

# Assured Forwarding 클래스를 위한 동적 엄격 패킷 폐기 메커니즘

김수연<sup>†</sup> · 이호균<sup>††</sup> · 김철범<sup>††</sup>

## 요약

본 논문에서는 차별화된 서비스에서 AF 서비스의 drop precedence 정책을 위하여 제안된 RIO 메커니즘보다 엄격하게 우선순위를 적용할 수 있는 새로운 메커니즘을 제시하였다. 이 방안에서는 각 클래스의 drop precedence 별로 우선순위를 엄격하게 적용함으로써 우선순위에 따른 패킷 전송 능력을 개선하였다. 시뮬레이션을 수행한 결과 제안된 방법은 망의 트래픽 상태에 상관없이 RIO 보다 엄격하고 효율적인 우선순위 전송기능을 제공하고 있음을 보여주었다.

## Dynamic and Strict Packet Dropping Mechanism for Assured Forwarding Classes

Su-Yeon Kim<sup>†</sup> · Ho-Gyun Lee<sup>††</sup> · Chul-Byum Kim<sup>††</sup>

## ABSTRACT

In this paper, we present a new mechanism applying more strict priority than RIO mechanism proposed as a drop precedence policy of AF classes in differentiated services. In this mechanism, applying strict priority to drop precedence policy, we get better performance on priority level. Simulation results indicate that the proposed mechanism may provide more efficient and more strict priority transmissions as compared to RIO regardless of traffic load.

### 1. 서론

최근 인터넷에서는 MBONE(Multicast Backbone), 인터넷 폰과 같은 중단간 QoS(Quality of Service)보장을 요구하는 많은 실시간 멀티미디어 응용들을 지원하기 위하여 인터넷 표준 기구인 IETF(Internet Engineering Task Force)에서는 인터넷 통합 서비스 구조를 지원하는 자원 예약 프로토콜로서 RSVP(Resource Reservation Protocol)를 개발하였다. 그러나 인터넷상의 모든 라우터가 RSVP를 지원하기 위하여는 모든 흐름마다 각각의 큐를 할당해주고 유입되는 패킷을 분류하고 스케줄

링 하여야 하는데 이러한 작업들은 결과적으로 라우터의 성능을 저하시키게 되므로 바람직하지 않다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 생성된 서비스 방법으로써 차별화된 서비스(Differentiated Service)는 프로그램 단위의 흐름(flow)보다는 패킷 그 자체에 대하여 상호 차별을 하도록 함으로써 라우터의 부담을 줄였다. 비록 모든 흐름에 대하여 절대적인 자원보장을 하지는 않지만, 대신 상대적으로 차별된 서비스를 제공해 줄 수 있도록 하였다. 이러한 차별화된 서비스를 제공하기 위하여 DS(Differentiated Service) 서비스 그룹에서는 AF(Assured Forwarding)와 EF(Expedite Forwarding)라는 트래픽의 서비스를 정의하고 이러한 트래픽에 대한 코드포인트(Codepoint)와 PHB(Per Hop Behavior)

<sup>†</sup> 정회원 : 영진전문대학 컴퓨터정보기술개발

<sup>††</sup> 준회원 : 경북대학교 대학원 컴퓨터공학과

논문접수 : 1999년 9월 21일, 심사완료 : 1999년 11월 6일

를 정의하였다[1, 2].

위와 같은 형태로 서비스를 제공함으로써 서비스 제공자는 일반 사용자에게 대역폭 할당 서비스를 다양하게 구사할 수 있고 또한 상업적 공중망에서 차별화된 서비스별로 요금을 부과할 수 있는 토대를 마련하였다. 이러한 서비스를 제공하기 위하여 필요한 흐름제어 기술으로써 여러 가지 방법이 제안되었는데, Weighted Fair Queuing 메커니즘, ECN(Explicit Congestion Notification) 메커니즘, RED(Random Early Drop) 메커니즘, RIO(RED with In and Out packets) 등이 있다[3, 4].

이러한 메커니즘은 망의 혼잡시에 영향을 최소화하기 위한 방안을 제시하고 있는데 각각의 AF 클래스에 적용되고 있는 패킷 폐기율을 조정하여 우선순위에 따라 패킷을 폐기하도록 하고 있다. 그러나 이러한 방법들은 패킷에 대한 폐기 처리를 우선순위에 따라 완벽하지 못하게 처리하고 있다. 즉 우선 순위별로 패킷 폐기확률을 다르게 하여 패킷을 처리하는데 망의 부하가 높아짐에 따라 높은 우선 순위의 패킷이 처리되지 않는 경우도 발생하였다.

따라서 본 논문에서는 각 AF 클래스별로 완벽하고 엄격한 우선순위를 적용할 수 있는 패킷 폐기 메커니즘을 제안하였다. 이러한 메커니즘은 망의 혼잡상태에 따라서 적절하게 패킷의 폐기를 제공함으로써 우선 순위별로 엄격한 패킷 폐기 서비스를 제공할 수 있다. 낮은 우선 순위의 패킷을 전송할 수 있을 만큼 망의 부하상태가 낮은 경우에는 우선순위가 낮은 패킷도 충분히 처리할 수 있도록 하고 망의 부하 상태가 높은 경우에는 낮은 우선 순위의 전송을 막음으로써 높은 우선 순위의 패킷 전송만 허락하도록 하여 우선 순위 전송에 따른 효율성이 다른 메커니즘 보다 우수하다. 따라서 본 논문에서는 동적 엄격 패킷 폐기 메커니즘을 이용한 기본적인 동작 방법에 대하여 설명하고 이러한 결과를 시뮬레이션을 통하여 증명하였다.

본 논문의 2장에서는 차별화된 서비스의 기본적인 기술배경과 AF, EF 서비스에 대하여 설명하고 3장에서는 현재 제시되어 있는 패킷 폐기 메커니즘 중 RIO 메커니즘을 설명하고 4장에서는 본 논문에서 제시한 동적 엄격 패킷 폐기 메커니즘과 이를 차별화된 서비스에 적용하기 위한 방법을 제시하고 5장에서는 제안한 메커니즘의 시뮬레이션의 결과 및 이를 분석하였다. 그리고 마지막 6장에서는 결론을 제시하였다.

## 2. 차별화된 서비스의 기술 배경

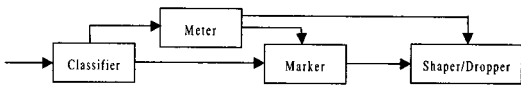
인터넷에서 차별화된 서비스의 목적은 라우터에서 패킷을 처리하기 위한 PHB를 선택하기 위하여 패킷 헤더에 값을 정의하고 패킷별로 차별화된 서비스를 제공해 주자는 것이다. 이들 차별화된 서비스는 라우터에 유입되는 패킷의 양이 적을 경우, 전부 좋은 서비스를 제공하는데, 패킷의 양이 많아서 패킷 손실을 유발시킬 경우에는 어떤 패킷에게 우선순위의 서비스를 제공할 것인가를 정의한다. 차별화된 서비스 망으로 유입/유출되는 패킷들은 유입/유출 노드를 경유하도록 하여 유입노드에서는 도달하는 패킷에 대하여 미리 계약한 바에 따라 패킷이 도달하는지 판단하고 유출노드로 패킷을 전달한다. 유출노드에서는 연결된 다른 망으로 미리 설정된 TCA(Traffic Condition Agreement)에 따라 패킷을 전달한다[5].

### 2.1 DS byte와 PHB (Per-Hop Behavior)

IP 패킷이 라우터에서 차별화된 서비스를 받으려면, IP 버전 4의 TOS(Type of Service) 옥텟과 IP 버전6의 클래스 필드 바이트가 제정의 되어야 한다. 제정의된 해당 옥텟을 DS 바이트라 부른다. 6개의 비트가 패킷 전달 방식 PHB를 결정하는 DS 코드로 할당되었다. 이 코드 값은 패킷이 경유하는 라우터에서 인덱스로 사용되어 패킷의 전달 방식인 PHB를 결정한다. CU 비트는 앞으로 사용하기 위해 예비한 필드이다[7]. DS 바이트는 패킷이 다른 도메인에 전달되면서 다시 기록될 수도 있다.

### 2.2 트래픽 조절기

같은 DS 바이트를 가지고 경계를 넘어오는 패킷들의 집합을 Behavior Aggregates라고 한다. 트래픽 조절기는 대부분 경계 노드에서 동작하며, 자기 도메인에서 적절한 차별화된 서비스 제공을 위해 Behavior Aggregates를 준비한다. 트래픽 조절기는 4가지 프리미티브로 구성되는데, Classifier, Meter, Marker, Shaper 및 Dropper 등이 있다. Shaper와 Dropper는 통상 Classifier와 Meter의 뒤에 위치하게 된다. 이들 프리미티브의 상호관계가 (그림 1)에 나타난다[7].



(그림 1) 트래픽 조절기에서 여러 프리미티브의 관계

## 2.3 PHB의 종류[2]

### 2.3.1 Assured Forwarding PHB

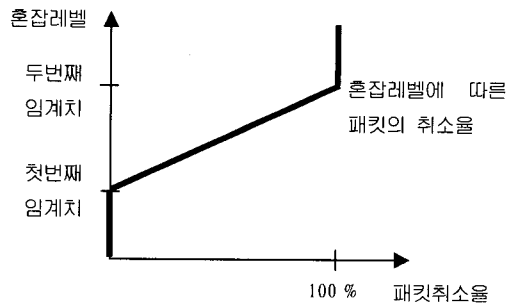
Assured Forwarding (AF)은 고객의 DS 도메인에서 전송된 IP 패킷을 서비스 제공자의 DS 도메인에서 서로 다른 레벨로 전송하기 위한 방법을 제공한다. 이를 위하여 AF-PHB 그룹은 IP 패킷의 전송을 4 개의 독립적인 AF 클래스들로 구분하여 제공한다. 그리고 패킷은 각각의 AF 클래스에서 3가지의 독립적인 drop precedence 레벨 중에 하나로 할당된다[8].

4 가지의 AF 클래스는 각 DS 노드에서 특정한 양의 포워딩 자원(버퍼의 양, 대역폭)을 할당하도록 정의하는데, 각 AF 클래스에서 IP 패킷은 3 종류의 가능한 drop precedence 값 중의 하나로 표시된다. Drop precedence는 망의 혼잡 시에 패킷의 상대적인 중요성 즉 우선순위를 결정한다. 혼잡 노드는 낮은 drop precedence 값을 가진 패킷을 높은 값을 가진 것에 비교하여 보호하여야 한다.

AF PHB그룹이 N개의 독립된 클래스와 각 클래스별로 M개의 독립된 drop precedence를 가지고 있고 그 그룹에 속한 하나의 패킷이 i 클래스 값과 j drop precedence 값을 가진다면 이 때 i와 j는  $1 \leq i \leq N$ ,  $1 \leq j \leq M$  값의 범위를 가진다. 현재의 표준에 따르면  $N=4$ 가 되고  $M=3$ 이 된다.

DS 노드는 각각의 구현된 AF 클래스에 구성 가능한 최소한의 자원을 할당해야 한다. 따라서 각 클래스는 구성된 서비스율을 만족하기 위하여 서비스하여야 한다. 그리고 AF의 구현시 주의할 점은 단기간의 망 혼잡은 허락하지만 장기간의 망 혼잡은 최소화하도록 노력하여야 한다는 것이다. 이러한 결과를 만들기 위하여 활성화된 큐 관리 알고리즘이 필요하다. 이러한 알고리즘의 예는 Random Early Detection 같은 것이다. 패킷의 취소율이 급하게 바뀌지 않고 점진적으로 변하도록 하기 위하여 두개의 smoothed 혼잡레벨 임계치를 사용한다. 따라서 smoothed 혼잡 레벨이 첫번째 임계치보다 적다면 패킷은 취소되지 않고, smoothed 혼잡 레벨이 첫번째와 두 번째 임계치 사이에 있다면 일

정하게 증가하는 확률로 패킷은 취소된다. 만약에 smoothed 혼잡레벨이 두 번째 임계치 이상이라면 패킷은 100% 취소된다.



(그림 2) 혼잡 레벨에 따른 취소율

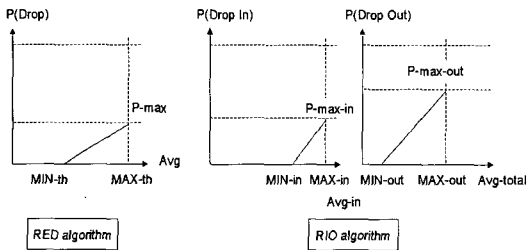
### 2.3.2 Expedited Forwarding (EF) PHB

차별화된 서비스 기능을 제공하도록 구현된 각 노드는 패킷을 위한 포워딩 처리로서 PHB를 선택하기 위하여 패킷 헤드에 하나의 코드를 사용한다. EF PHB는 DS 도메인을 통하여 낮은 패킷 손실, low latency, 낮은 지터, Assured 대역폭 중단 서비스를 만들기 위하여 사용된다. 그러한 서비스는 단일 연결 또는 가상임대 선에서 나타나는데, 프리미엄 서비스라고도 한다. 패킷 손실, latency, 지터는 망에서 전달되는 동안 큐 트래픽을 통하여 발생하므로 어떤 트래픽 묶음에게 낮은 손실, 낮은 latency, 낮은 지터를 제공하기 위하여는 이러한 묶음이 큐를 거치지 않거나 매우 작은 큐를 거치도록 한다. 따라서 어떤 노드에서 트래픽의 도착율이 출발율을 초과할 때 큐가 발생한다. 그래서 어떤 트래픽의 묶음을 처리하는데 있어서 큐를 최소화 하기 위하여, 각 서비스는 모든 전송노드에서 트래픽 묶음의 최대 도착율이 최대 출발율에 비해 작도록 유지하여야 한다. 이를 위하여 여러 가지 형태의 큐 스케줄링 메커니즘이 이러한 EF 서비스를 제공하기 위하여 적용되었다. 단순 우선순위 큐는 EF 서비스를 선택할 수 있는 높은 우선순위 큐를 제거하여 적절한 서비스를 해 주도록 한다[9].

## 3. 기존의 패킷 폐기 알고리즘 (RIO 중심으로)

버퍼 관리 방식에는 나머지 버퍼, RED(Random Early Detection), RIO(RED with In and Out packets)방식,

그리고 임계치(threshold) 방식 등이 있다[7]. 나머지 버림 방식은 특별한 큐 관리를 하지 않고 큐에 공간이 있는 한 패킷의 종류에 관계없이 패킷을 수용하고 공간이 없으면 폐기하는 방식이다. RED는 큐의 평균 길이에 따라 패킷을 폐기하는 방식이고, RIO는 패킷의 폐기 등급을 In-profile과 Out-of-profile의 2 등급으로 구분하여 큐의 공간이 임계치를 넘어서면 폐기 등급에 따라 차별적으로 폐기하는 방식이며 임계치 방식은 RIO와 비슷하지만 차이점은 큐의 공간이 임계치를 넘으면 무조건 Out-of-profile로 기록된 패킷을 폐기한다.



(그림 3) RED 와 RIO 알고리즘 그래프

본 논문에서 제안하는 기법과 비교 대상으로 하는 RIO 방식은 기존의 RED방식에 서비스 차별화 개념을 적용한 것이다. (그림 3)에서 보듯이 RED는 버퍼가 폭주하기 전에 MINth 이후부터 임의로 패킷들을 미리 폐기함으로써 폭주를 막게 된다. 여기에 RIO는 미리 패킷들을 In과 Out으로 구분해서 표시를 해두고 폐기되는 비율을 다르게 하여 서비스를 차별화 시킨다[10]. 이때 서비스 차별화 성능은 파라미터의 선택에 좌우되는데 RIO는 min\_in, max\_in, Pmax\_in, min\_out, max\_out, Pmax\_out, avg\_in, avg\_total등을 파라미터로 두고 있다. in 패킷들은 in 패킷들의 흐름만을 측정하는 avg\_in으로 폐기율이 결정되지만 Out 패킷들은 in과 out 두 흐름 모두를 합한 흐름을 측정한 avg\_total을 통해서 폐기율이 결정된다. 이런 차이를 돕으로써 in 패킷들이 상대적으로 높은 서비스 품질을 보장 받을 수 있다.

4. 제안된 동적 엄격 패킷 폐기 메커니즘

현재의 차별화된 서비스 망에서 AF 패킷을 서비스 나 클래스별로 차별화하고 망을 안정되게 유지하기 위해서 각 패킷에 대해 적절한 서비스의 할당과 drop

precedence의 적용은 매우 중요하다. 특히 AF 서비스에 대해 자원을 정적으로 관리하는 것보다는 패킷의 흐름에 따라서 동적으로 관리하는 것이 유리하다. 이를 위하여 RED 기능을 이용한 RIO 메커니즘이 제시되었는데 RIO 메커니즘은 앞장에서 설명한 것처럼 drop precedence의 우선 순위를 엄격히 적용하지 않고 각 drop precedence 별로 패킷 폐기 확률을 조정하여 패킷을 처리하도록 하고 있다. 따라서 망의 부하가 높을 때는 낮은 drop precedence를 가진(우선순위가 높은) 패킷이 많이 발생한 높은 drop precedence를 가진(낮은 우선순위의) 패킷에 의해 제한을 받는 경우가 많이 발생할 수 있다. 이를 막기 위하여 본 논문에서 제안한 동적 엄격 패킷 폐기 메커니즘은 부하가 높은 경우에도 높은 drop precedence를 가진 패킷 수에 관계없이 영향을 받지 않고 낮은 drop precedence를 가진 패킷을 전송할 수 있다.

본 논문에서 제안하는 AF 서비스를 위한 동적 엄격 패킷 스케줄링 알고리즘은 패킷의 흐름을 측정하기 위하여 일정한 시간 슬롯(사이클)동안 각 경계노드로 유입되는 패킷의 수를 측정하고, 그러한 결과를 다음 사이클의 자원할당 정책에 적용하기 위하여 사용한다. 즉 각 클래스별의 drop precedence 별로 패킷의 수를 측정하여 클래스의 우선순위별 트래픽 상태를 본 후, 다음 사이클에는 앞에서 계산한 값을 적용하여 자원의 양을 결정한다.

위와 같은 제어방식을 구현하기 위하여 각 경계노드에는  $E_i$  계수기,  $C_{ij}$  계수기와  $P_{ij}$ 의 확률값을 둔다. <표 1>에서 보는 것처럼  $i$ 는 AF 클래스를 구분하고,  $j$ 는 각 클래스의 drop precedence를 구분한다. 즉  $j$ 가 1이면 낮은 drop precedence를 가지고  $j$ 가 2이면 중간 drop precedence를 가지고 3이면 높은 drop precedence를 가진다.

<표 1> 계수기의 종류

$E_1$ 와 $C_{1j}$ , $P_{1j}$	AF 클래스 1의 패킷 계수기( $j = 1,2,3$ )
$E_2$ 와 $C_{2j}$ , $P_{2j}$	AF 클래스 2의 패킷 계수기( $j = 1,2,3$ )
$E_3$ 와 $C_{3j}$ , $P_{3j}$	AF 클래스 3의 패킷 계수기( $j = 1,2,3$ )
$E_4$ 와 $C_{4j}$ , $P_{4j}$	AF 클래스 4의 패킷 계수기( $j = 1,2,3$ )

이때  $E_i$ ( $i = 1,2,3,4$ ) 계수기는 초기 협상시에 설정된 SLA에 의하여 한 사이클에서  $i$  클래스에서 처리할 수

있는 패킷의 수를 의미한다.  $C_{ij}$  ( $i=1,2,3,4, j=1,2,3$ ) 계수기는 인접 DS 도메인에서 전송한 AF 클래스  $i$ 의 각 drop precedence의 패킷 수를 계수한다.  $P_{ij}$  ( $i=1,2,3,4, j=1,2,3$ )는 클래스  $i$ 의 해당 drop precedence의 패킷 폐기 확률을 나타낸다. 이러한 계수기와 폐기 확률을 이용하여 계수기의 값을 dropper가 이용함으로써 동적 자원 할당이 가능하다. 효율적인 전송을 위하여 각 경계노드에서는 계수기를 이용하여 클래스별로 다음과과 같은 차별적인 정책을 취하게 된다.

- (1) 먼저 첫 사이클이 시작할 때 클래스별로 그 클래스에 할당된 비율에 따라 한 사이클에서 처리해야 할 패킷의 수를 정의하고 정의된 값을  $E_i$  계수기에 입력하고  $P_{ij}$  폐기 확률을 0으로 초기화한다.
- (2)  $r$  번째 사이클에서는  $i$  클래스의 drop precedence 별로 입력되는 패킷의 수를 계수하여  $C_{ij}$  계수기에 입력하는데  $C_{ij}$  계수기는  $i$  클래스의  $j$  drop precedence와  $j$ 보다 낮은 drop precedence를 가진 패킷을 보면 1씩 증가한다.
- (3)  $(r+1)$  번째 사이클의 시작 시점에서  $P_{ij}$ 는  $E_i$  계수기에서와  $r$ 번째 사이클에서 계수된  $C_{ij}$  계수기를 이용하여 각 클래스 별로 자신이 전송 가능한 우선순위 레벨을 조정하는데 이를 위하여 식 (1)에서 보는 바와 같이  $C_{ij}$  계수기의 값이  $E_i$  계수기의 값보다 작거나 같은 것 중에서 가장 높은 drop precedence를 결정하고 이 경우의 레벨  $j$ 를  $(r+1)$  사이클에서 전송 가능한 drop precedence 레벨  $(s)$ 로 결정한다. 그리고  $j$ 이하의 drop precedence를 가진 패킷의 폐기 확률은 0이 되어 모두 전송할 수 있도록 한다.  $(j+1)$  보다 높은 drop precedence를 가진 패킷의 폐기 확률은 1이 되어 모두 폐기한다. 그리고  $(j+1)$ 의 drop precedence를 가진 패킷의 폐기확률  $P_{ij+1}$ 은 식 (2)와 같이 결정한다.

$$s^{(r+1)} = \text{MAX}(0, \{j|E_i \rightarrow C_{i,j}^{(r)}, j=1,2,3\}) \quad (1)$$

$$P_{i,s+1}^{(r+1)} = (E_i - C_{i,s}^{(r)}) / (C_{i,s+1}^{(r)} - C_{i,s}^{(r)}) \quad (2)$$

위의 (1), (2), (3)의 동작을 통하여 결정되어진  $s$ 의 값을 가지고 각 경계노드에서는 drop precedence에 따라서 다음과 같은 차별적인 전송정책을 취하게 된다.

- 1)  $(r+1)$ 번째 사이클에서  $s$  이하의 drop precedence

를 가진 패킷은 폐기 확률이 0이 되기 때문에 폐기하지 않고 모두 전송할 수 있다.

- 2) Drop precedence가  $(s+1)$ 인 패킷은 식(2)를 통해서 나온 확률로 패킷을 전송하거나 폐기한다.
- 3) Drop precedence가  $(s+1)$  보다 높은 패킷은 폐기 확률이 1이 되어서 전부 폐기된다.

(그림 4)에서는 어떤 경계 노드에서  $s$ 의 값이 1이라고 가정할 경우 그 경계노드에서의 패킷 폐기 정책을 나타내고 있다.

Drop precedence 레벨 1	$P_{i1} = 0$ , 모든 패킷 전송
Drop precedence 레벨 2	$P_{i2} = \text{식}(2)$ , 확률적 전송
Drop precedence 레벨 3	$P_{i3} = 1$ , 모든 패킷 폐기

(그림 4)  $s$ 의 값이 1일 경우의 패킷 폐기 정책

$s$ 의 값은 망의 부하 상태에 따라 동적으로 정해지는 변수인데 저 부하 상태에서는  $C_{ij}$  계수기의 값들이 전부  $E_i$  계수기의 값보다 작게 되므로 이 때는  $s$ 의 값이 3이 되어 모든 drop precedence의 패킷을 전송할 수 있고, 반면에 고부하 상태에서는  $C_{ij}$  계수기의 값이 증가하여  $s$ 가 0이 되므로 낮은 drop precedence의 패킷끼리 경쟁하여 전송되도록 구성된다. 즉  $s$ 의 값이 커질수록 높은 drop precedence 값을 가진 패킷도 전송을 할 수 있게 되므로 본 논문에서 제안한 방식은 트래픽 부하 상태에서 각 drop precedence에 따라 엄격하게 망을 관리할 수 있고 낮은 부하에서는 대부분의 패킷을 전송할 수 있어 높은 효율성을 가진 체계를 제공한다.

### 5. 성능 분석 및 결과 검토

본 논문에서 제안한 방안의 성능 분석을 위하여 VC++를 이용하여 Discrete Event 시뮬레이션을 수행하였는데, 여기에서 사용된 모델은 다음과 같다.

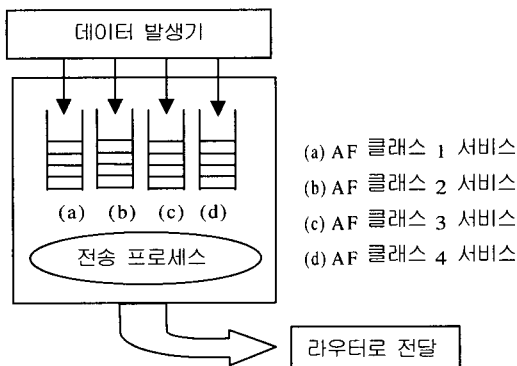
(그림 5)에서 보는 바와 같이 중단 시스템 A와 중단 시스템 B가 데이터를 주고 받는데 중간에 하나의 라우

터가 존재한다. 하나의 라우터에는 중단시스템 A에서 B로 가는 4가지 클래스의 AF 데이터가 공존한다. 이때 라우터의 용량은 1.5Mbps로 가정하였다. 그리고 호스트와 라우터 사이의 거리는 무시하였다.



(그림 5) 전체 시스템 시뮬레이션

송신하는 중단 시스템은 (그림 6)에서 보는 바와 같이 데이터 발생기에서 4가지 종류의 AF 클래스 데이터를 발생시킬 수 있다. 각각 발생된 데이터는 클래스별로 전송 큐에 전달된다. 전송 프로세스는 프로토콜에 따라서 전송 큐에서 데이터를 인접 라우터로 전송한다. 여기서 호스트의 각 서비스별 전송 큐의 용량은 무한한 것으로 가정하였다. 중단 시스템에서 데이터의 발생은 포아송 분포를 따르는 것으로 하였으며 클래스별 패킷 분포는 일양(Uniform) 분포를 따르는 것으로 하였다. 또한 패킷의 크기는 평균값을 1500 바이트로 하는 지수분포를 따르도록 하였다. 각 클래스에서 발생하는 패킷의 drop precedence를 결정하기 위하여 발생하는 패킷의 40%는 낮은 drop precedence를 갖고 30%는 중간, drop precedence를 가지고 30%는 높은 drop precedence를 가지도록 하였다. 실험 시간은 90초로 하였다.

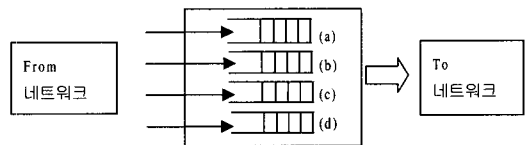


(그림 6) 중단시스템에서의 시뮬레이션 모델

중간 라우터에서는 (그림 7)에서 보는 바와 같이 망으로부터 4가지 종류의 AF 클래스가 각각의 큐로 유입된다. 이때 라우터의 프로세스가 각 클래스의 패킷을 처리하는 서비스율은 <표 2>과 같다.

<표 2> 각 클래스별 패킷 처리율 및 능력

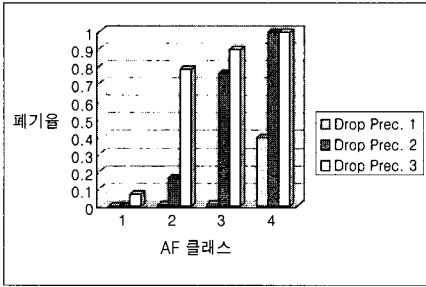
클래스 종류	클래스 1	클래스 2	클래스 3	클래스 4
서비스율	40% (600 Kbps)	30% (450 Kbps)	20% (300 Kbps)	10% (150 Kbps)



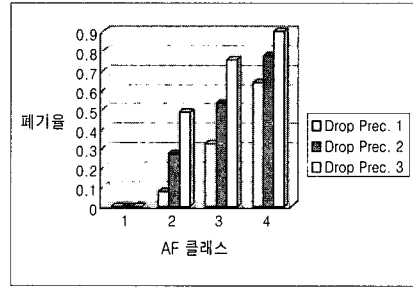
(그림 7) 라우터에서의 시뮬레이션 모델

본 논문에서 제안한 동적 엄격 패킷 폐기 알고리즘의 성능을 분석하기 위하여 기존에 제시된 RIO와 비교하여 성능을 분석하였는데, RIO의 경우에는 각 drop 순서별로 특정한 확률 값을 이용해서 RIO의 폐기 확률 계산식에 의해서 폐기된다. RIO가 패킷 폐기를 시작하는 시점은 큐의 버퍼에 절반 이상 패킷이 대기하는 경우에 발생하도록 하였다. RIO의 패킷 폐기 확률은 큐에 대기하는 패킷의 크기에 따라 낮은 drop precedence의 패킷 폐기 확률은 10%, 중간 drop precedence의 패킷 폐기 확률은 50% 높은 drop precedence의 패킷 폐기 확률은 90%로 선형적으로 증가한다.

(그림 8)에서는 각 클래스의 drop precedence 별로 패킷의 폐기율을 그래프로 나타내었는데, 모든 클래스에 트래픽 부하를 600Kbps로 동일하게 적용하여 실험하였다. (그림 8)에서 보는 바와 같이 동적 엄격 패킷 폐기 메커니즘을 적용한 (a)가 각 클래스에서 낮은 drop precedence에 대하여는 우수한 결과를 보이고 있다. 즉 RIO 방법에서는 낮은 drop precedence에서 패킷 폐기율이 제안한 동적 엄격 패킷 폐기 메커니즘보다 높고 반면에 높은 drop precedence에서는 패킷 폐기율이 동적 엄격 패킷 폐기 메커니즘보다 낮다. 즉 RIO 보다는 동적 엄격 패킷 폐기 메커니즘이 높은 drop precedence를 가진 패킷에 의해 낮은 drop precedence를 가진 패킷이 받는 영향이 작다.



(a) 동적 엄격 패킷 폐기 메커니즘

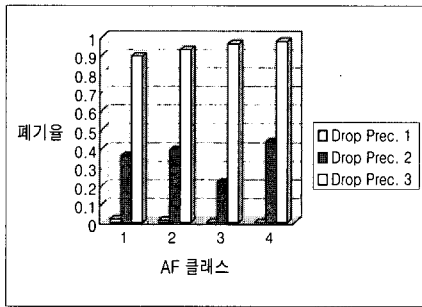


(b) RIO

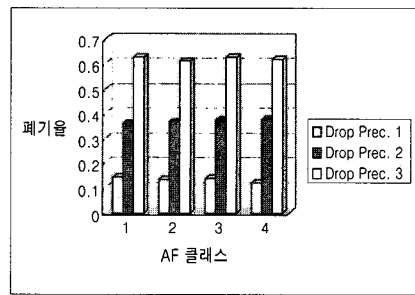
(그림 8) 모든 클래스의 부하가 600Kbps로 동일하게 적용된 경우

(그림 9)에서는 라우터에서 각 클래스의 트래픽 부하가 라우터의 서비스율보다 150% 이상 유입되었을 때 즉 클래스 1의 트래픽 부하가 900 Kbps이고, 클래스 2의 부하가 675Kbps이며 클래스 3의 부하가 450Kbps,

클래스 4의 부하가 300Kbps가 되도록 하였을 때, 각 클래스에서 drop precedence에 따라 폐기되는 비율을 나타내었다. 동적 엄격 패킷 폐기 메커니즘에서 라우터에 부과되는 트래픽의 부하가 높아져도 drop precedence가

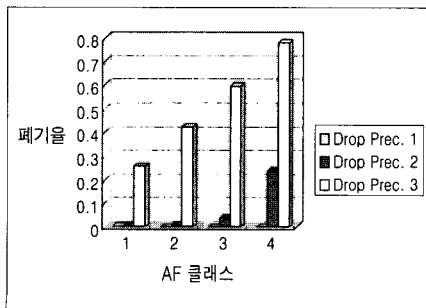


(a) 동적 엄격 패킷 폐기 메커니즘

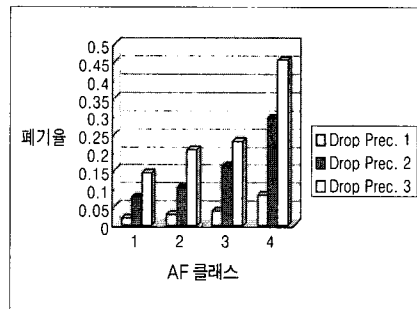


(b) RIO

(그림 9) 모든 클래스의 부하가 라우터의 서비스율 보다 150% 높게 설정된 경우



(a) 동적 엄격 패킷 폐기 메커니즘



(b) RIO 방법

(그림 10) 트래픽 부하가 서비스 율보다 50 Kbps 높게 설정된 경우

낮은 패킷의 폐기율은 거의 0%에 가깝다. RIO 메커니즘보다 우선순위가 엄격하게 잘 지켜지고 있다.

(그림 10)에서는 라우터에서 각 클래스의 부하가 라우터에서의 각 클래스 서비스 능력에 비해 50 Kbps가 더 부과될 때의 패킷 폐기율을 보여주고 있다. (그림 10)에서 보는 바와 같이 트래픽의 부하가 작을 경우에는 높은 drop precedence를 가진 패킷도 전송됨을 보여주고 있는데, 낮은 drop precedence의 패킷이 전송하고 남은 대역폭에 높은 drop precedence를 가진 패킷이 전송될 수 있다. 그러나 트래픽의 부하가 높은 경우에는 낮은 drop precedence의 패킷은 높은 drop precedence의 패킷의 수에 전혀 영향을 받지 않고 전송할 수 있다.

## 6. 결 론

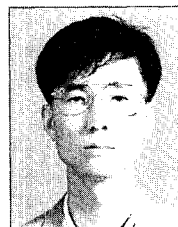
본 논문에서는 차별화된 서비스에서 AF 서비스의 drop precedence 정책을 위하여 제안된 RIO 메커니즘의 성능을 개선하기 위한 새로운 메커니즘을 제시하였는데 이 방안에서는 패킷의 흐름을 측정하기 위하여 일정한 사이클동안 각 경계노드로 유입되는 패킷의 수를 측정하고, 그러한 결과를 다음 사이클의 자원할당 정책에 적용한다. 즉 각 클래스의 drop precedence 별로 패킷의 수를 측정하여 클래스의 우선순위별 트래픽 상태를 본 후, 다음 사이클에는 앞에서 계산한 값을 적용하여 각 drop precedence에 할당할 자원의 양을 결정한다.

제안한 방안의 성능을 평가하기 위하여 VC++를 이용하여 시뮬레이션을 수행한 결과 부하가 높은 경우에도 낮은 우선 순위의 패킷에 관계없이 영향을 받지 않고 높은 우선 순위의 패킷 전송을 할 수 있다. 즉 트래픽의 부하가 낮은 경우에는 낮은 drop precedence의 패킷이 전송하고 남은 대역폭을 높은 drop precedence를 가진 패킷을 전송에 사용할 수 있다. 그러나 트래픽의 부하가 높은 경우에는 낮은 drop precedence의 패킷은 높은 drop precedence의 패킷의 수에 전혀 영향을 받지 않고 전송할 수 있다.

본 논문에서의 연구를 이용하여 앞으로는 AF 서비스와 EF 서비스 그리고 베스트 에포트 서비스 사이의 연관 대역폭 관리 기능과 AF 클래스 사이의 트래픽 부하와 각 클래스별 drop precedence를 적절하게 제어하여 대역폭을 동적으로 관리함으로써 최적의 대역폭 할당 기법에 대하여 계속적인 연구가 이루어질 예정이다.

## 참 고 문 헌

- [1] 김대영, "차세대 인터넷 기술동향", 한국정보과학회지, 제17권 제3호, 1993년 3월, pp.4-13.
- [2] K. Nichols, S. Blake, F. Baker, and D. Black, Definition of the Differentiated Services Field (DS Field) in the IPv4 and IPv6 Headers, Internet RFC 2474, December 1998.
- [3] Hui Zhang, "Service Disciplines for Guaranteed Performance Service in Packet-Switching Networks," Proceeding of the IEEE, Vol.83, No.10, Oct. 1995
- [4] D. D. Clark and W. Fang, "Explicit Allocation of Best-Effort Packet Delivery Service," IEEE/ACM Transactions on Networking, 6(4) : 362-373, Aug. 1998
- [5] 한국전자통신연구원, "ATM 상의 인터넷 서비스 기술 개발", ISBN 89-86328-44-5, 1999년 1월 10일
- [6] K. Poduri and K. Nichols, Simulation Studies of Increased Initial TCP Window Size, Internet RFC 2415, September 1998.
- [7] Blake, "An Architecture for Differentiated Services," Internet RFC 2475, December 1998.
- [8] Juha Heinanen, "Assured Forwarding PHB Group," Internet Draft, draft-ietf-diffserv-af-06.txt, February, 1999
- [9] Van Jacobson, "An Expedited Forwarding PHB," Internet Draft, draft-ietf-diffserv-ef-02.txt, February, 1999
- [10] Floyd, S. and Jacobson, V. Random Early Detection Gateways for Congestion Avoidance, IEEE/ACM Transactions on Networking Vol.1, No.4, pp.397-413, August 1993



김수연

e-mail : sykim@yeungjin.ac.kr

1998년 경북대학교 전자공학과  
학사

1991년 경북대학교 컴퓨터공학과  
석사

1998년~1989년 포항제철 근무

1991년~1997년 한국전자통신연구원 선임연구원

1995년~1996년 미 국립표준연구원 객원연구원

1997년~현재 영진전문대학 전자계산과 전임강사





## 이 호 군

e-mail : anton@netopia.ce.kyungpook.ac.kr

1998년 경북대학교 컴퓨터공학과  
졸업(학사)

2000년 경북대학교 대학원 컴퓨  
터공학과 졸업(공학석사)

관심분야 : IPng-Diffserv, MPLS, IMT-2000, Wireless-LAN



## 김 철 범

e-mail : cbkim@netlab.ce.kyungpook.ac.kr

1999년 영남대학교 컴퓨터공학과  
졸업(학사)

1999년~현재 경북대학교 컴퓨터  
공학과 석사과정

관심분야 : IPng-Diffserv, MPLS, 패킷교환기술