

# WiMAX 망에서 효율적인 VoIP 서비스를 제공하기 위한 헤더 압축 기법에 관한 연구

안영진<sup>o</sup> 조규섭

성균관대학교

ahnyj@samsung.com

## Study of Header Compression Methods for Supplying Efficient VoIP Service in WiMAX Network

Youngjin Ahn<sup>o</sup> Kyuseop Cho  
SungKyunKwan University

### 요 약

향상된 성능의 3 세대 무선 인터넷 서비스를 제공하기 위해 등장한 IEEE 802.16 표준은 VoIP를 적용할 수 있는 QoS 기능을 규정하고 있으며 WiMAX 포럼의 장비 제조사들은 저마다의 scheduling 기법 구현을 통해 WiMAX 네트워크에서 voice service가 가능하도록 장비를 설계하고 있다. 그럼에도 불구하고, WiMAX 무선 구간에서 사용되는 MAC header는 제한된 RF 자원의 사용에 부담을 주고 있으며, BS(base station)와 BSC(BS controller)간에 사용되는 tunneling protocol의 헤더 역시 VoIP packet에 붙게 되어 대역폭의 비효율화를 초래한다. 유선상에서의 overhead는 저렴한 Gigabit Ethernet 링크를 사용하면 대역폭이 충분히 커지므로 별 문제가 되지 않지만 무선 상의 overhead는 반드시 줄여져야만 효율적인 무선 자원 이용 및 voice quality의 향상을 가져올 수 있다. 따라서 본 연구에서는 지금까지 제안된 IP/UDP/RTP 헤더 압축 기법 및 WiMAX MAC header 압축 기법을 분석하여, 무선 구간 WiMAX 네트워크에서 VoIP 서비스를 효율적으로 제공할 수 있는 방안을 제시하고자 한다.

### 1. 서 론

전송 네트워크 기술의 발전과 인터넷의 광범위한 보급으로 인해 기존 PSTN 망에서 제공하던 단순한 음성 서비스와 부가 응용 서비스를 패킷 네트워크를 통해서 제공할 수 있게 되었다. 음성 데이터는 주로 UDP(user datagram protocol)로 전송되는데, 이 프로토콜의 특성상 TCP/IP와는 달리 손실된 패킷에 대하여 재전송 요구를 하지 않으므로 인한 패킷 손실의 가능성이 항상 존재한다. 뿐만 아니라 패킷 네트워크에서의 과부하로 인한 전송 지연으로 통화 서비스의 품질(quality of service)이 떨어질 수 있다. 이러한 VoIP의 제약 사항으로 인해 voice QoS에 대한 고려가 중요시된다. WiMAX 서비스 역시 패킷 네트워크에 기반을 두고 있으며 무선이라는 비 균질 특성의 미디어를 통과하게 되어 있으므로 음성 서비스를 위한 QoS 확보는 더욱 중요한 이슈이다.

VoIP QoS에 영향을 미치는 요소들은 크게 네트워크 및 어플리케이션으로 나눌 수 있는데, 네트워크에서는 bandwidth limitation, packet loss, packet transfer delay, 및 jitter가 주요 요소이며 어플리케이션에서는 buffering delay, delay variation 및 codec performance(speech coding distortion, noise, processing time)를 들 수 있다. [1]

WiMAX 등의 무선 인터넷 망에서 중요시해야 할 품질 요소들은 안정적이지 않은 RF link로 인한 packet drop 및 제한된 대역폭으로 인한 network delay이다. 유선 망에 대비되는

wireless link의 특성은 signal strength가 RF 신호의 전파 도중에 급격하게 저하된다는 점과 무선 자원을 공유함으로 인하여 상이한 radio signal source로 인한 간섭이 존재한다는 점, 그리고 radio signal이 빌딩, 산 등의 장애물로 인해 반사되어 서로 다른 시간에 수신됨으로 인한 multipath propagation 문제를 갖고 있다는 점을 들 수 있다. [2]

따라서 이러한 요인으로 인한 packet drop이 얼마나지 발생할 수 있으므로 유실된 packet의 감지 및 선택적 재전송 기능 및 수신 단에서의 error 복구 기능이 음성 품질 향상에 필수적인 기능이 된다. 또한 wireless link의 대역폭은 높은 error율로 인해 낮을 수 밖에 없으며 대역폭 향상을 위해서 고도의 signal processing 기술이 필요하다. 경제성을 고려해 볼 때 대역폭 향상에는 제한이 존재하게 된다. OFDM 기술을 사용한 WiMAX 역시 이러한 제약 사항들을 지니고 있으며 wireless link 상에서의 무선 자원을 효율적으로 이용할 수 있는 기술의 적용이 voice packet 뿐만 아니라 다른 서비스를 위해서라도 반드시 필요하다.

일정 길이의 음성 데이터에 RTP, UDP 및 IP 헤더가 추가되어 IP packet이 생성되는데, 이를 802.16 규격에서는 SDU(signal data unit)라 정의하며 이 SDU에 802.16 MAC 헤더가 붙어 MAC PDU(packet data unit)가 구성된다. [3] WiMAX 무선 링크에서는 MAC PDU 여럿을 burst로 묶어서 5ms 주기의 802.16 frame 헤더를 구성하여 전송하므로 순수 사용자 데이터 크기에 대비하여 많은 비중을 차지하는 헤더로

인하여 음성 데이터의 전송 지연 및 손실을 초래할 수 있다. 따라서 헤더를 얼마나 효율적으로 압축하여 wireless link로 전송할 수 있는지가 음성 품질 향상에 중요한 이슈의 하나로 작용하게 된다.

본 논문에서는 대역폭 및 전송 특성의 제약을 가지고 있는 WiMAX 무선 링크 상에서 음성 데이터를 효율적으로 전송하기 위한 방법의 하나로 사용되는 헤더 압축 기법에 대한 기존의 기술들을 분석하고, 그 결과를 토대로 WiMAX 망에서의 VoIP 서비스에 적합한 압축 기법을 제시하고자 한다.

## 2. 기존의 헤더 압축 알고리즘

### 2.1 음성 데이터를 전송하기 위한 프로토콜 헤더

RTP(real-time transport protocol)는 멀티캐스트 또는 유니캐스트 상에서 음성, 화상 등의 실시간 데이터를 전송하는 어플리케이션에 적합한 end-to-end 전송 기능을 제공하는 프로토콜이다. [4] 그러나 RTP는 자원 예약에 대한 내용은 다루지 않으며, 특히 적시 데이터 전송(timely delivery), QoS 보장, 패킷의 순서 뒤바꿈에 대한 보장 기능을 제공하지 않는다. 따라서 실시간 데이터 특성에 중점을 두어 제정된 프로토콜이라고 할 수 있다. RTP 패킷은 최소 20 byte로 구성된다.

RTP 패킷의 다중화와 체크섬은 UDP(user datagram protocol)을 이용하는데, UDP는 손실에 둔감하고 전송률에 민감한 데이터 전송에 적합하다는 특성을 갖고 있으며 connection 설정을 필요로 하지 않는다.

UDP 헤더는 총 8 byte로 구성되며[5], IP 헤더는 최소 20 byte로 구성되므로[6] RTP/UDP/IP 헤더 모두를 고려할 때 최소 48 byte가 사용되고 있음을 알 수 있다. 따라서 이더넷 frame 관점에서 보면 payload 최소 크기인 46 byte를 초과하므로 매우 큰 대역폭의 낭비를 가져오게 되며, 이는 헤더 압축 기법이 연구되게 한 원인으로 작용하고 있다.

RTP/UDP/IP 헤더가 붙은 음성 packet은 WiMAX 네트워크의 무선 링크상에서 WiMAX MAC 헤더가 덧붙여진 후 5ms 주기의 frame에 매핑되어 전송된다. WiMAX 네트워크에서 사용되는 헤더에는 GMH(Generic Mac Header), FSH(Fragmentation Sub-header), PSH(Packing Sub-header), Management Header 등이 있으며 일반적으로 사용자 유저 데이터 전송에 사용되는 GMH의 field를 살펴보면 그림 1과 같이 구성된다. [7]

HT(1)	EC(1)	Type(6)	ESF(1)	CI(1)	EKS(2)	Rsv(1)	LEN MSB(3)
LEN LSB(8)			CID MSB(8)				
CID LSB(8)			HCS(8)				

그림 1. WiMAX General MAC Header

Type 필드는 PDU의 type을 구분해 주는 값이며, ESF(Extended Sub-header Field)는 sub header의 유무 및 종류를 나타낸다. CID(Connection Identifier)는 BS(base station)와 SS(subscriber station)의 MAC 계층 내의 connection을 식별하는 MAC 계층 주소이다. LEN(length of frame)은 헤더를 포함한 MAC PDU의 길이이며 byte 단위로 표시된다. HCS(Header Check Sequence)는 헤더 정보의 checksum 값이다. 이 외에 HT(header type), CI(CRC Indicator), EC(Encryption Control), EKS(Encryption Key Sequence) 필드 등이 있다.

### 2.2 헤더 압축 기법

헤더 필드들은 일반적으로 STATIC, DELTA, DYNAMIC, INFERRED로 분류할 수 있으며, 그 의미는 다음과 같다. [8]

- STATIC: 하나의 end-to-end packet stream에서 일정한 값을 가지는 필드로서 IP 주소 및 포트 번호가 해당되며 RTP나 IP의 version 필드처럼 잘 알려진 값들을 가지는 필드도 해당된다.
- DELTA: 앞 패킷과의 값 차이가 일정한 필드로 sequence number 등이 해당된다.
- DYNAMIC: 랜덤하게 변하는 필드로서 체크섬 및 IP의 ID, ToS, TTL 등이 해당된다.
- INFERRED: Length 필드처럼 다른 헤더 필드 등을 통하여 추론이 가능한 필드가 해당된다.

일반적인 헤더 압축 기법은 context identifier(CID) 개념이 도입되는데, 송신 측(compressor)에서 최초에는 무 압축 상태의 full 헤더를 가진 패킷('context')에 특정 CID를 추가하여 보내고, 다음 번 패킷부터는 동일한 CID로 STATIC, DELTA 또는 INFERRED한 성질을 지니는 헤더 필드들을 생략하여 보내면, 수신 측(decompressor)에서 CID를 보고 최초로 저장된 헤더 필드 정보들을 참고하여 두 번째 패킷부터 수신된 압축 헤더에 추가하는 방식으로 복원하는 기법이다. [7]

DELTA 헤더의 경우 decompressor와 compressor가 full header의 대부분의 field를 저장하고 있다가 compressor에서 앞 패킷과의 차이 값(delta)만을 전송하면 decompressor가 delta 값을 기존 값에 보정하여 복원한다. 전송 도중 패킷 에러가 발생하거나 유실될 경우 수신 측에서는 TCP sequence 또는 TCP/UDP checksum을 이용하여 에러를 검출할 수 있으며, twice algorithm을 사용할 경우 유실된 패킷의 delta 값이 종전까지 사용하던 delta와 같다는 가정 하에서 패킷을 복원한 이후, 다시 checksum을 계산하여 decompression repair가 성공인지의 여부를 판단할 수 있다. 이외에 정기적으로 full header 패킷을 전송함으로써 decompression error의 확률을 줄일 수 있다.

RTP/UDP/IP 헤더의 압축 기법은 V.Jacobson에 의해 제안되었으며 CRTP(Compressed RTP)라는 명칭으로 IETF에 의해 RFC2508로 채택되었다.[8] 이 기법은 RTP 헤더가 연속되는 패킷의 field 값들의 차이가 일정하여 second-order 차이가

'0'이 되는 필드들을 압축하는 방식이며, IP와 UDP 필드의 Length field 및 CRC의 중복을 단일화하여 헤더 중복을 방지했다.

정의된 패킷의 종류는 다음 5 가지이다. Full\_Header, Compressed\_UDP(IP 및 UDP 헤더만 압축된 패킷), Compressed\_RTP(IP 및 RTP 헤더만 압축된 패킷), Context\_State, Compressed\_Non\_Tcp(IP/UDP/RTP 헤더가 압축된 패킷).

Decompressor 측에서는 패킷 유실을 감지하는 목적으로 link sequence를 사용하는데 그 값은 0에서 15사이이다. 연속적이지 않게 수신될 경우 decompressor는 Context\_State 메시지를 생성하여 압축 해제에 어떤 정보가 필요한지를 compressor 측에 보내는데, compressor 측에서는 해당 메시지를 보고 필요 시 해당 정보의 재전송을 해 준다.

CID(Context ID) 및 link sequence 필드는 Full\_Header 전송 시 compressor 측에서 삽입되는데, 기존 패킷의 형태에 수정을 가하지 않기 위해서 IP 헤더 Length 필드 16 bit와 UDP 헤더 Length 필드 16 bit를 사용한다. (그림 2)

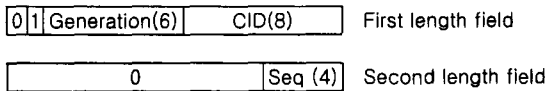


그림 2. CRTP header format for 8 bit context ID

CRTP는 twice algorithm을 사용하므로 decompressor 자체적인 에러 복구도 가능하다. 그러나 패킷 유실이 빈번하게 일어날 경우에는 compressors가 Full\_Header를 보내는 경우가 많아지며 Context\_State 패킷의 생성으로 인해 압축의 효율성이 저하될 수 있다는 단점이 있다.

CRTP 기법 사용 시 압축된 RTP/UDP/IP 헤더 크기는 최소 2 byte이며 헤더 압축률은 최대 95% (full header: 40byte)이다. Context ID를 16bit로 사용할 경우 최소 3 byte가 되며, twice algorithm을 적용하기 위해 UDP checksum을 사용할 경우 최소 5 byte가 된다. [9]

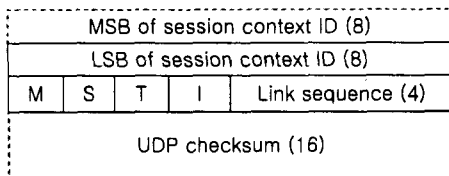


그림 3. Compressed RTP/UDP/IP header format by CRTP

앞서 언급한 대로 CRTP는 패킷 오류가 빈번하게 일어나는 링크에서 사용될 경우 압축률이 나빠진다는 단점이 있으며, RTT(Round Trip Time)가 긴 링크에서 사용 시 decompressor 측 압축 해제 오류 이후 재전송 요청에서부터 오류 복원까지 Full\_Header 상태로 전송되므로 압축 효율성이 낮아진다는 단

점이 있다. Twice algorithm의 경우 에러 검출의 신뢰도가 떨어지는 UDP checksum을 사용하므로 경우에 따라 압축 복원 후의 데이터에 오류가 발생할 확률이 존재한다.

이와 같은 단점에 대한 보완의 필요성으로 ROHC(Robust Header Compression) 기법이 제안되었고 IETF에서 RFC3095로 표준 제정되었다. ROHC는 헤더 필드를 STATIC/DYNAMIC/INFERABLE로 구분하고 있으며 compressor에서의 압축 해제 상태를 IR(Initialization & Refresh), FO(First Order), SO(Second Order)로, decompressor에서의 압축 해제 상태를 NC(No Context), SC(Static Context), FC(Full Context)로 정의한다. 최적의 압축 상태에서 compressor는 SO 상태를, decompressor는 FC 상태를 유지한다.[10]

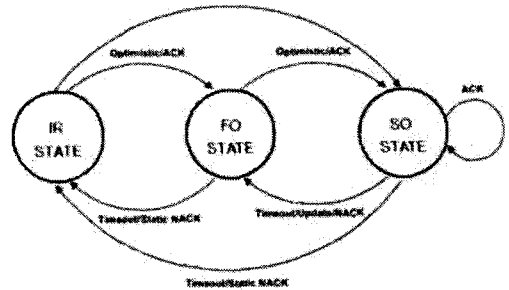


그림 4. ROHC State Machine Diagram

ROHC 기법은 낮은 압축률로 전송을 시작하여 가능한 가장 높은 압축률에 도달된 상태로 유지하는 것인데, decompressor의 context 초기화 또는 압축 해제 실패 이후 compressor 상태는 가장 낮은 압축 단계인 IR이 되며 이 상태에서 compressor는 완전한 헤더를 보낸다. 이후 FO 단계에서 compressor는 STATIC 필드를 보내지 않으며, 최종적으로 SO 단계에서 압축 가능한 모든 필드는 전송되지 않는다. Decompressor 측의 상태 천이는 가장 낮은 단계인 No-Context에서 Static-Context 및 Full-Context 단계로 이동 가능하며, Full-Context 단계에서 정확한 압축 해제 동작이 이루어진다. Compressor와 decompressor 간 압축 상태 천이는 ACK/NACK/Static-NACK 등의 feedback packet의 교환으로 이루어진다.

ROHC는 무선 링크를 주요 대상으로 하여 개발되었지만 CRTP와 달리 수신된 압축 패킷들의 순서가 뒤섞이지 않는다는 가정을 필요로 한다. 만일 수신된 압축 패킷들의 순서가 뒤섞여(mis-ordering) 들어온다면 decompressor 측에서 패킷 유실로 처리하며 압축 효율의 저하를 초래하게 된다. 시시각각으로 변하는 무선 환경으로 인해 수신 패킷들의 순서 뒤바뀜은 충분히 발생할 수 있으므로 이에 대한 보완이 필요하다.

ROHC와는 별도로 CRTP 그룹에서는 기존의 CRTP와 호환되면서 압축 해제 시의 신뢰도를 향상시켜 에러율이 높고 RTT가 긴 무선 링크 구간에서도 적용 가능하도록

ECRTP(Enhanced CRTP) 기법을 제안, RFC3545로 규격화하였다.

ECRTP는 IPv4의 ID 필드를 위한 선택적인 갱신 기능을 추가하였고, UDP checksum이 사용되지 않는 경우에 수신 단에서 압축 해제 어려움 등을 할 수 없다는 기존 CRTP에서의 단점을 보완하여 HDRCHSUM(header checksum) 필드를 추가했다. [11] 이 외에 새로이 추가된 압축 헤더 필드로는 기본 flag byte에 F(확장 flag byte 존재 알림) 필드 및 I(IPv4 ID 값 전송 알림) 필드가 추가되었고, dT(delta RTP timestamp)는 기본 flag byte에 위치하는 것으로 수정되었다. 확장 flag byte에는 P(RTP payload type 값 전송 알림) flag 및 C(CSRC count 값 전송 알림) flag가 추가되었다. 이로 인해 기존의 CRTP에서 delta 값만을 전송하던 방식에서 ECRTP는 몇 가지의 헤더 값 자체를 전송할 수 있게 되어 decompressor 단에서의 압축 해제 신뢰성을 향상시켰다.

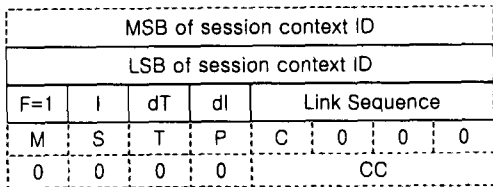


그림 5. Compressed RTP/UDP/IP header format by ECRTP

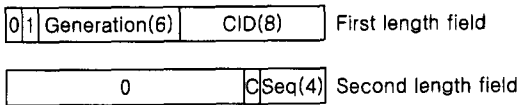


그림 6. ECRTP header format for 8 bit context ID

지금까지 음성 데이터 패킷 전송을 위해 사용되는 IP/UDP/RTP 헤더의 압축 기법에 대해 살펴보았다. 무선 패킷 망에서는 현재 Gigabit Ethernet이 보급되고 있으며, 최소한 100Mbps의 대역폭을 가진 Fast Ethernet이 보편적으로 사용되고 있으므로 최대 64kbps의 음성 패킷 대역폭과 비교하여 전송로의 대역폭이 상당히 크기 때문에 음성 패킷의 효율적인 전송을 위한 헤더 압축 기법은 도입의 필요성이 작다고 볼 수 있다. 하지만 무선 망의 경우 WiMAX라 하더라도 실질적으로 가능한 상향 링크 대역폭은 수백kbps에서 1Mbps이기 때문에 음성 패킷의 헤더 압축 필요성은 크다고 할 수 있다.

WiMAX 링크 계층에서 IP/UDP/RTP 헤더의 압축 기법으로 사용되는 기술은 PHS(Payload Header Suppression)로, 이 기능은 송신 단에서 각 SDU에 포함된 header의 반복됨으로 인한 대역폭의 낭비 및 latency 증가를 줄여주는 역할을 한다. 예를 들어 SDU가 IP packet이라면 source 및 destination 주소는 일정 시간대에서 같은 값을 가지므로 특정한 규칙 하에서 송신 시 생략이 가능하며, 수신 단에서도 재생 시 생략되어 수신된 IP 주소를 특정 규칙을 기반으로 재생성할 수 있다.

WiMAX에서 PHS 기능은 선택 사양이며 구현 방법에 대해서는 표준으로 정하고 있지 않다. 하지만 대부분의 WiMAX 시스템에서는 이 기능을 구현하고 있는 추세인데, 이 기능 없이는 VoIP 등의 실시간 트래픽의 경우 지나친 overhead의 비율로 인해 대역폭의 낭비가 심해지고 end-to-end latency를 줄일 수 있는 방안이 없기 때문이다.

WiMAX CS(Convergence Sub-layer)는 송신 단에서 사용할 PHS rule을 생성하며, 해당 rule은 특정 SFID, CID 및 그 밖의 PHS 관련 parameter 정보를 제공한다. PHS rule은 VoIP, HTTP, 또는 FTP 와 같은 SDU의 서비스 종류에 따라 달라질 수 있는데, VoIP의 경우 SDU header의 반복되는 부분은 source 및 destination IP 주소뿐만 아니라 length indicator 도 해당되므로 다른 서비스와는 다른 PHS rule의 적용이 필요하다.

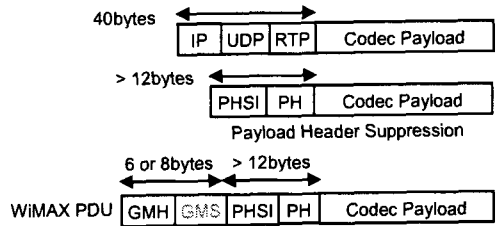


그림 7. WiMAX packet format with PHS feature enabled

WiMAX 시스템에서의 PHS 동작은 다음과 같은 순서로 이루어진다. [12] 1) SDU가 도착하면 CS는 SDU header를 분석하여 어떤 PHS rule을 해당 SDU header의 어느 부분에 적용할 것인지를 결정한다. 2) 해당 SDU에 부합되는 특정 rule이 결정되면 CS는 압축되지 않는 부분의 header에 대하여 PHS mask(PHSM)를 생성하고, 압축될 부분의 header에 대하여 PHS field(PHSF)를 생성한다. 3) 만일 PHS verify (PHSV) 기능이 활성화될 경우에는 CS는 생성된 PHSF 값을 해당 PHS rule을 사용하여 추정된 값과 비교하여 정확할 경우 PHSF 부분은 제거되고, 대신에 8 bit의 PHS index(PHSI)를 SDU 앞에 붙인다. 정확하지 않을 경우에는 header는 압축되지 않으며 '0'의 값을 가지는 PHSI가 SDU 앞에 붙여진다. 4) 만일 PHSV 기능이 사용되지 않으면 CS는 무조건 header 압축을 실행하며 PHSI를 SDU 앞에 붙여 송신한다. 5) 수신 단에서는 CID와 PHSI를 참조하여 수신 SDU에 해당하는 PHS rule을 선택, PHSF 및 PHSM 정보를 추출해서 원래의 header를 재구성한다.

PHS 기능이 제대로 동작하기 위해서는 송신단과 수신 단의 PHS rule의 동기화가 필요하다. PHS rule의 초기 동작 시와 변경 시 BS와 MS는 Dynamic Service Allocation(DSA) 또는 Dynamic Service Change(DSC) 메시지를 사용하여 PHSF, PHSM 및 PHSI 정보를 송신한다. BS에서는 수신된 DSA 또는 DSC에 대한 응답으로 DSC Response 메시지를 사용하여 앞으로 사용될 PHS rule에 해당하는 PHSI 정보를 송신한다.

PHS는 언제나 BS에 의하여 생성되며 특정 PHS rule이 삭제될 필요가 있을 경우에는 BS에서 MS로 Dynamic Service Delete(DSD) 메시지가 송신된다.

3. WIMAX 망에서 ECRTT 적용 시 제약 사항과 극복 방법

지금까지 검토된 기존의 헤더 압축 기법 중 무선 링크에서의 효율성과 표준화된 프로토콜과의 호환성을 고려한다면 WIMAX 망에 적용 가능한 기법은 ECRTT가 적합하다. 그 이유는 첫째, 예러율이 높고 RTT가 비교적 긴 무선 링크라는 특성이 고려된 압축 기법은 RTP와 ECRTT이다. 둘째, RTP와 ECRTT는 둘 다 표준으로 제정되었지만, 그보다 먼저 표준화되고 액세스 망에서 적용 가능한 CRTP와 호환성이 있는 것은 ECRTT이다. 셋째, 안정성 측면에서 delta 값만이 갱신되는 RTP보다 헤더 필드 값 자체가 갱신 가능한 ECRTT가 압축 해제 시 오류를 줄일 수 있다.

PHS 기법은 몇 가지 관점에서 WIMAX 무선 링크에서 적용하기에 우리가 따르는데, 그 이유는 다음과 같다. 첫째, 최대한으로 압축 가능한 헤더 크기가 12 byte(압축률 70%)로, 2나 3 byte(압축률 92%)까지 가능한 ECRTT보다 압축률이 떨어진다. 둘째, PHS는 decompress 단계에서 압축 해제 시 사용하는 정보로 PHS만을 사용하므로 수신된 PHS 값에 오류가 발생할 경우 SDU가 정확히 복원되지 않을 수 있다. 셋째, 헤더 정보의 변경으로 PHS rule이 변경될 경우 BS와 MS사이에서 DSC 메시지를 사용하여 PHSF, PHSM 및 PHS 정보를 송신하는 과정에서 handshaking으로 인해 delay가 발생할 수 있으며 이로 인한 음성 품질의 저하를 초래할 수 있다.

WIMAX 무선 링크에서 ECRTT를 적용하여 IP/UDP/RTP 헤더를 압축시켜 음성 패킷을 전송하고자 할 때 고려해야 할 사항이 하나 더 있다. 그것은 ECRTT 적용 시 Full\_Header 형태로 CID를 전송할 때 IP 및 UDP의 Length 필드를 사용한다는 것인데, 그러자면 기존의 length 필드를 사용한 패킷 길이 정보의 전송을 할 수 없게 된다. Ethernet이나 PPP등에서는 physical layer MAC 헤더의 length 필드 값을 사용할 수 있지만, WIMAX의 MAC 헤더에 정의된 length 필드는 IP/UDP/RTP로 이루어진 원래의 음성 패킷의 길이를 의미하는 것이 아니라 WIMAX SDU의 길이를 의미하므로 원래의 음성 패킷 길이 정보를 전송하기 위해서는 별도의 방법이 필요하다.

이를 위해서 WIMAX GMH 헤더 필드의 1 bit 예약(reserved) 필드를 사용 가능하며 서비스 설정 관련된 DSA 및 DSC 메시지 교환 시 음성 패킷 길이와 관련한 정보를 주고받을 수 있게 한다면 VoIP connection 설정 시 compressor 및 decompressor 측에서 음성 IP 패킷 길이를 미리 정의할 수 있으므로 매번 음성 IP 패킷을 보낼 때마다 패킷 길이 정보를 보내지 않아도 된다.

802.16 표준에서 정의된 WIMAX TLV 중에는 8 bit 길이의 SDU size라는 파라미터가 있는데, 이는 고정된 길이의 SDU 사용 시 적용될 수 있으며 DSA 관련 메시지에서 사용된다. 음성 패킷의 payload 길이는 160 byte를 넘지 않으며 8 bit로 표현 가능하므로 해당 파라미터 사용에 제약사항은 없다.

표 1. SDU size parameter

Type	Length	Value	Scope
[145/146]	1 byte	Number of bytes (default = 49)	DSA-REQ DSA-RSP DSA-ACK

본 연구에서는 그 역할을 하는 flag로서 GMH의 1 bit 짜리 reserved field를 'SDU\_SZ' field로 명명하여 사용하며, '0'은 SDU size가 사용되지 않을 경우를, '1'은 SDU size가 사용될 경우를 의미하는 것으로 정의한다. 다음 그림 8에서 본 연구에서 제안하는, WIMAX 무선 링크에서 ECRTT 압축 알고리즘을 사용하여 음성 패킷을 전송하기 위한 service flow를 생성하는 방안을 제시하였다.

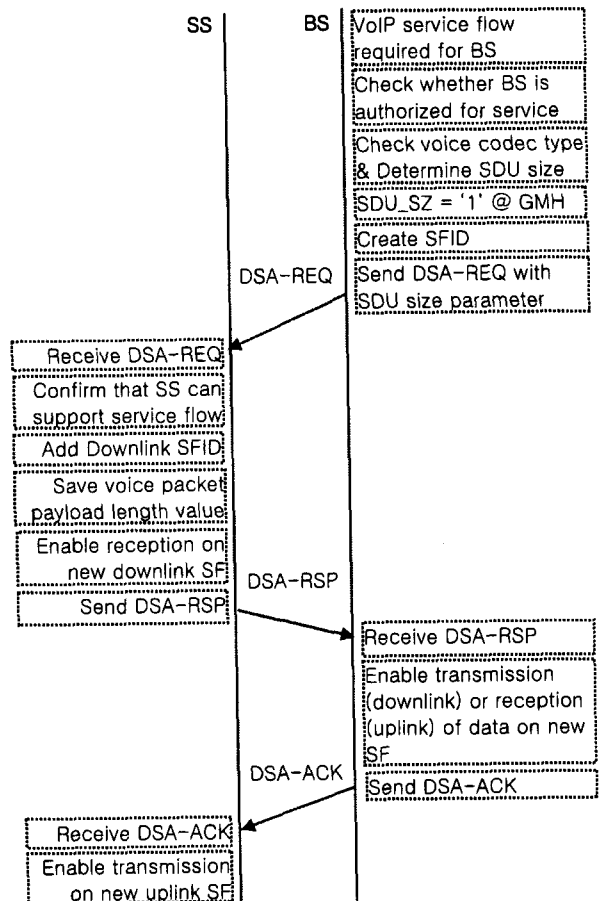


그림 8. VoIP Service flow generation flow

4. 결론

WiMAX 네트워크 상에서 무선 인터넷으로 VoIP 서비스를 제공하기 위해서는 음성 패킷의 실시간성 전달 뿐만 아니라 제한된 무선 자원을 효율적으로 이용하는 방안을 강구하는 것이 중요하다. 유선 망에서 연구된 VoIP 패킷의 헤더 압축 알고리즘들은 무선 망에서 그대로 적용되기에는 제한된 대역폭 및 높은 에러율이라는 무선 링크의 특성에 의해 무리가 있으며 패킷 유실과 순서 뒤섞임, 그리고 패킷 도착 지연으로 인한 오류 등이 고려된 알고리즘을 적용해야 한다. 때문에 ECRTP는 WiMAX 무선 링크에서 적용될 수 있는 헤더 압축 표준이라 할 수 있다. 하지만 ECRTP는 IP/UDP/RTP 헤더 일부인 length 필드를 자체 헤더용으로 사용하므로 payload 길이 정보를 가지고 있지 않은 WiMAX MAC 헤더로 인하여 WiMAX 망에는 그대로 적용하기 불가능하다. 따라서 본 연구에서는 DSA 메시지를 통해 기존의 제약사항을 극복할 수 있는 방안을 제시하였으며, 이로 인해 음성 패킷의 헤더 길이는 ECRTP 기법을 통해 압축되어 무선 자원을 효율적으로 이용하면서 패킷 전송 지연도 줄일 수 있는 결과를 얻을 수 있다.

하지만 이것 만으로는 WiMAX 무선 링크에 최적화된 압축 기법을 적용할 수 있다고 할 수 없으므로 앞으로 다음 몇 가지의 연구를 통해 실질적으로 WiMAX에 적용 가능한 음성 서비스 방안을 찾고자 한다.

첫 번째는 ECRTP에서 언급된 twice algorithm으로, 에러 발생 시 decompress 단계에서 자체적으로 기존의 delta 값을 사용하여 에러를 복구할 수 있는 방안이다. ECRTP에서는 compressor 단계에서 context update 시 Full\_Header 또는 delta value를 가진 헤더를 N 번 (1 ~ 15 회) 반복하여 전송할 수 있는데, 이는 전송 중 링크 상에서 일어날 수 있는 burst한 패킷 유실을 고려하여 decompressor 단계에서 헤더 원복 시 이상이 없도록 하기 위함이다. 따라서 WiMAX 망에서 적용 가능한 N 값을 찾아야 한다.

두 번째는 제한된 대역폭을 가진 무선 링크 할당과 관련한 연구이다. 현재 WiMAX 포럼의 프로파일에서 하나의 sector 당 접속 가능한 사용자 수는 100 가입자인데, 모든 가입자가 음성 서비스만을 사용하는 것이 아니라 수 Mbps의 데이터 서비스도 사용할 것이므로 음성 서비스를 위하여 적절한 만큼의 대역폭이 보장되어야 한다. 이를 위해 기존 무선 네트워크 서비스에서 연구되고 있는, VoIP 용량과 관련한 모의 실험을 WiMAX 망에서도 적용할 필요가 있으며 헤더 압축 알고리즘이 적용된 상태에서 가능한 대역폭 및 가입자 수를 도출해내야 할 것이다.

세 번째는 ECRTP 알고리즘을 구현하기 위해 필요한 프로세서의 처리 능력에 대한 것이다. 무선 인터넷 단말은 가능한 필요한 기능만을 구현하여 경제성을 갖춰야 하는데, 만일 음성 헤더 압축 알고리즘으로 인하여 프로세서의 자원을 심각할 정도로 점유한다면 문제가 있으므로 굳이 ECRTP를 적용해야 할 필요성이 작아지게 된다. 따라서 현존 프로세서들로 구현 가능한 수준인지 아닌지를 검증해 보아야 한다.

이상과 같이 WiMAX 망에서 VoIP 서비스를 구현하기 위해

필요한 음성 패킷 헤더의 압축 기법과 그 적용 방안에 대해 연구해 보았다. 현 수준의 WiMAX 시스템에서는 UGS(Unsolicited Granted Service)를 통해 단 방향으로 약 80kbps의 대역폭을 할당하여 음성 패킷을 서비스 가능하다. 이는 사용자가 많지 않을 경우이며, 만일 100 가입자가 기지국에 접속하여 음성 서비스를 동시에 사용한다면 하향 및 상향 모두 8Mbps의 대역폭이 필요하므로 서비스가 불가능한 경우가 충분히 나올 수 있는 수준이다. 따라서 향후로는 음성 패킷 헤더 압축이 필수 기능으로 대두될 것이며 본 연구 소재와 같은 기술 사항들이 자주 논의될 것으로 예상된다.

참고 문헌

- [1] IEEE COMMUNICATIONS LETTERS, VOL. 9, NO. 8, "An enhanced uplink scheduling algorithm based on voice activity for VoIP services in IEEE 802.16d\_e system", Aug, 2005
- [2] George Xylomenos, George C. Polyzos, Petri Mähönen, Mika Saarinen, "TCP/IP Performance over Wireless Networks", 2002
- [3] IEEE Std 802.16 "Part 16: Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems", 2004
- [4] IETF, RFC 1889, "RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications", Jan, 1996
- [5] IETF, RFC 768, "User Datagram Protocol", 28 Aug, 1980
- [6] IETF, RFC 791, "INTERNET PROTOCOL", Sep, 1980
- [7] IEEE Std 802.16e, "Air Interface for Fixed and Mobile Broadband Wireless Access Systems", 2005
- [8] 나종민, 이종범, 아인성, 신병철, "유선 망에서의 \_UDP\_IP\_헤더압축\_프로토콜의\_구현\_및\_성능분석", 13 Jun, 2004
- [9] IETF, RFC 2508, "IP/UDP/RTP header for low\_speed serial links", Feb, 1999
- [10] IETF, RFC 3095, "Robust Header Compression(ROHC)", July 2001
- [11] 송희옥, "ROHC 압축 기법을 적용한 SCTP 헤더 압축 연구", Feb, 2005
- [12] IETF, RFC 3545, "Enhanced Compressed RTP (CRTP) for Links with High Delay, Packet Loss and Reordering", 2003
- [13] Jeffrey G. Andrews, "Fundamentals of WiMAX: Understanding Broadband Wireless Networking", Feb, 2007