

Link-16 전술데이터링크의 전송률 향상 기법에 관한 분석

*이상구, 손웅, 정방철
충남대학교 전자전파정보통신공학과
e-mail : *prayer239, woongson, bcjung@cnu.ac.kr*

Analysis on Throughput Enhancement Methods for Link-16 Tactical Data-Link

*Sangku Lee, Woong Son, and Bang Chul Jung
Dept. Electronics Engineering
Chungnam National University

Abstract

In this paper, we analyze throughput enhancement methods for Link-16 tactical data-link. The Link-16 enhanced throughput (LET) method uses different techniques for signal extraction and error detection and correction (EDC) to improve data efficiency, but it reduces reliability on delivery of uncorrupted data. In addition, Concurrent Multi-Netting (CMN) method allows users to access more than 1 Net by using difference channels. It increases the probability of successful reception of data when multiple users simultaneously transmit data in contention access.

I. 서론

Link-16 전술데이터링크 시스템은 미 국방부에서 표준으로 채택하여 전 군에 배치된 전술데이터링크 시스템으로 감시, 지휘, 통제 정보를 지휘통제 시스템 및 무기체계 플랫폼 간 교환함으로써 작전 효율성을 향상한다 [1]. Link-16은 Frequency Hopping (FH) 및 시분할 다중 접속 Time-Division Multiple Access (TDMA)을 이용하여 근 실시간 전송 및 항재밍이 가

능한 다중접속 기능을 제공한다. TDMA 기반 Link-16은 안정적인지만 전송속도가 매우 낮아 전술메세지, 음성 등의 작은 사이즈의 데이터 전송에 한정되어 사용되고 있다. 하지만 Link-16 사용자 숫자의 급격한 증가와 이미지, 영상 전송 등 고용량 데이터 전송 요구에 따른 전송용량 증가로 인해 데이터 전송량을 증가시키기 위한 연구들이 진행되고 있다.

본 논문에서는 현재 진행 중인 Link-16 시스템 성능 개량 데이터 전송량 증가방안 2가지에 대해 공학적으로 분석하고, Concurrent Multi-Netting (CMN) 방법에 대한 수신확률 증가를 모델링하여 데이터 전송량 증가를 확인한다.

II. 본론

2.1 Link-16 Enhanced Throughput (LET)

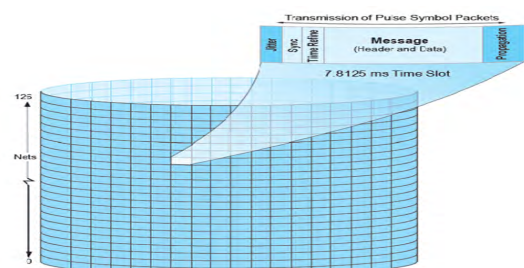


그림 1. Link-16 TDMA 구조[1]

Link-16 시스템은 그림1과 같이 time slot 당 메시지를 전송하기 때문에 제한된 시간 내에 전송할 수 있는 펄스 개수가 제한된다.

Link-16은 1 time slot 당 최대 444 펄스 전송이 가능하며, 이중 372 펄스가 메시지 전송에 사용된다. 32 Information bits 전송 가능하여 time slot 당 11,904 bits (372펄스*32bits) 전송이 가능하다. 하지만 제밍 공격을 받기 쉬운 전장 환경에서 운용하는 Link-16 시스템은 아래 그림과 같은 송신 시스템을 통해 항제밍 능력을 제공한다.

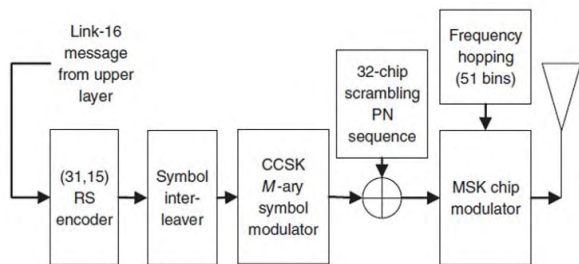


그림 2. Link-16 송신시스템 모델[2]

Link-16 송신시스템은 채널 코딩을 위해 5비트씩 심볼로 구분되며 각 심볼은 Reed-Solomon (RS) 채널 코딩되어 데이터는 (31, 15)의 비율로 블록 코딩된다. 채널 코딩된 심볼들은 인터리버를 거친 후에 5비트의 각 심볼은 Cyclic Code Shift Keying (CCSK) 변조를 통해 32칩으로 확산 코딩된다. 확산 코딩된 칩시퀀스는 minimum shift keying (MSK) 방식을 통해 하나의 펄스 신호로 변조된다. 변조된 펄스는 특정 패턴에 따라 주파수 도약을 하며 전송된다 [2]. 이러한 송신시스템을 거치면서 1개의 time slot으로 전송 가능한 메시지는 1860bits (372펄스*5bits)로 감소하고 RS 코딩으로 다시 740bits로 감소한다. 최종적으로 데이터 전송 효율은 6%로 감소한다.

LET 전송능력 증가 방안은 데이터 효율을 높이기 위해 CCSK를 Convolution, 약한 RS 코딩을 사용하여 데이터 효율을 높이는 방안이다. 이로 인해 데이터 전송량을 증가시킬 수 있으나 항제밍 능력이 감소하여 신뢰성 있는 정보 송수신이 가능한 전송거리가 감소하여 채널 상황이 좋을 때에만 제한적으로 사용 가능한 단점이 있다 [3].

2.2 Concurrent Multi-Netting (CMN)

CMN 방식은 기존 단일채널 방식에서 Software Defined Radio (SDR)을 사용하여 다수의 채널을 사용하여 기존 1개의 Net에서 정보를 송수신하던 방식에

서 여러 Net을 동시에 사용하는 방법이다 [4].

Link-16은 네트워크 설계를 통하여 각각의 사용자에게 time slot을 할당하는 방식인 Dedicated Access 방식과 사용자 그룹이 특정 time slot pool을 공유하고

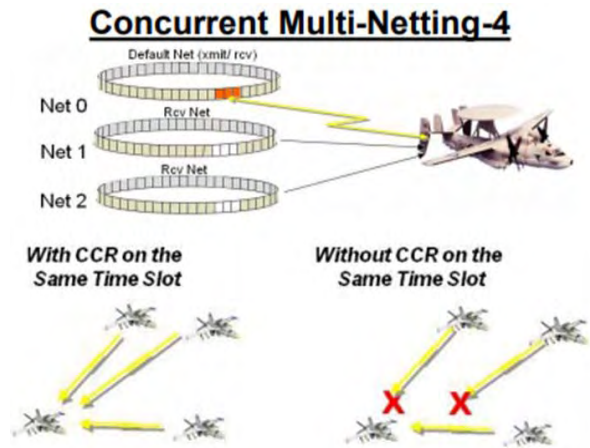


그림 3. CMN/CCR[4]

할당된 access rate로 무작위로 전송하는 Contention Access 방식을 사용한다. 기존의 Link-16은 1 net을 사용하여 contention 방식을 사용하여 1 time slot에 여러 항공기가 동시에 송신할 경우 가까운 항공기가 전송한 정보만 수신이 가능하였다 [5]. Link-16 성능개량으로 CMN 기법 적용 시 Concurrent Contention Receive(CCR)가 가능하여 contention 상황에 1 time slot에 여러 항공기가 동시에 송신된 정보 수신이 가능하여 결과적으로 전송량 증가 효과를 얻을 수 있다. contention 방식에서 정보수신확률을 결정하는 요소는 contention pool size(# of timeslots per frame), access rate(# of transmit opportunities), contenders 숫자이다.

CMN 기법 사용 시, access rate가 증가하여 정보수신확률이 증가한다.

그림 4는 CMN 기법을 적용한 경우의 모의실험 결과를 보여준다. contention pool size와 contenders 숫자가 고정된 상태에서 CNM기법을 사용하여 사용하는 Net의 숫자를 증가시켜 contention 상황에서 access rate를 증가시켰다. 모의실험 결과를 분석하면 contention 상황에서 CMN 기법 사용 시 정보 수신 확률이 증가함을 확인할 수 있다.

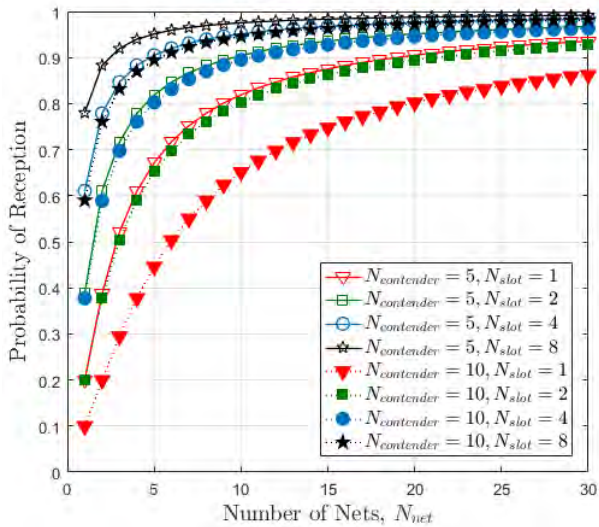


그림 4. CNM 기법에 따른 정보 수신 확률

III. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서는 전술데이터링크 기술 중 전 세계적으로 가장 많이 사용되는 Link-16 전송량 증가 방안에 대해 분석을 실행하였다. 본 연구를 통해 LET 방식을 통해 데이터 전송 효율을 높일 수 있으나 항재밍 능력이 감소되는 이유를 확인하였고, CMN 방식을 사용 시 Contention 상황에서 정보 수신 확률이 증가함을 확인하였다.

Link-16 기존 시스템을 유지하면서 성능개량을 수행해야하기 때문에 기존의 시스템에 적용 가능한 제한적인 전송량 증가 방안을 적용되었다. 한국형 전술데이터링크의 성능개량 또는 신규 전술데이터링크 개발 시 Link-16 전송량 증가방안에 대한 공학적 분석이 활용되기를 기대한다.

감사의 글

본 연구는 방위사업청과 국방과학연구소가 지원하는 국방위성항법특화연구센터 사업의 일환으로 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] Understanding Voice and Data Link Networking, Northrop Grumman's Guide to Secure Tactical Data Links, December, 2014
- [2] 노홍준 외 4인, "Link-16 웨이브폼 항재밍 성능 분석", 한국통신학회, 제35권, 제 12호, pp.1105-1112 2010. 12,
- [3] <http://www.ausairpower.net/SP/NCW-101-3.pdf>
- [4] <https://static1.squarespace.com/static/5274112ae4b02d3f058d4348/t/5473c2cbe4b0a883cf0d7c7d/1416874604915/2014-1-4b.pdf>
- [5] John Custy, The Link 16 Contention Access protocol for multiple-reception terminals, MILCOM 2010