논문 2006-43TC-4-1

IP 기반 통합망에서의 모바일 멀티미디어 시스템

(A Mobile Multimedia System for IP-based Convergence Networks)

김 원 태*

(Won-Tae Kim)

요 약

본 논문에서는 IP기반의 통합망에서의 효율적인 모바일 멀티미디어 통신 프로토콜, 단말 소프트웨어 플랫폼 및 모바일 VoIP를 제안한다. 제안하는 모바일 멀티미디어 통신 프로토콜은 터널분할기반 모바일 자원예약 프로토콜이라 부르며, 이는 고속 이동성 지원을 위해서 터널분할 방식의 Mobile IP와 RSVP를 연동하고 있다. 또한, 통신품질을 유지하면서 끊어짐없는 핸드오버를 단말 플랫폼에서도 지원해야 하기 때문에 모바일 통신품질지원 모듈들을 단말플랫폼용으로 개발하고 공유메모리 방식을 통해 상호연동시킨다. 실험망으로는 제안하는 프로토콜을 실장한 코어네트워크와 무선랜 기반의 엑세스 네트워크들로 구성한다. 자체 개발한 모바일 VoIP를 이용하여 제안하는 기술들의 기능성과 성능을 다양한 이동성 실험을 통해 검증한다. 결론적으로 제안하는 방식이 기존 표준적 방식에 비해 30% 이하의 자원예약기반 핸드오프지연시간을 지원하여 CDMA 휴대전화와 동일한 수준의 음성통화품질을 제공한다.

Abstract

In this paper we propose an efficient mobile multimedia communication protocol, mobile terminal software platform and mobile VoIP application for IP-based convergence networks. The proposed mobile multimedia communication protocol is called as ST-MRSVP (Split tunnel based Mobile Resource reServation Protocol) which integrates split tunnel based Mobile IP and RSVP in order to support hish speed mobility. Since mobile terminal platform supports QoS (Quality of Service) with keeping seamless mobility, mobile QoS supporting modules are developed and interworked together by means of shared memory mechanism. Testbed is composed of a core-network embedding the proposed protocols and wireless LAN-based access networks. We verify functionality and performance of the proposed techniques by using various mobility test over the testbed. As a result, the proposed architecture can reduce the handover delay time with QoS support under 30% comparing with the standard mechanisms and support voice quality as good as CDMA phone.

Keywords: mobile, multimedia, QoS, VoIP

I. 서 론

새로운 고속·저가의 IP기반 이동통신망이 사용자들 앞에 빠르게 다가오고 있고, 사용자들은 다양한 이동통신 네트워크를 누비며 자유로이 자신 원하는 통신 서비스를 제공받는 것을 다연히 여기기 시작하고 있다. 저속 고가의 이동통신 서비스로부터 이동 중 고품질의 멀티미디어 서비스를 제공받을 수 있는 다양한 네트워크의 등장은 이러한 사용자들의 패러다임 전환에 일조하고 있다. 즉, 이동통신 네트워크는 WPAN (wireless personal area network), WLAN (wireless local area network), CDMA2000, HSDPA (high speed downlink packet access) 그리고 WiBro 등 기술·통신품질·서비스 영역면에서 차별화되어 각각 발전하고 있다. 급속도로 발전하는 다양한 이동통신 네트워크와 유선 네트워크 간의 IP 기반 통합은 기존 인터넷의 멀티미디어 서비스를 다양한 모바일 환경으로 확산시킬 수 있는 새로운 기회를 제공하고 있다[1-3].

이종망간 끊어짐 없는 (seamless) 서비스를 제공함에 있어서 가장 중요한 요소는 지속적인 이동성과 통신품질보장 (QoS: Quality of Service) 제공으로 요약할 수 있다[4-6]. 현재의 인터넷은 어느 정도 통신품질보장 서비스를 고려하고 있으나, 기존의 이동 중 통신품질보장

정회원, 한국전자통신연구원
(ETRI)
접수일자: 2006년2월6일, 수정완료일: 2006년4월13일

서비스 지원 연구에서는 주로 이론적 접근을 위주로 하여 실제적인 망과 단말에 적용 시엔 많은 문제점이 발생되거나 비현실적인 경우가 많았다. 따라서, 멀티미디어 환경에서는 영상이나 음성의 끊김, 지연 등에 무방비 상태이며 실제로 이러한 일이 빈번하게 발생하고 있다. 특히, 실시간 멀티미디어 통신 환경에서는 이러한 상황에 민감하다. 이러한 전송지연(delay), 지터(jitter) 및 패킷 손실 등을 줄이기 위한 유선 인터넷에서 제안한 방안 중의 하나가 IntServ/RSVP이며 하나의 개별 플로우 또는 그룹에 대해 네트워크 자원을 할당할 수 있어 세심한 자원 관리가 가능하다[7]. 본 논문에서는 Mobile IP를 계층화하고 이와 함께 RSVP 효과적으로 적용하여 이동성 지원, 무선 대역폭 및 전송지연 등의 통신품질보장 서비스를 지원하기 위한 방안을 제시한다.

본 논문의 Ⅱ장에서는 이동환경에서의 통신품질보장 서비스를 제공하기 위한 기존 연구에 대해 간략히 정리하고, Ⅲ장에서는 새로이 제안하는 모바일 멀티미디어 지원 통신망의 개요 및 설계 방안을 제시하며, Ⅳ장에서는 제안 프로토콜을 포함한 단말 차원에서의 모바일 멀티미디어 서비스를 제공하기 위한 소프트웨어 플랫폼 기술을 개발하고 마지막으로 Ⅴ장에서는 제안하는 방안에 대해 제안하는 통신망에서 모바일 VoIP 응용을 통해 검증한다.

Ⅱ. 관련 연구

1. Macro Mobility 지원 기법

1.1 Mobile RSVP (MRSVP)

MRSVP의 핵심 아이디어인 수동 (passive) 자원 예약 기법은 모바일 노드 (MN : Mobile Node)의 이동을 미리 대비하는 특별한 RSVP 세션을 의미한다[8]. 수동 자원 예약에서 MN이 현재 방문하고 있는 셀은 해당 MN에 대하여 활성화 (active) 상태를 유지하면서 데이터 송·수신에 참여하고 인접 셀들은 수동 상태를 유지하면서 데이터 송·수신에 참여하지 않는다. 이 기법에서 모바일 노드는 연결 중에 방문할 가능성이 있는 모든 인접 셀들에 대한 정보를 포함하는 이동성 명세 (mobility specification)를 유지해야 한다. 모바일 노드가 이동성 명세 상의 인접 셀로 핸드오프하면 새로운 셀은 활성화 상태가 되고 이전 셀은 수동 상태가 된다. MRSVP에서는 모바일 노드 대신에 이동성 명세 상의 송신자와 수신자를 연결하는 경로에 대한 활성화/수동 자원 예약을 담당하는 프록시 에이전트 (proxy agent)가 중추적 역할을 담당한다.

1.2 간단한 QoS 시그널링 프로토콜

Terzis는 미리 수립된 RSVP 터널들과 Mobile IPv4를 결합한 간단한 QoS 시그널링 프로토콜을 제안하였다[9]. 새로운 셀로 핸드오프 한 모바일 노드는 새로운 위치 정보를 HA에게 통보하는 등록 메시지를 송신한다. 모바일 노드의 등록 요구를 수신한 홈에이젼트 (HA : Home Agent)는 홈에이젼트와 지역에이젼트 (FA : Foreign Agent) 사이에 기존에 수립된 터널이 없을 경우 새로운 RSVP 세션 터널을 수립한다. 홈에이젼트는 송신자로부터 수신한 RSVP 경로 (Path) 메시지를 캡슐화하고 터널링을 통하여 핸드오프 한 모바일 노드의 새로운 셀로 캡슐화 된 경로 메시지를 전송한다. 모바일 노드로부터 RSVP 예약 (Resv) 메시지를 수신한 지역에이젼트는 홈에이젼트와 수립된 터널을 통하여 예약 메시지를 홈에이젼트에게 전송하고 터널을 통한 자원 예약 요구가 승인되었는지 여부를 홈에이젼트로부터 기다린다.

1.3 IPv6와 RSVP 통합 지원 모델

Chiruvolu는 RSVP를 이용하여 상대노드 (CN : Correspondent Node)와 모바일 노드 간을 연결하는 직통 경로 상의 자원을 예약하는 Mobile IPv6와 RSVP의 연동 모델을 제안하였다[10]. 이 모델에서 Mobile IPv6는 경로 최적화 기능을 제공하므로 상대노드와 모바일 노드에서 송·수신하는 데이터 패킷은 홈에이젼트를 거치지 않고 직접 교환된다. 모바일 노드가 핸드오프를 할 때마다 RSVP 시그널링 과정이 즉시 수행되어 새로운 경로 상의 자원을 예약한다. 핸드오프 이후 모바일 노드는 새로운 CoA (Care of Address) 획득하고 상대노드에게 binding update를 전송한다. 이에 따라 상대노드는 경로 메시지를 모바일 노드에게 전송하고 모바일 노드는 상응하는 예약 메시지를 전송하여 상대노드와 모바일 노드 사이 경로 상의 자원을 예약한다.

1.4 IP 멀티캐스트 기반 이동성 지원 기법

Chen은 IntServ 인터넷 환경에서의 자원 예약을 위한 시그널링 프로토콜을 제안하였다[11]. 이 기법에서 RSVP 모델은 모바일 노드를 지원하기 위하여 IP 멀티캐스트 기반으로 확장되었다. RSVP 메시지들과 IP 데

이터그램은 모바일 노드에게 IP 멀티캐스트 라우팅을 사용하여 전송된다. 각 소스 노드를 루트로 하는 멀티캐스트 트리는 모바일 노드가 인접 셀로 핸드오프 할 때마다 동적으로 변화한다. 따라서 호스트의 이동성은 멀티캐스트 그룹 멤버쉽의 전이를 의미한다. 새로운 호스트가 멀티캐스트 그룹에 가입하면 멀티캐스트 트리 상에 새로운 가지가 형성된다. 기존 모바일 노드가 멀티캐스트 그룹을 탈퇴하면 멀티캐스트 트리의 가지는 소멸된다. 멀티캐스트 트리 상에 새로운 가지가 형성되면 송신자로부터의 RSVP 경로 메시지는 멀티캐스트 트리를 통하여 이동 프록시에게 전달된다. 경로 메시지가 수신된 후, 현재의 이동 프록시로부터의 자원 예약 메시지와 인접 셀의 이동 프록시로부터의 예측 자원 예약 메시지는 멀티캐스트 트리를 통하여 송신자에게 전파된다.

1.5 플로우 투명성에 기초한 이동성 제공 기법

Shen은 기존 IPv6 이동성 지원 모델에서의 긴 자원 예약 시간 및 과도한 시그널링 부하 등의 단점을 개선하는 방안을 제시하였다[12]. 이 기법에서 핸드오프 이후 새로운 경로와 이전 경로에 중복 포함된 라우터들은 핸드오프 업데이트 대상에서 제외되며, 경로 상에서 새로 추가된 부분에 속한 라우터들만이 업데이트 과정에 포함된다. 이 기법에서 네트워크 계층에서의 RSVP 세션과 흐름 주체(flow identity)는 노드의 이동에 독립적으로 흐름 제어 메커니즘에 대해 항상 동일하게 유지되어야 한다. 모바일 노드가 수신자일 경우, 핸드오프 이후, 이전 경로와 새 경로간의 중복과 비 중복의 경계 지점에 존재하는 라우터인 CR(Crossover Router)은 상대노드 대신에 경로 메시지를 모바일 노드에게 전송한다. CR은 이전 RSVP 메시지 교환을 통하여 관련 정보를 가지고 있기 때문에 경로 메시지 전송에 추가 지연 시간을 필요로 하지 않는다. RSVP 세션에서 수신자의 경로 변경을 인지하기 위해서 수신자는 흐름의 목적지 및 모바일 노드의 현재 주소 등을 포함하는 핸드오프 정보를 CR에게 전송할 수 있어야 한다.

1.6 MIP-LR 기법

Jain은 3세대 셀룰러 시스템에 적합한 MIP-LR (Mobile IP with Location Register)이라는 기법을 제안하였다[13]. 이 기법은 모바일 노드의 현재의 CoA를 관리하기 위하여 LR (Location Registers)라는 데이터베이스의 집합을 사용한다. 모바일 노드가 핸드오프 했을 때 모바일 노드는 자신의 현재의 CoA를 HLR (Home Location Register)이라는 데이터베이스에 등록한다. 상대노드는 송신할 데이터가 있을 때 HLR에게 모바일 노드의 CoA에 대한 질의를 한다. 그리고 모바일 노드의 CoA로 데이터를 직접 송신한다. 상대노드는 모바일 노드에게 송신할 모든 데이터 패킷에 대한 질의를 HLR에게 매번 하지는 않기 위하여 모바일 노드의 현재의 CoA를 캐쉬에 저장한다. MIP-LR은 Mobile IP의 삼각 라우팅(triangle routing) 문제를 해결하였으며 QoS 제공을 위한 RSVP 자원 예약을 지원한다.

2. Micro Mobility 지원 기법

2.1 CBQ를 이용한 향상된 MRSVP 기법

Mahadevan은 마이크로 셀룰러 네트워크에서 CBQ (Class Based Queueing)를 사용한 자원 예약 기법을 제안하였다[14]. Mahadevan의 기법은 무선 이동 네트워크에서 QoS를 보장하기 위하여 RSVP를 확장하였다. 이 기법에서 각 BS들은 인접 셀의 주소를 미리 알고 있다고 가정하며, 각 셀들은 QoS 도메인이라는 관리 그룹으로 구분된다. Mahadevan의 기법은 수동 자원 예약 기능을 지원해야 하는 대상을 BS와 게이트웨이로 축소함으로써 MRSVP의 문제점을 일부 개선하였다. 그러나 여전히 몇 가지 단점을 내포한다. 첫째, 인접 셀을 미리 예약함으로 인해서 끝없는 자원 예약 경로의 확장이 발생할 수 있다. 이는 모바일 노드가 동일 QoS 도메인 내에서 이동을 계속할 경우, 자원 예약 경로의 순환 문제가 발생할 우려가 있다. 둘째, 모든 게이트웨이가 수동 자원 예약 기능을 지원해야 한다. 셋째, 모바일 노드가 서로 다른 라우팅 도메인 간을 이동할 때 반드시 새로운 세션이 수립되어야 하므로, 기존 RSVP 세션을 유지하거나 확장할 수 없다.

2.2 계층적 MRSVP 기법

Tseng은 지역적 등록 기법(regional registration)을 사용하여 이동 컴퓨팅 환경에서 이동성에 독립적인 자원 예약 기능을 제공하는 HMRSVP(Hierarchical Mobile RSVP)를 제안하였다[15]. HMRSVP는 지역적 등록 기법(Regional Registration)을 사용하여 무선 이동 네트워크 환경에서 이동성에 제한 받지 않는 독립적인 자원 예약 기능을 제공한다. HMRSVP는 RSVP와 Mobile IP를 결합하여 지역 내 또는 지역 간 핸드오프 시에 발생하는 지연을 감소하였다.

Ⅲ. 모바일 멀티미디어 통신 시스템 설계

1. 통신품질보장서비스 지원 모바일 네트워크 개요

통신품질보장 서비스를 보장하는 모바일 네트워크는 모바일 노드의 이동 시 멀티미디어 스트림의 안정적 전송을 위해 충분한 대역폭과 낮은 패킷 손실율을 보장해야 한다.

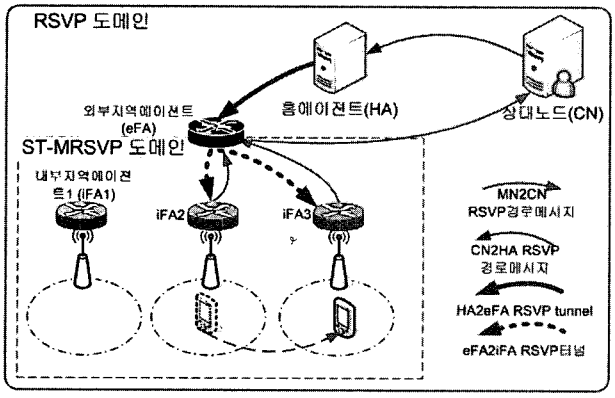

그림 1. ST-MRSVP 통신 모델 개념
Fig. 1. The concept of ST-MRSVP communication model.

그림 1에서 도시하는 바와 같이 ST-MRSVP (Split Tunnel-based MRSVP) 통신망의 특징은 기존의 Mobile IP 프로토콜 구조에 비교하여 홈에이전트와 지역에이전트 간의 터널은 홈에이전트와 외부지역에이전트 (eFA : external Foreign Agent) 간 터널과 외부 지역 에이전트와 내부 지역 에이전트 (iFA : internal Foreign Agent) 간 터널로 나뉘게 된다. 이렇게 두 영역으로 분리된 터널 중 외부지역에이전트-내부지역에이전트 간의 터널은 모바일 노드의 이동에 따라 지속적으로 갱신되는 터널이다. 이동성에 따라 RSVP 터널을 종단간 재구성하는 기본 RSVP 프로토콜 방안에 따르게 될 경우, 터널 재구성에 따른 지연과 지연 시간 동안 발생하는 패킷 손실을 경험하게 된다. 따라서, ST-MRSVP를 적용할 경우 핸드오프 처리는 지역화되고 통신품질보장 서비스 적용 터널에 대한 핸드오프 지연시간이 향상된다.

2. ST-MRSVP 프로토콜 설계

외부지역에이전트는 내부 네트워크와 코어 네트워크 간에 위치한 일종의 경계 라우터의 역할을 하는 게이트웨이로 설정하고, 내부지역에이전트는 모바일노드와 직접적인 연결을 맺게 된다. 내부지역에이전트는 새로운 네트워크에 진입한 모바일노드들로부터의 Mobile IP 등록요청(Registration_ Request) 메시지를 외부지역에이전트에 전달한다. 이 때, 논리적으로 외부지역에이전트는 내부지역에이전트에 대해 홈에이전트의 역할을 하며, 동시에 외부지역에이전트는 모바일 노드의 홈에이전트에 대해서는 모바일 노드의 지역에이전트로서의 역할을 제공한다. 내부지역에이전트는 모바일 노드에 대해서는 정상적인 지역에이전트로서 역할을 수행한다. 모바일 노드는 새로운 네트워크에 진입했을 때 IETF Mobile IP 프로토콜에서 정의된 바대로 지역에이전트, 즉 내부지역에이전트에게 등록요청 메시지를 보낸다. 내부지역에이전트가 해당 등록요청 메시지 내의 CoA를 자신의 주소로부터 외부지역에이전트의 주소로 변경한 후 수정된 해당 등록 메시지를 미리 설정된 외부지역에이전트에게 전달한다. 위의 내부지역에이전트와 외부지역에이전트 사이에 이루어지는 프로세스 동안, 새로운 동적 터널 인터페이스가 내부지역에이전트와 외부지역에이전트사이에 형성되게 되고, 이 후 외부지역에이전트가 모바일노드의 홈에이전트로 해당 등록 메시지를 전송한다는 점이다. 모바일노드에 대한 주소묶기 (address binding) 처리가 완료된 후에 홈에이전트는 자신의 주소묶기 캐쉬를 참조하여 해당 모바일 노드를 목적지로 하는 패킷이 도착할 경우, 홈에이전트와 외부지역에이전트 사이에 동적인 터널과 외부지역에이전트와 내부지역에이전트 사이의 동적 터널을 순차적으로 통과하여 내부지역에이전트에서 최종 터널 해제가 이루어져 모바일노드에 도달하게 된다. 이 이중터널은 외부지역에이전트를 게이트웨이로 분할되어 있어, 외부지역에이전트를 경유할 때 터널 해제가 이루어지고 외부지역에이전트는 자신의 주소묶기 캐쉬를 참조하여 원래 패킷을 재터널링하여 내부지역에이전트로 전송하게 된다. 모바일노드가 핸드오프할 때, 새로운 셀을 담당하는 내부지역에이전트로 정의된 새로운 CoA를 외부지역에이전트에 등록하게 된다. 새로운 내부지역에이전트는 모바일노드의 등록요청 메시지를 외부지역에이전트에게 전달하며, 이는 외부지역에이전트가 모바일노드에 대한 주소묶기 캐시를 유지하고 있고, 해당 외부지역에이전트가 관리하는 내부지역에이전트 도메인 내에서 모바일노드가 이동할 경우, 핸드오프 사실을 모바일노드의 홈에이전트에게 알릴 필요 없이 모바일노드의 이동 사실은 외부지역에이전트의 주소묶기 캐시에만 갱신된다.

외부지역에이전트는 내부지역에이전트에게 자신의 존재를 알리기 위해서 외부지역에이전트 광고 메시지 (External Foreign Agent Advertisement message)를

Type(16)	Length	Sequence Number							
Registration Lifetime		R	B	H	F	M	G	V	E	reserved
Zero or more care of addresses									

그림 2. ST-MRSVP을 위한 확장 Mobile IP 프로토콜 메시지 포맷
Fig, 2. Extended Mobile IP protocol message format for ST-MRSVP.

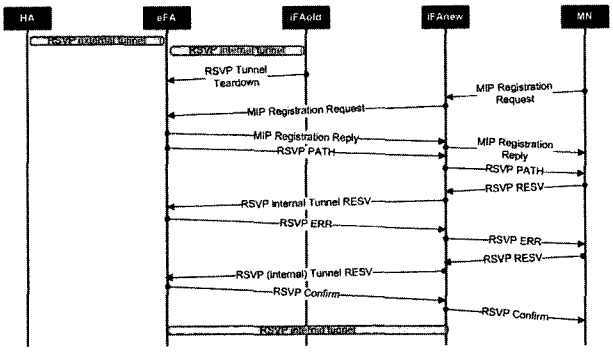

그림 3. 모바일 노드의 이동 시 ST-MRSVP 프로토콜
Fig. 3. ST-MRSVP protocol operation on movement of a mobile node.

네트워크에 뿌린다. 이 메시지는 에이전트 광고 메시지에 'E' 플래그를 추가한 것이다. 외부지역에이전트는 이 메시지의 'B' 플래그를 셋팅하여 보냄으로써 모바일 노드가 자신과 직접 교섭하는 것을 막는다. 또한, TTL을 적당히 높은 값으로 설정하여 하위 네트워크의 모든 내부지역에이전트가 메시지를 받을 수 있도록 한다. 내부지역에이전트는 자신이 보내는 광고메시지의 'R' 플래그를 셋팅하여, 모바일노드가 Colocated CoA (CoCoA)가 아닌 FA CoA를 사용하도록 유도한다. CoCoA를 사용한다면 모바일노드가 홈에이전트에게 직접 등록요청 메시지를 보내므로, 내부지역에이전트에 의한 ST-MRSVP 오퍼레이션을 구현할 수 없다.

제안하는 방안에서는 외부지역에이전트가 기존 내부지역에이전트와의 터널로부터 새로운 내부지역에이전트와의 새로운 터널을 생성 그 채널을 변경하는 단순한 메카니즘을 채택하고 있다. 다시 말해서, 외부지역에이전트는 자신의 관리 하에 있는 모바일노드의 주소묶기 테이블을 기존의 내부지역에이전트의 주소로부터 새로운 내부지역에이전트의 주소로 해당 모바일노드에 대한 테이블 엔트리를 변경시킴으로써 간단히 구현할 수 있다. 소스로부터의 RSVP 경로 메시지는 홈에이전트를 경유하여 홈에이전트와 외부지역에이전트간의 터널에 대한 RSVP 경로 메시지로 변환된 후 기 구성된 터널에 전송된다. RSVP 자원 예약 메시지들은 터널 경로를 통해서 전송되며, 각 터널 섹션 즉 홈에이전트-외부지역에이전트 간과 외부지역에이전트-내부지역에이전트 간에 각 MRSVP 라우터들은 표준적인 RSVP 터널 관리방식에 따라 자원을 예약하게 된다. 프로토콜 자체에 대한 수정은 주로 Mobile IP를 확장하는데 집중되어 있으며, RSVP 프로토콜은 거의 수정이 이루어지지 않는다. 그러나, Mobile IP의 이동성지원 에이전트들과 RSVP 데몬 간의 연동을 위한 프로시져는 앞서 설명한 바대로 새로이 정의되어 구현되어야 한다.

3. ST-MRSVP 라우터 설계

RSVP 라우터의 기본기능은 송신자나 다른 RSVP 라우터로부터 RSVP 경로 메시지를 받아서 이를 다음 RSVP 라우터나 수신자에게 전달하고 경로를 저장해 놓는다. 그리고 최종적으로 수신자가 수신한 경로 메시지에 해당하는 자원예약을 받아들인다는 RSVP 예약 메시지를 전송하면 이를 수신하여 자원예약을 실행하고 저장된 경로로 해당 데이터를 전송하는 기능을 수행한다. Mobile RSVP 라우터는 Mobile IP와 연동이 되어야 한다.

모바일 노드가 이동을 하면 동적으로 터널이 생기고 소멸하게 되는데, 기존의 RSVP 라우터는 이에 대한 처리가 불가능하다. ST-MRSVP 라우터는 동적으로 생성/소멸하는 터널에 대한 정보를 지속적으로 가지고 있어야 하며 이를 위하여 패킷을 지속적으로 검사를 한다. 이 메카니즘은 기존의 시스템과의 실험적 비교결과 시스템 성능 저하는 거의 없었다.

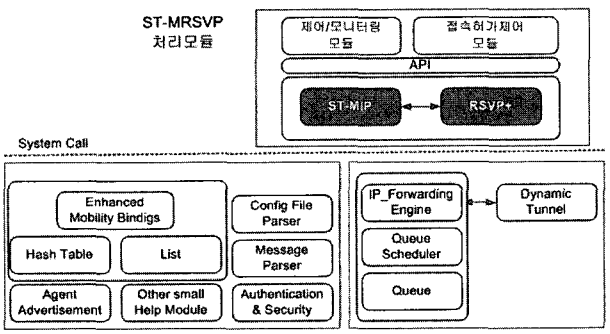

그림 4. ST-MRSVP 라우터 구조
Fig. 4. ST-MRSVP router architecture.

4. 모바일 멀티미디어 단말 아키텍쳐 설계

이동단말은 여러 형태가 있으나 여기서는 Windows CE 3.0 기반의 PDA로 선택하였다[16]. Windows CE 3.0은 컴퓨팅 자원이 빈약한 시스템용 소형 운영체제에 속

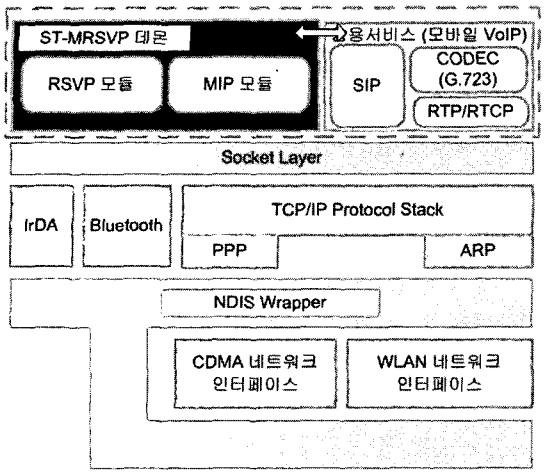

그림 5. 모바일 멀티미디어 단말 소프트웨어 구조
Fig. 5. The software architecture of a mobile multimedia terminal.

하며, 대부분의 소형 운영체제는 raw 소켓 형태의 IP 소켓을 전송하지 못한다. 그러나 일반적인 RSVP 패킷은 raw IP 소켓을 이용하기 때문에 문제가 될 수 있다. 그러나, 다행스럽게도 이러한 씬클라이언트를 위한 형태가 MFC차원에서 제공되고 있다. 이 방식은 UDP 패킷을 이용하여 RSVP 메시지를 전송하며, 이러한 형태를 UDP 인캡슐레이션 (Encapsulation)이라고 정의한다. 이 방식을 이용하기 위하여 단말은 송신을 위하여 UDP 1698 포트를 이용하고, 수신은 UDP 1698 및 1699를 모두 수신할 수 있어야 하기 때문에 그에 맞도록 설계하였다. RSVP의 특성상 독립적으로 돌아가는 프로그램이 아닌 다른 프로그램의 네트워크 통신을 지원해주는 형태이므로 서로 다른 프로그램이 하나의 파일을 공유할 목적으로 설계된 동적링킹라이브러리 (DLL : Dynamic Linking Library) 형태로 제작하여 다른 프로그램에 쉽게 사용할 수 있도록 하였다.

5. 단말에서의 Mobile IP와 RSVP 연동 메카니즘

Mobile IP 단말은 에이전트로부터 라우터의 주소를 받는다. 그러나, RSVP 단말은 에이전트로부터 정보를 받지 못한다. 이를 해결하기 위하여 RSVP 단말이 직접 Mobile IP 에이전트를 통해 받는 방법과 Mobile IP 단말 모듈로부터 정보를 받는 두 가지 방법을 고려할 수 있다. 전자의 방법은 광고메시지를 수신하기 위해 소켓을 하나 더 열어야 한다는 부담이 있다. 그래서 Mobile IP 단말 모듈의 정보 공유를 하는 후자의 방법을 선택하였다. 이 방법을 사용하기 위해서는 Mobile IP 단말과의 통신이 중요하다. 그러나 잘못 설계할 경우에는

그림 6. Mobile IP와 RSVP 간 연동 방식
Fig. 6. The interworking mechanism of Mobile IP and RSVP.

Mobile IP가 필요 없고 RSVP만이 요구되는 부분에서는 코드를 수정해야 하는 등 코드 독립성과 활용성이 떨어지게 된다. 이를 위해서 공유메모리 기법을 사용하였다.

6. 단말 핸드오프 지원 문제

단말이 핸드오프를 하게 되면 당연히 데이터의 경로가 달라진다. 그러나 문제는 자원이 예약되어 있는 상태에서 경로가 바뀌기 때문에 발생한다. RSVP는 소프트 스테이트를 유지하기 때문에 타임아웃이 되기 전에 다시 경로 메시지를 보내 타이머를 연장시켜 상태를 유지한다. 그러나 경로가 변경이 되면, 지역에이전트 라우터는 클라이언트로부터 받은 경로 메시지를 새로운 경로 메시지로 인식을 하고 새로운 자원요청을 하게 된다. 그러면 중간에 있는 라우터는 같은 경로 메시지를 홈에이전트쪽 인터페이스와 지역에이전트쪽 인터페이스 양쪽에서 받는 결과가 되고, 결과적으로 에러를 발생한다. 이를 방지하기 위하여 아래와 같이 단말(송신단말)이 이동한 경우에는 홈에이전트쪽으로 자원예약을 명시적으로 해지하는 경로자원해지 (PATH-TEAR) 메시지를 보내 자원예약을 해지하고, 새로운 지역에이전트에서 경로 메시지를 이용하여 자원을 예약하면 다른 곳에서 같은 자원예약 요청에 의한 문제가 해결된다.

Ⅳ. 모바일 멀티미디어 통신 시스템의 구현

1. ST-MRSVP 개발 플랫폼

라우터의 구현 플랫폼은 리눅스를 선택하였다. 리눅스는 유닉스 계열의 운용체제로서 기존 유닉스에서 구현되어 있는 BSD 소켓이 구현되어 있을 뿐 아니라 사용자에게 많은 제어 권을 줄 수 있도록 그 구현 소스가 공개되어 있는 운영체제이기 때문에 구현에 용이하다[17]. RSVP 라우터는 USC Information Sciences Institute (ISI)에서 개발하여 배포하는 RSVPd 버전 4.2a4-1을 기본으로 하여 ST-MRSVP를 위한 기능 향상 및 Mobile IP 에이전트와의 연동 기능을 추가 하였다[18].

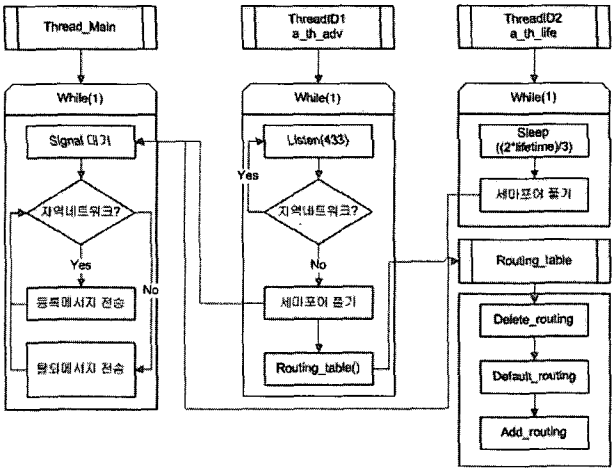

그림 7. 단말에서의 Mobile IP 모듈 동작
Fig. 7. The operation of Mobile IP module on a terminal.

2. 단말에서의 Mobile IP 모듈

Mobile IP 기능을 분석해 보면 크게 이동성지원 에이전트 광고 메시지를 수신/처리하고 라우팅 테이블 관리, 주소캐시 관리하는 기능 등으로 분류할 수 있다. 각 기능들은 서로 유기적으로 연결되어 동작하지만, 순차적이며 명료한 분류가 가능하다. 또한, 비동작중지 모드(Non-blocking)를 지원하지 않는 시스템에도 적합한 설계를 위해서, 각 기능별로 분류하면 그림과 같은 4개의 기능으로 모듈이 구성된다. 비동작중지 모드를 지원하지 않을 경우, Mobile IP 모듈은 패킷 수신 시까지 동작이 중지되므로, 전체적인 모듈의 동작은 정지상태가 된다. 이러한 현상을 없애기 위해서, 각 기능들을 분리시키도록 하였다. 특히, 이동성 제공을 위한 라우팅 테이블 처리 기능을 독립화함으로써, VoIP 서비스와의 연계부분이 최소화가 되었고, 그 결과로서 Mobile IP 모듈은 응용프로그램에 독립적으로 이동성을 제공할 수 있게 된다.

3. 단말에서의 RSVP 모듈

단말에서의 RSVP 모듈은 그림 8에서 보이는 바와 같이 구성되며 메인부분은 각 부분을 호출하여 주는 부분이고 그 외에는 기능별 쓰레드로 동작한다. 쓰레드를 사용하면 각 기능파트가 독립적으로 실행되고 자원을 공유할 수 있으므로 시스템 효율을 높일 수 있다. 쓰레드는 RSVP 시작과 함께 동작을 시작하는 수신쓰레드가 있으며 수신쓰레드는 자신에게 경로 메시지가 들어오면 파싱쓰레드를 호출하여 메시지를 분석하고, 메시지에 문제가 없다면 그에 응답하는 예약 메시지를 송신

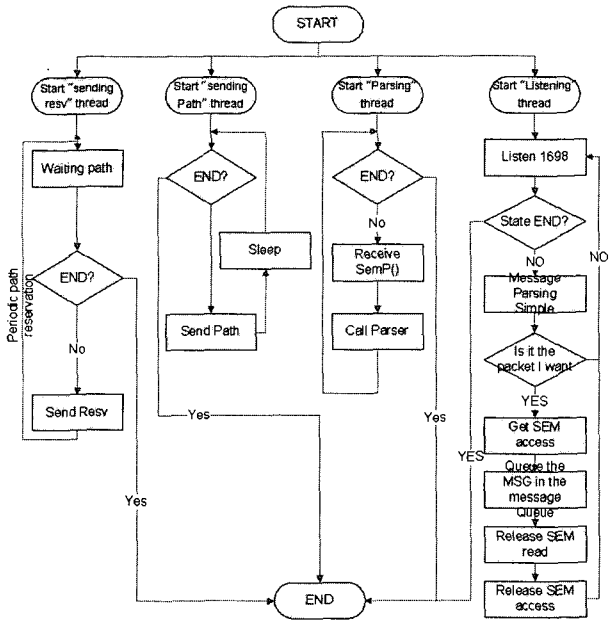

그림 8. 단말에서의 RSVP 모듈 동작
Fig. 8. The operation of RSVP module on a terminal.

한다. 자신이 먼저 자원예약을 요구하는 경우에는 경로 송신쓰레드를 호출하며, 호출시 IETF RSVP에서 정의한 규격에 따라 자원예약을 요구하는 경로 메시지를 송신하게 된다.

4. 모바일 멀티미디어 응용 개발

본 논문에서는 모바일 멀티미디어 응용으로서 VoIP를 구현한다. VoIP 서비스는 크게 호 연결을 위한 시그널링 파트와 데이터 송수신파트로 나눌 수 있다. 시그널링 프로토콜은 대표적으로 H.323과 SIP가 있는데, ITU-T의 H.323에 비해 프로토콜이 간단하고 인터넷에 쉽게 통합될 수 있는 IETF의 표준인 SIP (Session Initiation Protocol)를 호 설정 프로토콜로 채택하므로써 시스템의 자원을 더 효율적이고 최소한으로 사용할 수 있다[19-20]. Mobile IP는 VoIP 서비스에 영향을 미치지 않고 이동성을 제공해야 한다. 즉, 상위 응용프로그램에 영향을 미치지 않도록 독립적인 설계가 되어야 한다. 따라서, Mobiole IP와 RSVP를 포함한 ST-MRSVP 데몬은 VoIP서비스에 독립적인 모듈이 되도록 설계한다.

V. 실험 및 결과

1. 실험망 구축

멀티미디어 플랫폼을 테스트하기 위하여 그림 9와

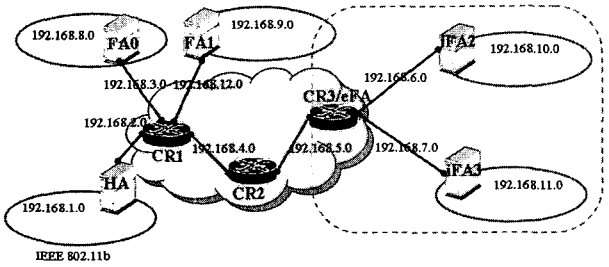

그림 9. 테스트망 구성도
Fig. 9. Testbed topology.

표 1. 실험 환경 설정
Table 1. Experimental environment configuration.

항 목	규 격
이동성지원 에이전트 2대	Compaq PDA 200Mhz
상대 노드 1대	Pentium 3 866MHz
라우터 3대	Pentium 3 800MHz
ST-MRSVP 프로토콜	본 논문 3장 제안 방식
ICMP 에이전트 광고 메시지 발송 주기	500msec
패킷 스케줄링 방식	ALTQ [21]
라우터간 연결 링크	Ethernet 100BaseT
SIP 서버 1대	홈에이전트와 시스템 공유
무선 네트워크 대역폭	11Mbps (IEEE802.11b)
무선랜 카드 및 무선접속기	Orinoco WLAN Card/AP
단말용 Mobile IP 프로토콜	IETF RFC2002 준수
단말용 RSVP 프로토콜	IETF RFC2205 준수
무선망 접근 영역	실험실 내부 및 외부

같은 실험망을 구축하였다. 실험망의 구성은 3대의 PC 라우터와 5대의 이동성지원 에이전트들 (1개의 홈에이전트, 2개의 지역에이전트, 2개의 내부지역에이전트, 1개의 외부지역에이전트)들로 구성된다. 자세한 실험 환경은 표 1에 제시한다. 홈에이전트와 지역에이전트는 각각 WLAN AP를 보유하며 실험은 실내와 실외를 포괄하는 무선 영역을 가진다. 특히, 그림 9에서 점선 영역이 ST-MRSVP 프로토콜이 적용되는 영역이다. 표 1에 본 연구의 실험망에서 사용하는 장비, 프로토콜 및 주요 요소들에 대한 규격을 제시한다.

2. 실험 결과

2.1 RSVP 라우터 성능 실험

본 실험에서는 RSVP 라우터로 사용될 시스템의 IP 패킷 처리 성능 및 RSVP 프로토콜을 적용할 경우 RSVP에 의해 발생되는 프로세싱 지연시간을 평가하도록 한다.

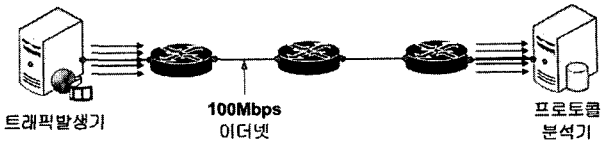

그림 10. RSVP 라우터 성능실험 환경
Fig. 10. The performance test environment for RSVP routers.

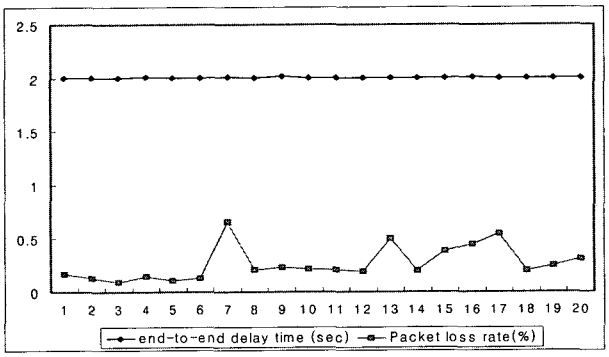

그림 11. 라우터 성능 평가
Fig. 11. The evaluation of router performance.

실험 방법은 두단계로 진행한다. 첫 번째는 라우터 자체의 프로세싱 성능을 분석하기 위해 빈 패킷을 압박해서 전송하는 방법, 두 번째로는 패킷 제너레이터가 RSVP 세션을 생성시키고, 이때 RSVP 세션 생성을 위해 소요되는 세션 생성 지연 시간을 종단간에 측정하여 평균적인 세션처리를 위한 단위 RSVP 라우터에서의 처리 지연시간을 측정한다. 먼저, 라우터 성능 실험을 위해서 일정수 (10,000개)의 패킷을 고속 전송하여 라우터에서 발생하는 패킷 손실율과 평균적인 패킷 처리 시간을 측정한다. 그림 10과 같이 중간 라우터 3개를 중심으로 하며, 종단 시스템은 트래픽 발생기와 프로토콜 분석기로 실험망을 구성한다. 트래픽 발생기로부터 패킷을 생성하여 라우터로 전송하면 라우팅 및 헤더처리가 된 패킷을 프로토콜 분석기가 수신하는 형태이다. 트래픽 발생기는 동시에 여러 RSVP 세션을 만들 수 있으며, 각 세션으로 정의된 대역폭으로 트래픽을 발생시킬 수 있는 기능을 가진다. 실험에 사용되는 트래픽은 IP 헤더 부분의 20 바이트와 UDP 헤더부분 8바이트와 페이로드 (Payload) 부분 1412 바이트의 총 1440바이트 길이의 실험용 패킷이다.

해당 빈 패킷 10,000개를 강제적으로 통해 프로토콜 에널라이져 시스템을 대상으로 전송한다. 전송방식은 UDP를 통해 빈 패킷을 전송하므로 전송율 제어, 흐름제어 및 에러제어 등은 적용되지 않는다. 따라서, 운영체제를 포함한 시스템과 네트워크의 성능이 보장하는 최대한의 속도로 전송하게 된다. 이 때, 라우터의 처리

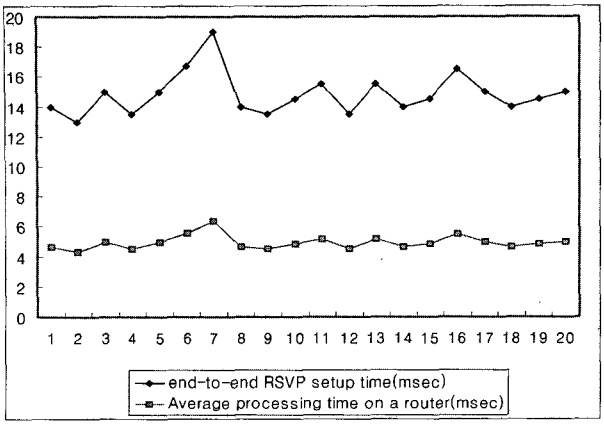

그림 12. RSVP 프로토콜 처리 성능 평가
Fig. 12. The evaluation of RSVP protocol processing performance.

능력을 넘어서 패킷을 수신하면 오버플로우 현상이 발생하는데, 이러한 패킷 처리용량을 RSVP 라우터의 성능 지표로 삼는다. 이는 IP 라우팅 이외의 어떠한 프로토콜 오버헤드도 없을 경우를 모델링한 것이다. 이에 동일한 전송 실험을 20회 반복한 결과를 그림 11에 도시한다. 10,000개의 입력 패킷에 대해 평균적으로 26.8개의 패킷 손실로 약 0.27% 패킷손실율이 발생하였다. 또한, 프로토콜 분석기에서 9973.3개의 패킷을 수신하는데 평균 2.0초의 시간이 소요되었다.

따라서, 본 논문에서 구현한 RSVP 라우터의 처리성능은 인텔 펜티엄3 866Mhz CPU기반의 리눅스 커널 2.4.17버전을 사용할 경우 57.4Mbps 급의 UDP 스트림을 0.27% 패킷 손실율 내에서 안정적으로 처리할 수 있는 수준이었다. 참고로서 100Mbps급 고속 이더넷의 실측된 처리성능은 표준 전송속도의 70~80% 정도인 것을 고려하면 개발된 PC기반 라우터 시스템의 최대 대역폭 중 72%~82% 정도를 사용하고 있다고 볼 수 있다. 또한, 본 RSVP 라우터의 성능은 인터넷 전화 응용의 요구사항인 5~20%의 패킷 손실 허용 및 시스널링 프로토콜을 포함한 최대 20kbps 정도의 음성미디어 대역폭 요구사항을 고려하면, 2,870회선정도의 VoIP 응용에도 적용할 수 있는 처리량이다[22]. 본 연구는 100Mbps급의 이더넷과 리눅스기반 PC급 라우터를 이용한 소프트웨어적 라우팅에 의존하는 형태이므로 실제 망에서 실시간 운영체제 및 하드웨어기반 라우팅을 적용할 경우 성능은 크게 향상될 수 있으리라 사료된다.

그림 12에는 실험망 상에서 RSVP의 경로/예약 메시지에 의한 RSVP 채널을 생성하는데 소요되는 양방향 종단간 지연시간을 측정한 그래프이다. 각 RSVP 라우터에서 경로/예약 메시지를 수신하여 요구된 대역폭을 할당하는데 걸리는 전체 RSVP 프로세싱 시간은 평균 4.8msec가 소요되었다. 이는 전송지연시간(Propagation Delay)를 무시할 경우 순수하게 각 라우터에서 소요되는 시간만을 계산한 값이다.

2.2 Handover 실험

실험의 주요 목표는 모바일 노드가 실험망을 이동함에 있어서 표준 Mobile IP+RSVP망 (FA0<->FA1)과 본 논문에서 제안한 ST-MRSVP망(iFA2<->iFA3)에서의 핸드오프 지연 시간을 측정하고 ST-MRSVP 방식의 성능을 검증하고자 한다. 실험망에서 각 지역에이젼트들의 ICMP 이동성지원 에이젼트 광고 메시지의 브로드캐스팅 시간은 500msec으로 할당한다. 본 연구에서는 L2 triggering과 같은 핸드오버 프로시져를 가속할 수 있는 부가적 기술을 적용하고 있지 않으며, 오직 IETF Mobile IP의 핸드오프 알고리듬[3]에 근거해서 핸드오프 처리를 수행한다. 그러므로, 모바일 노드는 최악의 경우 500msec 후에 자신이 새로운 망에 진입했음을 알 수 있을 수도 있다. 핸드오프 측정방법은 시스템 타이머를 이용하여 패킷이 단절 후 수신이 재개되는 시간을 측정하는 방법을 사용하였다. 망간 핸드오프 실험 결과로, IETF Mobile IP+RSVP에 의한 평균 핸드오프 후 자원예약까지의 총 전송지연시간은 약 1.62초였으며, 본 논문에서 제안하는 ST-MRSVP에 의해 수행된 총 전송지연시간은 약 0.52초로 측정되었다. 이를 그림 13에 도시한다.

이러한 실험 결과는 테스트망이 무선랜을 기반으로 구축되어 있으므로 하드 핸드오프 (hard hanoff)에 기초하였기 때문에 발생한다. 만일 cellular network처럼

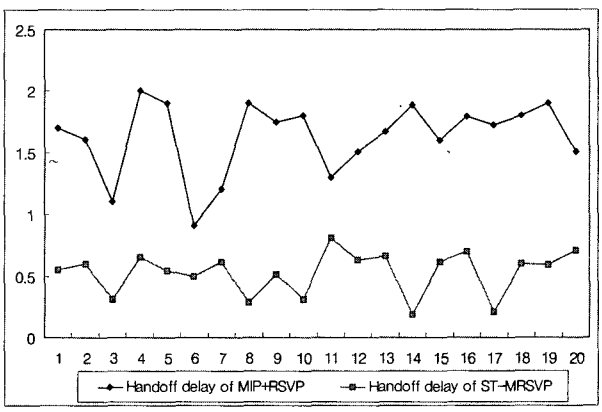

그림 13. 핸드오프 지연 시간 비교(sec)
Fig. 13. The comparison of handoff delay time(sec).

소프트핸드오프를 지원할 경우엔 패킷 손실이 거의 발생하지 않을 것이며, 더불어 무선 네트워크 인터페이스로부터의 핸드오프 트리거(Trigger) 이벤트 지원이 있다면 보다 효율적인 핸드오프처리가 이루어 질 수 있다. 그러나 본 연구에서와 같이, 무선랜기반으로 망이 구성될 경우엔 모든 핸드오프 처리가 Mobile IP 프로토콜에 의존할 수 밖에 없다. 따라서, Mobile IP 프로토콜이 가능한 빠른 핸드오프를 처리하도록 하고 반면에 지나친 컨트롤 오버헤드를 발생되지 않도록 조율(tradeoff)해야 한다.

2.3 모바일 멀티미디어 응용 실험 결과

본 연구에서는 ST-MRSVP망을 기반으로한 All-IP 모바일 네트워크에서 모바일 멀티미디어 통신을 실험한다. 상대 단말은 VoIP 통신을 위한 SIP 세션을 모바일 노드 (MN: Mobile Node)과 맺게 된다. 종단간에 SIP 세션 성립 완료 후 SIP에서 요구된 통신품질보장 서비스 파라미터를 실제 망에서 보장받기 위해 RSVP 경로 메시지가 전송경로를 따라 모바일 노드까지 전달되게 된다. 그림 9에서 CN이 CR1영역에 모바일노드가 iFA2영역에 존재할 경우, 경로 메시지의 전달 경로는 'CN->CR1->HA=>CR1=>CR2=>eFA=>iFA2->MN' 이다. 여기에서 '=>'는 터널 경로를 의미하며, RSVP 경로 메시지는 해당 터널에 대한 터널 자원 예약을 위한 RSVP 메시지이다[23]. 경로 메시지를 받은 모바일 노드는 예약 메시지를 역방향 터널을 통해 홈에이전트까지 보내어 자원 예약을 수행한다. 이때의 예약 메시지 전달 경로는 경로 메시지와 정확히 역방향이어야 한다. MN->CN으로의 경로에 대한 자원 예약은 "MN->iFA2-> eFA->CR2-> CR1->CN" 방향으로 진행한다. 최종적으로 양방향 자원 예약이 완료된 후, 음성 데이터는 G.723 코덱에 의해 압축되고 RTP 인코딩되어 CN->MN 및 MN->CN 방향으로 예약된 자원

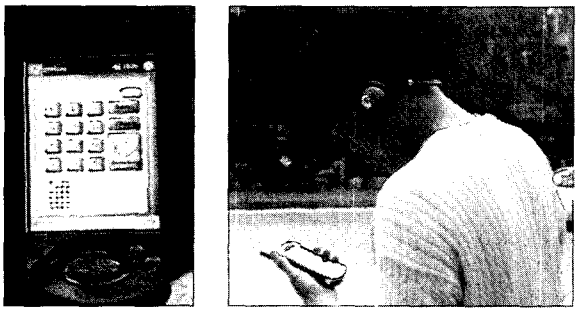

그림 14. 모바일 VoIP 응용 예시
Fig. 14. Mobile VoIP application example.

표 2. 사용자가 느끼는 음성 통화 품질
Table 2. User sensing voice communication quality.

구분	평균핸드오프 시간(s)	음성 통화 품질
Non-Handoff (정적 상태)	-	유선전화수준 (우수)
HA->FA1	1.6	잡음과 약간의 단절
HA->FA2	1.7	잡음과 약간의 단절
FA1->HA	1.6	잡음과 약간의 단절
FA1->iFA2	1.8	잡음과 약간의 단절
iFA2->iFA3	0.5	휴대전화수준 (양호)
iFA3->iFA2	0.5	휴대전화수준 (양호)

경로를 따라 전송된다.

그림 14에서의 왼쪽 사진은 모바일 VoIP 프로그램을 Compaq iPaq/WinCE3.0에서 실행시킨 상황이며, 예약된 사용자의 전화번호를 누르면 SIP 서버로 해당 번호가 전달되어 상대 단말에 벨이 울려 시그널을 전달한다. 오른쪽 사진은 연구원이 직접 실행하는 장면이다.

위 표 2에 개발한 모바일 VoIP 시스템을 통해 사용자들이 느끼는 음성 통화의 품질을 측정한 결과를 제시한다. 약 500msec 내에서 핸드오프가 이루어지는 ST-MRSVP 망에서 사용자는 핸드오프 시에 휴대전화 수준의 통화음질을 유지할 수 있었고, 1.5 sec 이상의 핸드오프 지연시간이 발생할 경우엔 거북스런 반응을 보였다.

VI. 결 론

이동통신망은 무선개인지역통신망, 무선랜, CDMA 2000, HSDPA 그리고 와이브로 등 기술·통신품질·서비스영역면에서 차별화되어 발전하고 있다. 이처럼 급속도로 발전하는 이동통신 네트워크와 유선 네트워크 간의 IP 기반 통합은 기존 인터넷의 멀티미디어 서비스를 다양한 모바일 환경으로 확산시킬 수 있는 새로운 기회를 제공하고 있다. 이종망간 끊어짐 없는 (Seamless) 서비스를 제공함에 있어서 가장 중요한 문제는 지속적인 이동성과 통신품질보장 서비스 제공으로 요약할 수 있다. 그러나, 기존의 연구에서는 주로 이론적 접근을 위주로 하였으나 실제적인 망과 단말에 적용 시엔 많은 문제점이 발생되거나 비현실적인 경우가 많다.

이에 본 논문에서는 Mobile IP와 RSVP를 효과적으로 결합하여 빠른 이동성과 통신품질보장 서비스 채널

설정을 수행할 수 있는 ST-MRSVP 프로토콜을 제안하였고, 무선랜을 탑재한 PDA에 모바일 멀티미디어 통신 서비스를 제공하기 위한 통신 플랫폼을 설계하고 구현하였다. ST-MRSVP 프로토콜을 기존 Mobile IP와 RSVP를 수정하여 구현하였으며, ALTQ를 탑재한 ST-MRSVP 라우터를 실험망에 적용하여 그 성능을 평가하였다. 사용자 단말에서는 모바일 멀티미디어 통신 서비스를 제공하기 위한 핵심 프로토콜인 SIP, Mobile IP 및 RSVP를 라이브러리와 데몬의 형태로 구현하여 사용자 응용에 대해 투명한 이동성과 통신품질 보장 서비스를 제공한다. 표준적인 Mobile IP와 RSVP 망과 ST-MRSVP 망 간의 실제적인 이동성지원 성능 평가는 실제적인 모바일 멀티미디어 응용 서비스를 통해 검증하였다. 즉, 본 연구에서는 사용자 응용인 모바일 VoIP 시스템을 개발하였고, 구축한 ST- MRSVP 실험망을 통해 이동 중 음성통화품질 실험을 수행하였다. 결과적으로, ST-MRSVP망에서 모바일 VoIP를 통해 음성통화를 수행할 경우에 기존 CDMA와 유사한 양호한 음성통화품질을 얻을 수 있었다. 다만, 많은 연구자들이 지적하고 있는 RSVP의 생태적 문제점인 통신 플로우(flow) 별 통신품질보장 서비스 처리에 따른 오버헤드 해결 방안에 대해서는 본 논문에서는 다루지 않았다.

참 고 문 헌

[1] Johan De Vriendt, Laine, P., Lerouge, C. and Xiaofeng Xu, "Mobile Network Evolution : A Revolution on the move," IEEE Communications Magazine, Vol. 40, Issue 4, pp. 104-111, April 2002.

[2] Yi Bing Lin, Ai-Chun Pang, Yieh-Ran Haung and Chlamtac, I., "An all-IP approach for UMTS third-generation mobile networks," IEEE Network Magazine, Vol. 16, Issue 5, pp. 8-19, Sept./Oct. 2002.

[3] S. M. faccin, Lalwaney, P., Patil, B., "IP multimedia services: analysis of mobile IP and SIP interactions in 3G networks," IEEE Communications Magazine, Vol. 42, Issue 1, pp. 113-120, Jan. 2004.

[4] Mahbubul Alam, Prasad, R., Farserotu, J. R., "Quality of service among IP-based heterogeneous networks," IEEE Personal Communications, Vol 8, Issue 6, pp. 18-24, Dec. 2001.

[5] Sotiris I. Maniatis, Nikolouzou, E.G., Venieris, I.S., "QoS issues in the converged 3G wireless and wired networks," IEEE Communications Magazine, Vol 40, Issue 8, pp. 44-53, Aug. 2002.

[6] Charles E. Perkins, "IP Mobility Support for IPv4," IETF RFC 3220, Jan. 2002.

[7] R. Braden, L. Zhang, S. Berson, S. Herzog, and S. Jamin, "Resource ReSerVation Protocol (RSVP)-Version 1 Functional Specification," IETF RFC 2205, Sept. 1997.

[8] A. K. Talukdar, B. R. Badrinath, and A. Acharya, "MRSVP: A Reservation Protocol for an Integrated Services Packet Network with Mobile Hosts," Dept. of Computer Science, Technical report TR-337, Rutgers Univ., 1997.

[9] A. Terzis, M. Srivastava, and L. Zhang, "A Simple QoS Signaling Protocol for Mobile Hosts in the Integrated Service Internet," IEEE INFOCOM '99, Vol.3, pp.1011-1018. 1999.

[10] G. Chiruvolu, A. Agrawal, and M. Vandenhoute, "Mobility and QoS support for IPv6-based Real-time Wireless Internet Traffic," IEEE International Conference on Communication '99, Vol.1, pp.334-338, 1999.

[11] W. T. Chen and L. C. Huang, "RSVP Mobility Support: A Signaling Protocol for Integrated Services Internet with Mobile Hosts," IEEE INFOCOM 2000, Vol.3, pp.1283-1292, 2000.

[12] C. Q. Shen, W. Seah, A. Lo, H. Zheng, and M. Greis, "An Interoperation Framework for Using RSVP in Mobile IPv6 Networks," draft-shen-rsvp-mobileipv6-interop-00, Internet Draft, IETF, 2001.

[13] R. Jain, J. Burns, M. Bereschinsky, and C. Graff, "Mobile IP with Location Registers (MIP-LR)," draft-jain-miplr-01.txt, Internet Draft, IETF, 2001.

[14] I. Mahadevan and K. M. Sivalingham, "An Architecture for QoS guarantees and Routing in Wireless/Mobile Networks," ACM International Workshop on Wireless and Mobile Multimedia, pp.11-20, 1998.

[15] C. C. Tseng, G. C. Lee, and R. S. Liu, "HMRSVP: A Hierarchical Mobile RSVP Protocol," IEEE Distributed Computing Systems Workshop, pp.467 -472, 2001.

[16] Douglas Boling, Programming Microsoft Windows CE, Second Edition, Microsoft Press, June 2001.

[17] WOW Linux web site, http://www. wowlinux.com/.

[18] USC INI web site, http://www.isi.edu/ RSVP/.

[19] Ismail Dalgic and Hanliwn Fang, "Comparison of H.323 and SIP for IP Telephony Signaling", Proceedings of Photonics, East, Massachusetts, Boston, 1999.
[20] M. Handley, "SIP: Session Initiation Protocol," IETF RFC 2543, March 1999.
[21] K. Cho, "A framework for alternate queueing: Towards traffic management by PC-UNIX based routers," Proceedings of USENIX 1998, June 1998.
[22] W. Wang, S. C. Liew, Li, V.O.K., "Solutions to Performance Problems in VoIP Over a 802.11 Wireless LAN," IEEE Trans. on Vehicular technology, Vol. 54, Issue 1, pp. 366-384, Jan. 2005.
[23] A. Terzis, J. Krawczyk, J. Wroclawski and L. Zhang, "RSVP Operation Over IP Tunnels," IETF RFC2746, Jan. 2000.

저 자 소 개

김 원 태(정회원)
1994년 2월 한양대학교 전자공학과 학사 졸업.
1996년 2월 한양대학교 전자공학과 석사 졸업.
2000년 8월 한양대학교 전자공학과 박사 졸업.
2001년 1월~2005년 2월 (주)로스틱테크놀로지 기술이사
2005년 3월~현재 한국전자통신연구원 선임연구원
<주관심분야 : 유비쿼터스 컴퓨팅, 통신 아키텍쳐, 임베디드 시스템>