

망 상태에 따른 가변 자원 예약 프로토콜을 사용한 인터넷폰의 성능분석

정희원 조재만*, 송영재**, 조동호***

Performance evaluation of internet phone using the variable resource reservation protocol according to network situation

Jae-Man Jo*, Young-Jae Song** Regular Member, Dong-Ho Cho*** Regular Members

요 약

특정 대역폭과 실시간 전송을 요구하는 멀티미디어 통신 어플리케이션 사용의 증가는 QoS(Quality of Service) 보장에 대한 필요성을 가져왔다. 통합된 서비스에 대한 요구가 증대됨에 따라, 인터넷에서 라우터의 네트워크 자원을 예약하는 RSVP(resource ReSerVation Protocol) 프로토콜이 설계되었다. RSVP 프로토콜은 실시간 어플리케이션에게 보증된 QoS(Quality of Service)를 제공하지만, 한정된 대역폭으로 인하여 네트워크 효율성이 떨어진다. 본 논문에서는 네트워크 자원을 효율적으로 사용하기 위하여, 네트워크의 혼잡 상황 시에 어플리케이션이 대역폭을 반환하는 방식을 제안하고, 기존의 방식인 자원 예약 프로토콜 하에서 네트워크 자원의 효율성을 서로 비교 분석하였다. 여분의 대역폭을 반환하여 네트워크 자원을 효율적으로 사용함으로써, 제안한 대역폭 반환 방식이 기존의 자원 예약 프로토콜 방식에 비해 더 나은 호 블록킹률과 네트워크 자원 이용률을 보여 주었다.

ABSTRACT

The growing usage of multimedia communication applications with specific bandwidth and real-time delivery requirements has created the needs for the support of quality of service(QoS). In response to the growing demand for integrated services, Reservation Protocol(RSVP) has been designed to reserve network resources of routers in Internet. RSVP protocol provides the quality of service for real-time applications but network efficiency is reduced because of limited bandwidth. In this paper, we propose bandwidth return method in the case of congestion situation in order to use network resources efficiently. We compare the resource efficiency of traditional reservation methods with that of proposed method and evaluate the performance of internet phone application. Simulation results show that proposed bandwidth return method has better performance than conventional resource reservation protocol in view of call blocking ratios and network resource utilization because of using network resources efficiently based on return of excess bandwidth.

1. 서 론

현재의 인터넷은 다양한 링크 계층 기술로 이루어진 다수의 네트워크들로 구성되고, 네트워크 간의 상호 작용을 위하여 IP(Internet Protocol) 프로토콜에 의존한다^[1]. 인터넷과 다른 패킷 교환 네트워크 아키텍처는 점 대 점(point-to-point) 방식의

어떤 다수의 네트워크들로 구성되고, 네트워크 간의 상호 작용을 위하여 IP(Internet Protocol) 프로토콜에 의존한다^[1]. 인터넷과 다른 패킷 교환 네트워크 아키텍처는 점 대 점(point-to-point) 방식의

* (주)미디어콤 기술연구소 (jmjo@acm.org)

** 경희대학교 전자계산공학과(yjsong@mns.kyunghee.ac.kr)

*** 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(dhcho@ee.kaist.ac.kr)

논문번호 : 98349-0811, 접수일자 : 1998년 8월 11일

“best-effort” 서비스를 제공한다. “Best-effort” 서비스는 일반적으로 승인 제어(admission control)와 자원 예약이 없는 네트워크 스위치 단에서 FIFO (First In First Out) 서비스를 사용하여 구현된다^[2,3]. 이러한 서비스는 원격지 로그인(telnet), 파일 송수신(FTP), 전자메일과 같은 응용 프로그램에 적합하지만, 고정된 대역폭과 일정한 지연 범위 등을 요구하는 원격 비디오, 멀티미디어 통신 회의, 시각 표상(visualization) 그리고 가상 현실과 같은 실시간 어플리케이션에는 효율적이지 못하다^[10].

점차 실시간 전송이나 QoS(Quality of Service) 보장을 요구하는 어플리케이션 사용의 비중이 커짐에 따라, 인터넷 커뮤니티는 ISPN(Integrated Services Packet Network) 아키텍처를 제안하였다^[4]. ISPN은 기존의 인터넷이 제공하는 “best-effort” 서비스뿐만 아니라, 실시간 서비스 그리고 링크 공유를 통제하는 기법 등을 제공한다. 이 새로운 아키텍처는 크게 다섯 가지 요소로 나누어진다. 첫째는 소스(source)가 네트워크에게 자신의 플로우에 대한 트래픽 특성을 알려주기 위해 사용되는 “플로우 사양(flow specification)”, 둘째는 멀티캐스팅 데이터 전송을 위한 “라우팅”, 셋째는 네트워크상의 다양한 자원을 예약하는 방식인 “자원 예약”, 넷째는 자원 예약 요구에 대한 가부를 결정하는 모듈인 “승인 제어(admission control)”, 그리고 마지막으로 마감 시간을 가지는 실시간 패킷 데이터 전송을 위한 “패킷 스케줄링”이다.

단순한 예약 서비스는 통신하고자 하는 어플리케이션간에 서로 분리된 예약을 각각 설정함으로써 점 대 점 서비스 모델 상에서도 구현 가능하다. 하지만 ISPN의 목표는 보증된 QoS와 멀티포인트 통신을 요구하는 어플리케이션에 대해 효율적으로 네트워크 자원을 제공하는 것이다^[2]. 네트워크상의 자원에는 대역폭, 버퍼, 노드의 프로세서 시간 등이 있다. 이러한 자원들을 미리 예약함으로써, 자원 예약 프로토콜은 어플리케이션에게 보증된 QoS를 제공하게 된다. 인터넷에서 자원 예약을 위한 초기의 작업으로 ST(stream protocol) 프로토콜이 개발되었고, 후에 ST-II 프로토콜로 개선되었다^[5]. ISPN의 자원 예약 요구를 지원하는 최근의 프로토콜은 RSVP 프로토콜이다^[6]. ST-II와 RSVP는 동적인 네트워크에 안정되게 적용하기 위하여, 타이머를 기반으로 하는 메커니즘을 사용한다^[5,6].

ST-II 프로토콜과 RSVP 프로토콜의 스택이 그림 1에 잘 나타나 있다. 따라서 이러한 자원 예약 프

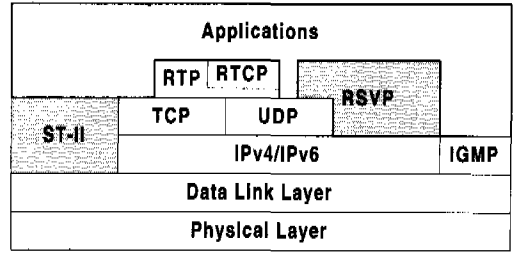


그림 1. 자원 예약 프로토콜 스택

로토콜을 사용하면 인터넷폰과 같은 네트워크 실시간 어플리케이션에게 QoS 서비스를 제공하지만 네트워크상의 자원은 한정적이므로, 모든 네트워크 실시간 어플리케이션은 요구한 네트워크 자원을 할당받을 수 없다. 그러므로 네트워크의 부하가 심각한 경우에는 매우 높은 호 블록킹률을 보이게 된다. 그리고 한 네트워크 실시간 어플리케이션이 네트워크 자원을 예약하고 지속적으로 사용하지 않는다면, 다른 네트워크 어플리케이션이 이를 사용할 수 없으므로, 네트워크 자원의 낭비가 발생된다^[2]. 그러므로 자원 예약 프로토콜을 사용하는 경우가 기존의 방식인 “best-effort” 방식에 비해 네트워크 자원 이용률이 떨어진다. 따라서 한정된 네트워크 자원을 효율적으로 사용하고, 네트워크 실시간 어플리케이션의 호 블록킹률을 낮추는 방식이 필요하다. 이를 위하여 본 논문에서는 인터넷폰 어플리케이션이 네트워크의 부하에 따라 할당받은 대역폭의 일부를 네트워크에 반환하여 전체 네트워크의 효율성을 높이는 방식을 제안하고, 이에 대한 성능을 분석한다.

서론에 이어 2장에서는 기존의 인터넷폰 서비스에 대해 조사하고, 3장에서는 QoS 서비스를 제공하면서 네트워크 자원 이용률을 높이는 대역폭 반환 방식에 대해 기술한다. 4장에서는 성능 분석을 위한 시뮬레이션 환경과 시뮬레이션 결과를 기술하며, 5장에서는 결론을 기술한다.

II. 기존의 인터넷폰 서비스

2.1 “Best-effort” 서비스 방식

인터넷폰은 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환하고 압축한 후에 실시간으로 디지털 음성 데이터를 전송하는 기술을 기반으로 인터넷이라는 전세계적인 네트워크와 결합함으로써 실용화되어진 어플리케이션이다. 인터넷폰의 기본 동작원리로 가장 기

본적인 형태인 PC 대 PC 방식을 예로 들면 다음과 같다. 사용자들이 PC 앞에 앉아 인터넷폰이라는 소프트웨어를 실행시킨 후 상대방의 인터넷폰 어드레스를 누른다. 그러면 그 신호가 마치 전화국과 같은 역할로 수신자와 송신자 사이에서 중계 역할을 하는 인터넷폰 서버를 통해 상대방을 찾아간다. 인터넷폰 어드레스란 전화 번호와 유사한 것으로, 인터넷폰 서버에 등록이 되어 있다. 그리고 말을 하면 그 음성 데이터가 압축이 되면서 인터넷 표준 신호로 바뀌어 인터넷망을 거쳐 인터넷폰 서버를 통해 전달되며, 다시 상대방의 PC에서 다시 음성으로 변환되는 것이다. 인터넷폰의 핵심 기술을 살펴보면, 우선 음성을 되도록 작게 압축하고 복원하는 보코더(Voice Codec) 기술을 꼽을 수 있다. 보코더는 목소리를 이진부호화하고, 이 부호화된 음성 데이터를 압축해 전송하면 상대방에서 음성 데이터를 복원한 후, 부호화된 음성을 복호화시킨다. 현재 인터넷 음성 전송 속도가 5.3Kbps와 6.3Kbps에서는 G.723이, 8Kbps에서는 G.729를 사용하고 있다. 또 한 가지 기술은, 인터넷상에서 음성 데이터를 효과적으로 전송할 수 있는 프로토콜이다. 지금은 서비스의 질을 보장하지 못하는 LAN 상에서 오디오와 비디오 통신을 위한 표준 프로토콜인 H.323과 복원되는 음성 데이터의 음질을 높이고자 패킷에 제공되는 RTP/RTCP 프로토콜이 사용되고 있다⁹⁾. 현재 인터넷에서 사용되는 음성통화는 크게 3종류로 분류되어진다. 인터넷폰의 음성통화 방식이 그림 2에 잘 나타나 있다.

PC 대 PC 방식의 인터넷폰은 인터넷폰의 최초 방식으로 PC에 인터넷폰 소프트웨어를 탑재하여 통

화하는 형식을 취한다. PC 대 전화 방식은 인터넷폰 소프트웨어를 탑재한 PC에서 일반 전화로 통화하는 방식이다. 이와 같은 방식으로 음성통화를 수행하기 위해서는 인터넷폰 게이트웨이를 필요로 한다. PC가 LAN으로 항상 인터넷 접속되어 있는 경우에는 전화에서 PC로 호출도 가능하다. 전화 대 전화 방식은 인터넷을 통하여 일반 전화간 음성통화가 가능하도록 하는 방식이다. 이러한 방식은 전화를 사용하는 사용자가 일단 자기 지역 내에 있는 서비스 제공자에게 접속을 한 후 이루어진다. 인터넷폰은 음성 압축 알고리즘, 음성 통화 프로토콜 그리고 음성통화 제공 프로그램으로 나눌 수 있다. 음성 압축 알고리즘은 전송로를 효율적으로 이용하기 위해 사운드나 음성의 압축, 인코딩 기술이 필요하다. 음성 압축 알고리즘으로 현재 보코더가 사용되고 있으며, 상용이나 공개용으로 나와있는 프로그램은 대부분 독자적인 압축 알고리즘과 인코딩 방법을 사용하고 있다. 음성 통화 프로토콜은 양쪽 당사자간의 인터넷폰 서비스를 위한 접속 제어 프로토콜이다. 표준 통신 프로토콜로는 RTP/RTCP (Real Time Protocol/Real Time Control Protocol)가 있다. 음성 통화 제공 프로그램은 사용하기 쉬운 사용자 인터페이스가 제공되어야 하고, 일반 전화와 마찬가지로 도청의 위험이 있으므로 보안 기능이 필요하다.

“Best-effort” 서비스는 일반적으로 승인 제어(admission control)와 자원 예약(resource reservation)이 없는 네트워크 스위치 단에서 FIFO 서비스를 사용하여 구현된다¹¹⁾. “Best-effort” 서비스를 이용한 인터넷폰은 실시간 처리를 필요로 하는 음

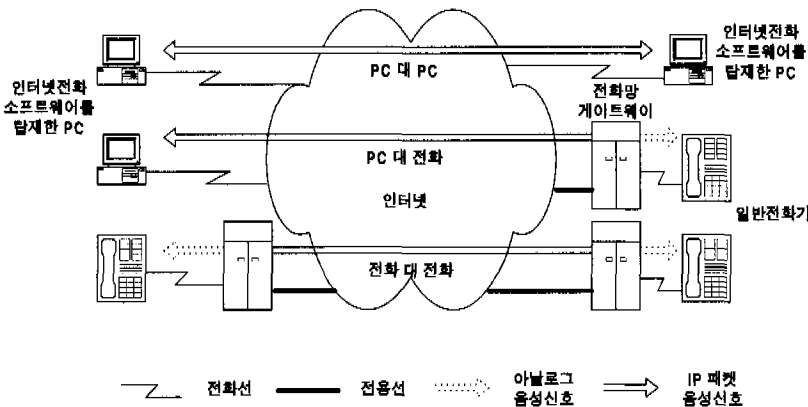


그림 2. 인터넷폰의 음성통화 방식

성 데이터를 비실시간 데이터와 동일한 방식으로 서비스하는 방식을 말한다. 따라서 이러한 방식은 음성 데이터를 최대한 효과적으로 전송하기 위해서 TCP 프로토콜보다는 UDP 프로토콜을 사용하여 전송한다. 그러나 이 방식의 서비스는 전달 마감 시간을 갖는 실시간 데이터를 위한 어떤 처리도 하지 않는다. 그렇기 때문에 실시간 데이터의 QoS를 제공하지 못한다. "best-effort" 서비스를 이용한 인터넷폰의 음성 데이터와 비실시간 데이터와의 관계가 다음의 그림 3에 잘 나타나 있다.

현재 사용되고 있는 대부분의 인터넷폰은 "best-effort" 서비스를 이용하여 음성통화를 수행하고 있다. 이러한 방식의 인터넷폰은 네트워크 단에 부하가 많을 때, 실시간 데이터의 상당한 전달 지연을 겪게된다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여, 몇몇 인터넷폰 어플리케이션들은 멀티미디어 데이터를 위한 RTP/RTCP 프로토콜을 사용한다. RTP 데이터 프로토콜은 데이터 전송에만 관계하는 프로토콜이며, RTCP 프로토콜은 데이터 전송을 모니터링하고 세션에 관련된 정보를 전송하는데 관계하는 일을 수행한다. RTP는 실시간 전송을 보장하는 것보다는 패킷의 순서를 제대로 맞추고 스트림들간에 동기화를 맞추는 것에 역점을 둔다. 그래서 이를 위하여 RTP/RTCP 프로토콜은 타임스탬프와 시퀀스 번호를 사용한다.

2.2 RSVP 프로토콜 서비스 방식

QoS를 제공하는 인터넷폰은 "best-effort" 서비스를 이용하는 인터넷폰과는 달리, 실시간 데이터에 대한 QoS를 만족시켜 주기 위하여 미리 네트워크 자원을 예약하는 자원 예약 프로토콜을 사용하는 방식을 말한다. 그러므로 전달 마감 시간을 갖는 실시간 데이터는 할당받은 네트워크 자원을 이용하여 QoS 서비스를 제공받는다. QoS 서비스 하에서의 실시간/비실시간 데이터의 흐름이 다음의 그림 4에 잘 나타나 있다.

실시간 데이터는 네트워크 자원의 일부를 예약하여 패킷 스케줄러에 의해 QoS 서비스를 제공받고,

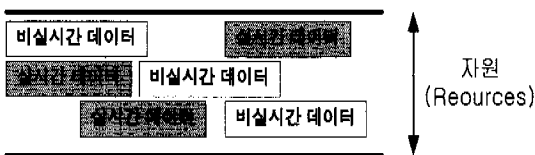


그림 3. "best-effort" 서비스에서의 자원 공유

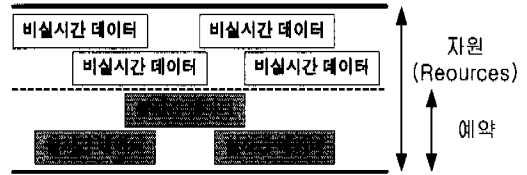


그림 4. QoS 서비스에서의 자원 예약

비실시간 데이터는 예약되지 않은 네트워크 자원을 FIFO 스케줄링에 의해 서로 공유하여 사용한다. 따라서 자원 예약 프로토콜에 기반한 인터넷폰은 데이터 패킷망인 인터넷망에서 일반 공중 전화망의 전화 서비스와 같은 회선 교환 서비스를 받는 것처럼 작동한다. QoS를 제공하는 인터넷폰에서 사용되는 자원 예약 프로토콜로는 ST-II 프로토콜이나 RSVP 프로토콜이 있다. 이외에도 자원 예약 프로토콜과는 달리 실시간 멀티미디어 데이터를 전송하기 위한 각종 프로토콜들이 연구되고 있다. QoS 서비스를 제공받기 위하여 자원 예약 프로토콜을 사용하는 경우에는 자원 예약에 따른 네트워크 자원의 낭비와 심한 경우에는 상당한 호 블록킹을 겪게 된다^[2]. 즉, 한 실시간 플로우가 QoS 보증을 위하여 예약한 자원은 해당 플로우가 그 자원을 반환하기 전까지는 다른 실시간 플로우에 의해 사용이 불가능하다. 따라서 사용하지 않는 예약된 자원은 다른 플로우가 사용할 수가 없으므로, "best-effort" 서비스를 이용한 인터넷폰에 비해서 네트워크 자원의 이용률은 떨어진다. 그리고 네트워크 자원을 요구하는 플로우가 증가할수록, 각 스위치 단의 사용 가능한 자원은 줄어들게 된다. 따라서 스위치 단의 한정된 네트워크 자원으로 인하여 인터

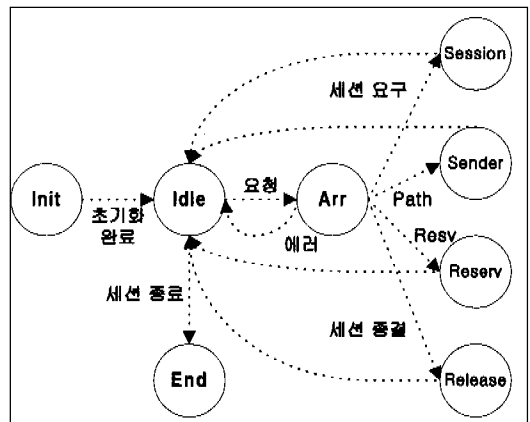


그림 5. 호스트 노드의 RSVP 상태천이도

넷폰 호의 요구가 거절될 확률이 높아진다.

자원 예약 프로토콜인 RSVP 프로토콜을 사용하여 QoS 서비스를 제공받기 위해서는 종단간의 노드뿐만 아니라 네트워크의 스위치 단에도 자원 예약 프로토콜이 수행되어야 한다. 따라서 호스트 노드와 라우터 노드에서도 RSVP 프로토콜을 처리하는 상태 천이도가 필요하다. 호스트 노드와 라우터 노드에서 동작하는 RSVP 상태천이도가 각각 그림 5, 6에 나타나 있다⁶⁾. 호스트 노드에서의 상태 천이는 초기화 과정을 거친 후, 유휴(Idle) 상태에 있게 되고, 메시지가 도착하거나, 어플리케이션으로부터 요구가 있게 되면 메시지 처리 상태인 “Arr” 상태로 천이한다. 그리고 메시지의 요구나 종류에 따라 세션에 가입하는 “Session” 상태로 천이하거나 해제하는 “Release” 상태로 천이한다. 수신단의 경우 예약 요구가 발생하면 예약(Resv) 메시지를 전송하는 상태인 “Reserv” 상태로 천이한다. 송신단인 경우에는 경로(Path) 메시지가 발생되면 경로 메시지를 처리하는 상태인 “Sender” 상태로 천이하게 된다.

라우터 노드도 호스트 노드와 마찬가지로 초기화 과정을 거친 후, 메시지 대기 상태인 유휴 상태로 있게 된다. 여기서는 도착되거나 생성되는 RSVP 프로토콜의 메시지 종류에 따라 각 상태로 천이하게 된다. 이때 송신 노드로부터 전송되는 경로메시지를 처리하는 “PathMsg” 상태와 수신 노드로부터 예약 메시지를 처리하는 “ResvMsg” 상태가 필요하며 경로 메시지에 의해 생성된 멀티캐스트 분포 트리에서 해제하는 “PtearMsg” 상태와 예약 메시지에 따라 예약된 자원을 해제하는 “RtearMsg” 상태가 필요하다.

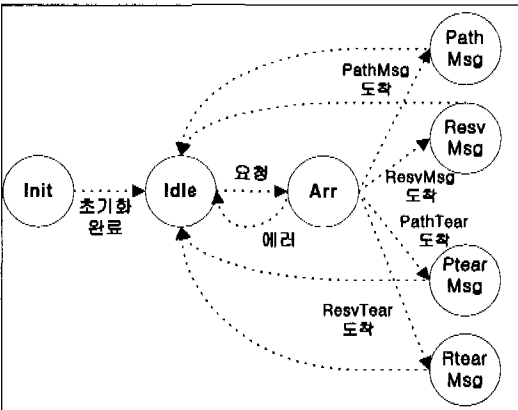


그림 6. 라우터 노드의 RSVP 상태천이도

III. 망의 상태에 기반한 대역폭 반환 방식

RSVP 프로토콜은 일반적으로 “one-pass” 메커니즘을 사용한다. 즉, RSVP 프로토콜은 데이터 경로를 따라 각각의 스위치 단의 승인 제어(admission control) 모듈에 예약 요구를 연속적으로 보낸다. 그러므로 이러한 예약 요구에 따라 스위치는 요구한 자원을 예약하고 이에 대한 승인여부만이 수신단에게 알려진다. 따라서 수신단은 예약 메시지(ResvMsg)의 전송 손실과 네트워크의 부하상태를 알 수 없다. 이를 보완하기 위하여 RSVP 프로토콜은 OPWA(one-pass with advertising) 메커니즘을 제공한다. 이러한 메커니즘은 데이터 송신단이 수신단으로 주기적으로 보내는 경로 메시지(PathMsg) 내에 종단간 지연이나 지터 바운드(jitter bound)와 같은 정보를 전송할 수 있어 수신단에게 네트워크의 부하 상태를 알려줄 수 있다. RSVP 프로토콜에서 사용하는 경로 메시지의 포맷⁶⁾이 다음의 그림 7에 나타나있다.

```

<Path Message> ::=
  <Common Header> [<INTEGRITY>]
  <SESSION> <RSVP_HOP>
  <TIME_VALUES>
  [<POLICY_DATA>...]
  <sender descriptor>

<sender descriptor> ::=
  <SENDER_TEMPLATE> <SENDER_TSPEC>
  [<ADSPEC>]
    
```

그림 7. 경로 메시지(PathMsg) 포맷

경로 메시지에서 “sender descriptor”의 선택 항목인 ADSPEC 필드가 OPWA를 위한 데이터 필드이다. 즉, 송신단은 이 필드에 자신의 트래픽 특성과 관련된 정보를 저장하여 수신단에게 전송한다. 그러나 이러한 자원예약 설정 방식은 송신단의 데이터 플로우에 대한 정보만을 수신하기 때문에 네트워크의 부하 상태나 자원 상태를 알 수 없다. 따라서 본 논문에서는 한정된 자원을 가지는 네트워크의 특성까지 반영하여 QoS 서비스를 제공하면서도 네트워크 자원의 이용률을 높이는 방안을 제안한다.

본 논문에서 제안하는 망의 상태에 기반한 대역폭 반환 방식은 네트워크 자원의 효율적인 사용을 위하여, 현재 사용중인 네트워크의 자원 상태를 수

신단에게 알려주어서 네트워크의 자원 예약을 새롭게 갱신할 수 있게 하는 방식이다. 즉, 대역폭의 경우 네트워크의 스위치 단에서 링크 대역폭에 대한 예약 대역폭의 비율이 일정 값을 넘게되면, 수신 노드들에게 네트워크의 자원 사용량을 알려준다. 이러한 정보는 RSVP 프로토콜에서 사용하는 OPWA 필드를 이용하여 수신 노드들에게 보내질 수 있다. 따라서 네트워크의 자원 상태를 받은 수신단은 자신의 능력에 따라 예약한 대역폭의 일부를 네트워크에 반환함으로써, 전체 네트워크의 효율성을 높일 수 있다.

네트워크의 스위치 단에서 수행되는 대역폭 반환 방식의 흐름도가 그림 8에 잘 나타나 있다. 네트워크의 스위치 단에서 수행되어지는 망의 상태에 기

반한 대역폭 반환 방식의 동작 절차를 보면 다음과 같다.

1) 네트워크의 스위치 노드가 예약 메시지를 받으면 요구된 네트워크 자원을 할당한다. 전달받은 예약 메시지를 다음 스위치 노드에게 전송하기 전에 현재 예약된 자원에 대한 비율을 검사한다. 이 비율 값이 일정 값을 넘게되면 부하 상태를 알리는 플래그를 세팅한다.

2) 네트워크의 스위치 노드가 경로 메시지를 받으면 스위치 노드가 관리하는 라우팅 상태 테이블을 갱신하고, 전달받은 경로 메시지를 다음 스위치 노드에게 전달하기 전에 부하 상태를 알리는 플래그를 검사한다. 이 플래그가 세팅되어 있으면, 관련된 수신 노드에게 전송되는 경로 메시지 내에 스

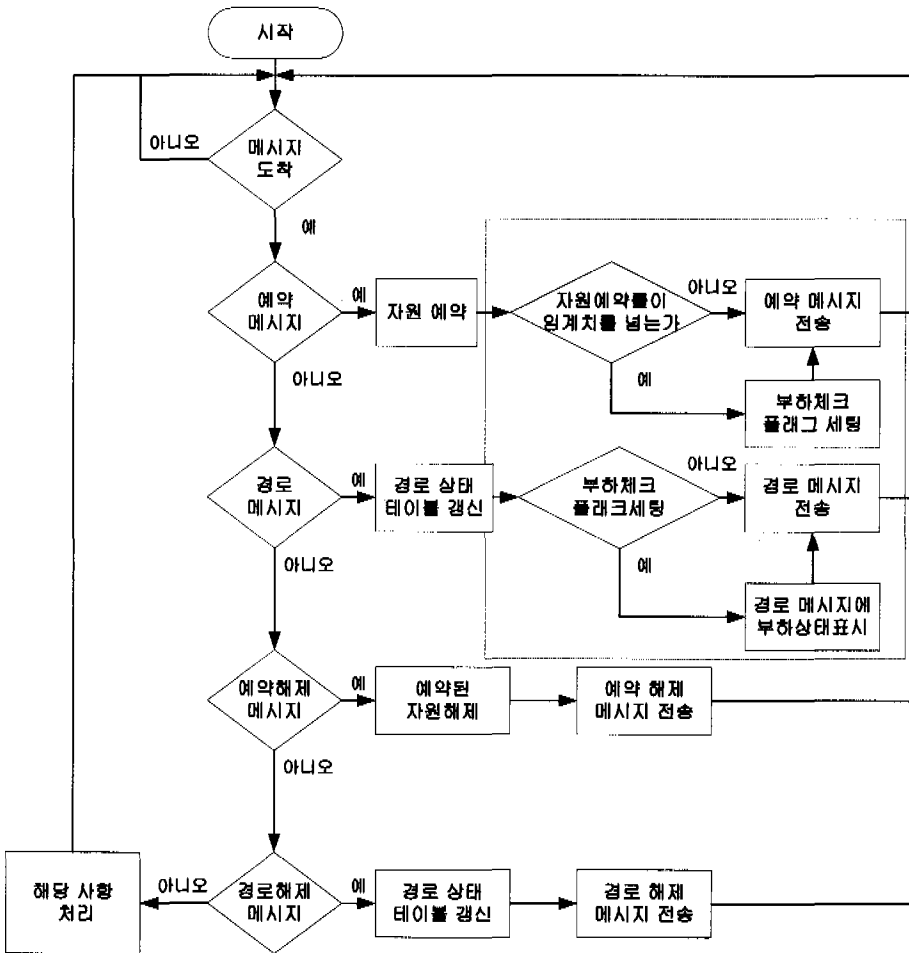


그림 8. 스위치 단에서의 대역폭 반환 방식에 대한 흐름도

위치 노드의 자원 예약 상태 정보를 저장한다.

3) 수신 노드로부터 대역폭을 반환 받으면 해당 자원에 대해 예약을 해제하고, 현재 예약된 자원에 대한 비용이 일정 값을 넘지 않으면 부하 상태를 알리는 플래그를 리셋한다.

망의 상태에 기반한 대역폭 반환 방식을 위한 수신 노드에서의 동작 절차가 그림 9에 잘 나타나 있다. 수신단에서 수행되어지는 망의 상태에 기반한 대역폭 반환 방식의 동작 절차를 보면 다음과 같다.

1) 수신단이 경로 메시지를 받으면 경로 메시지 내의 ADSPEC 필드를 검사하여 스위치 단의 부하 상태 플래그 값이 세팅되어 있는지 검사한다. 이 플래그 값이 세팅되어 있으면 2 단계로 진행하고, 그렇지 않으면 정상적으로 다음 메시지를 수신을 검사한다.

2) 스위치 단의 부하 상태 플래그 값이 세팅되어 있으면 자신이 예약하고 있는 대역폭 중 반환 할 수 있는 여분의 대역폭이 있는지 검사한다.

3) 사용하지 않는 여분의 대역폭을 반환하기 위하여 송신 노드에게 새로운 자원 예약 메시지를 전송한다.

망의 상태에 기반한 가변 자원 예약 프로토콜 방식은 데이터를 발생하는 송신 노드의 트래픽 특성 뿐만 아니라 네트워크의 스위치 단의 부하 상태도 고려한다. 그러므로 망의 상태를 정확히 반영하여 네트워크의 자원 사용의 효율성을 높여 기존의 자원 예약 프로토콜이 가지는 문제점을 해결할 수 있다.

인터넷 폰 어플리케이션인 경우에는 음성 통화하는 호스트가 송신 노드이면서 수신 노드이므로 그림 9의 동작 절차가 양 호스트에서 수행되어야 한다. 따라서 인터넷 폰 어플리케이션은 로컬의 RSVP 프로토콜로부터 경로 메시지 내의 ADSPEC 정보를 받아 네트워크의 부하 상태를 검사한다. 이러한 정보를 바탕으로 인터넷 폰 어플리케이션은 자신이 사용 가능한 보코더의 리스트를 검사하여 현재 사용하고 있는 보코더보다 대역폭을 적게 사용하는 보코더를 선택한 후, 통화하는 호스트의 인터넷 폰 어플리케이션과 보코더 변경에 대한 협상을 수행한다. 보코더 협상을 수행한 후 새로운 대역폭을 요구하기 위하여 로컬의 RSVP 프로토콜은 상대방 호스트에게 새로운 자원 예약 요구 메시지

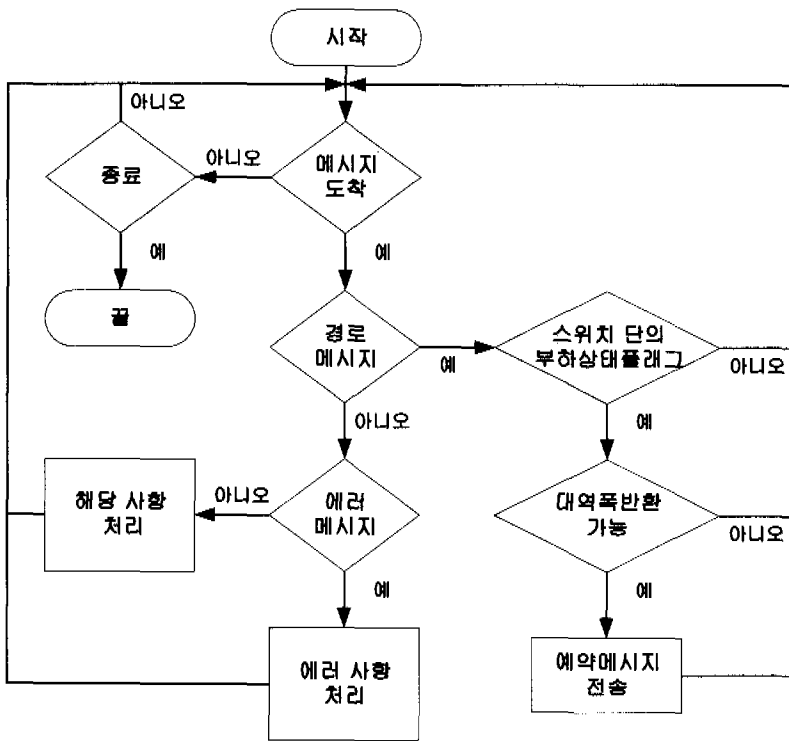


그림 9. 수신 노드에서의 대역폭 반환 방식 흐름도

를 전송한다.

IV. 시뮬레이션 및 성능분석

본 논문에서는 네트워크 부하에 따른 대역폭 반환 방식의 성능분석을 위하여, 기존의 인터넷이 제공하는 "best-effort" 서비스, RSVP가 제공하는 QoS 서비스 그리고 본 논문에서 제안한 서비스 방식을 사용하는 인터넷폰의 성능을 분석하였다. 시뮬레이션을 위한 도구로는 "Microelectronics and Computer Technology Corporation"사가 개발한 CSIM Revision 16를 이용하였다.

시뮬레이션에서 사용한 네트워크 토폴로지는 m-Tree로, m이 2인 트리 토폴로지가 그림 10에 나타나있다. 본 논문에서는 레벨이 6인 이진 트리를 사용하여 총 호스트 수가 64개인 경우로 가정하였다.

호스트가 인터넷 폰 호를 설정하는 세션 도착 (session inter-arrival) 시간이 평균 30초인 지수분포를 따르고, 세션 지속기간(session duration)은 평균 3분인 지수분포를 따른다고 가정하였다. 라우터간 노드의 대역폭은 256Kbps, 인터넷폰을 위해 사용하는 보코더의 압축율은 16Kbps와 8Kbps라고 가정하였다. 음성의 트래픽 모델링은 on-off 소스 모델⁸⁾을 이용하여, 무음 구간은 평균 650msec인 지수분포를 따르고, 유음 구간은 평균 350msec인 지수분포를 따른다고 가정하였다. 이때 스위치의 프로세싱 지연과 이웃 스위치 노드에게 전달하는 시간 (link propagation)을 각각 1ms로 가정하였다.

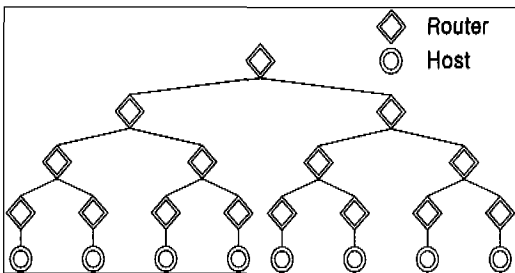


그림 10. 시뮬레이션 네트워크 토폴로지

시뮬레이션을 통해 네트워크 실시간 어플리케이션의 QoS를 보기 위하여 음성 패킷의 평균 지연과 호 블록킹률을 구하였다. 그리고 네트워크 자원의 이용률을 나타내기 위하여 링크 당 전송된 음성 패킷의 평균 패킷 수를 비교 분석하였다. 인터넷 폰

어플리케이션에 전송된 음성 패킷의 평균 지연 시간이 그림 11에 나타나 있다.

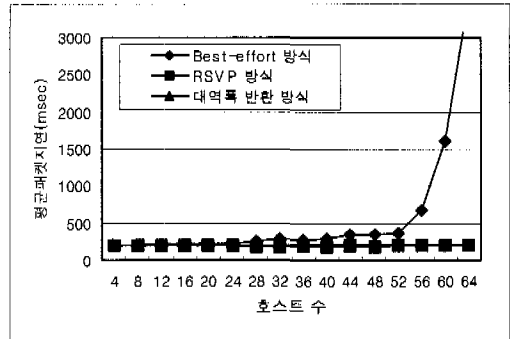


그림 11. 평균 패킷 지연

QoS를 보장하는 RSVP 방식과 제안한 대역폭 반환 방식을 사용할 경우에는 일정 대역폭을 예약하여 인터넷 폰 서비스를 받으므로 종단간 평균 지연이 일정하다. 이에 반해 기존의 인터넷 방식인 "best-effort" 방식인 경우에는 참여하는 호스트 수가 많을수록 평균 지연이 지수적으로 증가함을 알 수 있다. 하지만 대역폭의 한계로 인하여 자원 예약 프로토콜을 사용한 경우에는 음성 통화에 참여하려는 호스트 수가 증가할수록, best-effort 서비스에 비해 호 블록킹률이 높아져서 실제로 음성을 통화하는 인터넷폰의 호스트 수는 적어진다. 기존의 "best-effort" 방식, RSVP 방식 그리고 제안한 방식을 사용하였을 때, 호 블록킹률의 시뮬레이션 결과가 그림 12에 나타나 있다.

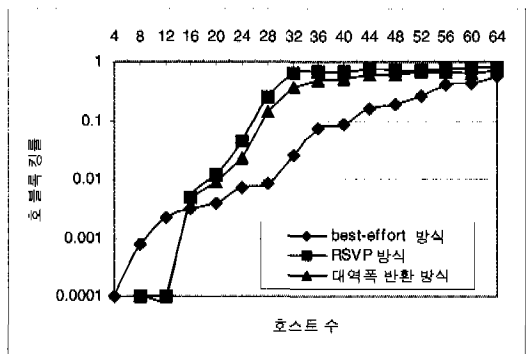


그림 12. 호 블록킹률

호스트 수가 적을 때는 RSVP와 같은 자원 예약 프로토콜을 사용하는 것이 더 작은 호 블록킹률

을 나타낸다. 이는 자원 예약 프로토콜의 경우에 대역폭의 크기에 따라 일정 수의 호스트가 대역폭을 예약할 수 있지만, "best-effort" 방식인 경우에는 트래픽 부하가 많이 걸리는 링크의 경우 일정 기간 내에 다른 호 설정이 블록킹 걸릴 경우가 존재한다. 하지만 참여하는 호스트 수가 증가할수록, 한정된 네트워크 자원으로 인하여 자원 예약 프로토콜을 사용하는 방식이 기존의 "best-effort" 서비스 방식보다 더 큰 호 블록킹률을 나타낸다. 그리고 대역폭 반환 방식을 사용한 경우가 사용하지 않은 경우보다 더 나은 호 블록킹률을 보여준다. 네트워크 자원 이용의 효율성을 보기 위하여 네트워크의 링크 단에 전송된 링크 당 평균 패킷수가 그림 13에 나타나있다. 참여하는 호스트 수가 증가할수록 호 블록킹률이 커지므로, 자원 예약 프로토콜을 사용한 방식이 "best-effort" 서비스 방식에 비해 네트워크 자원 이용에 대한 효율성이 떨어진다. 하지만 제안한 방식이 기존의 자원 예약 프로토콜 방식에 비해서는 참여하는 호스트 수가 증가할수록 링크당 전송된 평균 패킷 수가 크므로, 네트워크 자원의 이용률이 좋아짐을 알 수 있다.

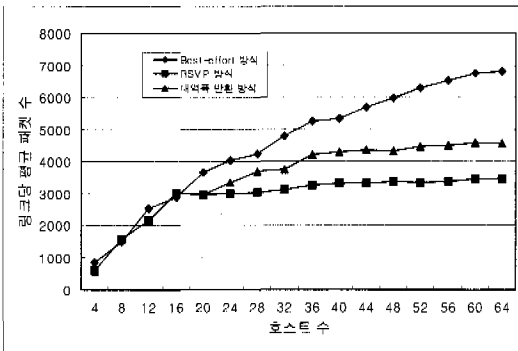


그림 13. 링크당 전송된 평균 패킷수

V. 결론

본 논문에서는 기존의 인터넷 서비스인 "best-effort" 방식, QoS 보장을 지원하는 RSVP 프로토콜 방식 그리고 제안한 망의 상태에 기반한 대역폭 반환 방식을 사용하여, 인터넷 폰 어플리케이션의 성능을 분석하였다. 자원 예약 프로토콜 방식이 "best-effort" 방식에 비해 네트워크 실시간 어플리케이션에 적합한 QoS 서비스를 지원하지만, 네트워크 자원의 사용면에 있어서는 효율적이지 못했다.

따라서 본 논문에서는 기존의 자원 예약 프로토콜 방식과 같은 QoS를 지원하면서, 호 블록킹률을 낮추고 네트워크 자원의 사용율을 높이는 대역폭 반환 방식을 제안하였다. 그러나 네트워크 부하에 따른 대역폭 반환 방식을 사용하는 경우 대역폭 반환에 따른 스위치단의 오버헤드가 존재한다.

본 논문에서는 시뮬레이션 네트워크 토폴로지인 m-Tree를 사용하였지만, 이외에도 다양한 네트워크 토폴로지를 사용한 시뮬레이션이 요구되고, 네트워크의 실제 환경을 정확히 반영하기 위하여 네트워크에서의 비트 에러율과 같은 다양한 파라미터를 고려하여 성능을 분석하는 것이 필요하다.

참고 문헌

- [1] Paul P. White, "RSVP and Integrated Services in the Internet: A Tutorial", *IEEE Communications Magazine*, pp. 100-106., May 1997
- [2] Danny J. Mitzel, Deborah Estrin, Scott Shenker, Lixia Zhang, "A Study of Reservation Dynamics in Integrated Services Packet", *IEEE INFOCOM*, pp. 871-879., 1996
- [3] Danny J. Mitzel, "Asymptotic Resource Consumption in Multicast Reservation Styles", *Proceedings of ACM SIGCOMM*, pp. 226-233., 1994
- [4] R. Braden, D. Clark, S. Shenker, "Integrated Services in the Internet Architecture: an Overview", *Internet RFC 1633*, June 1994
- [5] Topolcic, C., "Experimental Internet Stream Protocol: Version 2(ST-II)", *Internet RFC 1190*, October 1990
- [6] R. Braden, Ed., L. Zhang, S. Berson, S. Herzog, S. Jamin, "Resource ReSerVation Protocol (RSVP) - Version 1 Functional Specification", *Internet Draft draft-ietf-rsvp-spec-13.ps*, August 1996
- [7] J. M. Pullen, Ravi Malghan, Lava K. Lavu, "A Simulation Model for IP Multicast with RSVP", *Internet Draft draft-pullen-ipv4-rsvp-00.txt*, November 1996
- [8] Yael Lapid, Rapahel Rom, Moshe Sidi, "Analysis of Packet Discarding Policies in High-Speed Network", *IEEE INFOCOM*, pp. 1193-1200, 1997

