

연동 구조 기반의 패킷 포워딩 기법에 대한 연구

A Study on a Packet Forwarding Scheme based on Interworking Architecture

김 석 훈*
Seok hoon Kim

유 인 태**
In tae Ryoo

요 약

일반적으로 네트워크의 QoS는 시간, 대역폭, 안정성에 의해 결정된다. 나날이 발전하는 정보통신 기술의 발달에 비추어 볼 때, 대역폭 및 안정성 측면은 사용자의 요구에 쉽게 부응할 수 있을 것으로 생각되고 있다. 그러나 아직까지 시간 측면에서는 사용자들의 요구를 충분히 만족시켜주지 못하고 있다. 본 논문에서는 이러한 시간 요인 중에서 가장 큰 부분을 차지하는 처리 시간을 최소화 하여 QoS를 보장할 수 있는 연동 구조 기반의 패킷 포워딩 기법 (POSIA; Packet fOrwarding Scheme based on Interworking Architecture)을 제안한다. 제안한 기법은 경로 및 자원 예약 메커니즘을 기반으로 경로 상에 있는 라우터가 서로 동기화를 통해 패킷을 포워딩 하도록 한다. 제안한 POSIA 기법의 평가를 위하여 OPNET을 이용한 컴퓨터 시뮬레이션을 수행하였으며 기존의 MPLS 패킷 전송 기법보다 우수한 성능을 나타냄을 검증하였다.

Abstract

Generally, network QoS is determined by timeliness, bandwidth, and reliability. As IT technologies are growing day by day, the bandwidth and reliability factors are expected to be able to satisfy user's requirements. The timeliness factor, however, has not fully met user's requirements yet. In this paper, we propose a packet forwarding scheme named POSIA (Packet fOrwarding Scheme based on Interworking Architecture) that can provide quite a good QoS (quality of service) by minimizing processing time which is the major part of the timeliness factor. Based on path and resource reservation mechanism, the proposed POSIA makes routers on the packet forwarding path synchronize with each other and then forward packets. The POSIA has been verified to outperform the existing MPLS packet forwarding scheme through computer simulations using OPNET.

☞ Keyword : Network QoS, timeliness, bandwidth, reliability, POSIA

1. 서 론

일반적으로 네트워크 서비스 품질 (QoS: Quality of Service)은 시간 (Timeliness), 대역폭 (Bandwidth), 안정성 (Reliability)에 의해 결정된다. 진화하는 네트워크 기술에 의해 이러한 세 가지 요인의 성능이 나날이 높아지고 있다. 특히 대역폭과 안정성 측면은 초기 네트워크와 비교했을 때 괄목할 만한 성장을 거듭하고 있으며, 현재의 발전 속도

를 감안하여 보면 앞으로도 이 두 가지 요인은 사용자들의 요구를 충분히 만족시킬 수 있을 것으로 예상되고 있다. 그러나 시간 요인은 아직까지 사용자들의 요구에 부응할 수 있을 정도로 발전하지 못하고 있다. 때문에 현재의 네트워크는 사용자들이 충분히 만족할 만한 QoS를 제공하지 못하고 있다고 할 수 있다.

시간 요인은 지연 (Delay), 응답 시간 (Response Time), 지터 (Jitter)로 구성된다. 이러한 요인들은 패킷이 네트워크를 통과하면서 겪게 되는 큐잉 (Queueing), 버퍼링 (Buffering), 처리 시간 (Processing Time), 전송 지연 (Propagation Delay) 등에 의해 결정된다[1]. 그러나 현재의 인터넷이 사용하는 IP는 best-effort 전송을 기반으로 하기 때문에,

* 정 회 원 : 아이피넷(주) 기술연구소 선임연구원
kimsh@ipone.co.kr(공동저자)

** 정 회 원 : 경희대학교 전자정보대학 교수
ityoo@khu.ac.kr(제 1저자)

[2004/03/31 투고 - 2004/04/30 심사 - 2005/04/15 심사 완료]

이러한 시간 요인들을 정확히 예측할 수 없는 실정이며, 이에 따라 현재의 인터넷은 서비스 품질의 보장 측면에서 많은 취약점을 갖고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해, 본 논문에서는 상기와 같은 시간 요인들을 최소화 하여 서비스 품질을 보장할 수 있는 연동 구조 기반의 패킷 포워딩 기법 (POSIA: Packet fORwarding Scheme based on Interworking Architecture)을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2 장에서는 기존 네트워크에서의 서비스 품질 보장 기법에 대해서 기술하고, 제 3 장에서는 제안하는 POSIA 기법의 개념 및 동작 절차에 대해서 기술한다. 제 4 장에서는 제안한 기법의 성능에 대한 평가를 기술하고, 마지막으로 제 5 장에서는 본 논문의 결론을 기술한다.

한편, 본 논문에서 기술하는 POSIA는 유선 네트워크만을 고려하여 기술한 것이며, 경우에 따라 가입자 망으로 확대하여 적용할 수 있으나, 이에 대한 연구는 추후에 수행한다.

2. NGN의 서비스 품질 보장 기법

IP 기반의 네트워크에서 종단간 QoS 제공을 위한 기법은 IntServ, DiffServ 모델, RSVP, MPLS 등이 있으며, 본 장에서는 각각의 기법들에 대해 간단히 기술한다.

2.1 IntServ

IntServ (Integrated Services)는 QoS 보장을 위해 각각의 Flow 마다 링크 대역폭 등의 자원에 대한 설정을 기반으로 Controlled Load Service, Guaranteed Service를 제공한다[2]. 이때 RSVP가 양쪽 종단과 네트워크의 자원 요구사항, 가용성 등에 따라 자원 예약을 위한 Signaling 프로토콜로 사용될 수 있다.

한편, IntServ는 종단간 QoS를 제공할 수 있지만, 대규모 망에 적용하기 어렵다는 단점을 갖고 있다.

2.2 DiffServ

DiffServ (Differentiated Services)는 QoS를 위한 Signaling을 하지 않으며, 각 네트워크에서 유지되어야 하는 상태 정보의 수가 IntServ에 비해 크게 감소되었다.

DiffServ는 패킷을 DSCP (DiffServ CodePoint)에 따라 분류하고, 적절한 지연 및 지터 한계, 대역폭 등을 적용하게 된다. 이때 각 DiffServ 라우터는 DSCP가 호출하는 PHB (Per-Hop Behavior)에 따라 패킷을 전송한다[3].

2.3 RSVP

RSVP (Resource reSerVation Protocol)는 전송 계층에 위치한 네트워크 제어 프로토콜로 자원 승인 제어를 제공하며, 라우팅 프로토콜과 독립적으로 동작한다.

RSVP는 통신 세션을 목적지 주소, 전송 계층 프로토콜 타입, 목적지 포트 번호의 조합에 의해 식별하며, 전송 경로 상에 있는 라우터들은 특정 QoS 협상 사항을 각 데이터 Flow에 제공한다.

RSVP의 주요 메시지는 PATH와 RESV이며, 각각 송신지와 수신지에서 전송하는 메시지이다. PATH 메시지를 통해 송신지는 QoS 요구 사항을 전달하며, PATH 메시지를 수신한 수신지에서는 이에 대한 응답으로 RESV 메시지를 보낸다. RESV 메시지는 PATH 메시지가 전송된 경로의 역방향으로 전송되며, RESV가 전송되면서 QoS 파라미터에 대한 설정을 수행한다.

또한 RSVP는 30초를 주기로 갱신되어야 하는 Soft State를 유지하므로, 주기적으로 PATH와 RESV 메시지를 보낸다[4-7].

2.4 MPLS

MPLS (MultiProtocol Label Switching)는 고속 IP 전송과 차별화된 IP 서비스를 위한 적절한 QoS 경로를 지원한다. 또한 하위 계층 기술에 독

립적이며, label-swapping에 기반을 둔 전송부를 갖는다.

2계층 기술에서 label field (ATM VPI/VCI, FR DLCI 필드)를 지원하는 경우, native label은 MPLS label을 캡슐화 한다. 그러나 2계층 기술이 label 필드를 지원하지 않는 경우, MPLS label은 2계층과 IP 헤더 사이에 삽입되는 표준 MPLS 헤더에서 캡슐화 된다. MPLS 헤더는 어떠한 링크 계층이라도 MPLS label을 전송하는 것을 허용하기 때문에, LSP에서 label-swapping이 가능하다. LSR은 Allowable speed와 priority를 포함하는 가상 연결의 파라미터들을 정의할 수 있고, 대역폭, QoS, 보안 등을 관리하는 능력을 중요시한다[8-11].

3. POSIA

3.1 POSIA의 개념

본 논문에서 제안하는 POSIA는 송신지에서 목적지까지 종단 간 단일경로를 설정하고, 송신지에서 패킷이 출발하면 송신지로부터 한 홉 떨어진 라우터가 동기화된 시간 내에 도착하는 패킷을 다시 다음 홉으로 Bypassing 하는 형태로 포워딩한다. 이러한 POSIA 기법을 통해 네트워크를 통과하는 패킷 지연 시간의 대부분을 차지하는 큐잉 시간 및 버퍼링 시간을 절대적으로 감소시킬 수 있다(그림 1).

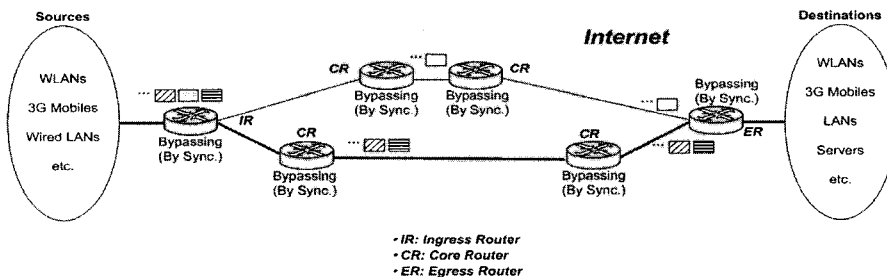
제안한 POSIA에서 사용하는 NE (Network Element)는 크게 다음과 같다.

- IR (Ingress Router): POSIA를 지원하는 네트워크의 가입자 망에서 생성된 패킷이 집합되는 라우터. AR (Aggregation Router)이라고도 함. 동기화 설정의 시작점이며, 경로 설정 및 자원 예약의 시작점이기도 함.
- CR (Core Router): POSIA를 지원하는 네트워크에서 목적지까지의 경로 상에 있는 라우터 중 IR과 ER을 제외한 라우터의 총칭. POSIA를 사용하여 패킷은 포워딩하는 역할을 함.
- ER (Egress Router): POSIA를 지원하는 네트워크에서 IR로부터 포워딩 된 패킷이 집합되는 라우터. 동기화 설정의 마지막 지점이며, 경로 설정 및 자원 예약의 마지막 지점이기도 함.

한편, 본 논문에서 제안하는 POSIA는 기본적으로 전송 링크의 상태는 매우 양호하며, 링크 오류로 인해 생기는 패킷의 Drop Ratio는 0.001 % 미만인 경우라 가정한다.

3.2 POSIA의 동작 절차

본 논문에서 제안하는 POSIA는 전송 경로 상에 있는 각 라우터들의 유기적 연동 및 자원 예약이 반드시 선행되어야 한다. 이를 위해, POSIA는



〈그림 1〉 연동 구조 기반의 패킷 포워딩 기법의 개념

기본적으로 경로 설정, 자원 예약, 동기화 설정의 사전 단계를 거친다. 이러한 사전 설정 후에 POSIA를 통한 실제 사용자 데이터의 전송이 이루어지며, 데이터 전송이 끝난 후에 경로 및 자원을 반환한다.

3.2.1 POSIA의 경로 설정 및 자원 예약을 위한 동작 절차

본 논문에서 제안하는 POSIA에서 경로 설정 및 자원 예약을 위한 동작 절차는 기본적으로 자원 예약 프로토콜을 기반으로 한다. 현존하는 자원 예약 프로토콜은 여러 가지가 있으나, 본 논문에서 제안하는 POSIA는 자원 예약 프로토콜로 RSVP를 사용한다. 제안하는 POSIA는 패킷 기반의 데이터 전송 방식이며, 홉 기반의 동기화를 사용하므로 RSVP의 장점을 그대로 활용할 수 있기 때문이다.

POSIA의 경로 설정 및 자원 예약 과정은 RSVP의 경로 설정 및 자원 예약 과정과 동일하며, 각 과정에서 일어나는 세부 동작 절차도 RSVP의 세부 동작 절차와 동일하다. 하지만, POSIA는 고정된 경로를 기반으로 한 패킷 포워딩 방식이기 때문에, OPWA (One Pass with AdSpec) 모델만을 사용하여 자원을 예약한다.

한편, POSIA에서는 RSVP에서 사용할 수 있는 모든 스타일의 필터를 사용할 수 있으며, 수신되는 상태 갱신을 위해 30초를 주기로 RESV 메시지를 전송한다.

3.2.2 POSIA의 동기화 설정 절차

본 논문에서 제안하는 POSIA의 핵심 중 하나는 연동 구조를 사용하는 경로 상에 있는 라우터 간의 동기화 설정이다. POSIA는 이전 홉의 라우터에서 포워딩 된 패킷이 다음 홉의 라우터에 도착하는 시간을 계산하여, 다시 그 다음 홉으로 패킷을 Bypassing 하는 구조이다. 따라서 인입된 패킷의 버퍼링 및 큐잉을 절대적으로 감소시켜 패

킷을 송출할 수 있지만, 이를 위해서는 매우 정확한 동기화가 요구된다.

전술한 바와 같이, POSIA를 사용하는 시스템에서 동기화 설정은 경로 설정 및 자원 예약이 이루어진 후에 수행된다. 즉, 동기화 설정은 RSVP OPWA 모델에 의해 정해진 경로와 예약된 자원을 기반으로 수행된다.

경로 및 자원의 예약이 설정된 경로에는 n 개의 라우터가 존재하게 되며, 이때 POSIA의 동기화 설정 시에 영향을 미칠 수 있는 파라미터는 다음과 같다.

- e_0, e_1, \dots, e_n : Electronic delay. 패킷이 전자 장비를 거치면서 소요되는 지연 시간.
- p_0, p_1, \dots, p_n : Processing delay. 패킷이 스위치, 라우터 등과 같은 장비에서 버퍼링 및 큐잉으로 인해 소요되는 지연 시간. QoS에 결정적인 영향을 미치는 요인.
- s_0, s_1, \dots, s_n : Serialization delay. 패킷을 전송매체를 통해 전송하기 위해 비트 스트림으로 변환하는데 소요되는 지연 시간.
- t_0, t_1, \dots, t_n : Transmission delay. 물리적인 법칙에 의해 정해지는 지연 시간으로, 전송 매체에서 신호를 보내기 위해 소요되는 지연 시간.

산술적으로 임의의 패킷이 IR 로부터 N 홉 떨어진 ER 의 큐에 인입되는 시간 ER_{arrive} 는 다음과 같이 표현된다.

$$ER_{arrive} = \sum_{n=0}^N (e_n + p_n + s_n + t_n) \quad (1)$$

만약 수식 1에서 e_n, p_n, s_n, t_n 모두가 정량적인 값이라면, IR 로부터 ER 까지의 경로 상에 있는 라우터 간의 동기화는 쉽게 이루어 질 수 있다. 그러나 실제 네트워크에서 e_n, s_n, t_n 시간은 정량화된 값으로 표현할 수 있으나¹⁾, p_n 는 패킷

이 네트워크를 통과하는 상황 (혼잡, 버퍼링, 큐잉 등)에 따라 달라지므로 정량화된 값으로 표현할 수 없다. 따라서 상기 수식을 POSIA의 동기화를 위해 사용할 수는 없다.

이러한 문제를 해결하기 위해, POSIA에서는 동기화 설정을 위한 동기화 설정 메시지 (*SEM: Synchronous Establishment Message*)를 사용한다. POSIA에서 사용하는 *SEM*은 *SEM_{init}*과 *SEM_{set}*의 두 가지 형태를 갖는다. 이 중 동기화 설정을 위해 *IR*에서 *ER*로 보내지는 *SEM_{init}*은 다음과 같은 항목들을 포함한다.

- *HC* (Hop Count): *SEM*이 지나온 경로의 홉 수. 동기화 설정을 위해 필요한 s_n 파라미터를 계산하기 위해 사용.
- *IT* (Interface Type): 직전 홉의 라우터에서 *SEM*이 송출된 인터페이스의 형태. 라우터에 연결되는 인터페이스의 형태에 따라 전송 매체가 결정되므로, 동기화 설정을 위해 필요한 t_n 파라미터를 계산하기 위해 사용.
- $E_{tolerance}$: 각 홉에서 설정한 허용 오차 값으로 각 홉에서 설정한 허용 오차 값의 누적 값. *ER*에서 생성되어 돌아오는 *SEM_{set}*이 동기화 설정 확인하기 위해 사용.

상기 수식 1에서 e_n , s_n , t_n 은 정량화된 시간 값이므로, 지정된 경로 상에 있는 임의의 홉 $i-1$ 에 인입된 *SEM_{init}*이 i 홉에 도착할 때의 지연 시간 (*SEM_{init_per_hop_delay}*)은 수식 2와 같이 표현된다.

$$SEM_{init_per_hop_delay} = e_{i-1} + p_{i-1} + s_{i-1} + t_{i-1} \quad (2)$$

이 때 IP 패킷의 time stamp 필드 값으로 쉽게 산출되는 *SEM_{init_per_hop_delay}*를 사용하여 p_{i-1}

을 쉽게 도출할 수 있으며, 도출된 값을 통해 i 홉의 동기화 설정 시간 (*Sync_{init_hop_set}*)을 수식 3과 같이 도출할 수 있다. 이 때, $E_{tolerance_hop}$ (Error tolerance)은 $e_{i-1} + IT_{tm,i} < E_{tolerance_hop} < p_{i-1}$ 의 범위 내에서 설정된다²⁾.

$$Sync_{init_hop_set} = SEM_{init_per_hop_delay} - p_{i-1} + E_{tolerance_hop} \quad (3)$$

$$= C_{hop} + E_{tolerance_hop}$$

지정된 경로 상에 있는 임의의 홉 i 에서는 도출된 *Sync_{init_hop_set}* 값으로 동기화 설정을 한다. 마찬가지로 POSIA를 사용하는 경로 상에 있는 다른 라우터도 상술한 바와 동일한 과정을 거쳐 동기화 설정을 하게 된다.

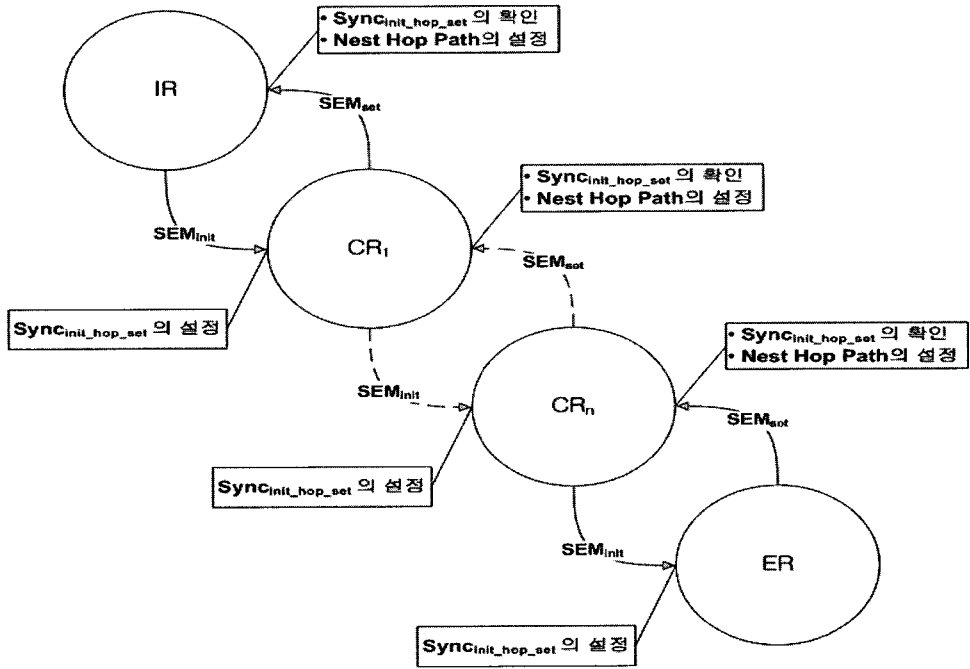
한편, POSIA에서는 각 홉의 지연 시간 뿐만 아니라, 지정된 전체 경로의 지연 시간도 산출한다. 이는 고도의 정밀도를 요구하는 POSIA에서 오류를 최소화하기 위한 것이며, *SEM_{init}*이 설정한 값을 재확인하기 위해 사용된다. 즉, *SEM_{init}*이 *ER*에 도착하여 최종적으로 생성된 동기화 설정 값 (*Sync_{init_total_set}*)에서 *SEM_{set}*이 *IR*로 전송되며 각 홉에 설정되어 있는 *Sync_{init_hop_set}*을 감산하며 확인하는 절차를 거치게 된다. 결과적으로 *IR*에 도착한 *Sync_{init_total_set}*은 $0 \leq Sync_{init_total_set} \leq p_0$ 의 사이의 값을 갖게 된다. 이때 *Sync_{init_total_set}*이 상기의 범위에 있지 않은 경우, *IR*은 *ER*로 상술했던 바와 동일한 절차를 통해 재설정을 하게 된다.

POSIA에서 *SEM_{set}*은 다음과 같은 항목들을 포함한다.

- *NHP_SET* (Next Hop Path Set): RSVP에 의해 지정된 경로 상에서, 직전 홉에서 송된 데이터가 전송되어야 할 다음 홉의 경로. 동기화된 시간 내에 인입되는 데이터를 다음 홉으로 전송하기 위해 사용.

1) 물론 e_n , s_n , t_n 은 라우터 성능, 대역폭, 사용하는 전송 매체에 따라 달라지는 값이기는 하지만 이러한 파라미터들은 측정이 가능하며, 변하지 않는 값이기 때문에 정량화 하여 표현할 수 있다.

2) POSIA에서 $E_{tolerance_hop}$ 의 설정 범위를 최대 p_{i-1} 의 값을 넘지 않게 정의한 것은 최소한 기존 시스템 보다 뛰어난 성능을 보장하기 위해서이며, 실제 시스템에 적용할 경우 전자 장비의 특성 상 이보다 더 작은 값으로 설정하여 사용한다.



〈그림 2〉 POSIA의 동기화 설정 과정

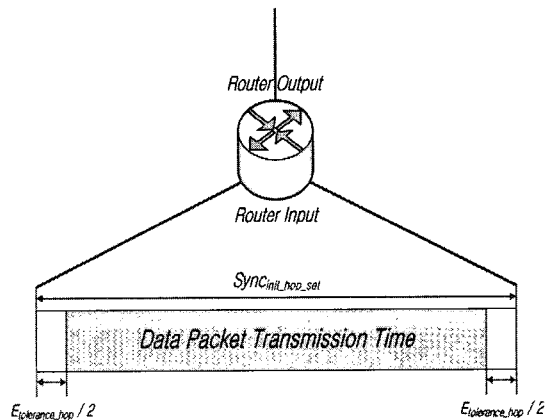
- $E_{tolerance}$: ER에 도착한 누적 허용 오차 값. $E_{tolerance}$ 는 ER에서 IR로 SEM_{set}이 전송되는 동안 각 홉의 허용 오차 값을 감산하여 IR에 도착했을 때, 동기화 설정이 제대로 이루어졌는지 확인하기 위해 사용.
- **Cache Queue Size**: 데이터 전송 시 POSIA 라우터에서 Sync_{init_hop_set} 시간동안 한 번에 전송할 수 있는 패킷의 수 혹은 용량.

POSIA에서 동기화 설정 절차를 간략히 도시하면 그림 2와 같다.

3.2.3 POSIA의 데이터 전송 절차

전 절에서 기술한 바와 같이, POSIA는 데이터 전송 전에 동기화 설정 과정을 거친다. 동기화가 설정된 경로 상에 있는 각 홉의 라우터는 해당 라우터에 데이터가 입력되는 시간 값 (Sync_{init_hop_set}), 허용 오차 값 ($E_{tolerance_hop}$), 전송해야 할 다음 홉

의 경로 (NHP_{SET})가 설정되어 있다. 따라서 각 라우터는 동기화된 시간 내에 입력되는 패킷을 Processing Time 및 Serialization Time 없이 다음 홉으로 전달하는 역할만을 담당하게 된다. 이를 개념적으로 도시하면 그림 3과 같다.



〈그림 3〉 POSIA의 데이터 전송 개념

상기 그림 3에서와 같이, POSIA의 데이터 전송은 동기화 설정 과정에서 지정된 $E_{tolerance}$ 값을 데이터 패킷의 인입시간의 전후에 배치하여, 전송 오류를 방지한다. 또한 $E_{tolerance}$ 값은 POSIA를 통해 전송되지 않은 다른 패킷이 동일 시간대에 라우터에 인입되는 것을 구별 하는 역할도 수행한다.

그림 4는 POSIA 라우터의 패킷 전송 절차이고, 각 Element 별 기능은 다음과 같다.

- Classifier: RSVP에 의해 설정된 QoS 파라미터에 따라 서비스 등급을 구별하는 역할을 담당한다. 그러나 POSIA 라우터의 Classifier는 기존의 Classifier와는 다르게, 우선 순위가 높은 Burst 트래픽에 대해서는 바로 Burst 버퍼로 Passing 하는 역할을 담당
- Controlled Load, Guaranteed, Best-effort 큐: 기본적인 IntServ 큐와 동일
- WFQ: QoS 파라미터에 따라 서로 다른 우선 순위를 할당하여 Cache 버퍼에 Passing 하는 역할을 담당
- Cache Queue: 현재 Cache Queue에 유입되어 있는 패킷이 다음 홉으로 전송되기 전에 머무르는 Queue. Cache Queue에 유입된 패킷의 수는 동기화 설정 시에 지정된 값에 따라, 각 노드에 할당되어 있는 시간 동안 전송 가능한 패킷의 개수로 한정됨

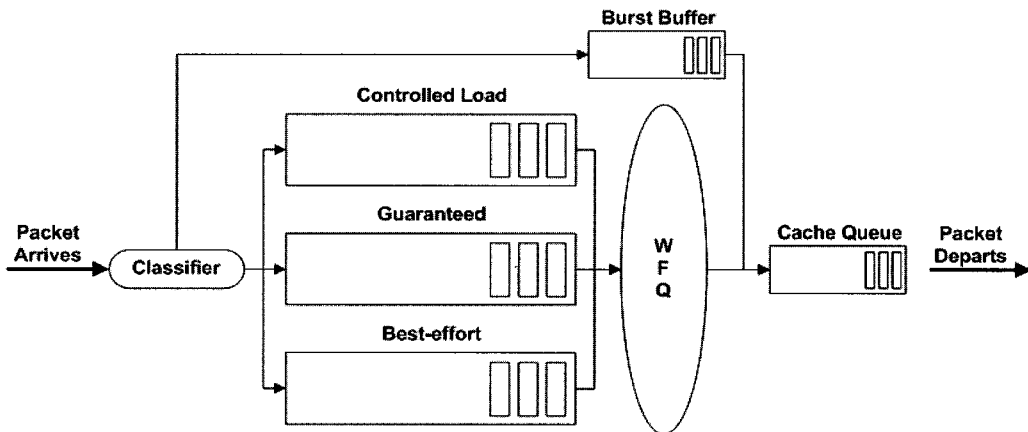
4. 성능평가

본 논문에서 제안한 POSIA의 성능을 평가하기 위해, 현존하는 패킷 전달 방식 중 가장 좋은 것으로 평가되고 있는 MPLS 기법과 제안한 기법을 비교한다. 물론 MPLS 혹은 패킷 포워딩 기법의 성능을 개선하기 위한 다양한 선행 연구가 있는 것이 사실이지만 개념이 다른 POSIA 기법과 기존의 연구된 기법을 정량적으로 비교하는 것은 바람직하다고 할 수 없다. 따라서 본 논문에서는 MPLS 표준을 기반으로 한 MPLS 기법과 제안한 POSIA에 대해서 비교, 분석을 통해 POSIA의 우수성을 검증한다.

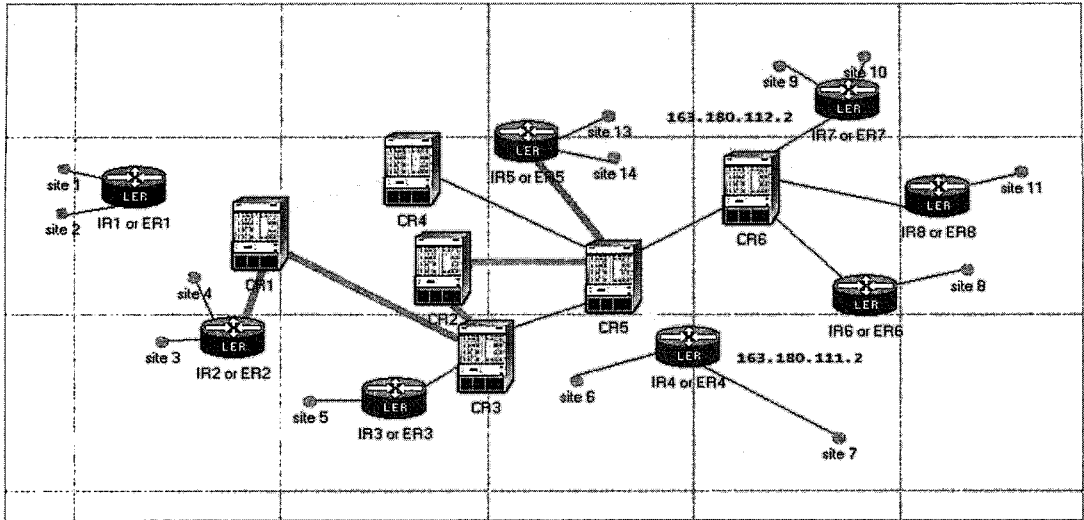
그림 5는 POSIA의 성능을 측정하기 위한 OPNET 시뮬레이션 환경을 도시하고 있으며, 사용된 시뮬레이션 파라미터는 다음과 같다.

- 각 Site 내의 Node 수: 100 Nodes
- 시뮬레이션에 사용된 트래픽 종류: Video Conferencing, Streaming Traffic

그림 6은 임의의 노드 CR_2 에서 $Flow_i$ 의 Queueing Delay를 측정한 한 것이다. 상술한 바와 같이 POSIA는 스케줄러에 의해 한 번에 포워딩이 가능한 만큼만 큐에 유입되게 설계되었기 때문에 CR의 Queueing Delay는 항상 일정하다. 반



〈그림 4〉 POSIA 라우터의 패킷 전송 절차



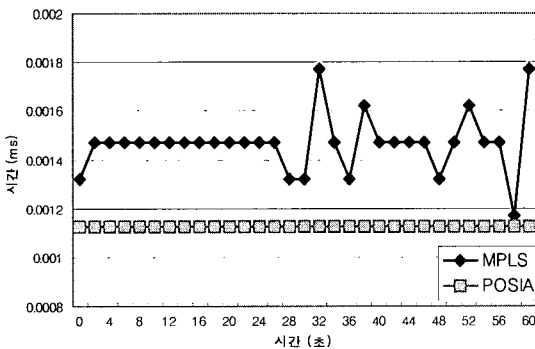
〈그림 5〉 POSIA의 성능을 측정하기 위한 시뮬레이션 환경

면에 MPLS는 LSR이라 할지라도 어느 정도의 Queueing Delay를 겪게 된다. 그림에서는 변화량이 확연하게 나타나 있지만, 실제 MPLS의 Queueing Delay의 편차는 $0.5\mu s$ 정도로 작은 값이다.

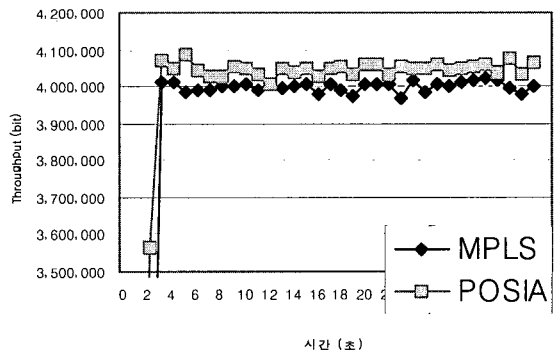
그림 7은 RSVP를 사용해 예약된 대역폭의 Throughput을 나타내고 있다. 이때 RSVP에 의해 예약된 대역폭은 4.096 Mbps이며, 그림에서 보듯이 MPLS 보다 PIS가 조금 더 높은 Throughput을 나타내고 있다. MPLS보다 POSIA가 좀 더 높은 Throughput을 나타내는 이유는 패킷이 코어 망을 통과하면서 겪게 되는 Processing Delay 및 Seri-

alization Delay가 없기 때문이며, 이것의 누적으로 인해 POSIA가 MPLS 보다 좀 더 높은 Throughput을 나타낸다.

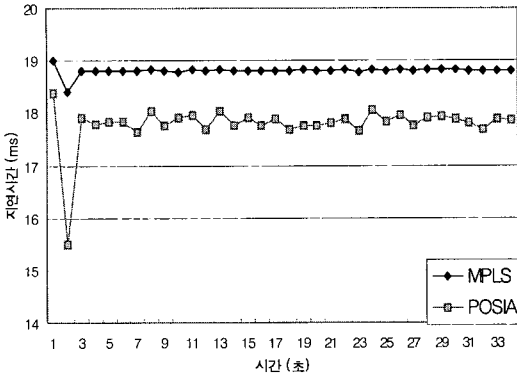
그림 8은 MPLS와 POSIA의 End-to-End 지연 시간을 비교한 것이다. 마찬가지로 MPLS보다 POSIA가 좀 더 좋은 지연 시간을 갖는다는 것을 알 수 있다. 이는 패킷의 포워딩 절차에서 얻어지는 이득에 의해 발생하는 결과라는 것을 쉽게 유추해 볼 수 있다. 그러나 MPLS는 지연 시간의 변화량이 거의 일정하게 나타나는 반면에, POSIA는 지연 시간의 변화량이 MPLS 보다 높게 나타



〈그림 6〉 임의의 노드 i 에서 $Flow_i$ 의 Queueing Delay



〈그림 7〉 MPLS와 POSIA의 대역폭 사용량 비교



〈그림 8〉 MPLS와 PIS의 End-to-End 지연 시간 비교

난다. 이러한 이유는 POSIA는 IR에서 트래픽 분류를 할 때, IP 계층을 기반으로 한 분류를 하기 때문에 IR에서의 지연 시간 변화량이 크기 때문이다.

5. 결론

본 논문에서 제안한 연동 구조 기반의 패킷 포워딩 기법은 경로 및 자원의 예약을 바탕으로 서비스 품질을 보장할 수 있는 새로운 개념의 패킷 포워딩 기법이다. 또한 개념상 1 계층 형태의 포워딩 방식이기 때문에 다양한 네트워크 형태에 응용이 가능하다. 그러나 제안한 연동 구조 기반의 패킷 포워딩 기법은 동기화 설정에 대해 매우 높은 정밀도를 요구하지만, 이러한 정밀도는 나날이 발전되어가는 정보통신 기술을 감안하여 볼 때 크게 문제시 되지 않을 것으로 생각된다.

한편, POSIA는 경로 및 자원 예약을 위한 프로토콜로 RSVP를 사용하기 때문에, RSVP가 갖는 단점인 대규모 망에 적용하기 어렵다는 단점을 그대로 갖게 된다. 따라서 이를 해결하기 위해 RSVP가 아닌 다른 경로 및 자원 예약 프로토콜 (e.g. LDP, CR-LDP 등)을 사용한 추후 연구가 필요하다.

본 논문에서 제안한 연동 구조 기반의 패킷 포

워딩 기법을 다른 여러 가입자 망의 QoS 보장 기술과 접목할 경우, 높은 시스템 성능 향상을 기대할 수 있을 것으로 생각된다.

참고 문헌

- [1] Sanjay Jha, Mahbub Hassan, "Engineering Internet QoS," Artech House Publishers, pp. 3-4, 2002.
- [2] R. Braden, D. Clark, and S. Shenker, "Integrated Service in the Internet architecture: an overview," RFC 1633, IETF, June 1994.
- [3] S. Blake, D. Black, M. Carlson, E. Davies, Z. Wang, and W. Weiss, "An Architecture for differentiated service," IETF RFC 2475, December 1998.
- [4] J. Wroclawski, "The use of RSVP with IETF integrated services," RFC 2210, IETF, September 1997.
- [5] J. Wroclawski, "Specification of the controlled-load network element service," RFC 2211, IETF, September 1997.
- [6] S. Shenker, C. Partidge, and R. Guerin, "Specification of guaranteed quality of service," RFC 2212, IETF, September 1997.
- [7] S. Shenker and J. Wroclawski, "General characterization parameters for integrated service network elements," RFC 2215, IETF, September 1997.
- [8] E. Rosen, Fedorkow G., Y. Rekhter, D. Farinacci, T. Li, and A. Conta, "MPLS label stack encoding," RFC 3032, IETF, January 2001.
- [9] L. Andersson, P. Doolan, N. Feldman, A. Fredette, and B. Thomas. "LDP specifications," RFC 3036, IETF, January 2001.

- [10] D. Awduche, J. Agogbua, M. O'Dell, and J. McManus, "Requirements for traffic engineering over MPLS," RFC 2702, IETF, January 2001.
- [11] D. Awduche, L. Berger, D. Gan, T.Li, V. Srinivasan, and G. Swallow, "RSVP- TE: Extensions to RSVP for LSP tunnels," RFC 3209, IETF, December 2001.
- [12] Ying-Dar Lin, Nai-Bin Hsu, and Ren-Hung Hwang, "QoS routing granularity in MPLS networks," IEEE Communications Magazine, vol. 40, no. 6, pp. 58-65, June 2002.
- [13] Trimintzios, P., Andrikopoulos, I., Pavlou, G., and et al., "A management and control architecture for providing IP differentiated service in MPLS-based networks," IEEE Communications Magazine, vol. 39, no. 5, pp 80-88, May 2001.
- [14] Fineberg, V., "A practical architecture for implementing end-to-end QoS in an IP network," IEEE Communications Magazine, vol. 40, no. 1, pp 122-130, January 2002.
- [15] Lim, S.H., Yaacob, M.H., Phang, K.K., Ling, T.C., "Traffic engineering enhancement to QoS-OSPF in DiffServ and MPLS networks," IEEE Proceedings Communications, vol. 151, no. 1, February 2004.

○ 저 자 소 개 ○



김 석 훈 (Seokhoon Kim)

2000년 경희대학교 컴퓨터공학과 졸업(공학사)
2004년 경희대학교 대학원 컴퓨터공학과 졸업(공학박사)
2004년~현재 아이피원(주) 기술연구소 선임연구원
관심분야 : All-IP, B3G/4G, NGI, NGN, QoS, Ubiquitous Computing, etc.
E-mail : kimsh@ipone.co.kr



유 인 태 (In tae Ryoo)

1987년 연세대학교 전자공학과 졸업(공학사)
1989년 연세대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
1994년 연세대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)
1997년 동경대학 전자정보통신전공(공학박사)
1999년~현재 경희대학교 전자정보대학 교수
관심분야 : 인터넷, 네트워크 보안, 무선 LAN
E-mail : itryoo@khu.ac.kr