

# 차별화된 서비스제공을 위한 트래픽 모델

정희원 인 치 형\*

## A Traffic Model based on the Differentiated Service Routing Protocol

Chi-Hyung In\* *Regular member*

요 약

- NGN(Next Generation Network)을 목표로 최근에 들어 사용자의 QoS요구 시, 다양한 QoS를 패킷네트워크에서 처리할 수 있도록 IETF에서 DiffServ, RSVP, MPLS등과 같은 패킷 QoS기법에 대한 표준화 작업이 진행중이며, 그 중에서 DiffServ네트워크가 대표적이다. 따라서 본 논문에서는 이 DiffServ패킷 네트워크상에서 다양하게 유입되는 트래픽의 종류에 따라 사용자의 응용에 적절히 대응하여 트래픽을 처리하는 라우팅 기법트래픽 모델 및 알고리즘을 연구하고 기존의 최선형(Best effort) 즉, 지연에 민감하지 않은 트래픽을 처리하기 위한트래픽 분산 라우팅 프로토콜(Traffic-Balanced Routing Protocol : TBRP), 최적의 중간 노드를 선택하여유무선 통합과 높은 순위의 상호형 데이터를 처리하기 위한 계층적 라우팅 프로토콜(Hierarchical Traffic-Traffic-Scheduling Routing Protocol : HTSRP), 대화형 또는스트리밍 패킷서비스를 위한 즉, QoS파라미터를 기반으로 액세스 계층의 자원 활용도를 최대화하고 지연에 민감한 트래픽 처리하는 HTSRP\_Q(HTSRP for QoS)를 연구하였고, 이를 기반으로 각 트래픽 모델에 대한 매핑기법과 관리기법을 연구하였다. 본 연구에서 제시한 프로토콜은트래픽 모델은 다양한 액세스망과 백본망에 유연한 트래픽 처리기법으로서 NGN의 효율성과 안정성에 적합하였다.

Key Words : 트래픽 모델, QoS, 라우팅, DiffServ

### ABSTRACT

The current IP Routing Protocols packet networks also need to provide the network QoS based of DiffServ, RSVP, MPLS traffic model which is standardized as IETF reference model for NGN. The first topic of this paper is to propose Traffic Balanced Routing Protocol(TBRP) to process existing best effort traffic. TBRP will process low priority interactive data and background data which is not sensitive to delay. Secondly Hierarchical Traffic-Traffic-Scheduling Routing Protocol(HTSRP) is also proposed. HTSRP is the hierarchical routing algorithm for backbone and access network in case of fixed-wireless convergence network. Finally, HTSRP\_Q is proposed to meet the QoS requirement when user want interactive or streaming packet service. This protocol will maximize the usage of resources of access layer based on the QoS parameters and process delay-sensitive traffic. Service classes are categorized into 5 types by the user request, such as conversational, streaming, high priority interactive, low priority interactive, and background class. It could be processed efficiently by the routing protocol traffic model proposed in this paper. The proposed routing protocol traffic model provides the increase of efficiency and stability of the next generation network thanks to the routing according to the characteristic of the specialized service categories.

\* KTF기술전략팀(in@ktf.com)

논문번호: 030306 - 0723, 접수일자: 2003년 7월 23일

## I. 서 론

현재까지 라우팅에 대한 연구는패킷망에서 트래픽 모델은 최단경로 라우팅 프로토콜에 기반이 된 트래픽 처리에 집중되었는데 이러한 최단경로 라우팅 프로토콜은 라우팅 테이블이 갱신될 때까지 목적지로 동일한 최단 경로를 경유해서 모든 메시지를 라우팅하기 때문에 성능의 저하가 초래된다. 라우팅 테이블의 갱신은 트래픽의 급격한 변동이 있을 때에도 매우 천천히 갱신한다. 라우팅 테이블의 갱신 빈도가 많아지면 라우팅 상태메시지가 증가하므로써 네트워크의 안정도를 저해하게되고 NGN으로의 당진화에 장애요소가 된다. 특히 NGN에서 요구되는 사용자가 QoS(Quality of Service)를 요구할 시 이를 충족시키기 가 힘들다.[1][2]

네트워크의 최대 처리량은 라우팅 프로토콜트래픽 모델 설계에서 중요한 목표이다. 네트워크 흐름 이론인 max-flow min-cut 이론의 결과 최소 비용의 한 경로를 사용하는 대신 네트워크에서 원천과 목적지간의 활용 가능한 모든 경로에 대해 트래픽 부하가 분산됨을 보여준다.[3] 이는 두 노드의 최소 cut 분리의 용량에 대한 효과적인 대역폭을 증가 시킨다. 이렇게증가시키므로써 네트워크의 최대 처리량을 높이므로써높이고 다양한 트래픽을 차별화하여 처리할 수 있다.

지금까지 각 노드 쌍간의 효율적인 대역폭을 증가시키고 성능을 향상 시키고자 여러 가지향상시키고자 여러가지 알고리즘이 제안되었다.[5]~[9] 이러한 라우팅 프로토콜은 목적지까지 다중 경로를 통해 패킷 메시지를 라우팅 하므로써 성능을 향상 시킨다.[4]

이는 네트워크의 일부노드에 트래픽이 집중될 때 안정된 라우팅 테이블을 유지하여 트래픽을 분산할 수 있는 대체경로를 제공한다.

원천 라우팅 기반의 기술로는 소스 라우팅의 Dynamic Multi-path Routing[5], 거리-벡터 라우팅의 Multiple Disjoint Paths[6], 링크 상태 라우팅의 Shortest Path First with Emergency Exits[8]등이 있다. 이러한 기술의 단점은 상당한 프로세스의 오버헤드와 저장공간이 요구되고, 라우팅 알고리즘이 복잡하다. 네트워크의 부하가 집중될 수 있으며 차별화된 QoS를 처리하기도 힘들다.

이미 제안된 트래픽 분산 라우팅 프로토콜

(Traffic-balanced Routing Protocol : TBRP)은 최단경로 라우팅 프로토콜의 병목현상을 감소시킨다 [10]. 그리고 단일 계층의 네트워크 구조에서 네트워크의 처리량을 증가시켰다. 그러나 연결의 수가 많아질수록 처리량이 현저히 감소하였고 패킷 손실도 불안정하였다. 따라서 특정 사용자가 보장된 QoS를 요청할 시에는 보장할 수 있는 방법이 필요하다.

아울러, 현재 계속적으로 요구되는 NGN에서 우선과 무선의 패킷 서비스를 동시에 처리해야 되고 이는 네트워크에서 QoS요청 패킷과 비 QoS요청 패킷을 능동적으로 처리할 수 있어야 한다.

NGN 유,무선 패킷 서비스에서 QoS 제어는 단순히 Hot Spot 지역에 주파수 자원을 집중적으로 할당하는 것으로는 해결되지 않는다. 이는 사용자로부터요구된 서비스를 필요한 QoS수준에 맞추어 네트워크자원을 가장 효율적으로 사용되어질 수 있도록 트래픽의 종류에 따라 처리하는 기법이 중요하다.[11]~[13]

TBRP의 단점을 보완하고 사용자의 요청에 따라 계위별로 QoS를 처리할 수 있는 방법을 제안하고자 한다. 이는 기본적으로 DiffServ(Differentiated Service)를 기반으로 하고 있으며, 본 논문의 프로토콜은 경계(edge)라우터에서 각각의 트래픽의 종류에 따라 해당 프로토콜이 처리되는 스케줄러 역할을 수행하게 된다.

본 논문에서 제안된 알고리즘은 거리-벡터 라우팅의 DVR(Distance Vector Routing)과 링크 상태 라우팅의 LSR(Link State Routing)과 비교 실험하였다.

본 논문에서는 계층적 트래픽 분산 라우팅에 대해2장에서 다루고, 3장에서 QoS 트래픽을 처리하는 2계위에서 대역폭 보장 QoS라우팅인 HTSRP\_Q을 제안한다. 4장에서는NGN을 위한 차별화된트래픽 처리기법을 다루고 5장에서는 실험과 고찰을 통해서 제안된 알고리즘에 대해 검증한다. 마지막으로 6장에서 결론을 다룬다.

## II. 계층적 트래픽 분산 라우팅

### 2.1. 트래픽 분산 라우팅

트래픽 분산 라우팅 프로토콜(Traffic-Balanced Routing Protocol:TBRP)에 대해 목적지까지 패킷 메시지를 라우팅하는 방법을 설명하고자 한다. 각

노드는 패킷 메시지를 생성하고 근접 노드로부터 패킷 메시지를 수신한다. 노드는 각 패킷 메시지가 가능하면 적게 전송되게 링크의 수를 통해 패킷 메시지를 근접노드로 보낸다. 반면, 동시에 망의 처리량을 증가시키고 폭주를 피하기 위해 패킷 메시지를 분산시킨다. TBRP는 거리-벡터 라우팅 알고리즘에 기반으로 한다.[10]

결과적으로 TBRP는 Low Priority Interactive 클래스와 Background 클래스를 처리하게 된다. TBRP의 특징은 각 연결에 대한보장된 성능은 제공 하지는 못하지만 전체 망의 효율을 증가시키므로써 망의 효율성을 가져올 수 있다.

2.2. 계층적 라우팅 프로토콜

가. 단순 계층적 트래픽 분산 라우팅 프로토콜

그림1-1에서, 노드 a3에서 패킷 메시지를 노드c3로 전송할 경우, 제안된 라우팅 프로토콜은 무작위로 3개의 중간 노드를 선택한다. 첫번째 중간노드(a5)는 원천영역 A내에서 로컬 노드로부터 선택되고, 2번째 중간노드(b4)는 전체망에서 게이트웨이로부터 선택되고, 3번째 노드(c5)는 목적지영역의 로컬 노드에서 선택된다. 본고에서본 논문에서 제안한 프로토콜은 패킷 메시지를 a3에서 a3에서 a5로 최단 경로로 라우팅하고 원천 영역 A에서A내 a5에서 게이트웨이로 최단경로(a5-a6)로최단경로(a5-a6)를 통해 라우팅한다. 그런다음, (a6-b4)로 라우팅되고 목적 영역C에서 b4로부터 게이트웨이 c1으로 최단경로(b4-c1)을최단경로(b4-c1)를 경유해서 전달된다. 마지막으로, c1에서 c5로 최단경로(c1-c5)을최단경로(c1-c5)를 통해 라우팅되고 c5에서 c3로 최단경로(c5-c4-c3)을최단경로(c5-c4-c3)를 통해 전달된다.

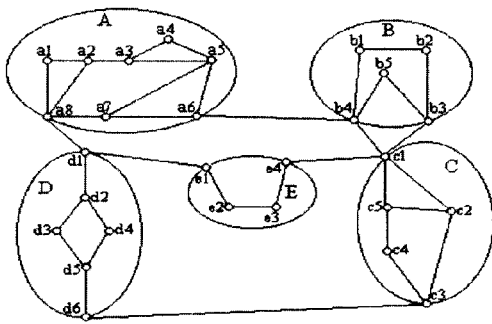


그림1-1. 2계위 망 구조

Figure 1-1. A two-level hierarchical network topology

나. 파라미터에 의한 HTSRP

이미 언급된 프로토콜은 단점을 지니고 있다. 이는 패킷 메시지가 매우 긴 경로를 경유해서 라우팅 될 수 있기 때문이다.

한 예로, 그림1-1에서 노드 a1이 영역 A에서게이 트웨이 a2로 패킷 메시지를 전송하고자 하고 중간 노드로서 노드 a6를 무작위로 선택한 경우를 가정 하면, 본고에서 제안된 알고리즘은 패킷 메시지를최 단경로 (a1-a8-a7-a6)를 통해서 노드 a6로 전달하고, 최단경로 (a6-a5-a3-a2)을 통해 노드 a2로 전송된다. 비록 노드 a1과 a2간에 길이 1의 경로가 존재해도 길이가 1이라도 알고리즘은 길이 6의 경로를 사용 한다.

그러므로, 라우팅 경로의연장은 망의 자원과 처리량의 낭비를 초래한다.

이러한 문제점을 해결하기 위해서, 3개의 파라미터 k1, k2, k3을 정의해서 중간노드의 선택 시 지나치게 긴경로를 가지는 중간 노드를 배제할수 있다. 첫번째 중간노드에 대한 후보군은 원천 노드까지의 거리가 적어도 k1으로 제한된다. 2번째 중간노드에 대한 후보군은 원천영역의 게이트웨이까지의 거리가 적어도 k2인 게이트웨이로 제한된다. 3번째 중간노드에 대한 후보군은 목적지 영역의 게이트웨이까지의 거리가 k3 노드로 제한된다.

k1,k2,k3의 선택은 지연, 전송경로길이, 트래픽 분산, 망의 처리량에 영향을 미친다. 만약 k1,k2,k3이 0이면 본고의본 논문의 라우팅프로토콜은 거리-벡터 라우팅 프로토콜이고프로토콜이 되고, 따라서 패킷 메시지는 목적지까지 최단경로를 경유해서 라우팅되므로 전송경로 길이는 최소화된다.

만약 k1,k2,k3이 0이 아니면 많은 라우팅 경로를 활용할수 있어 폭주를 완화하고 2개의 노드간에 효율적인 대역폭을 제공한다. 반면에 라우팅 경로의 길이는증가한다.

k1,k2,k3의 파라미터는 알고리즘 성능에 대해 매우 중요하다. 작은 값을 선택하면 병목현상을 증가시키고 큰 값을 선택하면지나친 긴 경로를 통해 라우팅을 하므로써 망의 자원에 대한 낭비를 초래 한다.

파라미터 k의 정적 값의 이러한 문제를 해결하기 위해서 원천과 목적지간의 거리를 동적인 파라미터 k의 값을선택한다. (HTSRP):

여기서 di는 망에서 하나의 노드이고, s는 원천 노드 그리고 d는 목적 노드이다.

$$k = \text{dist}(s, d) * \frac{\text{MAX}(\text{dist}(s, d_i)) - 1}{\text{Max}(\text{dist}(s, d_i))} \quad (1)$$

파라미터 k 의 값은 원천노드 s 에서 목적노드 d 까지 최단 경로길이에 따라 동적으로 변한다. dist(s, d) 의 요소(factor)가 1보다 작기때문에 이러한 방법으로 선택된 경로의 길이는 최단경로(course dist(s, d) )의 길이에 3배보다 작게된다. 이는 최단경로의 hop수에 해당된다.

결과적으로 HTSRP는 High Priority Interactive 클래스를 처리한다. 이는 그림1-1의 2계위 망구조에서 1계위는 각 액세스망의 파라미터를 받아 2계위에서 HTSRP를 처리하게 된다. 만약 1계위가 동일한 망일 경우는 1계위와 2계위에서 동시에 HTSRP가 적용된다. 아울러 선택적으로 무선 패킷노드간의 IP 망이 존재할 때도 이때 HTSRP를 적용할 수 있다.

### III. QoS보장 HTSRP

#### 3.1. 2계위에서 대역폭 보장 QoS 라우팅

HTSRP는 원천노드에서 목적노드까지 트래픽을 분산하므로써 망의 자원을 효율적으로 이용할 수 있다. 그러나 일부 트래픽에 대해서는 우선적으로 사용자가 요구하는 QoS를 보장해주는 방법이 필요하다. 특히, 액세스망에서는 자체적인 QoS에 의해 처리되지만 향후 유무선통합의 백본망에서는 각 액세스망까지의 트래픽 분산 및 QoS방법이 적용되어야 한다. 이를 위해 HTSRP의 2계위에서 액세스망까지 QoS보장을 위한 알고리즘 HTSRP\_Q(Hierarchical Traffic-Scheduling Routing Protocol for QoS)을 제안한다. HTSRP\_Q에서 2계위와 연결되는 게이트웨이로 사용자가 요구하는 QoS파라미터가 포함돼 있으면 다음과 같은QoS 알고리즘을 수행하고 수신된 QoS파라미터를 목적노드와 근접한 게이트웨이로 송신한다.

#### 3.2. QoS최적화 모델

요청된 QoS에 대해 만족하는 최적의 경로 및 링크를 선택하는데 있어서 다음 식과 같은모델을 사용할 수 있다.[14]

$$\min \{ Y = \sum_{i=1}^m b_i \sum_{j=1}^n c_{ij} \} \quad (2)$$

여기서 m은 원천노드에서 목적노드까지의 존재하는 경로의 수이고, bi는 경로 i의 대역폭이다. cij

는 경로내의 링크 j의 패킷전송 비용이고, ni는 경로내의 링크의 갯수이다. 비용함수Y는 다음과 같은 조건을 만족해야 한다.

$$\sum_{i=1}^m b_i = B_c \quad (3)$$

$$\sum_{i \in S_k} b_i < B_k, S_k = \{i | \text{링크, 를포함하는경로} \} \quad (4)$$

여기서 Bc는 하나의 흐름에서 요구되는 대역폭이고, Bk는 네트워크상 링크k의 대역폭이다.

전체적인 네트워크에서 최적의 결과를 얻기 위해서는 최악의 경우 2m-1경우의 수에 대해 알고리즘을 수행해야 한다. m은 가능한 최단경로의 수이고 서비스 네트워크 사업자는 네트워크를 분할 관리하여 단일 노드의 장애에 대해 다수의 우회경로를 제공한다. 처리시간을 줄이기 위해서 전체적인 최적문제를전체 네트워크를 계층적으로 분할해서 여러 개의 최적 알고리즘으로 나누어 처리할 필요가 있다. 분할 최적 비용은 다음과 같다.

$$Y_n = \sum_{n=1}^{M_h} \min \{ Y_n \} \quad (5)$$

여기서 Mh는 최대 hop의 갯수이고, Yn은 다음 식과 같이 정의되는 n-hop의 비용이다.(HTSRP\_Q)

$$Y_n = \sum_{i=1}^{m_n} b_i \sum_{j=1}^n c_{ij} \quad (6)$$

여기서 mn은 n-hop경로의 갯수이고, n-hop경로를 찾기 위해 n번 반복한다. 분할 최적 알고리즘은 대역폭 Bc보다 할당된 경로의 대역폭의 축적값이 크거나 같으면 수행을 정지하고 할당한다.

#### 3.3. 네트워크 처리량과 블럭킹 율

네트워크 처리량은 다음 식과같이 정의할 수 있다.

$$TH = \frac{\sum_{n=1}^N t_n}{\sum_{n=1}^N \lambda_n} \quad (7)$$

여기서 N은 네트워크 노드의 수이고 HTSRP의 각 영역 게이트웨이에 해당된다. tn은 게이트웨이에서의 평균 부하이다. n은 게이트웨이에서 QoS 패킷의 평균 도착율이다.

블럭킹에 대한 정의는 사용자가 요청한 QoS의 대역폭을 만족하는 경로를 찾지 못할 경우로 다음과 같이QRBR(QoS-request-blocking rate)로 정의된다.



$$QRBR = QoS요청\ 개수 / 전체\ QoS요청\ 수 \quad (8)$$

결과적으로 HTSRP\_Q는 Conversational 클래스, Streaming 클래스를 처리한다. 이는 1계위망에 해당되는 각 액세스 단에서 요청하는 QoS 파라미터에 따라 QoS를 최적화 하여 QoS를 보장한다.

#### IV. 차별화된 트래픽 처리 방법

##### 4.1. DiffServ 트래픽의 매핑 기법

DiffServ 트래픽은 각각의 서비스 클래스별로 구분되어 입력되면 입력되며 기본적으로 입력노드에서 클래스의 정의에 따라 제어여부 및 폐기순위가 결정된다. 표 4-1은 실제적인 코드포인트와 클래스의 특징을 나타내고 있다.

표 4-1. DiffServ 클래스  
Table 4-1. The DiffServ classes

서비스 클래스	제어	코드 포인트
Expedited Forwarding (EF)	Controlled	101100,.....
Assured Forwarding (AF)	Low precedence drop	001010, 010010, 011010, 100010
	Medium precedence drop	001100, 010100, 011100, 100100
	High precedence drop	001110, 010110, 011110, 100110
최선형 (BE)	Not controlled	000000

이러한 DiffServ의 트래픽을 효율적으로 실현하기 위해서는 실제적인 망구축 및 설계단계서, 트래픽별 처리 알고리즘이 필요하며, 이 부분을 본 논문에서 제안된 알고리즘등을 알고리즘을 기반으로 정의하면 표 4-2와 같다.

표 4-2. 트래픽 매핑표  
Table 4-2. Traffic Mapping Table

QoS 등급	트래픽 클래스	알고리즘	서비스종류
1	대화형 클래스	[HTSRP_Q]	대화형 음성 및 영상통화
2	스트리밍 클래스	[HTSRP_Q]	VoD, AoD,,
3	High Priority 상호형 클래스	[HTSRP]	전자상거래, 게임
4	Low Priority 상호형 클래스	[HTSRP]	Web 기반 인터넷
5	Background 클래스	[TBRP]	E-mail, FTP

트래픽을 대화형 클래스, 스트리밍 클래스, High Priority 상호형 클래스, Low Priority 상호형 클래스, Background 클래스 등 5개의 서비스 클래스를 분리하여 트래픽 특성에 맞게 처리한다.[15]

각 클래스 별로 스케줄러를 위해 QoS 등급을 1에서부터 5까지 설정하고 이 등급을 기본으로 해당되는 라우팅 알고리즘을 수행한다. 대화형 클래스는 기본적으로 HTSRP\_Q 라우팅 기법으로 처리하고 파라미터로는 대역폭, 손실, 지연, 지터등이 고려된다. 스트리밍 서비스는 HTSRP\_Q 라우팅 기법을 기본으로 하고 있지만 파라미터로는 최소 전송속도만은 취급한다. 상호형 클래스는 HTSRP 라우팅 기법으로 처리하면서 우선순위에 따라 폐기순위를 다르게 해서 처리한다. 그 외에 속도에 덜 민감한 트래픽은 트래픽 전송 속도는 느리지만 효율적으로 네트워크를 활용할 수 있는 TBRP 라우팅 기법이 사용된다.

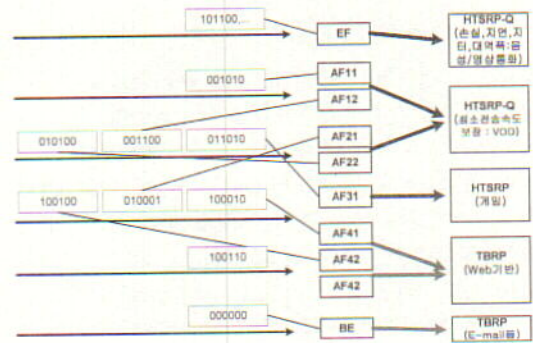


그림 4-1. DSCP, PHB와 라우팅 프로토콜의 관계  
Figure 4-1. The relation between DSCP, PHB and routing protocols DSCP

코드에 따라 DiffServ에서 정의된 PHB(Per-Hop Behavior)로 매핑되고 이는 실제적인 서비스군으로 분리되어 이와 관계된 라우팅 프로토콜에 의해 처리하게된다. 그림 4-1은 이러한 관계를 나타내고 있다.

##### 4.2. 트래픽 관리 기법

QoS 등급에 따라 버퍼내의 가중치의 변동이 가능하다. EF PHB는 낮은 손실, 지연 지터를 제공해야 하며 각 노드에서 최대 도착율을 최소 전달율보다 작게 해주므로써 해결해야 한다. 아울러 EF PHB는 다른 PHB 그룹이나 트래픽을 가로채기할 수 있다. 사용 대역폭은 엄격하게 제한 되며 초과되는 트래픽은 유입될 때 폐기 처리야 한다. AF PHB



는 혼잡(congestion) 상황에서도 패킷 등급을 차별화해서 최소 전송율을 보장한다. 각각의 트래픽 클래스에게는 최소한 패킷을 전달할 수 있는 자원이 보장되어야 한다. 각각의 트래픽 클래스는 각각의 큐를 가지고 있어 재순서화를 방지할 수 있다.

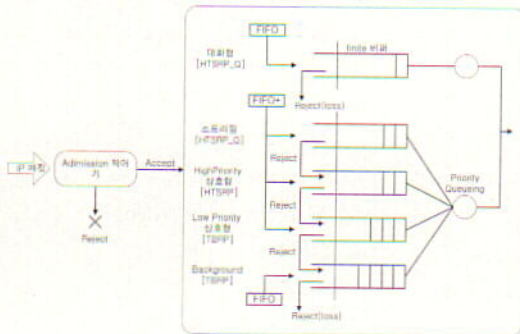


그림 4-2. 트래픽 관리 기법

Figure 4-2. The Traffic Management Algorithm

트래픽 관리에 있어서 각 출력 링크에는 각각의 트래픽을 처리하기 위한 큐가 존재하고 있다. 이 때 QoS등급 1, 2의 큐는 하나의 큐를 공유할 수도 있고 또는 분리해서 큐의 길이를 최소화할 수 있다. QoS 등급3은 중간 정도의 큐를 가지게 되고 QoS 등급 4,5에서는 큐의 길이를 길게 한다. 이와 같이 큐의 길이에 있어서 차이를 두는 이유는 각각의 PHB가 요구하는 지연 시간에 대한 QoS 요구 조건을 만족시켜 주기 위해서이다. 즉, 큐의 길이가 길어질수록 큐에서의 대기로 인한 지연 시간이 길어지기 때문이다.

우선순위가 높은 큐에 우선적으로 QoS와 관련된 트래픽을 처리하고 낮은 우선 순위를 갖는 큐에서는 비 실시간 트래픽을 처리하면서 각 큐에 대해 최소한의 대역폭을 보장해 준다. 즉, 각 큐에 대한 QoS등급이 가중치 (weight)가 되어서 각각의 큐에 할당된 대역폭에 따라 결정될 수 있다.[16]

QoS등급 1,2는 보다 엄격한 지연 시간 및 지연 변이를 요구되기 때문에 이러한 QoS 조건을 만족시켜 주기 위해서 버퍼 내에 threshold (TH)를 두어 트래픽에 의한 대역폭 독점을 제한한다. 즉, 패킷들은 큐에 도착했을 때 높은 QoS를 가진 트래픽은 버퍼 내에 대기하고 있는 모든 패킷보다 항상 앞에 놓이게 되지만 버퍼 내 패킷수가 임계치값에 이르게 되면 버려지는 것이다.

대화형 클래스(QoS등급 1) 큐의 전체 버퍼 크기

를 B라고 했을 때 임계치값은 0과 B 사이의 정수값을 가지게 된다. 임계치값이 클수록 보다 많은 패킷들을 받아들일 수가 있다. 즉, 임계치값을 통해 단일 큐에서 서로다른 트래픽에 할당되는 대역폭의 조절이 가능한 것이다. 그러나, 임계치값이 최소 (= 1)일 때 특정 트래픽에게 할당된 대역은 전체 할당 대역의 반으로서 최소가 됨을 알 수 있다. 이는 상대적으로 특정 트래픽에게 할당할 수 있는 대역폭이 전체대역폭의 반 이하로 제한됨을 의미한다.[17]

### 4.3. 수락 처리 흐름

수락제어는 사용자의 서비스 요청에 대해 네트워크의 요소들이 수용할 것인가를 결정하는 과정으로 네트워크 성능 및 처리량에 영향을 미친다.

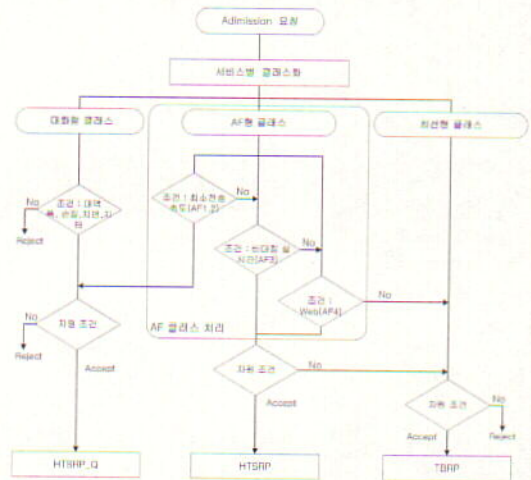


그림 4-3. 흐름기반 수락제어 알고리즘

Figure 4-3. The flow-based admission control algorithm

그림 4-3는 흐름 기반의 수락제어 알고리즘을 나타내고 있으며, 서비스별 클래스를 기반으로 처리된다. 서비스 클래스가 대화형 서비스 이면 QoS 조건으로 대역폭, 손실, 지연, 지터등의 요구사항을 분석하여 해당 목적지 까지의 경로를 최우선적으로 할당한다. 이때 사용되는 알고리즘은 QoS에 대한비용합수를 고려할 수 있는HTSRP\_Q 알고리즘을 사용한다.

서비스 클래스가 AF형일 경우AF1,2는 스트리밍 서비스로 매핑해서 QoS 조건으로 최소 전송속도를 분석하여 해당목적지까지의 경로를 우선적으로 할당하고 라우팅 알고리즘으로는 HTSRP\_Q를 사용한다. 아울러 폐기순위를 최하위로 설정한다.



AF3는 전자상거래 또는 게임등의 High Priority 상호형 클래스로 매핑해서 처리하고 라우팅 알고리즘으로는 HTSRP를 사용한다. 페기순위는 중간으로 설정한다.

AF4는 Web기반 인터넷등의 Low Priority 상호형 클래스로 매핑해서 처리하고 라우팅 알고리즘으로는 HTSRP를 사용한다. 페기순위는 상위로 설정한다. 최선형 클래스일 경우와 AF형 클래스에서 QoS 및 자원 조건을 허락받지 못한트래픽은 TBRP 라우팅 기법으로 네트워크의 효율성을 높인다. 최선형에서도 수용 못하는 트래픽은 폐기된다.

### V. 시험 결과

본 논문은 Maryland 대학에서 개발된 망 시뮬레이터인 Maryland Routing Simulator (MaRS)을 사용하였다.[4] 망 구성은 물리적인 망, 라우팅 알고리즘, 그리고 workload로 구성된다.

본 논문 시험모델에서 모든 링크는 1.5 Mb/s의 대역폭을 가진다. 장애가 있는 링크나 노드는 없다고 가정한다. 각 노드는 50,000 byte의 버퍼 공간을 가진다. 각 노드에서 패킷메시지 처리시간은 1 sec이다. 망에서 경로의 비용을 산출하기 위해서 홉 카운트를 이용한다. 하나의 링크 비용으로서 홉 카운트를 이용할 때, 각 링크의 비용은 1이다. 각 링크의 전달지연(propagation delay)은 1 msec이다.

Workload는 FTP (file transfer protocol) 와 텔넷(telnet) 연결로 구성된다. 연결은 원천과목적지 노드에서 종단사용자(end-user) 응용간의 통신 세션이다. 모든 FTP와 텔넷 연결은 다음과같은 파라미터를 가진다. 패킷 메시지 길이는 512byte와 같고 메시지 발생간의 시간은 1 또는10 msec이고 윈도우 크기는 500 메시지이다. 노드에 접속된 FTP와 텔넷연결에telnet연결에 의해 망으로트 트래픽이 유입된다. 망 트래픽은 원천에서 목적지까지의 전송되는 패킷 메시지와 목적지에서 원천으로 응답되는 메시지로 구성된다. 각각의 원천 및 목적지 노드는 수신된 패킷에 대한 응답메시지를 전송한다. 또한 망의 상태를 주기적으로 갱신하기 위한라우팅 메시지도 존재한다. 연결은 시험이 시작될 때 연결된다.

본 HTSRP시험에서는처리량, hotspot에서의 처리량, 메시지 손실등의 성능 측정을 고려한다. 각 시험의 측정 간격은 100,000 msec이다.

본 HTSRP\_Q시험에서는 2계위에서 영역별 게이 트웨이에 대해 시험하였으며, QoS요청 패킷은 균등하게 1에서 10Mbps사이에 분포하였다. 아울러 연결된 호에 대한지속시간은 5분으로 하였다.

- 처리량(Throughput): 측정간격 길이로 나누어지는 측정간격동안 응답되는 전체 패킷 바이트의 수
- 메시지 손실(Message loss): 측정간격동안 손실되는 전체 메시지의 수
- 네트워크 처리량(Network Throughput): QoS 파라미터가 포함된 트래픽에대한 게이 트웨이에서의 평균도착률
- 블럭킹율(Blocking Rate) : 전체 QoS파라미터가 포함된 요청수에 대한 거부된 요청수

그림 5-1는 연결 수 대 처리량을 나타내고 있다. 일반적으로 모든 라우팅 프로토콜에서 처리량은 연결된 수가 증가할수록 증가된다. 처리량 측면에서, TBRP, HTSRP 프로토콜은 연결의 수가 적을 때 DVR(Distance Vector Routing), LSR(Link State Routing)보다DVR, LSR보다 우월하다. HTSRP의 처리량은 일반적으로 연결의 수가 19에서 37사이에 다른 프로토콜 보다 우월하다. 처리량의증 증가는 포화점(saturation point)주위를 제외제외하고 거의 선형이다. 시스템은HTSRP프로토콜에서 연결의 수가 2, 8, 그리고 35주위에 있을 때 포화가 되며, DVR과 LSR에서 연결의 수가 2, 11, 그리고 26 주위에 있을 때 포화가 된다.

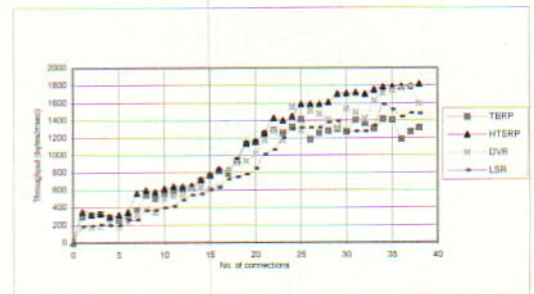


그림 5-1. 연결 수 대 처리량  
Figure 5-1. Throughput vs. No. of connections

그림 5-2는 연결 수 대 패킷 손실을 나타내고 있다.

일반적으로 HTSRP프로토콜에서 메시지 손실은 연결의 수가 낮거나 높을 때 다른 DVR(Distance Vector Routing)과 LSR라우팅 프로토콜과 유사한 결과를 보여주고 있다. TBRP은 연결의 수와 패킷손실은 비선형적이지만 HTSRP은 비교적 선형적이다.



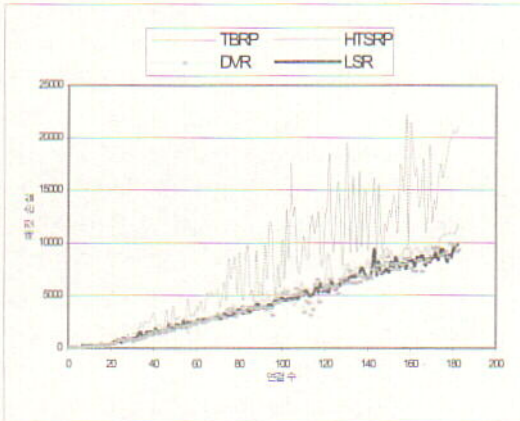


그림 5-2. 연결 수 대 패킷 손실  
Figure 5-2. No. of connections vs. packet loss

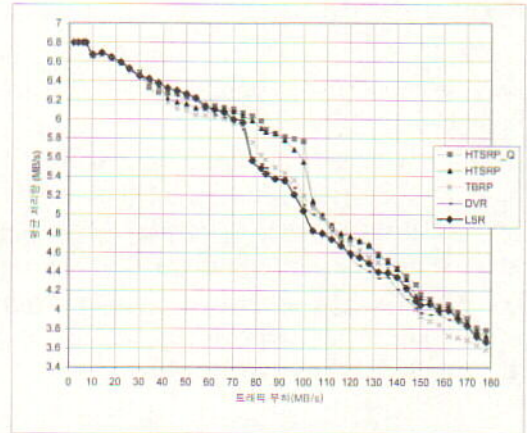


그림 5-3. 트래픽 부하 대 평균처리량  
Figure 5-3. Traffic load vs. average throughput

그림 5-3은 2 계위 네트워크 각 영역의 게이트웨이에서 QoS가 요구되는 트래픽에 대한 각 프로토콜의 평균 처리량을 나타내고 있다. 트래픽 부하가 작을 경우 각 프로토콜의 평균 처리량은 거의 동일하였으나 트래픽 부하가 60~70Mbps서 70~80Mbps서 부터 TBRP, DVR, LSR은 평균 처리량이 상대적으로 감소 하였다. HTSRP\_Q는 트래픽 부하가 증가할수록 평균 처리량이 상대적으로 우수하였으며 특히, 60~100Mbps일때 70~100Mbps 일때 상대적으로 월등하였다. TBRP는 트래픽 부하가 작은 경우는 우수하였으나 트래픽이 증가할수록 평균 처리량이 감소하였다. HTSRP, DVR, LSR은 전체적으로는 양호하였으나 QoS관련 트래픽을 능동적으로 처리하지못처리하지는 못하였다. 단, 참고로 일반 트래픽과 QoS트래픽이 혼재할 경우는 트래픽이 증가할수록 일반 트래픽에 대한 블럭킹률은 높아졌다.

그림 5-4는 2계위에서 각 영역의 게이트웨이에서 QoS가 요구되는 트래픽에트래픽에 대한 각 프로토콜의 블럭킹율을 나타내고 있다. HTSRP\_Q는 트래픽 부하가 증가할수록 블럭킹율이 상대적으로 우수 하였으며, TBRP는 트래픽 부하가 작은 경우를 제외하고는 상대적으로 블럭킹율이 높았다. HTSRP, DVR, LSR은 전체적으로 양호하였으나 HTSRP는 트래픽 부하가 높을 경우 블럭킹율이 증가하였다.

단, 참고로 일반 트래픽과 QoS트래픽이 혼재할 경우 트래픽이 증가할수록 일반트래픽에 대한 블럭킹율은 높아졌다.

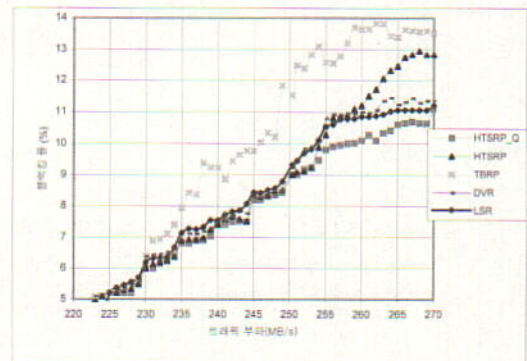


그림 5-4. 트래픽 부하 대 블럭킹율  
Figure 5-4. Traffic load vs. blocking rate

시험 결과에 대해 살펴보면, TBRP의 성능은 연결의 수가 증가할수록 저하된다. 또한 연결의 수가 작을 때 처리량과 패킷손실에 관하여 좋은 성능을 나타낸다(1에서 25까지의 범위). 그러나 연결의 수가 많을 때 DVR, LSR보다 나쁜 성능을 보여주고 있다(34에서 182까지). TBRP는 두개의 노드를 분리하는 최소 cut의 용량보다 효율적인 대역폭이 감소하지만, 원천에서 목적지까지의 최단경로보다 긴 경로를 경유해서 패킷 메시지가 라우팅 될 확률이 감소한다. HTSRP는 연결의 수가 1에서 100까지의 범위일 때 처리량과 패킷 손실에 관해서 좋은 성능을 나타낸다. 그러나 패킷 손실면에서는 DVR, LSR 보다 월등하지는 못한 결과를 보여주고 있다. 최단 경로 라우팅 프로토콜(DVR, LSR)의 성능은 연결의 수가 증가하므로서 좋아진다. 특히, DVR과 LSR은 연결의 수가 182에 근접할 때 처리량과 메시지 손



실에 있어서 보다 나은 성능을 나타낸다. 단일 경로 라우팅 알고리즘은 연결의 수가  $n*(n-1)$ 에 근접하므로 (여기서  $n$ 은 망 노드의 수) 전체 망에서 부하를 분산하는 경향이 있음을 알 수 있다.

QoS가 요구되는 트래픽에 대한 평균 처리량 및 블럭킹율은 HTSRP\_Q가 우수하였으며 상대적으로 TBRP는 불안정하였다. 이는 QoS트래픽에 대해서는 우선적으로 QoS트래픽에 맞는 대역폭 보장 방법이 요구됨을 알 수 있다.

## VI. 결 론

본 논문에서 제안한 프로토콜은 트래픽 모델은 네트워크에서 각 노드간의 부하를 감소시키고 효율적인 대역폭을 제공한다. 이는 메시지에 추가적인 정보가 3개의 라우팅 상태비트가 삽입되므로서 가능하였다. 3개의 중간노드는 라우팅하는 동안 서로 다른 시점에 사용된다. 이는 메시지의 한 영역을 같이 사용한다.

아울러 2계위 네트워크에서 QoS트래픽을 처리할 수 있는 알고리즘을 제시하므로써 각 영역간의 게이트웨이간 QoS를 보장할 수 있었다.

본 논문에서 제안된 라우팅트래픽 모델 기법은 패킷 네트워크상에서 사용자의 다양한 요구에 따라 라우팅 기법을 달리하므로써 망의 효율성과 사용자의 만족도를 높일 수 있었다.

즉, 트래픽을 종류에 따라 5가지로 분리하여 각각에 대해 QoS 등급을 설정하므로써 우선적으로 처리되어야 되는 지연과 지터를 최소화한 대화형 클래스에서부터 지연을 최대한 허용하고 오류를 최소화한 백그라운드 클래스까지 트래픽의 특징에 따라 라우팅을 다르게 할 수 있었다. 또한 DiffServ망의 기반을 둔 매핑 방법을 도입하므로써 NGN에서 동시에 활용할 수 있게 되었다.

시험환경으로는 모든 링크를 1.5 Mbts/sec의 대역폭을 가지고, 장애가 있는 링크나 노드는 없다고 가정하였다. 노드는 50,000 byte의 버퍼 공간을 가지고 각 노드에서 데이터 메시지 처리시간은 1sec로 하였다. 각 링크의 비용은 1로 하였고 각 링크의 전달지연(propagation delay)은 1 msec로 하였다.

QoS관련 실험에서는 QoS 요청데이터를 균등하게 1에서 10Mbps사이에서 분포하였고 연결된 호에 대한 지속시간은 5분으로 하였다.

이러한 환경에서 프로토콜을 MaRS에 의해 실험을 하였고 기존의 본 논문에서 제안한 트래픽 모델

은 실험에 의해 기존 거리-벡터 라우팅과 링크-상태 라우팅 프로토콜과 비교해서 처리량, 메시지 손실, 블럭킹률등에서 비교적 우위의 성능을 확인할 수 있었으며, 특히, 차별화된 서비스의 특성에 맞게 라우팅 기법을 적용하므로써 망의 효율성과 안정성을 피할 수가 있었다.

본 논문에서는 점대점 전송을 기반으로 하였다. 앞으로 다양한 응용S/W는 멀티캐스트 기반이 예상되므로 멀티캐스트 라우팅에 트래픽에 대한 연구가 필요하다. 본 논문의 프로토콜은 트래픽 모델은 원천과 목적지간의 최단경로가 특수상태가 아닌 해당 중간 노드를 이용한다. 최단경로의 모든 링크상의 트래픽 부하가 낮을 때 중간노드의 사용은 지연을 증가시킨다. 이용하였고 이는 트래픽 특성에 따라 망의 효율을 최적화하면서 트래픽을 처리할 수 있었다. 향후 최적의 성능을 위해보완이 필요하다.

## 참 고 문 헌

- [1] J. A. Cobb and M. G. Gouda, *Balanced Routing*, IEEE Proceedings of the International Conference on Network Protocols, 1997.
- [2] D. Sidhu, R. Nair and S. Abdallah, *Finding Disjoint Paths in Networks*, Proceedings of the 1991 ACM SIGCOMM Conference, 1991.
- [3] E. W. Dijkstra, *A Note on Two Problems in Connection with Graphs*, Numerische Mathematik, Vol. 1, pp. 269- 271, 1959.
- [4] C. Alaettinoglu, K. Dussa-Zieget, I. Matta, O. Gudmundsson, and A.U. Shankar, *MaRS Maryland Routing Simulator Version 1.0*. Department of Computer Science, University of Maryland, 1991.
- [5] J. Moy, *OSPF Version 2*, Internet Request For Comments 2178, July 1997. Available from <http://www.ietf.cnri.reston.va.us>.
- [6] Segall and M. Sidi, *A Failsafe Distributed Protocol for Minimum Delay Routing*, IEEE Trans. on Commun., COM-29(5), 686-695, May 1981.
- [7] D. Sidhu, R. Nair and S. Abdallah, *Finding Disjoint Paths in Networks*, Proceedings of the 1991 ACM SIGCOMM Conference, 1991.
- [8] L. G. Valiant, *A Scheme for Fast Parallel Communication*, SIAM Journal on Computing,

