정보를 얻도록 설정하였다.

Flow 발생은 그림 5와 같이 발생시켰다. 그림5에서 가로축은 flow 발생시간이며, 세로축은 발생된 flow 수를 나타내고 있다. 그림 5에서 보는 바와 같이 초기 30개 flow는 5초인 시점에 발생하도록 하였다.

추가적으로 발생시킬 20개의 flow는 20초 시점에 class 2인 flow 11~15를 제거하고 25초 시점에 class 1인 flow 31~35를 발생시켰고, 30초 시점에 각 5개씩 class 2, class 3, best effort flow를 발생시켰다. 이때 flow 수는 36~50 이다. 모든 flow의 종료 시간은 55초에 끝나도록 설정하도록 하였다. 여기서 flow number가 flow 발생 순번으로 생각하여도 좋다.

2. 평가 파라미터

서비스 특성 평가 파라미터로 서비스 지속성평가, 링크 이용율, 지연특성이 있다. 서비스 지속성 평가는 flow 특성 중에 각 서비스가 얼마나 지속적인 QoS를 보장하는가에 대한 평가이다. 같은 등급에 속하는 flow 들 중에서 몇 번째 flow에서 서비스를 보장 받지 못하는지에 대한 검사를 통해 전체 링크에서 얼마나 서비스를 보장을 받을 수 있는지에 대한 보장 척도가 될 수

있다. 또 QoS를 보장하면서 링크 이용율의 평가가 적용한 알고리즘 평가라 할 수 있다. 각 패킷의 지연특성을 확인해 봄으로써 서비스별 지속성평가에 대한 척도가 될 수 있다. 지속성이 약해지는 부분에서 패킷에 대한 지연 값이 증가함으로 지연특성이 성능 평가의 한 부분이다. 따라서 이상의 3가지 파라미터를 중심으로 제안한 방식을 평가 한다.

IV. 시뮬레이션 결과 및 분석

1. 서비스 지속성 평가

기존의 DPS 방식(방식①)^[8]과 DPS 기반 우선등급 하위대역 차용방식(방식②), DPS 기반 동적 대역할당 방식(방식③)에서 서비스별 대역폭을 할당한 경우 서비스 지속성에 어떤 차이점과 특징이 있는지 분석한다. 발생된 flow 유형은 그림 5와 같으며, 트래픽 분류에 의해 가장 늦게 들어오는 우선순위가 낮은 트래픽을 분석함으로 각 class 서비스 별로 특성을 확인 할 수 있다. 시뮬레이션에 방식③의 $\alpha_x = 0.5$ 로 설정하였다. 각 클래스의 대역폭은 class 1이 1.5Mbps, class 2가 256Kbps, class 3가 64Kbps, BE(best effort)는 16Kbps로 가정하였다.

가. 경우 1 [대역 할당 비율: class1 (40%), class2 (30%), class3(20%), BE(10%)]

제안한 방식과 기존의 DPS 방식에서 패킷 손실 특성을 분석하기 위해, class 1, class 2, class 3 및 BE에 대해 대역 할당을 4:3:2:1의 비율(즉 4Mbps, 3Mbps, 2Mbps, 1Mbps)로 설정하고 각 방식의 특성에 따른 서비스 지속성을 패킷 loss의 비율로 평가하였다. 방식①에서는 class 1인 flow 3, flow 31~flow 35에서 손실이 발생한다. 또 class 2에 속하는 flow 15~flow 20에서 20초 시점까지는 손실이 발생하며, 20초인 시점에서 flow 11~flow 15가 종료되므로 flow 20에 대해서만 손실이 아직 발생한다. 이후 30초 시점에 발생한 flow 36~flow 40에서도 손실이 발생한다. 그러나 class 3 및 best effort 트래픽에서는 손실이 발생하지 않는다.

방식②는 할당된 대역에 먼저 우선적으로 할당을 받고, 부족한 대역 분은 하위대역에서 여유 대역이 있는 경우에 한해 class 1, class 2, class 3 순으로 대역을 할당 받아 사용한다. 이와 같이 수행하면, 20초 시점까지는 flow 3 그리고 flow 15~flow 20이 class 3 및 BE(best effort)의 여유 대역을 차용하여 사용하므로 손

실이 발생하지 않는다. 20초에서 25초 구간에는 flow 11~flow 15가 종료되므로 패킷 손실이 발생하지 않는다. 25초 시점에 발생한 class 1인 flow 31~flow 35중 flow 31은 하위 등급의 여유대역을 사용할 수 있으므로 손실이 발생하지 않지만, flow 32~flow 35는 패킷 손실이 발생한다.

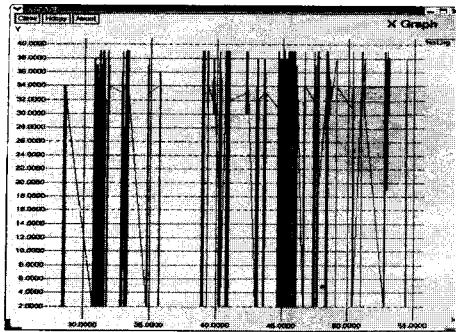
방식③을 평가하기 위해 대역 초과비율 $\alpha_x = 0.5$ 로 하고, 각 class의 최소 보장 대역폭은 1Mbps로 가정하였다. 25초 시점까지는 각 class의 대역 초과비율이 0.5 이하 이므로 방식①과 동일한 특성을 갖는다. 시뮬레이션 시간 25초 이후에 발생하는 각 class별 전체 트래픽량이 $\sum B_{class1} \cong 12Mbps$, $\sum B_{class2} \cong 4.352Mbps$,

$$\sum B_{class3} \cong 640Kbps, \sum B_{BE} \cong 160Kbps \text{ 이다.}$$

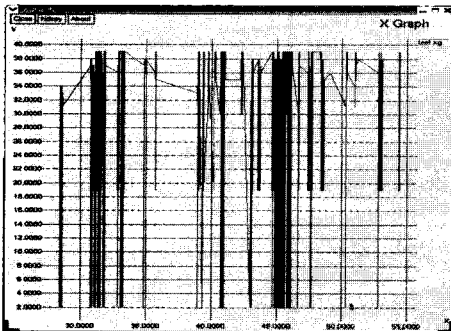
따라서 대역 재할당이 발생하는 등급은 class 1이다. 즉 class 1에 대역이 증가되므로 class 2에 속하는 flow 20, flow 36 ~ flow 40은 모두 패킷 손실이 발생한다. Class 3 및 BE flow의 량은 최소대역폭 이하이기 때문에 손실이 발생하지 않는다. 즉 class 1에 의하여 대역 재할당이 일어나게 되어 class 3의 1Mbps 여유대역을 class1에서 사용하게 되어 전체 대역의 배분은 5Mbps, 3Mbps, 1Mbps, 1Mbps로 변경된다. 이로서 class1에서 먼저 발생하는 1~3까지의 flow는 4.5M로 3개를 모두 보장하여 손실이 일어나지 않게 되며, 31~35까지의 flow에서 손실이 일어나게 된다. 이것을 방식②와 비교하게 되면 확실히 flow2에서 손실이 일어나지 않는 것으로 확인할 수 있다. Class2는 손실율이 변화가 없게 되는데 그것은 class1은 class3에서 대역을 할당해 온 것이므로 class2에는 영향이 없기 때문이다.

그림 6에 각 방식별 flow의 손실 특성을 나타내고 있다. 그림의 가로 축은 시뮬레이션 시간, 세로축은 flow의 번호를 나타내고 있다. 이 그림에서 flow의 번호는 0에서 시작하기 때문에, 실제 flow 번호는 하나씩 증가된 번호라고 보면 된다. 방식① 및 방식②는 flow 3에서부터 손실이 발생하고, 방식③에서는 flow 31에서부터 손실이 발생함을 알 수 있다.

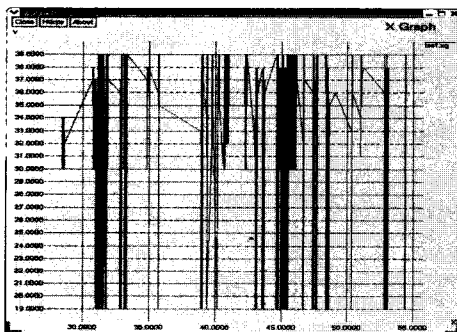
여기서 flow 3 및 flow 35, class 2인 flow 20 및 flow 40, flow 3인 flow 25와 flow 40, best effort 트래픽인 flow 30과 flow 50에 대해 각 방식별 손실 특성을 그림 7에 나타냈다. 그림 7에서 보면, 방식③이 다른 두 방식보다 상위 클래스의 flow에 대해 손실율을 개선시키고, 반면에 하위 class의 flow에 대해서는 손실율이 크다. 방식③에서 대역 초과 비율 α_x 값을 재조정하면 더 개선되리라고 본다.



(a) 방식①의 loss 패킷 현황



(b) 방식②의 loss 패킷 현황



(c) 방식③의 loss 패킷 현황

그림 6. 각 등급별 4:3:2:1비율로 대역폭 할당에서 flow의 손실 특성

Fig. 6. Loss Characteristics of Flows in the Methods (Bandwidth Allocation Rate 4:3:2:1 of Each Class).

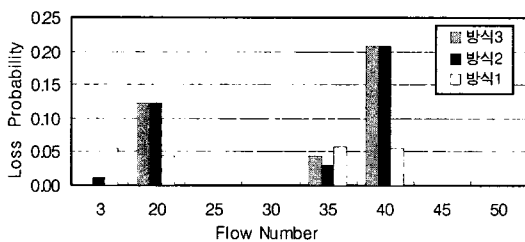


그림 7. 각 등급별 4:3:2:1비율로 대역폭 할당에서 flow 손실율

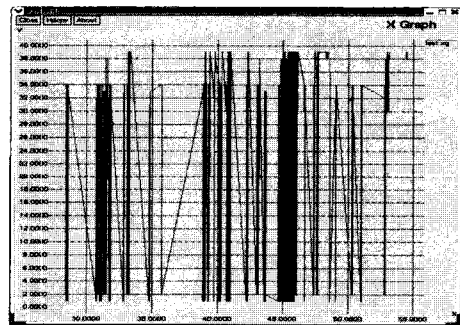
Fig. 7. Loss Probability of Flows in the Methods (Bandwidth Allocation Rate 4:3:2:1 of Each Class).

나. 경우 2 [대역할당비율 : class1 (20%), class2 (40%), class3(30%), BE(10%)]

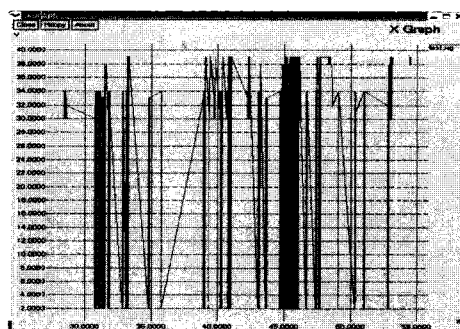
방식①에서는 25초 시점까지 class 1인 flow 2 및 flow 3이 손실이 발생하고, class 2인 flow 20에서 손실이 발생하며, class 3의 flow에서는 손실이 발생하지 않는다. 25초 시점에 발생한 flow 31~flow 35 그리고 30초 시점에 발생한 flow 40에서 손실이 발생한다.

방식②에서 class 1은 하위대역 차용이 일어나는데, 여유 대역을 갖는 class 3에서 2.5Mbps 대역 차용이 일어나서 flow 2는 보장되고 flow 3에서 손실이 일어나고 있다. 방식③에서는 class 1의 트래픽 초과비율 $\alpha_x = 1.25$ 이므로 대역폭 재할당을 하게 되어 결과적으로 등급별로 4:4:1:1비율로 대역이 재할당 된다. 25초 시점에 class 1이 다시 대역 재할당 기회를 갖지만, 각 등급의 대역에 여유가 없기 때문에 재할당이 일어나지 않는다.

따라서 Class1의 손실이 그림 8에서 보는 바와 같이 기준에 class1에 2Mb가 할당 되었을 경우에는 flow2에서도 손실이 발생했었지만 대역폭 재할당 알고리즘을 통해서 class1에 대역폭이 4Mb로 변경이 되면서 flow2



(a) 방식②의 loss 패킷 현황



(b) 방식③의 loss 패킷 현황

그림 8. 각 등급별 2:4:3:1비율로 대역폭 할당에서 flow 손실 특성

Fig. 8. Loss Characteristics of Flows in the Methods (Bandwidth Allocation Rate 2:4:3:1 of Each Class).

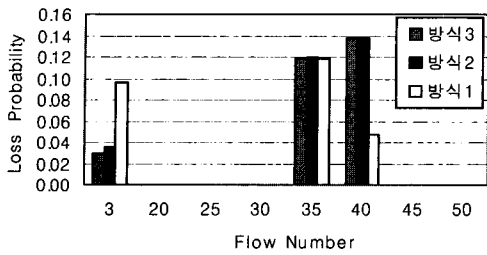


그림 9. 각 등급별 2:4:3:1비율로 대역폭 할당에서 flow 손실율

Fig. 9. Loss Probability of Flows in the Methods (Bandwidth Allocation Rate 2:4:3:1 of Each Class).

의 손실은 없어지고 30~34까지의 flow에서만 손실이 일어나게 됨을 알 수 있다.

2. 링크 이용을 평가

링크 이용율은 그림 10에서 볼 수 있듯이 방식②과 방식③에서는 거의 차이가 없다. 방식②는 상위 등급이 하위 대역에서 여유가 있으면 차용하고, 호가 지속되는 한 우선권을 가지고 때문에 대역 효율이 높다. 특히 상위급 대역이 하위급 대역에 여유가 있으면 무조건 차용하는 형태로 생각하였기 때문에 링크 이용 효율이 높다. 이 방식에서 차용 가능 범위를 적절히 조절할 필요가 있다. 방식③은 각 등급별 대역 할당 방법에 따라 링크 이용율이 다르지만, 대역 초과율에 따라 대역 재할당이 일어나기 때문에 링크 이용율이 개선되고 있다. 특히 방식③에서 대역 재할당이 일어나는 기준 즉 초과율을 적절히 조절하면 링크 이용율은 더 개선되리라고

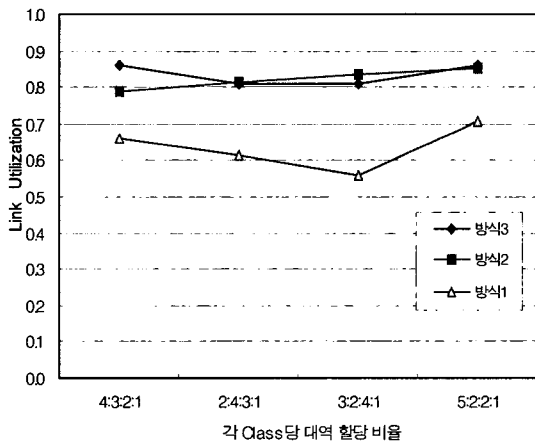


그림 10. 각 방식별 링크 이용율

Fig. 10. Link Utilization of the Methods.

본다. 방식①은 대역 고정 할당 방식이기 때문에 대역 이용 효율이 두 방식에 비해 떨어진다.

3. 지연특성 평가

본 논문에서 제안 방식은 하위 대역폭 차용 및 동적 대역폭 할당 방법을 이용하여 서비스 지속성 평가를 수행하므로, 각 flow에서 손실이 발생하는 부분은 평균적으로 flow31~flow35에서 확실히 일어나는 것을 알 수 있다. 여기서 지연 특성을 평가하기 위해 flow 35번의 지연특성을 조사함으로써 손실이 발생하는 동안에 flow에 지연 특성이 어떻게 변화하는지 조사해 본다.

패킷 손실이 일어나는 부분은 패킷이 폐기되는 부분이고, 지연은 손실이 발생하기 전에 버퍼에서 대기하는 큐잉 시간이다. 방식①, 방식②, 방식③에서 각 class 별 할당 대역이 case 1의 경우, 손실이 일어나기 전 지연 시간이 그림 11, 그림 12, 그림 13에 나타났다.

방식②의 사용은 지연특성 평가에서도 손실을 평가에서 나타난 것과 같이 방식①에 비해서 손실율을 개선시키고 있다. 특히 flow35의 경우 class1에 속하는 flow로 여유 할당 대역에 대한 우선권을 가지고 있다. 따라서 손실율이 개선되는 현상을 볼 수 있으며, 지연특성 평가에서도 역시 손실율이 개선됨으로 지연 그래프의 밀집도가 감소하는 현상을 확인할 수 있다. 그러므로 방식②에서 확실히 class별 대역 보장에 의해 지연특성이 개선됨을 확인할 수 있다. 이 경우 그림 12에 나타났다.

방식③에서 지연특성 평가는 방식②와 크게 다르지 않음을 알 수 있는데 그것은 방식③이 특정 flow에 손실을 제거함으로써 class별 flow에 손실을 원천적으로 제거하는 방식이기 때문이다. 손실이 일어나는 flow에 대

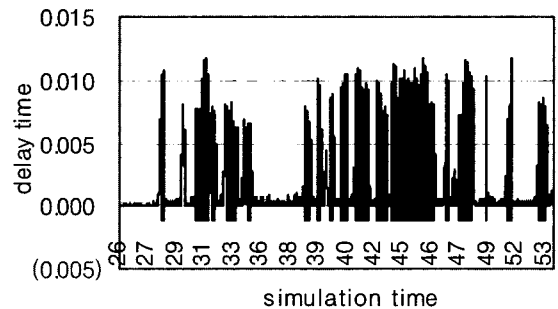


그림 11. 4:3:2:1대역폭 할당에서 방식① 적용한 flow 35 지연

Fig. 11. Delay Characteristics of Flow 35 in the Method ① (Bandwidth Allocation Rate 4:3:2:1).

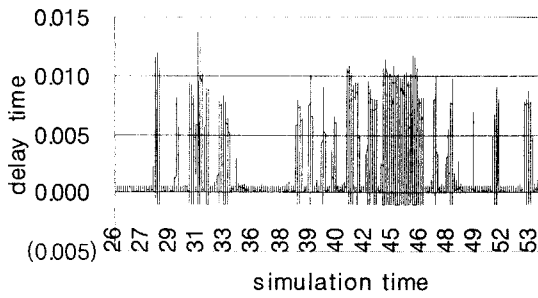


그림 12. 4:3:2:1대역폭 할당에서 방식② 적용한 flow 35 지연

Fig. 12. Delay Characteristics of Flow 35 in the Method ② (Bandwidth Allocation Rate 4:3:2:1).

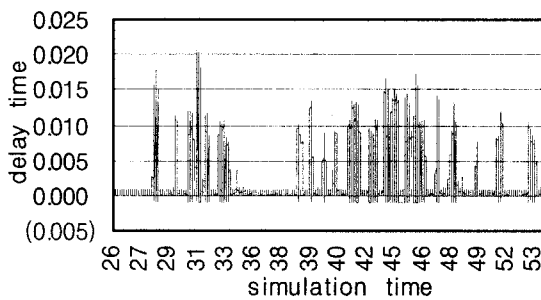


그림 13. 4:3:2:1대역폭 할당에서 방식③ 적용한 flow 35 지연

Fig. 13. Delay Characteristics of Flow 35 in the Method ③ (Bandwidth Allocation Rate 4:3:2:1).

해서는 방식②와 차이가 미세하게 더 좋은 것을 확인되었기 때문이다. 이러한 특성을 그림 13에 나타냈다.

V. 결 론

인터넷 환경에서 실시간 및 비실시간 등 다양한 멀티미디어 서비스가 존재하고 있으며, 이러한 환경에서 개개의 서비스 특성을 만족시키는 데는 한계가 있다. 해결하는 방법으로 flow-aware 네트워크에서 실시간 서비스 특성 보장을 위해 MBAC 기반 시스템에서, 모든 링크 대역폭에서 먼저 입력되는 flow에 우선순위를 주는 기존의 DPS 알고리즘을 적용하는 기존 방식이 있다. 본 논문에서는 기존 방식의 DPS 알고리즘을 등급별 대역에 고정 할당하는 방식을 적용하였다. 그리고 할당된 대역에서 호 설정에 요구되는 대역이 부족할 경우, 인접 하위 대역에서 대역 차용이 가능하도록 우선등급 하위대역 차용방식과 각 class에 최소 대역을 할당하고, 나머지 공동대역을 우선순위에 따라 동적으로 재할당하는 동적대역 할당 알고리즘을 제안하였고,

제안한 두 방법의 특성을 시뮬레이션을 통해 비교 분석하였다. 그 결과 제시한 두 방식이 다양한 멀티미디어 환경에서 우선순위가 높은 flow에 대해 기존의 방식보다 패킷 손실율과 지연을 개선할 수 있음을 분명히 하였다. 그러나 하위대역 차용 방식과 동적대역 할당 방식은 링크 이용 효율이 기존의 방식보다 개선된다는 것을 확인하였다. 따라서 본 논문에서 제안한 두 방식이 기존의 방식보다 우선 등급에 대해 패킷 손실율과 지연 특성을 개선함으로써 IPTV 등 실시간 서비스 환경에 적합하다는 것을 분명히 하였다.

금후 본 논문은 방식②에서 대역 차용 가능한 최대대역과 최소대역을 정의하는 방법과 방식③에서 동적으로 대역폭을 재할당하는 시점 등을 정량화 할 필요가 있다. 현재 이 분야에 대해 연구 중에 있다.

참 고 문 헌

- [1] 강국창, 이순석, 김영부, 김영선, "Flow-based TE 기반의 Managed IP 전달망", 한국통신학회논문지 제31권 2C호, pp. 148~155, Feb. 2006.
- [2] Fineberg, V, "A practical architecture for implementing end-to-end QoS in an IP network," IEEE, Volume 40, pp. 122~130, Jan. 2002.
- [3] Golla, P et al., "QoS mechanism for prioritized flow-control for network elements handling high-speed traffic," GLOBECOM '03 IEEE, Vol. 7, pp. 3609~3614, Dec. 2003.
- [4] Oueslati, S.; Roberts, J, "A new direction for quality of service: flow-aware networking," Next Generation Internet Networks, 2005, pp.226~232. April, 2005.
- [5] L. Breslau, S. Jamin, and D. Shenker, "Comments on the performance of measurement-based admission control algorithms," in IEEE INFOCOM, 2000.
- [6] Y. Jiang, P.J.Emstad, V. Nicola, and A. Nevin, "Measurement-based admission control," A revisit. In 17th Nordic Teletraffic Seminar (NTS-17), 2004.
- [7] K.Shiomoto, N.Yamanaka, and T.Takahashi, "Overview of measurement-based connection admission control methods in ATM networks," IEEE communications surveys, pp. 2-13, First-quarter, 1999.
- [8] Jiang. Y, Emstad. P.J, Nevin. A, "Measurement-Based Admission Control for a Flow-Aware Network", Next Generation Internet Networks, pp. 318~325, April 2005.

- [9] 김영탁, "BcN에서의 QoS 보장형 차별화 서비스 제공을 위한 Inter-Domain 네트워킹 기술," 한국통신학회지, 제22권 12호, pp.105~109, Dec 2005.
- [10] 정일영, "Policy 기반 QoS + Security 지원 메카니즘," 한국통신학회지, 제2권 8호, pp. 51~62, 2003.

 저 자 소 개



김 재 홍(정회원)
 2005년 한국외국어대학교
 전자정보공학부 전자공학
 전공 학사
 2007년 한국외국어대학교
 전자정보공학과 전자공학
 전공 석사

2008년~현재 (주)CST 연구원
 <주관심분야 : 컴퓨터통신, 인터넷, 통신 네트워크, 네트워크 시뮬레이션>



한 치 문(평생회원)
 1977년 경북대학교 전자공학 학사
 1983년 연세대학교 대학원
 전자공학 석사
 1990년 The University of Tokyo,
 전기 및 전자공학 박사
 1977년 2월~1983년 3월 KIST
 연구원

1983년 4월~1997년 2월 ETRI 선임연구원,
 책임연구원

1997년 3월~현재 한국외국어대학교 전자정보
 공학부 교수

<주관심분야 : 초고속정보통신, 컴퓨터통신, 센서
 네트워크, 네트워크 보안, 네트워크 설계 및 성능
 분석>