

CNR 환경에서 음성/데이터 혼합 운용에 관한 연구

이경규^a, 정도현, 윤영득^b

^a 현대제이콤 기술연구소
 서울시 송파구 송파동 20-1 3층, 138170
 Tel: +82-2-3434-6955, Fax: +82-2-3434-6970, E-mail: lkg@jcomm.co.kr

^b 국방과학연구소
 서울시 송파우체국 사서함 132호
 Tel: +82-2-3400-2628, Fax: +82-2-403-3512, E-mail: ydyoon@add.re.kr

Abstract

CNR(Combat Network Radio)는 전장에서 사용하는 라디오이다. 현재 군에서는 CNR을 이용한 MIL-STD-188-220 프로토콜을 적용하여 감시/타격체계와 C4I 체계간에 연동을 시도하고 있으며, TICN의 TMMR에도 MIL-STD-188-220 프로토콜을 적용하여 상호연동성을 확보하기 위한 시도를 하고 있는 중이다. 이에 본 논문에서는 “감시정찰센서 네트워크”의 군전술통신망 게이트웨이(TCG)를 개발 하면서 군의 CNR 환경에서 가장 중요한 음성과 데이터 혼합 운용을 위해 부대 및 망의 운용 상태를 고려하여 네트워크 파라미터의 최적한 값과 운용방법을 제시 하고자 한다.

Keywords:

MIL-STD-188-220, Voice/Data network sharing

1. 소개

감시정찰 센서네트워크의 군 전술통신망 게이트웨이(TCG:Tactical Communication Gateway)는 센서 필드에 있는 싱크로부터 수신된 수집 정보를 군에서 사용하는 전술통신망을 이용하여 감시체계에서 식별된 정보를 후방에 있는 Task Manager(TM)로 전달하여야 한다.[1] TCG에서 사용하는 전술통신 단말기는 W/CDMA, TICN의 TMMR, SPIDER의 TDU, 휴대형 위성통신 단말기, FM 무전기이다. 이때, 타 체계와 상호연동을 편리하게 하고, 여러 전술 단말기의 사용으로 인해 생기는 응용 프로그램과 통신 프로토콜의 독립적인 운용을 보장해야 하는 필요성이 있다. 때문에 TCG에서는 아래 그림1과 같이 통신 프로토콜을 IP기반에 설계하여 개발 중이다.

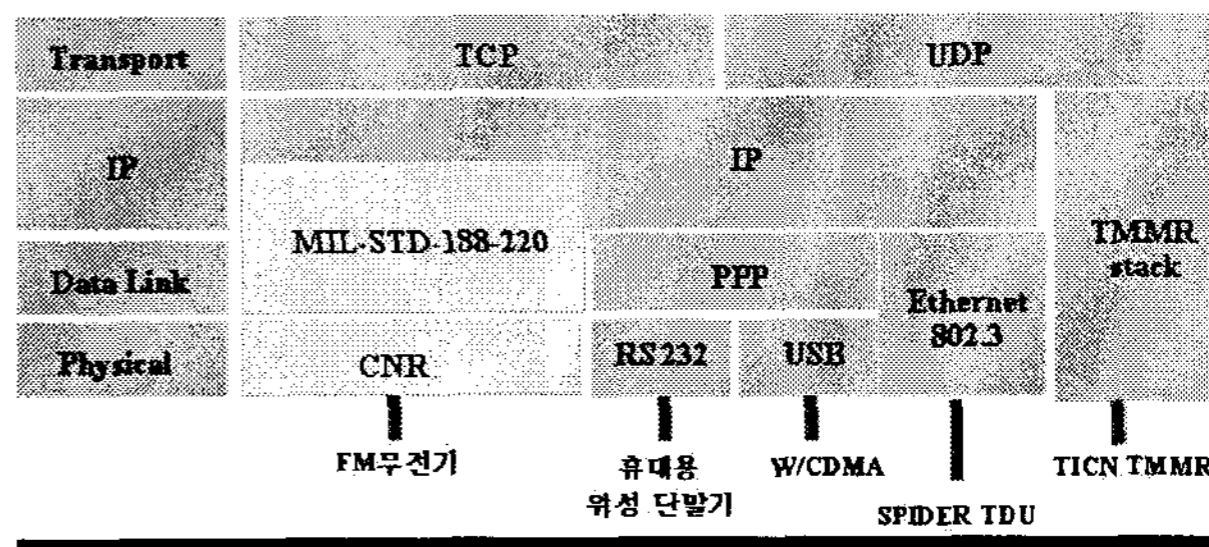


그림 1-통신 프로토콜

본 논문에서는 FM무전기를 사용하는 CNR(Combat Network Radio) 망에서 운용하는 MIL-STD-188-220 프로토콜을 시뮬레이션에 적용하고 CNR 망에서 음성 점유율에 따른 전문 전달 성공률의 변화를 예측하고 높은 음성 점유율에도 전문 전달 성공률을 최대한 높이기 위한 방안을 찾아 제시하려 한다.

2장에서는 TCG의 시뮬레이션 구조를 각 Layer의 구성 별로 설명한다. 3장에서는 운용시나리오 및 운용 요소들을 식별하고 시뮬레이션에 미치는 영향을 평가 하도록 한다. 4장에서는 시뮬레이션의 결과와 음성 점유율에 따라 Network Parameter를 제시하여 수행한 결과를 비교 분석 하도록 한다. 5장에서는 시뮬레이션의 제약사항을 고찰하며, 6장에서 결론을 내린다.

2. TCG 시뮬레이션 구조

시뮬레이션의 S/W는 TCG에서 구현한 MIL-STD-188-220의 Data Link Layer와 Network Layer 부분을 Windows에서 운용할 수 있도록 VC++로 포팅하여 제작 하였으며, TCG의 실제 장비에서 운용되는 효과를 얻기 위해 Data Link와 Network Layer에서 운용되는 타이머를 Windows의 타이머를 사용하도록 하였다. 운용 TCG의 시뮬레이션 구조는

다음의 그림2와 같이 구현되어 PC상에서 수행하였다.

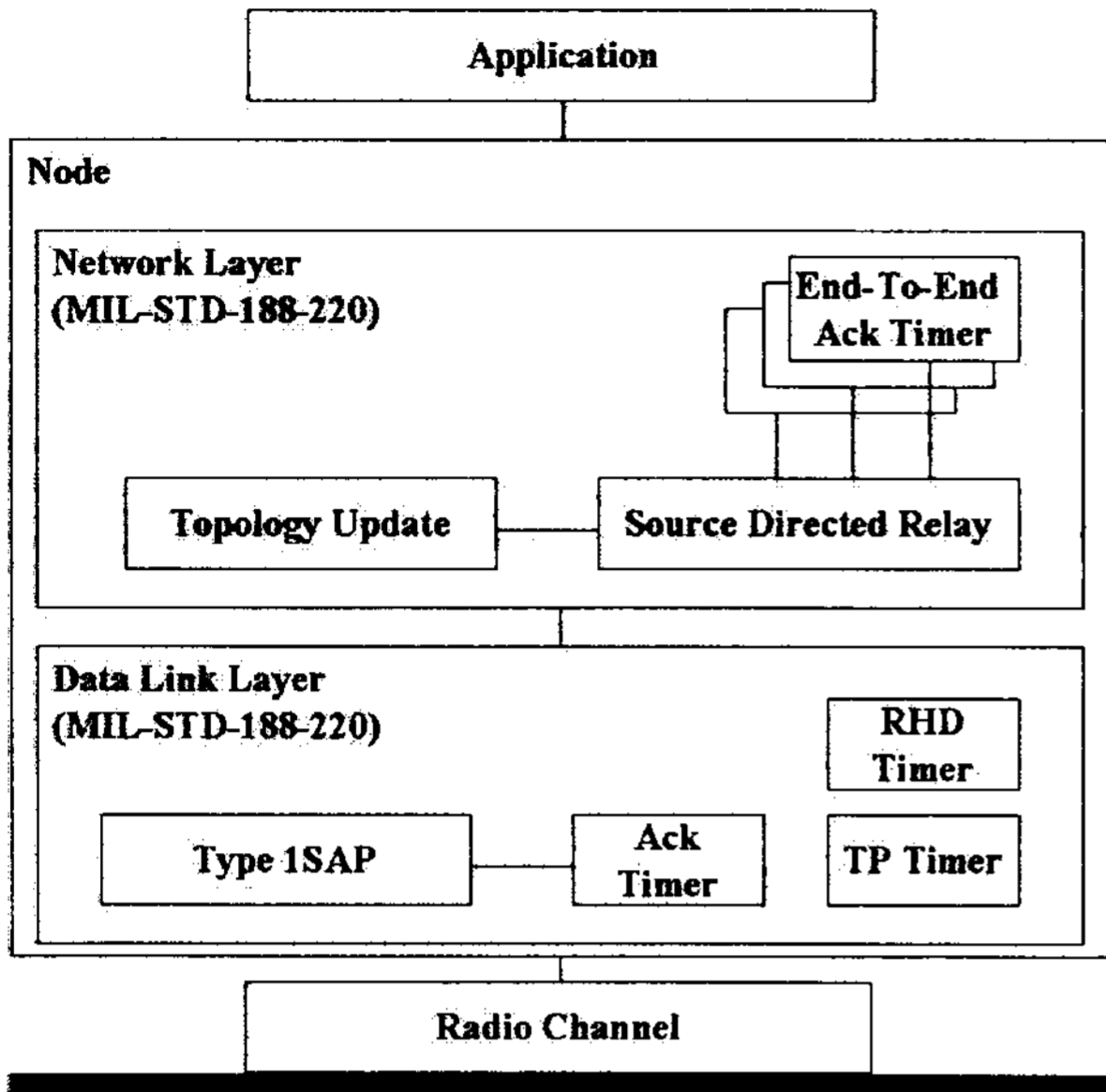


그림 2-시뮬레이션 구조

Application 부

Application 부에서는 Node를 운용갯수 만큼 생성시키고 전문을 시뮬레이션 하는 총 시간 동안에 각각의 Node에서 최소 Byte에서 최대 Byte까지 전문을 Random하게 발생시키도록 한다. 전문을 송신할 때는 Precedence와 전문전달 확인, 전문의 길이, 수신자, 송신자, 전문의 ID, 전문의 Type을 결정하도록 하였다. 음성을 송신할 때에도 Application부에서 총 시뮬레이션 시간내에서 점유율 시간만큼 Random하게 망을 점유할 수 있는 Radio Channel과의 인터페이스를 구현 하였다.

Node 부

Node는 MIL-STD-188-220 프로토콜을 처리하는 루틴을 적용하여 실제와 같은 MAC 파라미터를 이용하여 ACK, TP, 타이머를 사용하고 있다.

Network Layer (MIL-STD-188-220)[2]

MIL-STD-188-220 프로토콜의 Network Layer는 Intranet 과 Internet으로 나뉘어져 있다. Intranet은 Internet Protocol(IP)이나 MIL-STD-2045-47001 프로토콜로부터 받은 패킷을 송수신 처리하는 기능과 End-To-End Ack, Topology Update, Topology Update Request, ARP/RARP, XNP, S/R Protocol을 처리하도록 되어 있다.[4]

- Internet Protocol : IP 패킷을 처리한다.
- MIL-STD-2045-47001 : VMF와 Link-16등의 군 전술 메시지를 처리하는 응용 프로토콜
- End-To-End Ack : Intranet Ack로써 종단간에

전달확인 기능이며, Application에서 전문을 송신할 때 Reliability를 High로 설정하였을 때 End-To-End Ack를 설정하게 된다.

- Topology Update : 단일 채널 안에서 Source Directed Routes 기능을 위해 자신이 보유한 라우팅 정보를 교환하는 패킷이다. MIL-STD-188-220 프로토콜에서는 1분 단위로 주기적인 송신을 설정하도록 되어 있다.
- Topology Update Request : 이웃한 Node 또는 특정한 Node에게 Topology Update를 요구하는 패킷이다.
- ARP/RARP : IP 주소 또는 URN(Unit Reference Number)로 MAC주소를 요구하거나 MAC주소로 IP 주소 또는 URN을 요구할 때 사용하는 패킷이다.
- XNP : eXchange Network Parameter(XNP)는 망 접속 절차 및 망의 Node들에게 Network에서 사용하는 Parameter를 교환하는 패킷이다.
- S/R 프로토콜 : Segmentation/Reassembly 프로토콜은 MIL-STD-188-220 프로토콜에서 처리할 수 있는 최대 MTU(Maximum Transfer Unit size) 이상되는 전문을 송신 할 때 사용하는 프로토콜이다.[3]

TCG 시뮬레이션에서는 망 구성과 IP 주소를 모두 알고 있다는 가정에서 수행하므로 ARP/RARP와 XNP 처리를 하지 않는다. 또한 Topology Update가 주기적으로 송신되므로 Topology Update Request는 발생 시키지 않는다. S/R 프로토콜도 망의 입장에서는 사이즈가 최대 사이즈와 동일 하다 보고 처리 하지 않았다. IP, MIL-STD-2045-47001, Topology Update 패킷을 실제로 구성하지는 않고 정보만을 송수신자 Node가 교환하도록 하였다.

Data Link Layer (MIL-STD-188-220)[2]

MIL-STD-188-220 프로토콜의 Data Link Layer는 Type1SAP 컴포넌트와 Ack Timer, TP Timer, RHD Timer, Busy Station Timer로 구성되어 있다.[4] 여기서 Ack, TP, RHD Timer는 NAC(Network Access Control) 프로토콜을 수행하는데 필요한 것이다.

- Type1SAP : Type1 Service Access Point Component는 Network Layer로부터 수신된 TOS(Type of Service) 정보를 Mapping하여 버퍼를 관리하고 응답이 없는 Type1 PDU(Protocol Data Unit)나 응답을 요구하는 Type3 PDU를 송수신 처리한다.
- Ack Timer : 송신자 측에서 응답을 요구하는 PDU를 송신한 후에 목적지 주소 Data Link Layer의 Ack 수신을 관리한다.
- TP Timer : Timeout Preiod Timer는 송신자가

지정된 목적지 지국으로부터 Ack 확인을 기대하는 시간을 관리한다. TP는 NAD를 스케줄링 하기 전에 모든 지국이 대기해야만 하는 시간이다.

- RHD Timer : Response Hold Delay Timer는 주소화된 수신 지국이 응답을 요구하는 Type3 PDU를 수신했을 때, 각 수신지국이 응답 PDI를 보내서 송신지국이 응답을 수신하는데 걸리는 시간이다.
- Busy Timer : URNR(Unnumbered Receive Not Ready) PDU를 수신한 후에 Busy 상태의 지국을 설정하는 기능을 한다. TCG 시뮬레이션에서는 URNR을 고려하지 않았다.

Radio Channel

무전기의 전송속도와 DCE속성의 지연시간을 고려하여 각 Node에게 데이터를 전달 하도록 하였다. 또한, 망의 충돌에 의한 데이터 유실을 발생하도록 각 Node가 송신 후 ELAG와 EPRE 시간 내에 다른 Node에서 데이터를 송신하는 경우에 데이터가 유실되도록 하고, 데이터가 나중에 송신된 측에서 데이터 프레임이 최종 송신된 시간 후 무선 망이 Clear가 되도록 하였다.

기타

Node의 수는 5대를 기준으로 하였으며 이것은 실제 야전에 배치 되었을 때 기본적으로 사용하는 Node수에 1개의 Node를 더 반영한 것이다.

3 운용시나리오 구성 요소

이번 장에서는 TCG 시뮬레이션을 모델링 하면서 고려해야 하는 운용시나리오의 구성 요소와 파라미터를 살펴보고 음성 점유율이 높을 때 적용할 운용방법을 제안해본다.

구성 요소

Data

Data의 발생 빈도와 전문의 길이는 시뮬레이션에 가장 큰 영향을 주는 항목이 된다. 군에서 사용되는 전문의 발생 빈도는 크게 낮은 편이지만 TCG 시뮬레이션에서는 전문의 길이 및 발생 빈도를 실제 보다 높여 프로토콜을 분석하고자 한다. Data Size는 100 Byte ~ 900 Byte사이에서 Random하게 발생하도록 하였고, 최대 Data Size를 900Byte로 한 것은 TCG의 MTU에 맞추었다. 전문의 빈도는 10초 ~ 30초 사이에서 각 Node가 발생시키도록 하였다. 앞장에서 살펴본 것과 같이 망 관리와 주소 교환은 최초로 망이 이루어진 후 송수신이 더 이상 이루어 지지 않는다고 가정을 하여 XNP와 ARP 패킷을 발생시키지 않았으며, Topology Update 패킷을

주기적으로 송신 시키도록 하였다.

망 구성

Node의 수를 5개로 1Hop의 망을 구성하도록 하였다.

무선 채널

모든 Node가 1Hop에서 RF를 공유하고 있는 일반 BER 모델을 적용하였다.

음성

음성을 시뮬레이션하는 총 시간에 따라 점유율을 20%, 40%, 60%로 RF 모듈에 Busy상태가 됨을 알수 있도록 하였다. 각 Node에서는 무선망의 Busy 상태를 인식 하게 된다. 그리고, 음성 데이터 절환 모드는 군의 요구사항인 음성 최우선 연결모드를 적용하였는데, 이것은 사용자가 무전기의 PTT를 On하게 되면 각 Node는 데이터 송신 또는 수신 중 이라고 해도 음성을 송신하는 모드이다.

파라미터

시스템 파라미터

- End-To-End Ack 처리는 모든 전문에 대해서 End-To-End Ack를 요구하도록 하였으며, 재전송 횟수는 3회를 시도 하도록 하였다.
- Data Link Layer에서 Ack 처리는 PRECEDENCE가 URGENT, PRIORITY이거나, RELIABILITY가 HIGH로 설정될 경우 재전송을 2회 시도 하도록 하였다.
- Topology Update 패킷을 1분 간격으로 송신하도록 설정하였다.
- FM 무전기는 전송속도 4800bps로 초당 4800bit의 전송속도가 설정되며 기타 EPRE, PHASING, ELAG, TURN, TOL의 값은 PRC-999K 무전기의 특성을 반영하였다.

트래픽 파라미터

- 주기 Data는 MIL-STD-188-220 프로토콜에서 전송하는 Topology Update만이 1분 주기로 전송하도록 하였고, C4I등의 타 체계의 경우 주기적으로 보고하는 전문이 발생하나 본 시뮬레이션에서는 제외시켰다.
- 비주기 Data는 모든 노드에서 10초 ~ 20초 사이에 Random 하게 발생시키는 것을 적용하였다.
- 음성의 망 점유율은 각 시험 마다 총 시험 시간의 10%, 20%, 40%, 60%를 점유하도록 1회 송신시 1초씩 음성을 나누어 송신하도록 하였다.

파라미터와 운용 방법의 제안

데이터의 전달 성공율을 높이기 위해 시스템 파라미터 중에서는 End-To-End Ack 재전송 횟수를 4회로 증가 시키고, Topology Update 패킷은 2분 간격으로 송신하도록 설정을 바꾸었다. 트래픽 파라미터는 동일한 조건을 유지하였다. 그리고, Data Link Layer에서 Network Layer로 Indication이 제공되는데 그 구조는 다음과 같다.

- Message ID : 패킷 번호
- Destination(s) : 목적지 주소
- Acknowledgment Success/Failure : Data Link 송신 결과
- Connection Status : Type2를 운용할 때 Connection Established, reset, disconnected 정보
- Neighbor detection : 이웃 Node 발견

시뮬레이션에서는 Indication에는 없는 망의 Busy 상태정보를 Network Layer에 제공하도록 하였다. 그래서 Network Layer에서 데이터를 Data Link Layer에 송신하기 전에 망의 상태를 확인하여서 망이 IDLE할 때 송신하게 함으로써 End-To-End Ack 타이머의 시간에 Data Link Layer에서 대기하는 시간을 포함되지 않도록 송신을 지연하였다.

4 시험결과

전달 성공률 비교

아래 그림3은 프로토콜에 기본 사항을 반영한 비개선 모드에서 End-To-End Ack의 성공률이고, 그림4는 시스템 파라미터와 운용 방법을 개선한 개선 모드에서의 End-To-End Ack의 성공률이다.

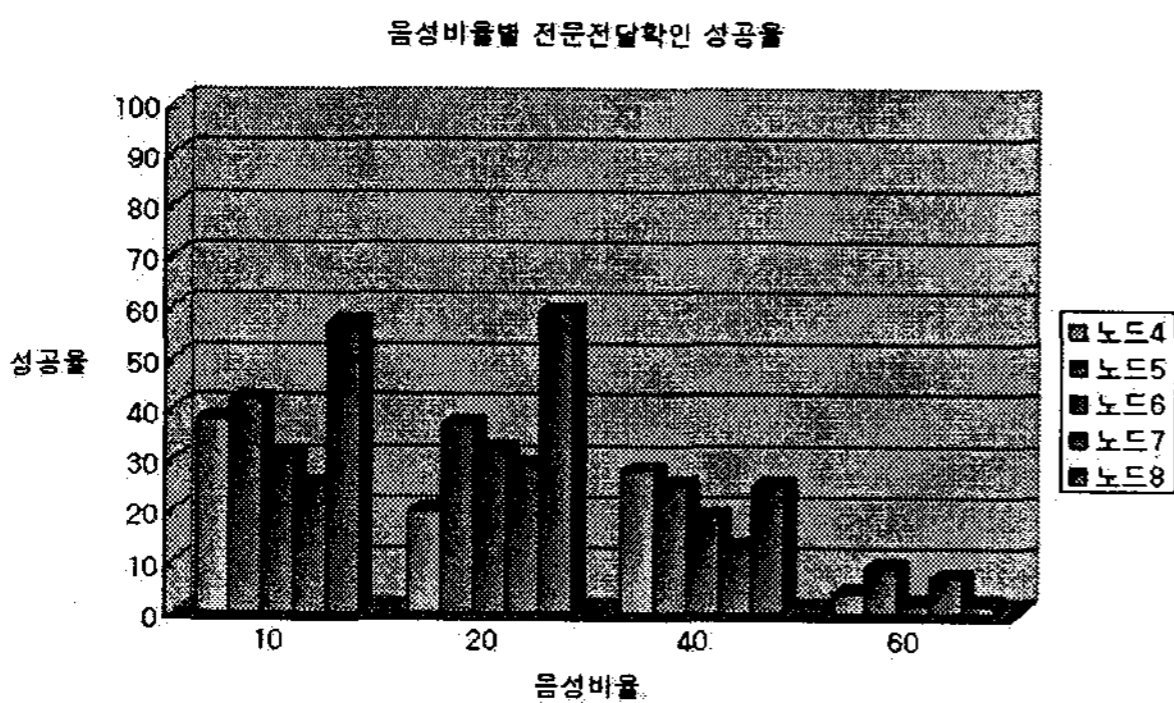


Figure 3 비개선 모드 End-To-End 성공률

음성비율별 전문전달확인 성공률

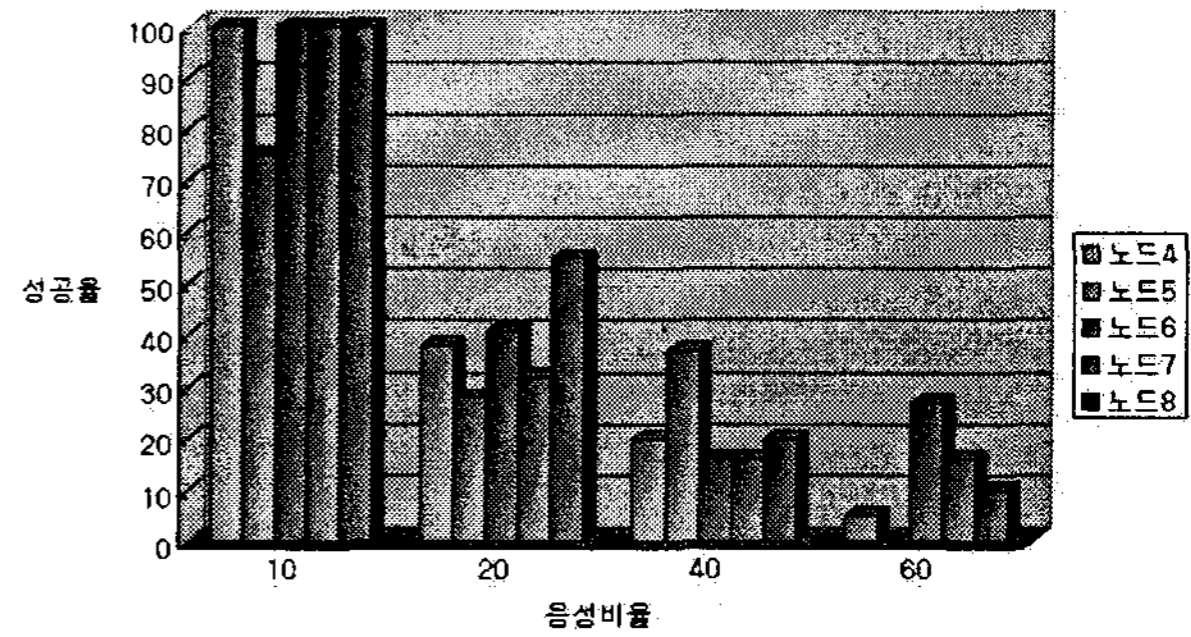


Figure 4 개선 모드 End-To-End 성공률

아래 표 1에서 평균 End-To-End Ack 전달성공률은 음성 점유율이 10%일 때 가장 효과가 좋았으며, 음성이 20%이상일 때는 효과가 적게 나타났다. 이것은 기본적으로 망이 Busy한 상태가 오랜 기간 동안 지속 될수록 Data Link Layer에서 전송 효율을 높이기에는 한계가 있음을 보여주고 있다. 다만, 60%일 때는 상대적으로 성공률이 높았다.

표 1-평균 End-To-End Ack 성공률

음성 점유율	비개선 모드	개선 모드
60%	5%	11%
40%	22%	25%
20%	36%	39%
10%	39%	94%

5 제약 사항

무선 전파 환경

실제 야전의 무선환경이 열악해서 BER 테스트를 지형과 기후에 따라서 10E-3을 넘는 때가 자주 발생하는데 이런 지형과 기후를 모델링 한 무선 환경을 TCG 시뮬레이션에서 구현하지 못하였다.

시뮬레이션 S/W의 한계

TCG장비에서는 데이터를 구성하고 분석하는 시간이 발생하게 되는데 시뮬레이션 S/W에서는 이러한 시간을 단순한 지연시간 반영을 하였으므로 실제 장비와 수행 중 운용 상태에 따른 차이가 있을 수 있다.

Mobile 환경

Mobile 환경에서 중요한 요소 중 하나는 Node간에 Topology의 변화이다. 이를 위해 MIL-STD-188-220 프로토콜에서는 SDR(Source Directed Relay) 프로토콜을 제공하고 있으나 TCG 시뮬레이션에서 각 Node간의 이동요소를 반영하여 Topology를 변화

시키는 기능을 구현하지 못하였다.

6 결론

군은 현재 무전기를 통해 음성 통신만을 해오던 것을 데이터 통신까지 수행하기 위해 노력중에 있으며, 그 일환으로 미군에서 사용중인 MIL-STD-188-220 프로토콜을 적용하고 있다. 이에 향후 CNR 환경에서는 음성과 데이터의 혼합운용이 크게 부각 되고 있는 실정이다. 이에 군 전술통신망 게이트웨이(TCG)는 CNR 환경에서 음성과 데이터를 혼합 운용할 수 있는 MIL-STD-188-220 프로토콜을 FM 무전기 기반으로 구현하였고 성능을 개선하기 위해 노력 중에 있다.

군의 요구사항 중 음성 최우선 연결 조건을 만족하면서 데이터의 성공률을 높이기 위해 우리는 트래픽의 양을 최대한 줄이고 무선 상황을 구분할 수 있는 정보를 이용하여 Network Layer에서 전문 전달 성공률을 높일 수 있었으며 특히, 음성 점유율이 많을 때 와 가장 적을 때 상대적으로 효과가 더욱 있음을 확인 하였다.

향후에 지형이나 기후에 변화하는 무선 환경을 고려하여 RF Channel 모델링에 반영을 하고 이동 Node에 대해 고려하여 Ad-Hoc 기능을 Network Layer에서 추가 한다면, FM 무전기를 이용한 CNR 망에 대해 현실성 있는 연구에 기여 할 수 있을 것이다.

7 Acknowledgments

본 연구는 민군겸용 기술사업(Dual Use Technology Program)으로 지원 받았음.

8 References

- [1] 감시정찰 센서네트워크 시스템 규격서, ETRI, Jun., 2007
- [2] DoD Interface Standard Digital Message Transfer Device Subsystems, MIL-STD-188-220C, May., 2002
- [3] DoD Interface Standard Connectionless Data Transfer Application Layer Standard, MIL-STD-2045-47001D, Sep., 2005
- [4] <http://www.cis.udel.edu/~amer/CECOM/>