

MIL-STD-220C를 이용한 무전기에서 효율적인 VoIP 통신을 위한 패킷 크기 산출 및 전달 방법

한 주 회*

A method to compute the packet size and the way to transmit for the efficient VoIP using the MIL-STD-188-220C Radio

Han, Joo Hee *

요 약

본 논문에서는 여러 대의 무전기간에 음성 및 데이터 정보를 원활하게 송수신 해 주는 전술 무선 이동 Ad-hoc 프로토콜인 MIL-STD-188-220C를 이용하여 VoIP 통신을 하기 위한 패킷 크기 산출 및 전달 방법에 대해 연구 하였다. 먼저 예상 데이터 전송 시간을 산출 한 후 사용자 입장에서의 VoIP 음성 품질과 무전기에서의 데이터 전송 품질 요구수준을 동시에 고려하여 음성 패킷 길이 결정 및 패킷 전달 방법을 제시하였다. 전송 속도가 36Kbps인 무전기에서의 VoIP통신의 경우에는 90ms 재전송 패킷과 90ms 샘플링 패킷을 모아 짧은 프레임으로 전송하는 방법이 효율적이고, 36Kbps 이상의 경우에는 샘플링 패킷들을 1초 이상 모아서 전송 후 필요에 따라 재전송을 요청 하는 방법을 고려할 수 있었다.

Abstract

A method to compute the size of packet and the optimal way to transmit the packets are proposed in this work for the VoIP communication using the MIL-STD-188-220C, military wireless Ad-hoc protocol which is used for the amicable communications of both speeches and data between several radiotelegraph. The expected time of data transmission is estimated beforehand, and then the size of package and transmission method are decided in the consideration of VoIP speech quality for the users as well as the data transmission quality of radiotelegraph.

▶ Keyword : MIL-STD-188-220C, VoIP , 애드혹 프로토콜(Ad-hoc protocol), 무전기(radio)

• 제1저자 : 한주회

• 접수일 : 2008. 5. 24, 심사일 : 2008. 6. 7, 심사완료일 : 2008. 7. 25.

* 국방과학연구소

I. 서론

정보 통신 기술의 발달로 디지털 정보의 수요가 급격히 증가하고 있으며 이를 수용하기 위한 통신체계의 구축이 중요한 요소로 등장하고 있다. 문서, 사진, 지도, 음성, 동영상 등 컴퓨터에 의해 생산 또는 가공된 디지털 정보는 날로 세분화되고 다양해지고 있으며 자세하고 정확한 내용에 대한 욕구가 증가함에 따라 소요되는 용량 또한 급격히 증가하고 있다. 이렇듯 디지털 통신이 중심이 되고 통합 통신체계의 구축이 빠르게 이루어지고 있다. 하지만, 아직 음성통신 방식은 회선 통신이 주류를 이루고 있고, 군에서는 실시간적인 지휘통신 및 이동성을 고려하여 무전기를 통한 음성 통신을 주로 사용하고 있으며 현재까지는 회선망과 무전기망을 독립적 운용하고 있다. 하지만 위에서 언급한바와 같이 통합 정보망 구축을 위해서는 회선망과 무전기망을 연결하여 정보의 공유를 보다 확장시킬 필요성이 대두되었다.

MIL-STD-188-220C는 여러 대의 무전기간에 음성 및 데이터 정보를 원활하게 송수신 해 주는 전술 무선 이동 Ad-hoc 프로토콜이다[1][2]. 현재 군에서 사용 중인 무전기에서 MIL-STD-188-220C를 이용 할 경우 Ad-hoc 네트워크 통신이 가능하고, VoIP 통신을 적용하여 무선 망 안의 무전기들뿐만 아니라, 타 네트워크 망의 단말들까지 연결하여 음성통신을 수행 할 수 있다[3].

하지만, 기존의 무전기망은 낮은 데이터 전송률로 인하여 VoIP 음성통신에 많은 제약이 따르게 된다[4]. 특히 실시간 전송이 중요시 되는 음성통신에서는 음성코덱을 통해 만들어진 음성 데이터를 실시간으로 VoIP패킷에 담아 전달하는 것이 이상적이지만, 실제로는 실제 음성 데이터 대비 패킷 헤더가 너무 커 오버헤드가 크게 나타난다. 한편으로 물리계층에서의 짧은 프레임 단위의 데이터 전송은 BER을 높여 오히려 통신 성능을 저하시킬 수 있다. 반대로, 물리계층의 상황만 고려한다면 BER을 낮추기 위한 긴 데이터를 하나의 프레임에 담아 전송하는 것이 좋다. 이를 위해 음성 샘플링 데이터를 여러 개 모아두었다가 일정 크기가 되면 주기적으로 보내는 방법을 생각할 수 있는데, 이럴 경우 샘플링 데이터를 지나치게 많이 모으면, 수신 무전기 측에서는 초기 지연시간이 커지고, 패킷이 도중에 손실되면 음성통신 도중 손실된 음성 샘플링 데이터의 숫자만큼 긴 장애가 발생되게 된다.

이러한 문제점 이외에 VoIP 통신중 패킷 에러시 재전송을 포함할 경우, 패킷 전송 지연에 따른 음성 단절 구간이 발생하지 않도록 하는 부가적이 고려가 필요하다.

본 논문에서는 무전기에서 MIL-STD-188-220C를 이용한 예상 데이터 전송 시간을 산출 한 후 VoIP 음성 통신을 할 경우 초기 음성 지연시간 발생과 패킷 오류 발생 시 야기되는 음성단절구간 발생을 최소화하면서 동시에 데이터 전송 품질 요구수준을 만족시킬 수 있는 음성 패킷 길이 결정 및 패킷 전달 방법을 모색한다.

II. MIL-STD-188-220C에서의 VoIP통신

MIL-STD-188-220C는 여러 대의 무전기간에 음성 및 데이터 정보를 원활하게 송수신 해 주는 전술 무선 이동 Ad-hoc 프로토콜이다. MIL-STD-188-220C 표준이 취급하는 계층에는 네트워크 계층, 데이터 링크 계층, 그리고 물리 계층 등의 세 개의 계층들이 있으며, 네트워크 계층 이상의 계층들에 대해서는 기존 상용 프로토콜을 적용하도록 하고 있다. 그림 1은 MIL-STD-188-220C의 전체 프레임 구조를 나타낸다.

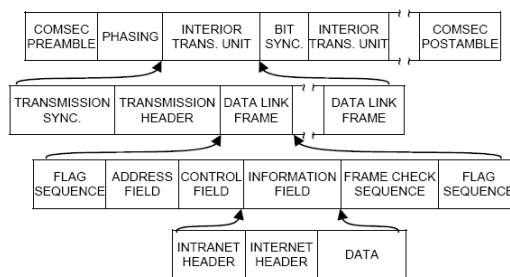


그림 1. MIL-STD-188-220C 프레임 구조
Fig 1. MIL-STD-188-220C frame format

그림 1의 맨 아래에 위치하는 그림은 네트워크 계층의 프레임 구조로서 인트라넷 헤더와 인터넷 헤더를 포함하여 네트워크 계층을 구성하고 있다. 그 위에 위치하는 두 개의 그림은 데이터링크 계층으로서 동기를 위한 부분, 헤더, 그리고 정보데이터로 구성되어 있음을 알 수 있다. 마지막으로 맨 위에 위치하는 그림은 물리 계층의 프레임 구조로서 무전기의 특성에 해당하는 부분들과 데이터링크 프레임으로 구성되며, 무전기를 통해 실제적으로 전달되는 프레임의 구조이다.

MIL-STD-188-220C를 이용한 데이터 통신에서 발생하는 동기화 모델은 크게 두 가지로 나눌 수 있다. 이중 하나는 어느 하나의 노드가 응답을 기다리지 않는 타입(타입 1)의 데이터를 전송하였을 때 다른 노드들이 그 데이터를 수신한 뒤 그 다음 전송을 시도하기 전에 모든 노드들이 동기를 맞추기

위한 모델(그림 2)이고, 또 하나는 어느 노드가 응답을 원하는 타입(타입 3)의 데이터를 전송하였을 때 다른 노드들이 그 데이터를 수신한 후 각각의 노드들이 그 데이터에 대한 응답을 보내기 시작하는 시간과 다른 노드들로부터 응답을 기다리는 시간 등의 동기를 맞추기 위한 모델(그림 3)이다. 타입 1 동기화 모델을 이용하게 되면 ACK 수신을 하지 않으므로서 음성지연을 최대한 줄일 수 있는 장점이 있지만, 패킷 손실 발생에 대처하지 못하는 단점이 있다. 반대로 타입 3으로 전송을 하게 되면 신뢰성 있는 통신을 할 수 있지만, 수신 노드는 ACK를 송신하고, 필요시 패킷 재전송을 받는 동안을 기다리는 시간만큼 음성 지연이 이루어지는 단점이 있다.

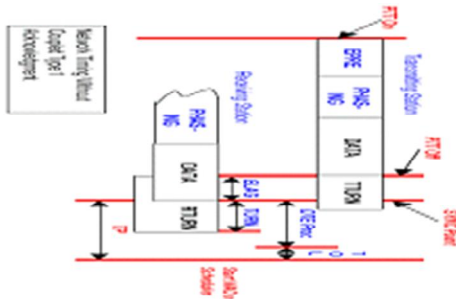


그림 2. 동기화모델 타입 1
Fig 2. Network Timing Model Type 1

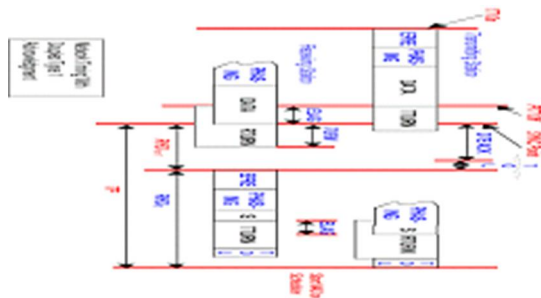


그림 3. 동기화모델 타입 3
Fig 3. Network Timing Model Type 3

III. MIL-STD-188-220C 네트워크 전송시간 산출

데이터 전송시간 산출을 통하여 VoIP 통화 시 발생하는 기본적인 지연 시간을 유추할 수 있다. 본 논문에서는 데이터 전송시간을 무선구간에서의 전송 시간뿐만 아니라, MIL-STD-188-220C 프로토콜 처리부와 모뎀부에서 소요되는 시간을

각각 합하여 계산하였다. 이를 위해서는 물리계층에서의 전송 프레임 길이와 Sync Preamble 길이, 또 MIL-STD-188-220C에서 정의하고 있는 Network timing parameter 값들이 필요하다.

무전기의 물리계층 전송 프레임은 크기에 따라 Long Frame과 Short Frame 두 가지로 나누었다. Long Frame은 MIL-STD-188-220C 프로토콜 헤더를 포함한 데이터 프레임의 길이를 900byte로 정하였고, Short Frame의 경우에는 225byte로 설정하였다. 그 구조는 그림 4와 같다.

- Short Frame: 1,800bits/frame (225 bytes/frame)



- Long Frame: 7,200bits/frame (900 bytes/frame)



그림 4. 물리계층 전송 프레임 구조
Fig 4. Frame format of Physical Layer

MIL-STD-188-220C Medium Access Control(MAC) 파라미터 값은 표 1과 같다. MIL-STE-188-220C는 무전기를 DTE(Data Terminal Equipment)와 DCE(Data Circuit-terminating Equipment) 두 부분으로 구분하였다. DTE는 MIL-STE-188-220C를 수행하는 부분이며, DCE는 DTE의 통신 채널을 나타낸다. MIL-STD-188-220C Network timing parameter를 적용하여 1개의 프레임에 대한 예상 전송시간은 표 2와 같다.

표 1. MIL-STD-188-220C MAC 파라미터 값
Table 1. MIL-STD-188-220C MAC parameter

파라미터 종류	값(msec)
Equipment Preamble Time(EPER)	32 ms
Phasing Transmission Time(PHASING)	0 ms
Equipment Lag Time(ELAG)	230 ms
DTE Processing Time(DTE Proc)	1 ms
DTE ACK Preparation Time(DTE ACK)	1 ms
Turnaround Time(TURN)	1 ms
Tolerance Time(TOL)	1 ms
Network Busy Detect Time(NBDT)	231 ms

표 2. 프레임 크기 및 속도별 전송시간
Table 2. Frame Size and Transfer Time

Short Frame		Long Frame	
Data rate	1 Frame (225byte) 전송 시 소요 시간	Data rate	1 Frame (900byte) 전송 시 소요 시간
60kbps	35ms+30ms	60kbps	35ms+120ms
45kbps	35ms+40ms	45kbps	35ms+160ms
36kbps	35ms+50ms	36kbps	35ms+200ms
18kbps	35ms+100ms	18kbps	35ms+400ms
9kbps	35ms+200ms	9kbps	35ms+800ms

IV. 패킷 크기 결정 및 전송방안

VoIP 음성 통신을 할 경우 사용자 입장에서의 음성 품질과 데이터 전송 품질 요구수준에 대한 만족을 동시에 고려하여야 한다. 먼저 각각의 요구수준에 맞는 패킷 크기와 전송방안을 살펴 본 후, 무전기의 전송 속도별 패킷 크기 및 전송방안을 도출하였다.

2.1 음성 품질을 고려한 패킷 크기 및 전송방안

일반적으로 VoIP의 품질을 좌우하는 요소에는 지연시간, 지터, 패킷 손실, 에코현상 등이 있다. 특히 지연시간과 패킷 손실은 VoIP 품질에 큰 영향을 미친다. 무전기의 경우 전송

속도가 일반 이더넷 속도보다 현저히 떨어지므로 지연시간과 패킷 손실이 VoIP 통화 품질에 더 큰 영향을 미칠 수 있다. 따라서 이러한 요소들에 대한 문제를 최소화 시킬 수 있는 방안이 필요하고, 이는 패킷 크기와 밀접한 관계가 있다. 또한 음성코덱의 선택도 영향을 미친다. 기존 무전기의 음성 품질과, 샘플링당 생성 데이터 크기를 고려하여 볼 때 현재 표준으로 제공되는 코덱 중 G.723.1 5.3Kbps를 이용한다. G.723.1은 다른 코덱들에 비해 MOS(Mean Opinion Score)는 떨어지지만 샘플링 주기가 길고 샘플링 데이터 크기가 작아 저속의 데이터 전송을 하는 무전기에 적용하기 적합하다.

VoIP통신을 위한 MIL-STD-188-220C 데이터링크 계층의 프레임은 크게 전송 헤더(Transmission Header)와 프로토콜 데이터 유닛(PDU, Protocol Data Unit)으로 구성된다. 프로토콜 데이터 유닛에서는 그림 5와 같이 인터넷 헤더와 인터넷 헤더를 가지고 있고, 한 프레임당 총 102byte의 헤더가 붙게 된다. 따라서 무전기에서 VoIP통신을 위하여 30ms단위로 생성한 음성데이터 20byte를 패킷에 실어 보내기 위해서는 102byte의 헤더를 붙여야 하므로 음성 데이터 대비 84%의 오버헤드가 발생한다.

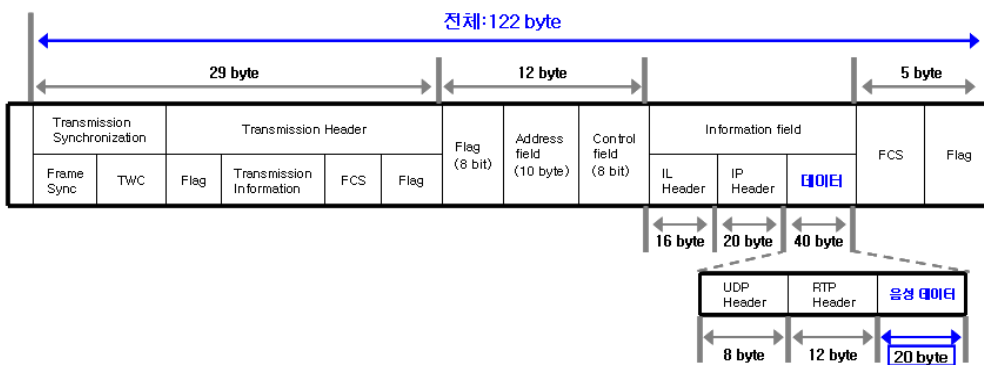


그림 5. MIL-STD-188-220C 데이터링크 프레임 포맷
Fig 5. MIL-STD-188-220C Datalink Layer Frame Format

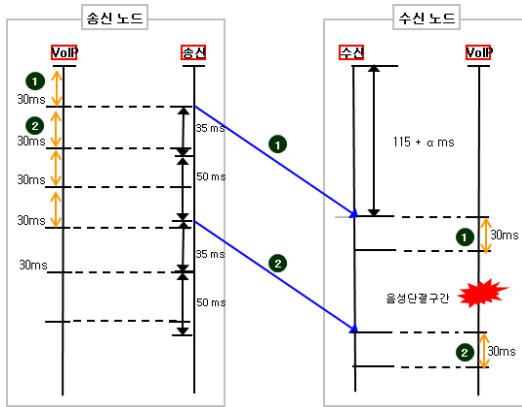


그림 6. 30ms 단위의 프레임 전송 타이밍도
Fig. 6. 30ms Frame Transfer Timing Sequence

또한, 모뎀부에서 실제 송신은 Long Frame과 Short Frame들 중 하나로 전송되게 되므로, 225byte의 Short Frame을 통해 전송하게 되고, 결국 음성 샘플링 데이터 하나당 225byte 프레임에 담겨져 전송된다. 이러한 경우 그림 6의 타이밍도를 보느냐와 같이 음성 샘플링 주기에 비하여 전송 속도가 실시간으로 뒷받침 되지 못하므로 수신 노드와 원활한 음성 통신을 할 수가 없다. 여기에 ACK 및 재전송까지 고려하게 되면 통신은 거의 불가능하게 된다. 따라서 30ms단위로 생성한 음성데이터를 여러 개 모아서 전송하는 방법을 고려할 수 있다. 첫 번째 방법(제안 1)로는 그림 7과 같이 음성 데이터를 1140ms동안 모아서 760 byte의 데이터에 102byte의 헤더를 더하여 900byte의 Long Frame에 실어 보내는 방법을 고려하였다. 38개의 음성 데이터는 하나의 프레임에 모아서 수신노드로 전달된다. 이 방법은 음성 통화 시간대비 데이터 프레임 전달 횟수가 줄어들어 패킷 오버헤드가 줄어들며 기본적으로는 음성단절구간이 발생하지 않는 장점이 있다. 하지만, 1140ms를 기다린 후 샘플 패킷들을 다 모아 프레임을 보내게 되므로, 프레임 전달시간까지 더하여 총 1375ms의 초기 지연시간을 갖게 된다. 특히, 첫 번째 프레임의 손실이 올 경우 ACK를 수신하고 프레임 재전송을 하게 되는 경우에는 훨씬 긴 초기 지연 시간이 발생하는 단점이 있다.

두 번째 방법(제안 2)은 음성데이터를 180ms 동안 모아서 Short Frame에 중복 전송하는 방법이다. 하나의 Short Frame에는 180ms동안의 샘플링 데이터를 실어 보낼 수 있다.

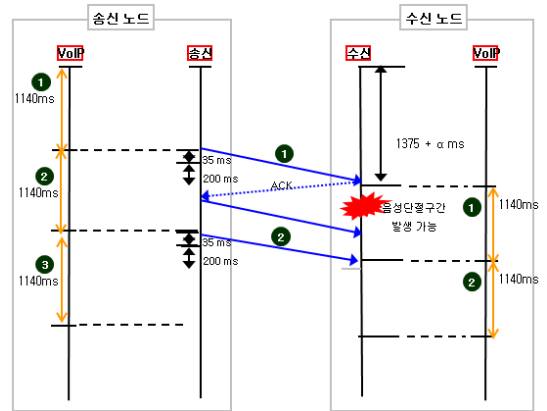


그림 7. 1140ms 단위의 프레임 전송 타이밍도
Fig. 7. 1140ms Frame Transfer Timing Sequence

그림 8과 같이 프레임 전송 주기를 90ms로 하면서, 프레임 안의 데이터는 이전 프레임의 후반부 90ms에 해당하는 샘플링 패킷 60byte와 새로 90ms동안 샘플링 한 패킷 60byte로 구성하여 102byte의 헤더를 붙이고 225byte의 Short Frame에 실어 보낸다. 이렇게 하면 기본적으로 샘플링 패킷들을 한번 씩 다시 재전송 하게 되므로, 1140ms 동안 모아서 Long Frame에 실어 보내는 방법과 비교하여 볼 때 초기 지연시간은 줄어들면서, 재전송의 기회는 동일하게 부여할 수 있다.

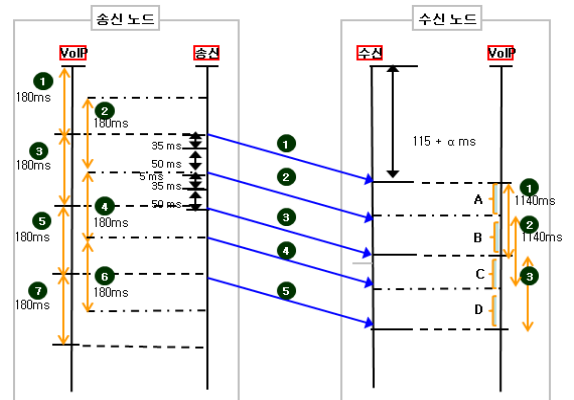


그림 8. 1140ms 단위의 프레임 전송 타이밍도
Fig. 8. 90ms Frame Transfer Timing Sequence

4.2 전송 품질을 고려한 패킷 크기 산출 실험

무전기는 한정된 전지용량으로 가능한 오래 사용될 수 있도록 설계 제작 되어야 한다. 따라서 전송 품질을 만족시키기 위해 무한대로 출력을 높이기에는 무리가 있다. 전송 프레임의 길이는 물리계층의 인터리빙 성능에 영향을 미치고, 이는 전송 품질과도 상관관계가 있다.

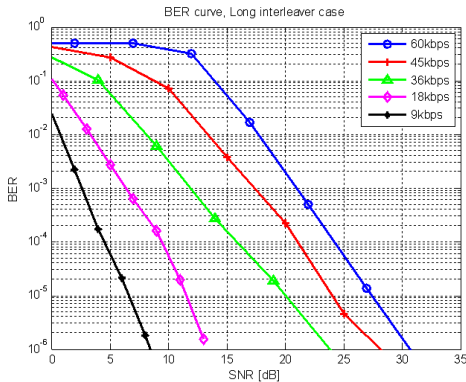


그림 9. Long Frame 전송 시 채널 BER
Fig 9. Channel BER of Long Frame

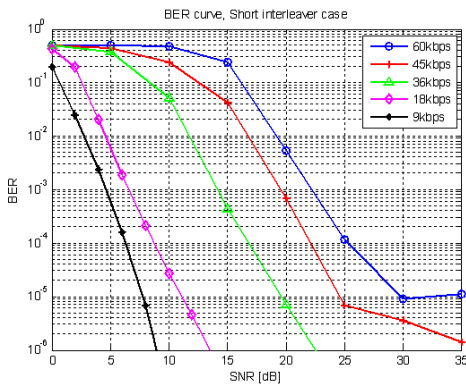


그림 10. Short Frame 전송 시 채널 BER
Fig 10. Channel BER of Short Frame

그림 9는 Long Frame 전송 시 채널 BER을 시뮬레이션 한 결과 값이고 그림 10은 Short Frame 전송 시의 시뮬레이션 한 값이다. 통신품질을 만족하는 BER 기준을 10^{-5} 로 하였을 때, 두 그래프를 통해 무전기가 36kbps의 전송속도로 운용중인 경우에는 Short Frame, Long Frame 모두 비슷한 SNR에서 동일한 전송 품질을 만족시킬 수 있는 것으로 나타났다. 하지만, 표 4-1에서와 같이 45Kbps이

상의 전송속도에서 Short Frame의 전송은 Long Frame의 전송보다 더 높은 SNR값이 요구되어야 비로소 동일한 전송 품질을 만족시킬 수 있는 것으로 나타났다. 특히, 60Kbps 전송속도에서는 Short Frame을 사용할 경우 BER 10^{-5} 기준으로 약 2.5 dB 수신신호 세기가 더 커야함을 알 수 있다. 따라서 동일한 출력일 경우, 전송속도 45Kbps이상일 때 전송 품질 면에서는 전송패킷의 크기가 Long Frame인 경우 가 더 유리함을 알 수 있었다.

표 3. 프레임 크기에 따른 SNR
Table 3. Frame size and SNR

속도	요구 SNR(10-5기준)	
	Long Frame	Short Frame
45 Kbps	24 dB	25 dB
60 Kbps	27.5 dB	30 dB

4.3 음성 품질 및 전송 품질을 동시에 고려한 패킷 크기 및 전송방안

제안 1의 경우 초기 음성 지연시간은 길지만 무전기의 45Kbps이상의 전송속도에서는 제안 2를 통한 패킷 전송에 비해 상대적으로 작은 출력으로 요구되는 전송 품질을 만족시킬 수 있는 것으로 나타났다. 또 36kbps의 전송속도를 갖는 경우, Long Frame과 Short Frame 모두 같은 BER 요구 조건을 만족시키기 위해서는 같은 크기의 출력이 필요하므로, 초기 음성 지연시간이 상대적으로 작은 제안 2의 방법이 효율적이며, 이때에는 이전 샘플링 패킷을 중복하여 전송 하므로써 제안 1의 재전송 장점도 살릴 수 있었다.

VI. 결론

본 논문에서는 무전기에서 먼저 MIL-STD-188-220C를 이용한 예상 데이터 전송 시간을 산출 한 후, VoIP 음성 통신을 할 경우 초기 음성 지연시간 발생과 패킷 오류 발생 시 야기되는 음성단절구간 발생을 최소화하면서 동시에 데이터 전송 품질 요구수준을 만족시킬 수 있는 음성 패킷 길이 결정 및 패킷 전달 방법을 도출하였다. 무전기에서의 VoIP 통신은 전송 속도가 36Kbps의 경우에는 90ms 재전송 패킷과 90ms 샘플링 패킷을 모아 Short Frame으로 전송하는 방법이 효율적이고, 36Kbps 이상의 경우에는 Long Frame을 이용하여 전송 후 필요에 따라 재전송을 요청하는 방법을 선택할 수 있었다. 향후에는 Ad-hoc 무전기에서 밀

티홉(multi hop)을 고려한 음성 패킷 길이 결정 및 패킷 전달 방법에 관한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

참고문헌

- [1] MIL-STD-188-220C, Digital Message Transfer Device Subsystems, DoD, USA, 22 May 2002.
- [2] MIL-STD-188-220B, Data Link Layer Class A(Type 1) Estelle Specification, USA, 1998.
- [3] MIL-STD-188-220C "Interoperability Standard for Digital Message Device Transfer Subsystems", 15, March 2002.
- [4] Thuente, David J., and Time Borchelt, "Efficient Data and Voice Media Access Control Algorithm for MIL-STD-188-220B,"MILCOM'2000 conference Proceedings, Oct. 22-Oct.25,2000

저 자 소 개



한 주 희

충남대학교 컴퓨터과학과 졸업
충남대학교 컴퓨터과학과 석사
국방과학연구소(2002 ~ 현재)