

통화 중 적응적 Power Save 와 QoS 지원이 가능한 IEEE 802.11g VoWLAN 단말기 구현

Realization of an IEEE 802.11g VoWLAN Terminal with Support of Adaptable Power Save and QoS During a Call

권성수
(LG-NORTEL)

이종철
(광운대학교, 부교수)

Key Words : VoWLAN, IEEE802.11b/g, OFDM, QoS, back-off, Holdover time, MAC

목 차

I. I. 서 론	IV. 통화 품질(QoS)이 보장된 통화 중 Power Save 구현
II. IEEE 802.11 MAC 동작	V. 결 론
III. IEEE802.11g VoWLAN 단말기 통화 중 Power Save 모드 구현 및 소모 전력 분석	참고문헌

I. 서 론

IEEE 802.11 MAC은 CSMA/CA(Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) DCF(Distributed Coordination Function) 비동기식 경쟁 접속방법과 폴링을 통한 매체 접속 방식으로 동기식 전송 방식인 PCF(Point Coordination Function)로 구현 되고 있다. PCF에서는 Point Coordination (PC) 기능을 하는 AP (access point)를 포함하며 중앙 제어 식 폴링 기능을 사용한다. AP는 각 스테이션에게 프레임 보낼 수 있는 기회를 주기 위하여 주기적으로 결합된 스테이션들에게 폴링하게 된다. 폴링(polling)하기 위해 단말기는 항상 버퍼링을 하기 때문에 단말기에서 지원되는 메모리 사이즈로 인해 상용화되고 있는 모든 무선 랜 카드는 PCF를 지원하지 않는다[1].

다음은 소비 전류에 관한 문제로, CDMA 단말기처럼 개방 루프 전력제어(Open loop Power Control)와 폐루프 전력 제어 (Close loop Power Control)의 제어기능이 없으므로, 통화 중 수신거리와 상관없이 균일한 전력을 소모하고 있다. 또한, 다음 Call이 도착할 때까지 Deep Sleep 상태에 들어가는 CDMA 단말기와는 달리 VoWLAN에서는 비콘 (Beacon) 주기마다 동작하므로 CDMA의 경우보다는 전력소모가 많아져 대기시간이 줄어들게 된다.

특히 IEEE 802.11g 규격은 송신 시 802.11b에 비해 큰 소비전력을 요구하고 있다. OFDM과 54Mbps 전송속도의 구조적 특징 때문에 Data 전송 시 많은 전류를 소비하므로, 본 논문에서는 통화 중 전력 소모를 감소시키는 방법을 제안한다.

II. IEEE 802.11 MAC 동작

1. IEEE 802.11 단말기 배경

IEEE 802.11는 단말기 동작 수명은 정해진 배터리 용량과 동일하기 때문에, 통화시간 (Talk Time)과 대기시간 (Standby Time)을 더한 배터리 용량(mAh)이다. 통화시간 및 대기시간은 배터리 양, 폴링 체계, 지연시간, Codec 선택과 전송 속도를 포함하는 여러 가지 파라미터에 따라 달라진다. 특히 대기모드에서 연장된 배터리수명은 Sleep과 Active모드 사이를 패킷 손실 없이 변환시키는 VoWLAN 단말기의 MAC 기술에 의존되는 것이다. IEEE802.11 a/g OFDM 기술이 상용화 되면서 54Mbps까지 전송속도 지원이 가능해 지고, 기존 IEEE 802.11b 전용 단말기보다 30 % 이상 통화 중 전력을 소모하기 때문에, 요즘은 대기시간 보다 통화 중 전력소모가 가장 큰 문제로 부각되고 있다. 802.11 MAC Layer에서는 Data를 Best-Effort 라는 방법으로 통신하는 메커니즘이 사용되고 있어 VOIP 와 같은 Real Time Data 서비스 시 QoS를 지원 하는데 무리가 따르고 있다[2].

2. Power-Save 동작모드

다른 네트워크 인터페이스와 마찬가지로 트랜시버의 전원을 끄는 것은 무선 네트워크에 있어서 아주 많은 전력 절감의 효과가 있다. 트랜시버가 꺼져 있는 경우, Sleeping / Dozing, 또는 PS 또는 Power-Saving Mode에 있다고 불린다. 인프라스트럭처 네트워크에서의 전력관리 문제는 AP역할이 매우 중요하다[3]. AP는 두 가지 전력관리 역할을 갖고 있다. 첫 번째로 AP는 결합하고 있는 모든 이동 스테이션의

전력 관리 상태를 알고 있으므로, 이동스테이션의 상태에 따라 프레임이 무선 네트워크에 전달 되어야할 지를 판단할 수 있다. 전력관리 중인 스테이션을 위한 프레임은 버퍼링 된다. 그러나, 이동 스테이션은 이 버퍼링 된 프레임을 정해진 비콘 주기에만 사용할 수 있다. 두 번째 역할은 주기적으로 어떤 스테이션의 프레임이 버퍼링 되어 있는지를 알려주는 것이다. 버퍼링 상태를 주기적으로 알리는 것은 인프라스트럭처 네트워크에서 전력 절감에 기여 한다[4]. 버퍼 상태를 듣기 위하여 수신기를 켜는 것은 주기적으로 PS-Poll 프레임을 보내는 것보다 훨씬 적은 전력을 소모한다. 스테이션은 에너지를 소모 시켜야 할 이유가 있음을 통보 받은 후에, 송신기를 켜서 PS-Poll 프레임을 보내기만 하면 된다 [5].

III. IEEE802.11g VoWLAN 단말기 통화 중 Power Save 모드 구현 및 소모 전력 분석

기존에 제시되어왔던 방법은 대기 상태에서만 소모 전력이 절감되는 방식이었다[6]. IEEE 802.11b VoWLAN 단말기는 최대 전송속도가 11 Mbps이고, Contention Window 파라미터가 802.11g에 비해 긴 시간 동안 유지하는 규격을 갖고 있다[7]. IEEE 802.11b G.711 Data 전송 Duration은 802.11g 규격에 비해 5배 이상 긴 데이터 전송 시간이 필요하게 되어, 통화 중 Holdover Time 설정 값 동안 몇 개의 프레임만 송수신하기 때문에 통화 음질이 매우 좋지 않게 된다. 또한, 통화 중 단말기 수가 증가 되면 치명적인 통화 품질(QoS)이 발생되기 때문에, 통화 중 Power-Save 방법은 적용하지 못하고 있다. 기존 802.11b 에서는 통화 중 전류가 280 mA 정도 소모되지만, 802.11g 에서는 358 mA 이상 소모되어 연속 통화시간 문제를 안고 있다. 통화 중 Power-Save 방법으로 본 논문에서는 표준화 되어 있지 않은 Holdover Time Duration을 구현 하였다. Holdover Time 설정 값에 따라 통화 중 소모 전류 감소와 그 설정 값 기간 동안만 송수신이 가능하도록 제한하였다. MAC 펌웨어에서 Holdover Time 기간 동안만 데이터가 송수신 할 수 있도록 MAC 펌웨어를 수정하였다. 만일 데이터가 없으면 MAC 펌웨어는 Beacon만 수신 한다. 만일 TIM에서 AP에 데이터가 없다고 판명되면, 바로 저 전력 모드로 변환한다. 송수신 Activity가 끝나고, 다음 송수신 이전의 Holdover Time 으로 들어간다. Holdover Time이 지나면 시스템은 저 전력 모드로 전환한다[8,9,10].

이러한 제안 방식을 검증하기 위하여 다음과 같은 실험을 실시하였다. Holdover Time이 적용되지 않은 VoWLAN 단말기의 전류를 먼저 측정하였다. 기존에 나와 있는 IEEE 802.11 b/g 칩셋은 Hold off Duration Mode를 지원하고 있지 않다. Holdover Duration Mode는 IEEE 802.11 규격에서 내용이 언급되어 있지 않아 본 논문을 통해 구현하게 되었다. 다음 표 1은 VoWLAN 단말기 통화 중 Power save off 상태에서의 DC Current를 측정할 데이터이다. Holdover Duration Mode

를 적용 하지 않은 송수신 전류를 측정 해 보면, 표 1 과 같은 전류 값을 얻을 수 있다. 이 데이터들은 본 논문에서 사용한 칩 솔루션을 사용한 무선 랜 카드를 측정 한 것이다. VoWLAN 단말기가 통화 중 일 때는 송수신 동작이 같이 일어나기 때문에 통화 중 전류 소모는 송수신 전류 평균값이 된다.

<표 1> holdover time을 적용하기 전의 VoWLAN 단말기의 측정 값

VoWLAN	54 Mbps 64QAM
TX 13.0 dBm 802.11g	425 mA average
Rx	220 mA average
통화 중 일 때	360 mA average

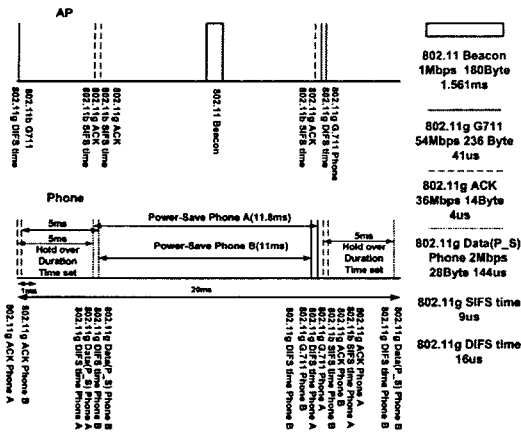
본 논문에서 사용한 무선 랜 칩셋은 MARVELL사의 MRVL MAC / Baseband, MRVL 8010 RF Front-End 이다. 네트워크 분석 Tool은 Wild packets 사의 Airokeek 프로그램을 사용하여 분석하였다. Holdover Time Duration은 5 msec 의 설정 값으로 고정하여 측정하였다. 실험 환경은 VoWLAN 단말기 한 대와 유선 VOIP폰 한 대를 시스템과 연동하여 내선 통화로 연결하였으며, 60초 간격으로 측정하여 분석하였다. VoWLAN 단말기 한 대만 사용한 이유는Contention Window 때문에 Back off가 발생하여, 정확한 MAC 파라미터를 분석하기가 힘들고, 주변의무선 간섭을 피하기 위해 실드룸에서 측정하였다. VoWLAN 단말기로 연동시험을 하기 위하여 AP 한 대와 VoWLAN 단말기 두 대, VOIP Gateway 시스템 한 대, Hub등으로 시스템을 구성하였다.

CCATime (Clear_Channel_Assessment Time)은 각 슬롯에서 매체가 사용 중인지 비어있는지를 결정하는데 소요되는 최소시간을 의미한다. RxTx Turnaround Time은 물리계층에서 프레임을 수신한 후에 응답으로 다음 첫 번째 심벌을 송신할 때까지의 사용되는 최대시간을 의미한다. Air Propagation Time은 송신 터미널과 수신 터미널 사이에서 신호가 전송 될 때 걸리는 전파지연 시간이다. 실내 전송거리가 100 m이면 빛의 속도가 $3 \times 10^8 \text{m/s}$ 이므로 $0.33 \mu\text{sec}$ 이다 [3,4].

그림 2는 802.11b와 비교하기 위하여 각각의 데이터 프레임의 크기 및 전송시간을 비교하였다. 5 msec의 Holdover Duration time set 고정 값을 갖는 802.11g VoWLAN 단말기 두 대의 통화상태를 20 msec 동안 측정 하였다.

단말기 A는 ACK 프레임을 12 Byte 크기로 36 Mbps 전송 속도로 4 usec 동안 보낸다. AP는 DIFS 매체 접속 구간 후 G.711데이터 프레임을 236 Byte 크기로 54 Mbps 전송속도로 $41 \mu\text{sec}$ 동안 전송한다. 단말기 B는 SIFS기간 지난 후 ACK 프레임을 보낸다. 단말기A는 ACK 프레임을 보낸 후 5 msec Holdover Duration time set 설정 값에 따라 5 msec 후 IEEE 802.11 DATA (2Mbps-P_S Mode)를 보낸다. 그

Frame 안에는 Subtype 4 bit 다음에 오는 8 bit가 1000,0100 으로 설정된 Frame Control Flags 가 포함되어있다. 그 내용을 분석하면 순서대로 '10' 두 bit는 AP에게 VoWLAN 단말기가 Power Management mode (000100 6 bit: 네 번째 bit 1은 Power-Save를 의미하는 bit)로 진입하는 메시지를 보낸다. AP는 SIFS동안 지난 후 802.11 ACK를 단말기A에게 전송하고 바로 단말기 A는 Power Save Mode (11.8 msec)로 진입한다.

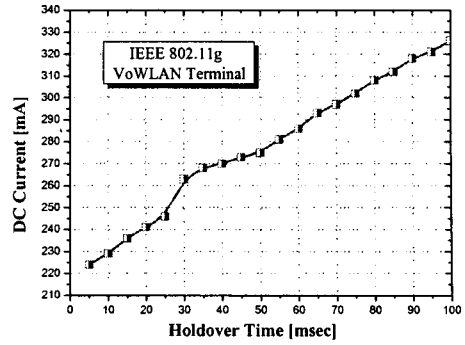


<그림 2> 20 msec 동안 AP와 802.11g VoWLAN 단말기 두 대와의 송수신 작동 상태

11.8 msec 동안 단말기 A는 Rx off 상태로MAC의 모든 동작이 Power Save 모드로 들어간다. 단말기 B도 단말기 A와 같이 ACK 신호를 AP에게 보낸 후 5 msec Holdover Duration time set 설정 값에 따라 5 msec 후 IEEE 802.11 DATA (2Mbps-PS Mode)를 보낸다. AP 부터 ACK 프레임을 수신 후 단말기 B는 Power Save Mode(11msec)로 진입한다. 만약 Holdover Duration time set이 10 msec 이면, ACK 프레임을 보낸 후 10 msec 후 IEEE 802.11 DATA (2Mbps-PS Mode)를 보낸다.

VOIP Gateway 시스템에서 20 msec 간격으로 RTP G.711 Data를 보내기 때문에, 단말기 B에 버퍼링되어 있던 G.711 Data (54 Mbps)가 전송 되면서, 단말기B는 Active모드로 Wake-up한다. 그림 2의 802.11b의 경우와 같이 20 msec 동안 단말기 A, B 는 한번씩 G.711 프레임을 전송하고, AP는 2번 전송한다. 단말기 통화대수 만큼 20 msec 안에 G.711 데이터를 보낸다. 각각의 단말기가 한 대가 G.711 프레임을 보내는 시간은 SIFS(18 μsec) + ACK(4μsec) + DIFS(16μsec) +G.711(41μsec) 로 전체 79 μsec 의 시간이 필요하다.

이는 802.11b의 경우에서 363 μsec의 전송 시간이 필요했던 것과 비하여, 802.11g의 경우에는 그 1/4 인 79 μsec 시간 안에 전송하게 되며, 따라서 여러 명이 같은 장소에서 통화 할 경우 매체에 접속하고 종료하는 시간이 빠르기 때문에 802.11b 보다 Holdover Duration time set 구현이 용이하다.



<그림 3> VoWLAN 단말기의 Holdover time에 따른 전류 레벨

그림 3은 Holdover Time Set을 최소 5 msec 에서 최대 100 msec 까지 5 msec 간격으로 측정한 Data 이다. 측정결과 Holdover Time 간격에 따라 최대 30 % 이상 전류 값이 차이가 나는 것을 분석하였다. 최소 250 mA에서 최대 326 mA까지 통화 중 전류 소모를 보여주고 있다. 만약 1000 mA Li-Ion Battery를 사용, 통화시간을 측정하면, 3시간에서 4시간까지 연속통화 시간을 연장할 수 있다.

IV. 통화 품질(QoS)이 보장된 통화 중 Power Save 구현

본 논문에서는 사무실 환경이나 여러 사람이 사용하는 공공장소에서 여러 대의 단말기가 동시에 통화를 시도할 경우 통화품질(QoS)을 보장 할 수 있는지 분석하였다. Holdover Time은 5 msec 로 설정하였으며, 통화 중인 VoWLAN 단말기는 최대 8대까지 증가시키면서 AiroPeek 네트워크 분석 Tool을 이용하여 IEEE 802.11 MAC Parameter들을 분석하였다.

Time	Source MAC	Destination MAC	Length	Type	Priority	Fragment	Sequence	Control
07:14:10.10.11	00:0E:6C:53:89:C0	00:0E:6C:53:89:C0	11.0	20	1	0	01.002016	01.634974
07:14:10.10.11	00:0E:6C:53:89:C0	00:0E:6C:53:89:C0	5.5	20	1	0	01.002017	01.634981
07:14:10.10.11	00:14:72:13:89:C0	00:0E:6C:53:89:C0	11.0	28	1	0	01.001717	01.635008
07:14:10.10.11	00:14:72:13:89:C0	00:0E:6C:53:89:C0	11.0	28	1	0	01.003778	01.635075
07:14:10.10.11	00:14:72:13:89:C0	00:0E:6C:53:89:C0	11.0	28	1	0	01.001458	01.635044
07:14:10.10.11	00:14:72:13:89:C0	00:0E:6C:53:89:C0	11.0	20	1	0	01.002888	01.634932
07:14:10.10.11	00:0E:6C:53:89:C0	00:14:72:13:89:C0	11.0	20	1	0	01.001517	01.635040
07:14:10.10.11	00:14:72:13:89:C0	00:0E:6C:53:89:C0	11.0	14	1	0	01.002517	01.635060
07:14:10.10.11	00:0E:6C:53:89:C0	00:14:72:13:89:C0	2.0	28	1	0	01.000067	01.634977
07:14:10.10.11	00:14:72:13:89:C0	00:0E:6C:53:89:C0	2.0	14	1	0	01.001158	01.634983
07:14:10.10.11	00:14:72:13:89:C0	00:0E:6C:53:89:C0	1.0	20	1	0	01.000012	01.634985
07:14:10.10.11	00:14:72:13:89:C0	00:0E:6C:53:89:C0	1.0	20	1	0	01.002175	01.634979
07:14:10.10.11	00:14:72:13:89:C0	00:0E:6C:53:89:C0	11.0	28	1	0	01.003012	01.635002
07:14:10.10.11	00:0E:6C:53:89:C0	00:14:72:13:89:C0	11.0	20	1	0	01.000285	01.634967
07:14:10.10.11	00:14:72:13:89:C0	00:0E:6C:53:89:C0	11.0	14	1	0	01.000216	01.635063
07:14:10.10.11	00:0E:6C:53:89:C0	00:14:72:13:89:C0	2.0	28	1	0	01.003304	01.635097

<그림 4> AiroPeek으로 측정된 4대의 VoWLAN 단말기 통화 중 프로토콜 분석

그림 4는 동시 통화 4대를 Airopeek으로 분석하여 프로토콜 진행을 화면 캡처한 그림이다. 통화 중인 한대 단말기의 MAC 주소를 AiroPeek tool을 이용해 필터링된 값으로 편집한 후, 필터링된 단말기와 양방향 통신을 하는 모든 단말기 및 AP의 프로토콜을 분석하여, 600 msec 간격으로 반복해서 RTS와 Data Retries를 분석하였다. AP로부터 단말기 G.711 데이터와 RTS 프레임 재전송 프로토콜 진행이 그림 9와 같이 분석 된다. 그림 9에서 보면 동일주소 상에서 G.711 데이터와 RTS 재전송이 자주 발생하는 것을 확인할 수 있다. 이는 네트워크가 혼잡한 상태임을 알 수 있다.

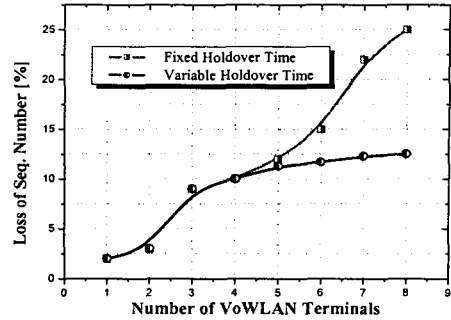
802.11 Control 프레임에 RTS와 Data Retries 횟수가 증가하는 것을 알 수 있다. VoWLAN 단말기 수가 4대 이상 초과하게 되면, 그림 8처럼 네트워크 혼잡도가 급격히 증가하여 최소 통화품질을 지원하는 QoS는 DCF 경쟁 구조에서 Contention Window 파라미터 값이 크게 증가하여 Backoff 시간이 길어져 매체 접속이 어려워지는 결과가 나왔다.

지연이 30 msec 이상이 되면 jitter Buffer 단에서 단말기마다 고정된 Buffer 사이즈만큼 저장되어 삭제된다. Buffer 사이즈는 200 msec 이며 10개 G.711 코덱 데이터를 저장할 수 있다. 10개 Slot 이상을 저장하면 DSP 단에 Echo Cancellation 기능이 저하되어 통화 음질이 떨어진다. 측정 결과를 통해 4대 이상 VoWLAN 단말기가 통화 중 일 때 음성품질이 떨어져 VQT의 Listening Quality Score가 3.20이라는 MOS 측정값이 나왔다.

5 msec 의 Holdover Time 설정 값 동안 VoWLAN 단말기 2대가 통화 중 일 때에는 네트워크 상황이 혼잡하지 않아 Contention Window가 발생하지 않는다. 단말기 동시 통화 숫자가 증가함에 따라 네트워크 상태가 혼잡하게 되므로, 고정된 Holdover Time 값을 설정하는 대신, 네트워크 혼잡도 상태에 따라 Packet Loss를 분석하여 설정 값을 가변 하는 새로운 방법을 제안한다.

RTS와 G.711Re-Transmission 프레임 전송 시 Seq. Number를 함께 전송한다. 통화 음질에 밀접한 G.711 데이터는 UDP, RTP 두 개의 Seq. Number 와 함께 전송한다. 수신 단에서는 G.711 Seq. Number를 RTP 어플리케이션 단과 jitter Buffer 단에서 확인할 수 있다.

RTP 어플리케이션 단에서 실시간으로 jitter Buffer 사이즈와 상관없이 Seq. number를 분석할 수 있기 때문에 본 논문에서는 RTP 어플리케이션 단에서 Seq. Number를 확인하기로 하였다. 802.11 G.711 Data를 AP가 RTP 패킷에 Decoding 하여 VoWLAN 단말기에게 전송하면, VoWLAN 단말기는 MAC Host 단에 있는 RTP Application Layer에서 Encoding 하여 G.711 Seq. Number를 확인 할 수 있다.



<그림 12> 고정 및 가변 Holdover Time을 적용한 VoWLAN 단말기 수에 따른 Seq. Number 손실율

그림 12는 VoWLAN 단말기의 RTP application layer를 3 초 동안 확인 한 후 G.711 Seq.Number의 손실율을 나타낸 그래프이다. VOIP Gateway 시스템에서 20 msec 간격으로 G.711 Data를 보내기 때문에 3초 안에 90개 Seq. Number를 확인할 수 있고, 확인된 RTP Data을 Jitter Buffer 단으로 넘겨준다.

또한 Uplink Percent Packet Loss와 Downlink Percent Packet loss를 분석하였다. 외부 주파수 간섭과 여러 단말기 통화 네트워크가 혼잡하여 Contention Window 가 발생하기 때문에 AP에서 VoWLAN 단말기로 보내줄 Data에 손실이 많이 발생한다[11]. AP에서 VoWLAN 단말기로 전달하는 802.11 G.711 Seq. Number 가 VoWLAN 단말기 MAC 단에서 손실되었는지를 3초동안 분석하여 손실율이 20 % 이상이면 Holdover Time 설정 값을 100 msec 로 하고, 10 % 이상이면 10 msec, 5 % 이상이면 5 msec로 설정하였다. 위 조건에 일치하도록 MAC 펌웨어 관리층에서 자동적으로 가변 하여 Holdover Time 설정 값이 정확하게 전송되도록 하였다. 아래 그림 12는 VoWLAN 단말기 8대를 네트워크 상태에 따라 Holdover Time 설정 값을 가변 하는 방법을 적용, 동시 통화상태로 테스트하여, 고정값의 경우와 비교한 결과이다. 단말기 수가 4대 이상에서는 발생하는 Seq. Number 손실율이 12 % 정도로 고정 및 가변값의 경우가 모두 비슷하게 나타남을 관찰 할 수 있다. 단말기 대수가 증가함에 따라 고정값의 경우 손실율이 증가하지만, 가변값의 경우는 그 손실율 증가율이 거의 없음을 확인할 수 있다. 단말기 8 대가 동시통화 중일 때 소모 전류를 60 초 동안 측정된 결과 260 mA를 얻었다. 이는 Holdover Time을 35 msec으로 고정하여 측정된 값에 해당된다.

표 2는 지금까지 측정된 Data를 정리한 표이다. 측정 결과치를 보면 기존 802.11g에 비해 100 mA 이상 전류값이 감소하였고, 802.11b 보다는 20 mA가 감소하였다. 본 논문에서 제안한 방식을 적용한 결과, 전력 소모 절감 효과와 통화 품질(QoS)이 보장 된 통화 중 Power Save 구현이 가능해졌다.

<표 2> 4가지 경우에 대한 통화중 VoWLAN 단말기 수에 따른 측정 전류 값

	802.11b	802.11g Holdover time 비적용	802.11g Holdover time 5ms 고정	802.11g Holdover time 가변
Current	280mA	360mA	220mA	260mA

IV. 결론

본 논문에서는 802.11g OFDM 방식에서 가장 취약한, Data Frame 전송 시 소비전력이 30 % 이상 증가하는 문제를 해결할 수 있는 방법 및 통화 품질(QoS)을 보장할 수 있는 새로운 방법을 제시하였다. 통화 중 Power Save 모드를 사용하여 통화 중 MAC 파라미터와 전력 소모를 분석함으로써, 통화 중 Holdover Time 설정 값 변화에 따른 통화품질을 분석하였다. Airopack 네트워크 분석기를 통해 전송속도, 전송시간, Data 지연, 데이터 크기가 Holdover time에 따른 연관성을 확인할 수 있었고, 일반적으로 802.11g 에 비해 802.11b는 전송속도가 낮기 때문에, 전송시간이 길어진다. 이는 Holdover Time 설정 값 안에서 많은 프레임을 송수신 할 수 없어 패킷 손실이 발생하는 것을 확인하였다. 또한 Holdover Time 설정 값에 따른 무선링크에서 패킷 손실과 통화대수의 증가에 따른 통화상태를 분석하였다.

또한, 본 논문에서는 AP로부터 수신되는 G.711 RTP Seq Number를 확인하여, 3초 동안 MAC Host 단에 있는 RTP Application Layer에서 Seq. Number를 분석하여 Holdover Time 설정 값을 최소 5 msec 에서 최대 100 msec 까지 다양하게 조절할 수 있는 알고리즘을 제시하였으며, 이 알고리즘 표준에 따른 통화 중 Holdover Time으로 8대를 동시 통화하여 네트워크 포화상태에서도 통화품질이 향상되는 것을 네트워크 분석기 Airopack을 통해서 검증하였다.

본 논문에서는 기존의 시뮬레이션에 의존한 전력 절감 방법 대신 Power Save를 실제적으로 구현할 수 있는 방법을 제시하고, VQT, Oscilloscope, Vector Signal Analyzer, 무선 랜 전용 전류 측정 장비를 사용하여, 실제 환경에서 단말기 통화 대수를 증가시키면서 네트워크 분석 Tool을 이용하여 성능이 향상됨을 검증하였다.

본 논문에서 제시한 방법은 실제 무선 랜 시스템에 다양하게 적용 가능하리라 기대된다.

감사의 글

본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음 (IITA-2006-(C1090-0603-0008))

참고문헌

1. IEEE Std. 802-11-1999, Part 11: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications, *IEEE 802.11 Std*, 1999.
2. X. P. Costa, D. C. Mur, and T. Sashihara, "Analysis of the integration of IEEE 802.11e capabilities in battery limited mobile devices," *IEEE Wireless Communications*, vol. 12, no. 6, pp. 26-32, Dec. 2005.
3. IEEE Std. 802-11e-Supplement to Part 11: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications; Medium Access Control (MAC) Enhancement for Quality of Service (QoS), *IEEE 802.11e/D8.0*, February 2004.
4. T. Mo and C. W. Bostian, "A throughput optimization and transmitter power saving algorithm for IEEE 802.11b links," *Proc. IEEE Wireless Communications and Networking Conf.*, vol. 1, pp. 57-62, March 2005.
5. IEEE Std 802.11b-Supplement to Part 11: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications; High-speed Physical Layer Extension in the Sept. 1999, 2.4 GHz Band, *IEEE 802.11b Std*, 1999.
6. F. Anjum, M. Elaoud, D. Famolari, A. Ghosh, R. Vaidyanathan, A. Dutta, P. Agrawal, T. Kodama, and Y. Katsube, "Voice Performance in WLAN Networks-An Experimental Study," *Proc. IEEE Global Telecomm. Conf.*, pp. 3504-3508, Dec. 2003.
7. G. H. Hwang and D. H. Cho, "Voice capacity in IEEE 802.11 wireless LANs," *Electron. Lett.*, vol. 40, no. 18, pp. 1137-1138, Sept. 2004.
8. X. Wang, T. D. Todd, D. Zhao, and V. Kezys, "Power saving gateways for real-time voice handset support in IEEE 802.11 wireless LANs," *Proc. IEEE Int. Conf. Communications*, vol. 1, pp. 164-169, June 2004.
9. P. Wang, H. Jiang, and W. Zhuang, "IEEE 802.11e enhancement for voice service," *IEEE Wireless Communications*, vol. 13, no. 1, pp. 30-35, Feb. 2006.
10. M. Narbutt and M. Davis, "An assessment of the audio codec performance in voice over WLAN (VoWLAN) systems," *Proc. 2nd Int. Conf. Mobile and Ubiquitous Systems: Networking and Services*, pp. 461-467, July 2005.
11. Y. Chen, N. Smavatkul, and S. Emeott, "Power management for VoIP over IEEE 802.11 WLAN," *Proc. IEEE Wireless Communications and Networking Conf.*, vol. 3, pp. 1648-1653, March 2004.