

# IMT-2000 기반 고속 패킷 교환 방식에서의 효율적인 VoIP 서비스 지원 방안 설계와 성능 분석

이 태 로<sup>†</sup> · 이 성 원<sup>††</sup> · 한 치 근<sup>†††</sup> · 유 인 태<sup>††††</sup>

## 요 약

본 논문은 무선링크 환경에서 VoIP(Voice Over Internet Protocol) 서비스를 효율적으로 지원하는 방안 대하여 다룬다. 특히, 본 논문에서는 무선 링크의 할당 방식에 따른 VoIP 지원시의 장점과 단점을 고려하였다. 그 결과 VoIP 지원 시에 패킷 교환 방식이 몇 가지 점에서 더 유리한 방법이라는 결론을 내렸다. 그리고 무선 상에서 성공적인 VoIP 서비스를 제공할 수 있도록 몇 가지 주요 요구사항들을 제안하였다. 또한 무선 채널을 효율적으로 이용하는 VoIP 적용 계층인 VoIP CP(VoIP Convergence Protocol)를 제안하고, 이것에 대한 성능 분석 및 평가를 하였다. 결과에 의하면 ITU-T G.723 처럼 긴 싸이클의 VoIP 코덱인 CODEC을 사용하는 것이 VoIP 동시 사용자의 수를 늘리는데 훨씬 유리한 것으로 나타났다. 이 경우, 시스템의 동시 사용자가 회선 기반 방식보다는 거의 60% 이상 증가하는 것으로 나타났다.

## The Design and Performance Analysis of Efficient VoIP Service Scheme for High Speed Packet Switching based on IMT-2000

Tae-Ro Lee<sup>†</sup> · Sung-Won Lee<sup>††</sup> · Chi-Geun Han<sup>†††</sup> · In-Tae Ryou<sup>††††</sup>

### ABSTRACT

In this paper, we consider pits and falls of VoIP service scheme over the air link environment. It results that VoIP over packet switching is a more attractive approach in several points. We point out the major requirements for successful VoIP service over the air. Also, we propose VoIP CP concept for efficient wireless channel utilization. Additionally, we analyze and evaluate the performance. According to the results, It shows that the long cycle VoIP vocoder CODEC such as ITU-T G.723 is better than short cycle VoIP vocoder CODEC. In this case, the increase of the simultaneous user of system is almost 60% larger than conventional circuit switching.

### 1. 서 론

VoIP는 제3세대와 제4세대 이동 무선통신시스템의 핵심 기술이다. IMT2000에서는 All-IP 기반 망에 관한

연구가 3GPP(Third Generation Partnership Project)와 3GPP2에서 활발히 진행 중에 있다. 이들은 워킹그룹을 만들어 IP 기반 데이터 서비스 방안과 VoIP를 효율적으로 지원하기 위하여 현재 회선기반 망구조에서 IP 핵심 기반 망 구조로 전환하는 방안을 연구하고 있다. 또한 밴드 입장에서 동일한 목적을 달성하기 위하여 통신 밴드들에 의하여 MWIF(Mobile Wireless Internet Forum)가 설립되었다. 이러한 경향 속에서, IETF

† 정 회 원 : 고려대학교 병설 보건대학 교수  
†† 정 회 원 : 삼성전자 cdma2000시스템개발 그룹 연구원  
††† 정 회 원 : 경희대학교 전자정보학부 교수  
†††† 종신회원 : 경희대학교 전자정보학부 교수  
논문접수 : 2000년 5월 18일, 심사완료 : 2000년 8월 18일

(Internet Engineering Task Force)는 표준화과정에서 중요한 역할을 담당하고 있다. All-IP 기반 망, 무선상의 VoIP 및 관련된 몇 가지 쟁점들은 참고문헌 [1]에 나타나 있다.

또한 무선이동 통신시스템은 기존의 회선(혹은 전용 채널/코드/슬롯) 기반 방식에서 패킷 스위칭 방식으로 전환되고 있으며, 거대한 대역폭 채널(일반적으로 "Fat-Pipe"라고 함)은 패킷 스위칭에 기반을 두고 있으며, 여러 사용자들이 공유한다. 예를 들면, cdma2000에서 사용되는 Qualcomm의 HDR(High Data Rate), Nokia/Motorola의 1xTREME는 기존 IS-95A/B 밴드와 동일한 1.25MHz 대역에서 2.4Mbps 혹은 5.2Mbps인 하나의 큰 파이프를 제공하며, 이것은 전송효율을 높이고 무선링크를 최적으로 이용하기 위하여 동적으로 스케줄링 한다[2-4].

패킷 스위칭 방식이 중요한 또 다른 이유는 더욱더 치열해지는 시장에서 경쟁하려면 IMT2000을 포함한 차세대 무선시스템은 무선 VoIP와 IP상의 멀티미디어 서비스 모듈을 효율적으로 지원해야만 하기 때문이다. 이러한 이유로 차세대 무선망은 패킷 기반 서비스 요구사항들과 VoIP 같은 저속 및 시간제한 서비스를 지원할 수 있도록 효율적인 무선 자원 관리 요구사항들을 충족시켜야만 한다. 무선 VoIP와 IP 기반 멀티미디어는 광대역 통합 기반 망과 통합되어 향후 ITU-T의 H.323과 IETF의 MGCP(Media Gateway Control Protocol) 같은 패킷 기반 차세대 무선 멀티미디어와의 연동 시에 보다 더 효과적일 것이다.

관련 연구는 대부분이 유선 망 부분에 관심이 모아지고 있다. 그러나, 이와 같이 유선 망만을 고려한다면 무선링크에서 별로 이득을 얻지 못한다. 그리고 인터넷 프로토콜 오버헤드와 지연으로 인한 트래픽 양의 증가 때문에 정상적인 경우에는 기존 이동무선통신의 음질에 비하여 더 저하될 것으로 예상된다[5,6].

따라서 본 논문에서는 무선 상의 VoIP 지원, 특히 패킷 스위칭 기반 무선 상의 VoIP에 초점을 맞추어 무선 환경에서의 효과적인 VoIP 서비스 제공 방안을 고려하였다. 서론에 이어 제2장에서는 무선링크상의 VoIP에 관한 기존의 연구를 살펴보면서 무선링크 상의 VoIP의 장점과 단점을 지적하였다. 제3장에서는 VoIP를 사용함으로써 네트워크 측면에서뿐만 아니라 무선링크 상에서 이득을 얻을 수 있도록 무선링크를 효율적으로 사용하는 VoIP CP를 제안하였다. 그리고

제 4장에서 제안한 방법의 성능을 분석하고 평가하였으며, 끝으로 제 5장에서 결론을 내렸다.

## 2. VoIPoW(VoIP over Wireless Network)에 관한 기존의 연구

요즘 VoIPoW에 관한 연구가 많은 기업과 표준화 그룹에서 활발히 진행되고 있다. 이러한 연구의 대부분은 크게 두 가지에 집중되어 있다. 하나는 신호 프로토콜 연동 방안과 IP 기반 이동 무선망의 구조에 관한 것이다. 신호 연동 방안은 기존 무선 이동 망과 IETF/ITU-T의 VoIP 표준간에 시도되고 있다. 또 다른 하나는 무선링크에서 VoIP를 사용함으로써 스펙트럼 효율을 높이고자 하는 것이다.

두 번째 쟁점과 관련해서, VoIPoW는 기존의 이동 무선 음성서비스와 경쟁하기 위해서 무선상의 대역폭을 줄여야 하고, TIA의 IS-95, GSM 등과 같은 기존 이동 무선 음성 서비스보다는 향상된 양질의 서비스를 제공하여야 한다.

그러나, 대부분의 VoIPoW에 관한 연구는 무선 스펙트럼을 허가 받는데 드는 비용이 고가인데다가 회선모드 인터페이스를 이미 효율적으로 사용하고 있기 때문에 허가 받은 Cellular/PCS 무선 스펙트럼으로는 경제적이지 못하다는 결론을 내렸다. 그리고 이런 연구들은 여러 시장에서의 치열한 경쟁이 제3세대 망으로 하여금 무선 VoIP와 IP상 멀티미디어 서비스 모듈을 효율적으로 지원하도록 만드는 것이 중요하다고 지적했다. 그래서 대부분의 연구는 VoIP와 무선 IP상 멀티미디어에 대한 욕구를 충족시키려면, 제3세대 망이 이러한 목표를 달성하여야 하고, 일관성 있는 패킷 데이터 서비스의 핸드 오프와 사용자 데이터 프로토콜 헤더들의 압축 문제를 해결하여야 한다고 제안한다. 참고문헌 [5]와 [6]에 의하면 VoIPoW의 비용과 서비스 질이 기존 이동 무선 음성 서비스보다 좋지 않은 것으로 나타났다. 그 이유는 RTP/UDP/IP 그리고 PPP의 인터넷 프로토콜 오버헤드를 주로 사용하기 때문이다.

본 연구에서는 이러한 연구 결과를 바탕으로 연구 수행에 필요한 몇 가지 가정을 하였다. 즉, 기존 음성 서비스는 비용과 서비스의 질 측면에서 무선 환경에 매우 최적화 되어 있다고 가정한다. 이러한 가정은 회선 스위칭 어플리케이션으로서 음성 서비스의 전통적인 인식에 의한 것이다.

그러나, IP처럼 기존 패킷 스위칭 서비스의 한 종류로서 VoIP를 고려한다면, 무선 서비스에서도 VoIP 음성 서비스를 패킷형 서비스의 일부로서 지원할 수 있다. 그러면, 음성을 별도의 회선형 서비스로 고려하는 복잡한 알고리즘 없이도 스펙트럼 효율은 무선망에서 쉽게 개선되어질 것이다. 또한 이 것은 VoIPoW에서 차세대 이동 무선 서비스를 위한 IP상의 멀티미디어로 확장될 것이다.

### 3. VoIP 적응부 계층 프로토콜(Convergence Protocol)

본 절에서는 VoIPoW와 VoIP 지원을 위해서는 왜 패킷 스위칭 방안이 필요한지에 대하여 고찰해 보고 또한 VoIPoW를 효율적으로 지원할 방안으로 VoIP CP를 제안한다.

#### 3.1 VoIPoW의 장단점(무선링크 전송기술을 중심으로)

무선망상의 VoIP의 장점들에 관해서는 많은 문헌에서 언급하고 있다[1, 5, 6]. 따라서 본 절에서는 무선망상의 VoIP 이득만을 고려하며, 그 중에서도 특히 무선링크 환경만을 고려하였다. 이러한 경우에는 두 가지가 고려될 수 있는 데, 하나는 회선 교환 방식이고 또 다른 하나는 패킷 교환 방식이다.

회선 교환 방식의 무선링크는 전용 회선처럼 할당되며, 이것은 PSTN에서와 같다. 여기서, 전용 회선은 전용 CDMA 코드 혹은 전용 TDMA 타임 슬롯이 된다. 따라서 사용자들은 호 설정에서부터 호 종료까지 전용링크를 점유하게 된다. 또한 전용링크는 음성서비스의 묵음 구간과 웹 향해 서비스의 "Think-Time(사용자가 수신한 웹 페이지를 읽는 시간)"처럼 전용링크를 사용하면서도 정보를 교환하지 않을 때에도 사용자들에게 할당되어 있다. 회선 교환 방식은 TIA의 IS-95 시리즈와 GSM 같은 기존 무선 음성망에서 널리 사용되고 있다. 패킷 교환 방식은 큰 파이프("Fat Pipe"라 함)를 여러 사람이 공유한다. 이 패킷 교환 방식은 ETSI의 GPRS/EDGE(General Packet Radio Service/Enhanced Data rates for GSM and TDMA/136 Evolution), Qualcomm의 HDR 그리고 Nokia/Motorola의 1xTREME과 같은 패킷 데이터 서비스 시스템과 TDMA 기반 시스템에서 널리 사용한다[2-4].

VoIPoW 지원의 관점에서 각 방식의 장단점을 요약

하면 다음과 같다. 먼저, VoIP를 회선 교환 방식에서 지원하는 경우의 장점은 다음과 같다.

첫 번째는 기존의 무선 음성 시스템은 이미 회선 교환 기반 시스템이기 때문에 IS-95/GSM과 같은 기존의 회선 기반 무선 음성 시스템과 역방향 호환이 용이하다. 두 번째로 VoIPoW는 회선서비스로서 고려되었으며, VoIPoW를 위해 어떠한 부가기능도 무선 패킷 스케줄러에 추가되지 않는다. 따라서 BSS(Base Station System)에 있는 패킷 스케줄러는 간단하다. 또한 이 패킷 스케줄러는 비 실시간 데이터 서비스만을 고려하고 있다.

다음으로 VoIP를 회선 교환 방식으로 지원하는 경우의 단점은 다음과 같다.

첫 번째는 일반적으로 채널 재사용 혹은 무선망의 용량 측면에서 기존 회선 교환 기반 무선 음성 서비스보다는 우수하지 못하다[5, 6]. 따라서 VoIP를 사용하여도 무선망에서는 별로 이득이 없다. 두 번째로 VoIP는 인터넷 프로토콜 오버헤드와 코딩 스키마로 인하여 기존의 무선 음성서비스보다 더 빠른 전송 속도를 필요로 한다. 그래서 무선망의 회선 교환 방식에서 VoIP를 사용한다면 VoIPoW 서비스는 기존의 무선 음성서비스보다 무선망의 대역폭을 더 많이 사용하게되므로 비용이 비싸고 성능저하가 뒤따른다[5, 6]. 따라서 기존의 무선 음성 서비스 보다 서비스의 질이 저하되게 된다. 세번째는 회선 교환 방식의 전용채널이나 타임슬롯은 사용자들에게 항상 점유되어 있기 때문에 "묵음 구간 삭제(Silence Elimination)" 기능은 대역폭 감소에 영향을 주지 못한다. 따라서 VoIP 표준의 "묵음 구간 삭제" 기능으로 인한 이득을 무선에서 얻기 어렵다. 네 번째로 정상적인 경우는 음성서비스가 패킷 데이터 서비스에 비해 우선 순위가 더 높다. 특히, CDMA 있어서 전력제어는 CDMA채널을 위해 사용한다. 그래서 자원 관리와 전력계산에 필요한 무선 채널 상태에 대한 패킷 스케줄러의 예측은 회선 교환 서비스의 영향으로 인하여 어렵다[10]. 따라서 패킷 데이터의 스케줄링이 어렵게 된다. 다섯 번째는 만일 VoIP가 회선 교환 서비스 형태로 지원된다면 표준 프로토콜은 핸드오버, 호 제어 프로시저, 이동관리 스키마 등등과 같은 회선교환 기반 서비스와 패킷 스위칭 기반 서비스에게 각각의 스키마를 제공해야 한다. 따라서 프로토콜은 매우 복잡해지게 된다.

한편, VoIP를 패킷 교환 방식으로 지원하는 경우의

장점은 다음과 같다.

첫 번째는 표준 VoIP 사양서의 "목음 구간 삭제" 기능을 무선망에서 지원이 가능하다. 이것은 사용하지 않는 대역폭을 다른 사람들과 함께 공유함으로써 무선 시스템의 용량을 증가시키는 방법이다. 그래서 VoIP 사용자들과 데이터 서비스 사용자들에게 동시에 더 많은 서비스를 제공할 수 있게 된다. 두 번째는 이동 지원, 호 제어 및 자원관리에 있어서 VoIP 음성 사용자와 패킷 데이터 서비스 사용자 모두에게 동일한 운영 혹은 프로시이저가 적용됨으로서 시스템이 안정적이다. 세 번째는 VoIP 서비스가 패킷 데이터 서비스 부류에 통합됨으로써 패킷 데이터 스케줄러는 VoIP 기반 음성 서비스와 패킷 데이터 서비스 모두를 관리한다. 그래서 스케줄러는 무선자원에 대한 예측성이 높아 무선링크의 자원관리와 할당을 안정적으로 할 수 있다.

마지막으로 VoIP를 패킷 교환 방식으로 지원하는 경우의 단점은 다음과 같다.

첫 번째로 주기적인, 특성을 가지는 음성 서비스는 무선 스케줄러에게 제한된 시간 내에 처리하게 함으로서 복잡성을 가중시킨다. 두 번째로 대부분의 무선통신 시스템에서는 고정크기의 프레임이 사용된다. 그리고 무선링크의 속도가 증가하면 무선링크의 프레임 용량 또한 증가한다. 그러나 VoIP 프레임은 고속 무선 채널 프레임의 크기에 비해 작다. 그래서 고정크기 무선링크 프레임으로 인해 내부조각(internal fragment)이 발생하며, 이것은 채널 이용률을 저하시킨다.

위에서 언급한 바와 같이 VoIPoW 방안을 회선 교환 방식에 적용하는 것은 효율적이지 못하다. 이 부분에 관한 더 상세한 내용들은 참고문헌 [1, 5, 6]에 잘 나타나 있다.

### 3.2 VoIP 적응부 계층 프로토콜의 주요 특징

앞 절에서의 고찰을 토대로 하여 본 논문에서는 차세대 VoIPoW를 위한 VoIP 적응부 계층의 주요 요구 사항들을 다음과 같이 제안한다.

첫째, 안정된 트래픽 제어와 효율적인 자원 관리를 하기 위해서는 무선 VoIP의 패킷 스위칭 방식을 지원할 수 있어야 한다.

둘째, 무선링크 프레임의 내부조각을 방지하기 위해서는 순방향 트래픽 채널의 프레임을 소형화하여야 한다.

셋째, VoIP 관련 제어 기능의 지원을 위한 링크계층

에서의 VoIP 적응부 계층 프로토콜이 필요하다.

넷째, VoIP 적응부 계층에서의 무선링크 용량을 증가시키기 위한 "목음 구간 삭제" 기능을 지원하여야 한다.

다섯째, "목음 구간 삭제" 기능으로 인한 소프트웨어 복잡성을 줄이기 위한 BSS와 MS간, 특히 VoIP 적응부 계층 프로토콜간의 VoIP 관련 정보 교환을 위한 피드백 메커니즘이 필요하다.

여섯째, 주기적인 서비스 지원을 위해 패킷 스케줄러의 시간 제약 서비스를 지원하여야 한다.

일곱째, 효율적인 채널이용을 위해 고정크기 시간 슬롯의 내부조각을 피하고, VoIP가 여러 가지 저속 서비스를 지원하여야 한다.

열덟째, 역방향 트래픽 채널을 위한 DTX(Discontinuous Transmission)와 같은 기능을 갖추어야 한다.

아홉째, 빠른 하드 핸드오프 지원이 가능해야 한다.

열번째, 이질적인 사용자들이 사용하는 여러 개의 프레임들을 동일한 물리적인 프레임으로 다중화 시키는 무선 프레임 다중화가 필요하다. 그러나 이것은 각 사용자의 무선링크 특성이 다르기 때문에 어려울 것으로 예상된다.

상기의 각각의 항목에 대한 구체적 제안 배경은 다음과 같다.

차세대 무선 멀티미디어 서비스를 지원하기 위해서는 무선링크의 패킷 스위칭 방식의 도입이 불가피하다. 또한 음성 서비스의 일반적인 경향은 회선교환 방식에서 패킷 기반 VoIP 방식으로 전환하고 있는 실정이다. 이러한 이유로 인해 무선 시스템의 무선 스케줄러는 시간제약 실시간 서비스를 지원해야만 한다. 따라서 동일한 스케줄러에서 이질적인 서비스를 지원하려면 능동적인 스케줄러가 필수적이다.

무선채널 이용을 효율적으로 하기 위해서는 프레임 크기가 1ms보다 작아야 할 것이다. 프레임 크기가 작아야 하는 이유는 VoIP 서비스의 주기적인 작은 트래픽 양에서 비롯된다. 기존 VoIP에서 사용하는 프레임과 페이로드의 크기는 <표 1>에 나타내었다[7, 8]. VoIP은 인터넷 프로토콜 오버헤드를 포함하여 매 10~30ms마다 15~190bits만을 생성한다.

또한, VoIP의 페이로드는 <표 2>에서 나타난 바와 같이 인터넷 프로토콜로 캡슐화되어 있다[5, 9]. 그리고 이러한 비트들은 트래픽 채널 속도가 200kbps만 넘으면 1ms이내에 전송될 수 있다. 그러나 cdma2000, HDR,

W-CDMA 및 1xTREME과 같은 고속데이터 서비스 시스템에서는 최대 전송속도를 2.4~5.2Mbps까지 충족시킨다. 그래서 작은 VoIP 트래픽 양 때문에 발생한 물리적인 프레임의 내부조각을 최소화하기 위해서는 고속 무선 채널의 물리적인 프레임 크기는 1ms보다 작아야만 한다.

〈표 1〉 VoIP 특성 요약

	전송률 (kbps)	프레임 크기 (ms)	데이터 크기(bits)		CODEC 타입
			발음	목음	
ITU-T G.723.1	5.3	30	160	32	MPC-MLQ
	6.4	30	190	32	MPC-MLQ
ITU-T G.729	6.4	10	64	15	CS-ACELP
	8	10	80	15	CS-ACELP
	11.8	10	118	15	CS-ACELP
TIA IS-96	8.6	20	172/80/40	16	Q-CELP

〈표 2〉 VoIP 관련 인터넷 프로토콜 오버헤드 요약

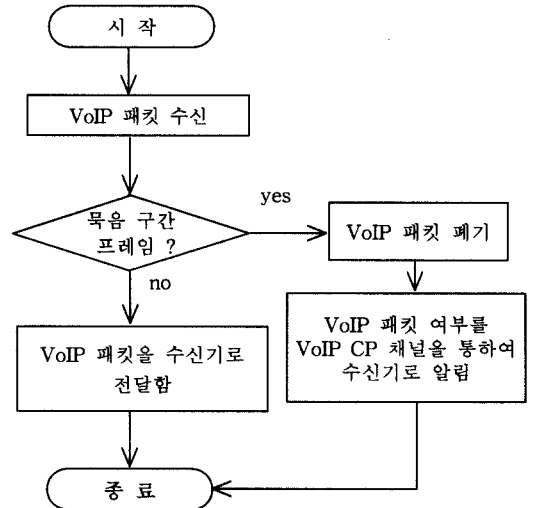
프로토콜 계층	압축복원(bytes)	압축(bytes)
RTP	12	-
UDP	8	-
IPv4	20	-
IPv6	40	-
PPP	6	-
Total	46 or 66	1~6

그러나 물리적인 프레임의 크기를 작게 하는 것은 기술적인 문제로 한계가 있다. 그래서 다른 방법이 필요하다. 이러한 이유로, 무선 VoIP 지원을 효율적으로 하기 위해서는 다중채널 방식이 필요하다. 예를 들면, 전송속도가 200kbps인 여러 채널들을 모아 전용 VoIP 채널로 운영하는 것이다.

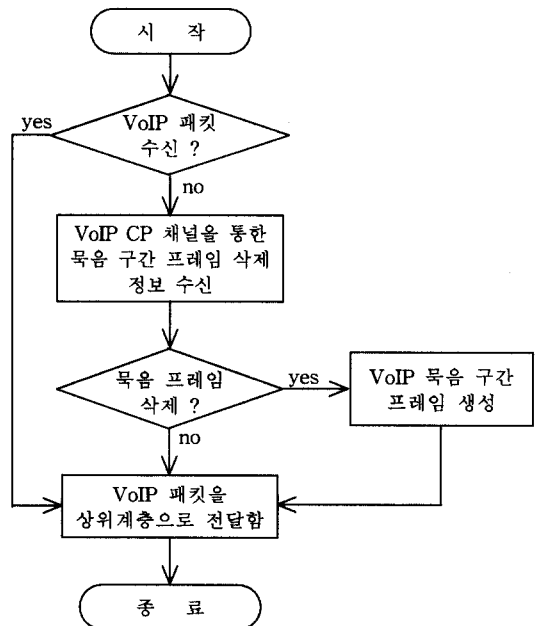
가장 간단하고 매력적인 또 다른 방법으로는 무선 상에서 “목음 구간 삭제” 기능을 지원하는 것이다. 이 방법은 구현이 간단하면서도 얻어지는 이득은 매우 크게 나타난다.

이러한 목적을 달성하기 위해서는 VoIP 적용부 계층이 MS와 BSS 모두에게 필요하다. VoIP는 링크계층에 위치하며 목음 구간 검출 기능을 지원한다. 만일 VoIP 적용부 계층이 전송기에서 목음 구간을 검출했다면 목음 구간내의 프레임을 무시한다. 만일 VoIP 수신기가 목음 구간 삭제 유무를 상대방에게 알리는 피드백 기능이 지원된다면 전송기의 VoIP 적용부 계층은 VoIP 수신기에게 목음 구간 프레임 삭제 정보를 전송한다. 이때 수신기의 VoIP 적용부 계층 BSS로부

터 목음 구간 삭제 정보를 수신한다면 VoIP 적용부 계층은 목음 프레임을 만들고, 패킷을 상위 계층으로 보낸다. 이를 “명시적 목음 구간 삭제”라 한다. 이에 대한 송수신단의 흐름도를 (그림 1)에 나타내었다.



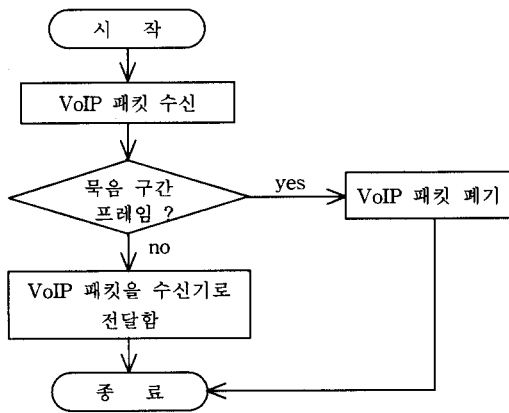
(a) 송신단 흐름도



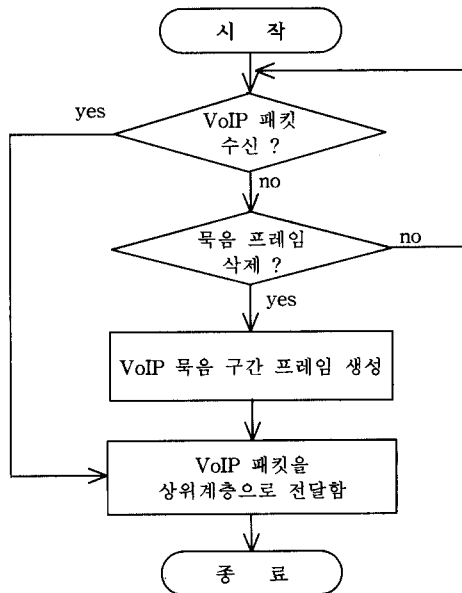
(b) 수신단 흐름도

(그림 1) 명시적 방안의 VoIP 적용부 계층(CP)의 송수신단 흐름도

또한 전송기와 수신기에 있는 VoIP 적용부 계층이 “목음 구간 삭제”에 대한 정보를 수신기로 전달하는 피드백 방안을 지원하지 않는 경우에는, 수신기가 보코더 프레임 사이클 동안 BSS로부터 목음 구간 프레임을 수신하지 못한다면 자체적으로 목음 구간 프레임을 생성한다. 이를 “암시적 목음 구간 삭제”라 한다. 이에 대한 송수신단의 흐름도는 (그림 2)와 같다.



(a) 송신단 흐름도



(b) 수신단 흐름도

(그림 2) 암시적 방안의 VoIP 적용부 계층(CP)의 송수신단 흐름도

이러한 이유 때문에 VoIP 적용부 계층은 목음 구간 삭제 정보 전달을 위한 피드백 채널과 메카니즘이 필요하다. 순방향 전송(BSS에서 MS로)에는 각 MS 혹은 브로드캐스트 채널을 위한 전용 제어링크가 피드백 경로로 사용될 것이다. 역방향 전송(MS에서 BBS로)에는 각 MS 혹은 공유된 역방향 트래픽 채널을 위한 전용 제어 링크가 사용된다. 그러나 역방향 링크의 경우에 간섭감소 때문에 목음 구간 삭제 정보를 전달하지 않는 것이 바람직하며, 기지국의 VoIP 적용부 계층에서 사이클내에 프레임이 도착하지 않으면, 자체적으로 목음 구간 프레임을 생성하는 것이 바람직하다.

따라서, 역방향 링크에서 물리적 계층의 불연속적인 전송기술은 중요하다. 패킷 스위칭 방식의 채널 제어를 집중화 시켰기 때문에 패킷 스위칭 방식을 역방향 링크에 적용하는 것은 쉽지 않으며 다중 액세스방식을 일반적으로 사용한다. 그래서 역방향 링크에서 VoIP 지원은 대부분의 경우에 회선기반 방식으로부터 계승되었을 것이다. 그래서 절전과 잠음/간섭 감소 방안은 cdma2000과 W-CDMA의 DTX 기술과 같은 역방향 링크에게는 중요하다.

이러한 요구사항들은 차세대 고속 무선 데이터 망 시스템의 VoIP에게는 중요한 것이며, 앞으로 계속해서 진화된 특징들을 고려하여야 할 것이다. 그 중에서 가장 시급한 것이 VoIP 서비스의 고속 하드 핸드오프를 지원하는 것이다. 차세대 무선 시스템이 고속기능을 지원하기 때문에 섹터들 혹은 셀들 간의 핸드오프는 소프트 핸드오프로 지원하기는 어렵다. 왜냐하면 고속 무선채널의 높은 전송전력 때문이다. 이러한 문제점에 관해서는 참고문헌 [10]에 기술되어 있다. 따라서 고속 무선데이터 시스템인 경우 소프트 핸드오프는 일반적으로 1.44kbps 채널 속도 이하인 저속 음성 서비스 혹은 저속 회선 데이터 서비스로 한정하고 있다. 또한 라우팅과 스위칭 패스의 재구성은 망 입장에서 보면 또 다른 문제이다. 따라서 패킷 스위칭 시스템의 VoIP는 핸드오프 동안 서비스 질 저하의 원인이 된다. 그러나 이것은 VoIP에 국한된 문제만은 아니다. 모든 패킷 서비스는 동일한 이유로 핸드오프 동안 서비스 질의 저하를 경험해야만 한다. 그래서 빠르고 신뢰성 있는 하드 핸드오프 기술은 차세대 고속 무선망에서는 필수적인 것이다.

또한 해결되어야 할 중요한 기술은 여러 사용자들로부터 보내온 여러 개의 프레임을 순방향 링크 전송의

동일한 물리적 프레임에 다중화시키는 기술이다. 이것은 사용자마다 링크의 품질이 동일하지 않기 때문에 기존의 무선 시스템으로는 지원하기가 쉽지 않다. 그러나 링크 속도가 빨라지고 VoIP 프레임 크기가 작기 때문에 발생하는 물리적인 프레임의 내부조각은 성능을 저하시키는 원인이 된다.

#### 4. 성능 평가 및 결과 분석

본 절에서는 성능 평가의 환경과 결과에 대하여 기술하였다. 특히, 본 절에서는 3.2절의 첫 번째부터 다섯 번째까지의 항목을 적용하였을 때의 성능에 대하여 다루도록 한다. 이는 VoIP 적용부 계층의 성능 평가에 중점을 두기 위함이다. 성능 평가는 컴퓨터 시뮬레이션에 의해 이루어졌으며, MIL3 OPNET 6.0 시뮬레이터가 SUN Solaris 60에서 사용되었다[11].

##### 4.1 시스템 모델

VoIP 트래픽 모델은 기존의 VoIP와 CDMA 무선 음성 모델이 사용되었으며 <표 1>과 같다. 발음 구간과 묵음 구간의 확률에 따라 지수분포로 생성된 발음과 묵음 기간에 대한 ON/OFF 모델이 사용된다. 발음과 묵음 기간의 평균값은 3초 정도이며 독립적이다 [12]. 만일 시스템이 활성화 상태라면 고정크기 보코더 프레임은 주기적인 생성 사이클 동안에 만들어진다. 주기적인 생성 사이클은 ITU-T G.729는 10ms, IS-96은 20ms 그리고 ITU-T G.723는 30ms이다.

시스템 모델은 1개의 BBS 모델과 9~40개의 MS 모델로 구성되었으며, OPNET 시뮬레이션 모델은 VoIP 타입에 기초를 두고 설정되었다. BBS 모델은 음성 생성 모듈, VoIP 적용부 계층 모듈, 무선 패킷 스위칭 모듈 그리고 무선 링크 수신기 모듈로 구성되었다. 무선 패킷 스케줄러 모듈은 매 1ms 간격으로 패킷을 선택해서 전송한다. 여기서 패킷은 FIFO(First In First Out) 규칙에 따라서 선택한다. MS 모듈은 무선링크 수신기 모듈, VoIP 적용부 계층 모듈 그리고 VoIP 어플리케이션 모듈로 구성되었다.

무선링크 속도에 따라서, 채널속도가 200kbps인 패킷 스위칭 채널보다 큰 것으로 가정하고 타임슬롯 크기는 1ms이다. 그래서 보코더 프레임은 1ms 이내에 전송될 수 있다.

또한 “명시적 묵음 삭제” 기능이 있는 VoIP 적용부

계층이 사용되었으며 “명시적 묵음 삭제 표시”는 시뮬레이션에서 공용 방송 채널로 전송된다. 한편, 성능 결과는 역방향 성능이 순방향 성능과 거의 동일하기 때문에 순방향 전송만을 고려하였다.

##### 4.2 성능 분석

허용 가능한 동시 음성 사용자들에 대한 시스템 용량을 계산해 보기로 하자. 만일 “묵음 구간 삭제” 기능을 사용하지 않는다면 허용 가능한 동시 사용자의 수는 수식 (1)에 의해 계산할 수 있다.

$$\text{사용자수} = \frac{\text{보코더 프레임 크기}}{\text{사용자마다 필요한 타임 슬롯} \times (\text{발음 확률} + \text{묵음 확률})} \quad (1)$$

예를 들면, 만일 ITU-T G.729가 사용되었다면 보코더 프레임 크기는 10ms이다. 그리고 보코더 프레임은 무선 전송하기 위해 패킷 스위칭 시스템의 타임슬롯이 필요하고, 발음확률과 묵음확률이 똑같이 50%라고 가정하면 허용 가능한 동시 음성 사용자는 10명이 된다. 그러나 VoIP 사용자에게 “묵음 구간 삭제” 기능을 사용한다면 허용 가능한 VoIP 사용자들의 수는 수식 (2)에 의해 계산할 수 있다.

$$\text{사용자수} = \frac{\text{보코더 프레임 크기}}{\text{사용자마다 필요한 타임슬롯} \times \text{발음확률}} \quad (2)$$

수식 (2)로 계산한 결과는 이상적으로는 20명의 VoIP 사용자가 동시에 사용 가능하지만 보코더 프레임 도착이 버스트하기 때문에 실제로는 더 적게 허용된다.

이것을 입증하기 위하여 먼저 필요한 대역폭을 산출해 보았다.

회선 기반 스키마에서 묵음 프레임 삭제 방식이 아닌 VoIP로 음성서비스를 제공하는 데 필요한 대역폭은 수식 (3)에 의하여 산출할 수 있다. 이 경우, 수식에 나타난 바와 같이 발음구간과 묵음 구간 모두에게 대역폭이 필요하며, 여기서 묵음확률은 일반적으로 발음확률과 동일하다.

$$\text{필요한 대역폭} = \text{평균 트래픽률} \times (\text{발음확률} + \text{묵음확률}) \quad (3)$$

여기서, 목음 구간 삭제 기능이 사용된다면 수식(4)에 나타난 것처럼 active 기간 동안만 대역폭이 필요하다. 그리고 목음 구간 동안 필요했던 대역폭은 다른 음성 사용자들과 함께 사용함으로써 대역폭을 효율적으로 활용할 수 있다.

$$\text{필요한 대역폭} = \text{평균 트래픽률} \times \text{발음확률} \quad (4)$$

예를 들면, 평균 전송률이 6.4kbps이고, 목음 구간 삭제 기능을 사용하지 않는 ITU-T G.729를 사용한다면 이때 필요한 무선 대역폭은 수식 (3)에 따라 계산한 결과 6.4kbps이다. 그러나 만일 발음 구간과 목음 구간이 모두 3초라면 목음 구간 삭제 방식에서 필요한 무선 대역폭은 수식 (4)에 의해 계산한 결과 3.2kbps이다. 이것은 목음 구간 삭제 기능을 사용하지 않는 방식에 비해 절반의 대역폭에 해당한다.

또한, 패킷 교환 방식에서 필요한 대역폭은 수식 (5)에 의해 계산할 수 있다. 이 경우, 필요한 대역폭은 순방향 트래픽 채널로 전송되는 모든 트래픽 양을 전체 시물레이션 시간으로 나눈 것이다. 그래서 처리량은 정해진 트래픽 모델에서 정해진 사용자들이 물리적인 무선링크를 통해 실제적으로 전송하는 속도를 의미한다.

필요한 대역폭

$$= ((\text{발음 프레임 크기} \times (1\text{sec} \div \text{보코더 사이클}) \times \text{발음확률}) + (\text{목음 프레임 크기} \times (1\text{sec} \div \text{보코더 사이클}) \times \text{목음확률})) \times \text{전체 동시 사용자의 수} \div 1000 \quad (5)$$

그래서, 만일 VoIP 목음 구간 삭제 기능을 패킷 스위칭에 적용한다면 필요한 대역폭 계산은 수식(6)에 의해 산출할 수 있다.

필요한 대역폭

$$= (\text{발음 프레임 크기} \times (1\text{sec} \div \text{보코더 사이클}) \times \text{발음확률}) \times \text{전체 동시 사용자의 수} \div 1000 \quad (6)$$

무선 링크 이용 측면에서 VoIP 적응부 계층의 성능 개선을 알아보기 위해 무선링크의 필요한 대역폭을 계산하였다.

시물레이션을 통해 기존의 회선 기반 혹은 목음 삭제 기능을 사용하지 않는 방안의 필요한 대역폭을 계산하였는데 그 결과는 <표 3>에 나타내었다.

<표 3> 기존 방안에서 대역폭(비 목음 구간 삭제)

ITU-T G.729 (11.8kbps, 10ms Cycle)		ITU-T G.723 (5.3kbps, 30ms Cycle)		IS-96 (8.6kbps, 20ms Cycle)	
사용자의 수	필요한 대역폭 (kbps)	사용자의 수	필요한 대역폭 (kbps)	사용자의 수	필요한 대역폭 (kbps)
9	62.22	29	90.60	19	87.52

“명시적 목음 구간 삭제”의 기능을 갖춘 VoIP 적응부 계층을 사용할 때 필요한 대역폭은 <표 4>에 나타내었다. 각 타입에서 첫 번째 열은 목음 구간 삭제 기능을 사용하지 않는 방식으로 동일한 조건에서 산출한 결과이다. 결과에서 보는 바와 같이 “명시적 목음 구간 삭제” 기능을 갖춘 VoIP 적응부 계층은 대역폭을 더 적게 사용한다. 또한, 만일 패킷 스위칭 모드에서 “명시적 목음 구간 삭제” 기능을 갖춘 VoIP 적응부 계층을 사용한다면 회선 기반 방식 보다는 더 많은 사용자들이 시스템을 사용할 수 있다.

<표 4> VoIP 적응부 계층 스키마에서 필요한 대역폭 (명시적 목음 구간 삭제 표시)

ITU-T G.729 (11.8kbps, 10ms Cycle)		ITU-T G.723 (5.3kbps, 30ms Cycle)		IS-96 (8.6kbps, 20ms Cycle)	
사용자의 수	필요한 대역폭 (kbps)	사용자의 수	필요한 대역폭 (kbps)	사용자의 수	필요한 대역폭 (kbps)
9	54.09	29	73.25	19	78.88
12	77.74	36	100.44	24	109.02
16	101.68	48	133.25	32	145.00
20	118.01	60	160.00	40	172.00

한편, 수식 (3)과 수식 (4)에서 보는 바와 같이 단지 무선링크 대역폭 용량만을 고려한다면 회선 기반 방식에 비해 “목음 구간 삭제” 기능을 갖춘 VoIP 적응부 계층에서 거의 2배의 사용자들이 이용할 수 있다. 그러나, 이상적으로는 동시 음성 사용자들을 2배로 허용하지만 실제로는 지연 특성 때문에 다소 차이는 있다. 그래서 각 타입과 음성 사용자의 수에 따른 VoIP 서비스의 지연성능을 평가하였다.

회선 기반 방식과 “목음 구간 삭제” 기능을 사용하지 않는 방안의 지연 성능은 <표 5>에 나타내었다. 결과에서 보는 바와 같이 지연성능은 안정적이고 매우 작다. 이것은 각 사용자마다 거의 전용 타임슬롯을 갖기 때문이다.



<표 5> 기존 방안의 지연성능(비 목록 구간 삭제)

ITU-T G.729 (11.8kbps, 10ms Cycle)			ITU-T G.723 (5.3kbps, 30ms Cycle)			IS-96 (8.6kbps, 20ms Cycle)		
사용자 의 수	지연(ms)		사용자 의 수	지연(ms)		사용자 의 수	지연(ms)	
	평균	(95%)		평균	(95%)		평균	(95%)
9	2.94	2.95	29	11.57	11.58	19	7.15	7.16

“목록 구간 삭제” 기능을 갖춘 VoIP 적용부 계층의 지연성능은 <표 6>에 나타나 있다. 결과에서 보는 바와 같이 지연은 평균과 95% 유의수준간에는 약간의 차이가 존재한다. 이것은 VoIP 보코더 프레임 도착이 버스트하기 때문이다.

그러나, 음성 상용 서비스를 고려한다면 종단간 지연은 200ms 이하이고, 100ms 이하인 BSS에서 MS로의 단방향 지연은 음성 서비스에서 극복할 수 있는 문제이다. 이러한 경우에 VoIP 사용자들은 VoIP 적용부 계층 방식을 더 많이 사용하게 된다. 특히, ITU-T G.723 같은 긴 시간의 음성 프레임 사이클을 사용하면 VoIP 사용자들 중 거의 60% 이상이 동시에 서비스를 더 받을 수 있다.

<표 6> VoIP 적용부 계층 방안의 지연성능(명시적 목록 구간 삭제 표시)

ITU-T G.729 (11.8kbps, 10ms Cycle)			ITU-T G.723 (5.3kbps, 30ms Cycle)			IS-96 (8.6kbps, 20ms Cycle)		
사용 자의 수	지연(ms)		사용 자의 수	지연(ms)		사용 자의 수	지연(ms)	
	평균	(95%)		평균	(95%)		평균	(95%)
9	2.92	3.06	29	5.99	6.61	19	4.02	4.14
12	55.23	94.75	36	7.75	9.11	24	55.30	94.75
16	621.96	981.26	48	39.4	73.54	32	622.13	983.62
20	9440.19	9152.74	60	2136.45	3764.84	40	5544.87	9152.74

따라서, 성능 평가 결과에서도 나타나듯이 패킷 교환 방식의 무선 자원 할당 방안을 활용함으로써 VoIP도 패킷 데이터 서비스와 동일한 관점에서 접근하고, 아울러 목록 구간에서의 프레임 삭제 기능을 지원한다면, 무선 자원을 보다 효율적으로 사용할 수 있는 것을 알게 되었다.

5. 결 론

본 논문에서는 무선 링크 환경에서 VoIP 서비스의 장단점을 고찰하였으며, 몇 가지 관점에서 패킷 교환 방식의 VoIP가 더 매력적인 방법이라는 결론을 내렸

다. 그리고 무선 VoIP가 성공하기 위한 몇 가지 주요 요구사항들을 지적하였고, 또한 무선채널을 효율적으로 이용하기 위한 VoIP 적용부 계층 모델을 제안하였다. 그리고 성능을 분석하고 평가하였다.

결과에 의하면, 30ms 사이클을 갖는 ITU-T G.723 처럼 긴 사이클의 VoIP 보코더를 사용하는 것이 VoIP 동시 사용자의 수를 늘리는데 훨씬 더 유리한 것으로 나타났다. 만일 보코더 프레임 사이클이 10ms인 ITU-T G.729 처럼 작다면 시스템의 동시 사용자 수의 증가는 적고, 지연 성질로 인해 20% 미만이 된다. 그러나 30ms인 ITU-T G.723 처럼 긴 보코더 프레임 사이클을 사용한다면 기존의 회선 기반 방식보다는 거의 60% 이상 증가한다.

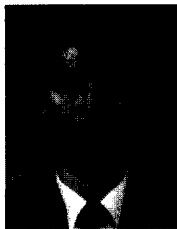
마지막으로 프레임의 도착이 버스트한 경우에는 지연이 증가하기 때문에 동시에 VoIP 사용자를 더 많이 지원하는 것보다는 지연에 민감하지 않은 데이터 서비스에 “목록 구간 삭제” 기능을 갖춘 VoIP 적용부 계층을 사용하여 대역폭을 재사용 하도록 하는 것이 훨씬 더 유리함을 성능 분석을 통하여 검증하였다.

참 고 문 헌

- [1] Internet Architecture Board (IAB) Workshop on Wireless Internetworking, February 29~March 2, 2000, (Presentation materials could be obtained from <http://www.iprg.nokia.com/~hinden/IAB-workshop/>)
- [2] Qualcomm Inc., “HDR Air Interface(HAI) Recommendation,” March 20, 2000.
- [3] 3GPP2, “Proposed cdma2000 Companion High Data Rate(HDR) Standard,” March 27, 2000.
- [4] 3GPP2, “Supplemental Specification for Support of Very High Rate Traffic in 3G Spread Spectrum Systems,” March 27, 2000.
- [5] Jin-Wang, peter J. MacCann, Patvardhana B. Gorrepati, and Chung-Zin Liu, “Wireless Voice-over-IP and Implications for Third-Generation Network Design,” pp.79-97, Bell Labs Technical Journal, September 1998.
- [6] Goran AP Eriksson, Birgitta Olin, Krister Svanbro and Dalibor Turina, “The challenges of voice-over-

IP-over-wireless," pp.20-30, Ericsson Review, No.1, 2000.

- [7] R. V. Cox, "Three New Speech Coders from the ITU Cover a Range of Applications," IEEE Communications Magazine, September 1997.
- [8] B. Goodman, "Internet Telephony and Model Delay," IEEE Network Magazine, May/June 1999.
- [9] S. Casner and V. Jacobson, "Compression IP/UDP/RTP Headers for Low-Speed Serial Links," RFC 2508, IETF, February 1999.
- [10] Sarath Kumar and Sanjiv Nanda, "High Data-Rate Packet Communications for Cellular Networks Using CDMA : Algorithms and Performance," pp. 472-492, IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol.17, No.3, March 1999.
- [11] More information about MIL3 OPNET 6.0 could be obtained from [http://www.opnet.com/opnet\\_home.html](http://www.opnet.com/opnet_home.html).
- [12] TR 101 112 V3.2.0 (1998-04) Universal Mobile Telecommunications System (UMTS) ; "Selection procedures for the choice of radio transmission technologies of the UMTS," (UMTS 30.03 version 3.2.0), 1998.



**이 태 로**

e-mail : trlee@korhealth.ac.kr  
 1984년 광운대학교 전자계산학과 (학사)  
 1989년 경희대학교 교육대학원 전자계산학과(교육학 석사)  
 1995년 경희대학교 대학원 전자계산공학과 박사과정 수료

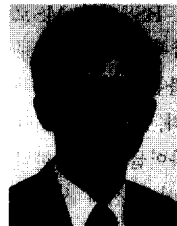
1984년~1990년 경인여자상업고등학교 교사  
 1990년~1996년 대동상업고등학교 교사  
 1996년~현재 고려대학교 병설 보건대학 조교수  
 관심분야 : 컴퓨터 네트워크, 이동통신, 멀티미디어 시스템



**이 성 원**

e-mail : leesw2@telecom.samsung.co.kr  
 1994년 경희대학교 전자계산공학과(학사)  
 1996년 경희대학교 대학원 전자계산공학과(석사)  
 1998년 경희대학교 대학원 전자계산공학과(박사)

1998년~1998년 (주) 미디어콤  
 1999년~현재 삼성전자 cdma2000시스템개발 그룹 연구원  
 관심분야 : 무선패킷 데이터, 통신 프로토콜, 성능평가, 시뮬레이션 등



**한 치 근**

e-mail : cghan@khu.ac.kr  
 1983년 서울대학교 산업공학과 (학사)  
 1985년 서울대학교 산업공학과 (석사)  
 1991년 미국 펜실베이니아주립대학교(전산학 박사)

1992년~현재 경희대학교 전자정보학부 부교수  
 관심분야 : Combinatorial Optimization, 통신망설계, 문서관리 등



**유 인 태**

e-mail : itryoo@khu.ac.kr  
 1987년 연세대학교 전자계산공학과(학사)  
 1989년 연세대학교 전자공학과 (석사)  
 1994년 연세대학교 전자공학과 (박사)

1997년 동경대학 전자정보통신 Ph.D.  
 1992년 한국전자통신연구소 위촉연구원  
 1997년~1999년 삼성전자 네트워크 사업부 선임연구원  
 1999년~현재 경희대학교 전자정보학부 조교수  
 관심분야 : 초고속 네트워크, 차세대 인터넷 프로토콜, 멀티미디어 통신