

한국형 전술데이터링크(Link-K)의 무선통신 시험환경 구성 및 다중접속 프로토콜 성능분석

The Implementation of Wireless Communication Test Environment for the Link-K System and Performance Analysis of Multiple Access Protocols

권 구 형*

Koo Hyung Kwon

Abstract

This paper describes the wireless communication test environment for the Link-K system and shows the performance analysis of multiple access protocols. The test environment consists of data generator, modem, radio sets, attenuators, and antennas. In case of both CSMA and Roll-Call protocols, throughput performance and delay are measured. And test results are analyzed. The test results would be used for communication performance analysis and network design of Link-K system.

Keywords : Link-K, Test Environment, CSMA, Roll-Call, Performance Analysis

1. 서 론

현대전에서 승패의 주요 결정요소는 플랫폼의 민첩성 또는 보유 무기의 사거리가 아니라 적보다 신속 정확한 상황인식을 획득, 유지하는 능력이다. 이러한 능력을 획득, 활용하여 정보우위를 기반으로 전쟁을 수행하는 것이 네트워크 중심전의 개념이다. 합동작전이 중요시되는 현대전에서 다양한 작전체력들 간에 대량의 전술정보를 실시간으로 전파함으로써 전장상황을 공유하고 이러한 상황인식을 기반으로 신속하게 지휘결심하고 타격하는 “센서-지휘통제체계-타격체계”

간의 전술 통신 네트워크 확보가 매우 중요하게 되었다. 이때 네트워크 수단으로서 전술데이터링크(TDL : Tactical Data Link)가 사용된다^[1].

현재 한국군에서 사용되고 있는 전술데이터링크로는 Link-16^[2], Link-11A/B, ISDL(Inter Site Data Link), ATDL(Army Tactical Data Link)-1, IDM(Improved Data Modem) 등이 있다. 각각의 전술데이터링크 운용현황을 살펴보면, Link-16은 TDMA(Time Division Multiple Access) 프로토콜 기반에 UHF 대역의 전용 무선 통신 장비를 사용하고 있으며, Link-11은 Roll-Call 프로토콜을 적용하여 기존의 HF/UHF 대역 음성 무전기에서 운용된다. 그리고 IDM의 경우는 기존 UHF 대역의 음성 무전기 상에 CSMA(Carrier Sense Multiple Access) 프로토콜을 운용하고 있다. 이 밖에, 각 군별 지휘통제 및 무기체계 요구에 따라 전술데이터링크가 개별적

† 2009년 2월 9일 접수~2009년 3월 20일 게재승인

* 국방과학연구소 2기술연구본부 1부(ADD)

책임저자 : 권구형(koohyung@add.re.kr)

으로 구축되고 있어 육/해/공군 합동작전을 수행할 수 있는 한국군 고유의 합동전술데이터링크가 절실히 필요한 상황이다. 이에 따라, 우리군은 한국군 고유의 작전개념 반영, 체계통합 및 유지비용 절감, 차세대 정보기술에 기여하고 한국군의 단독작전 수행능력 확보를 위해 육/해/공군 합동작전을 수행할 수 있는 한국형 전술데이터링크(Link-K) 개발을 추진 중에 있다. 따라서, 이에 앞서서 안정적이고 효율적인 개발을 위해 한국군이 기존에 운용중인 음성 무전기 상에서 다중접속 프로토콜에 대한 성능분석 및 운용가용성에 대한 검증이 필요하게 되었다.

본 논문에서는 기존에 운용중인 한국군의 음성 무전기(ARC-232)에 다중접속 프로토콜(CSMA/IDM/Roll-Call[Link-11])을 적용하여 프로토콜 성능을 분석하고 운용성을 확인하였다. 이를 위해 실 무전기를 활용한 무선통신 시험환경을 구성하고, 무선구간의 데이터 통신 시험을 수행하였다.

본 논문은 총 4장으로 구성되며, 각 장별 내용은 다음과 같다. 1장에서는 본 논문의 목적과 구성을 기술하고, 2장에서는 Link-K 무선통신 시험환경의 개요 및

구성도를 나타내고, 3장에서는 구축된 시험환경을 통해 이루어진 무선구간의 데이터 통신 시험 결과를 기술하고 분석하였다. 마지막으로 4장에서는 본 논문의 결론을 제시하였다.

2. 시험환경 개요 및 구성도

가. 시스템 구성도

Link-K의 무선통신 시험환경은 세 개의 시험 세트와 랜 허브, 계측기로 구성된다. 각각의 시험 세트는 공통적으로 시험데이터 생성 및 모뎀 제어를 위한 컴퓨터(Station), 모뎀(IDM), U/VHF 무전기인 ARC-232, ARC-232 원격 제어기(RSC : Remote Set Controller), 전원 공급기, 감쇄기, 안테나, 그리고 각종 케이블로 구성된다. 또한, IDM과 ARC-232 사이의 PTT(Push To Talk) 신호와 데이터 입출력 신호를 측정하기 위해 별도의 계측기를 준비하였다. 전체적인 시스템 구성도는 Fig. 1과 같으며 시스템 구성품에 대해 Table 1에 나타내었다.

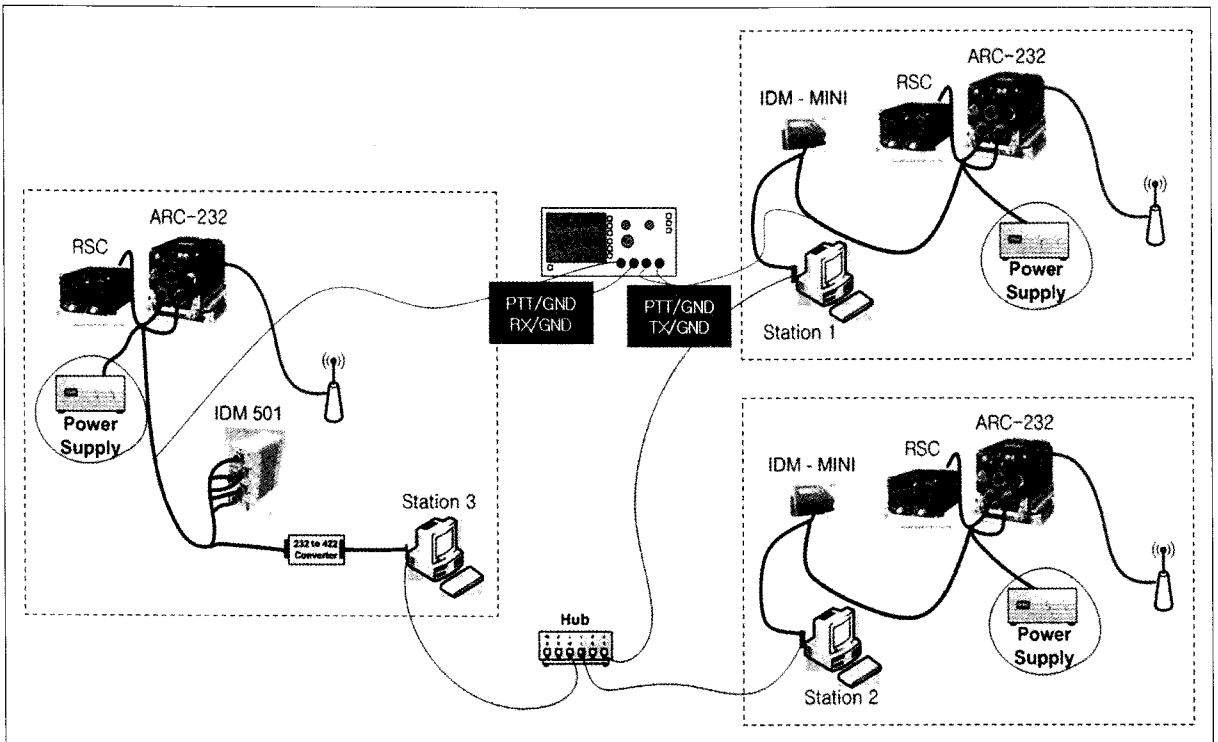


Fig. 1. Link-K 무선통신 시험환경 시스템 구성도

Table 1. Link-K 무선통신 시험환경 시스템 구성표

장비구분	개수	비고
무전기 세트 (ARC-232)	3	Radio 3대, RSC 3대
안테나	3	UHF용 안테나 3대
IDM	3	Mini-IDM 2대, IDM-501 1대
컴퓨터(Station)	3	시험데이터생성 SW, IDM 제어 SW 탑재
전원 공급기	3	전원 공급기 3대
계측기	1	오실로스코프 1대
유선장비	1	Hub 1대
감쇄기	3	감쇄기 3대

나. 소프트웨어 구성도

Link-K 무선통신 시험환경 시스템 구성 중 소프트웨어 구성에 대하여 아래의 Fig. 2에 나타내었다.

각각의 컴퓨터는 시험 데이터를 생성하는 소프트웨어와 IDM을 제어하는 소프트웨어로 구성되며 세 대의 컴퓨터 모두 동일한 소프트웨어 구성 환경을 갖는다. 특히, 다른 컴퓨터와 시간 동기를 위하여 NTP(Network Time Protocol) 서버 서비스를 추가로 설정한다. 그리고, 시험데이터 생성 소프트웨어 간의 통신 또는 시험데이터 생성 소프트웨어와 IDM 제어 소프트웨어 간의 통신은 UDP(User Datagram Protocol) 방식으로 통신한다.

Fig. 1과 2와 같이 시험환경을 구성한 후, 데이터 통신 시험을 수행하였고 이에 대한 결과를 3장에 서술하도록 한다.

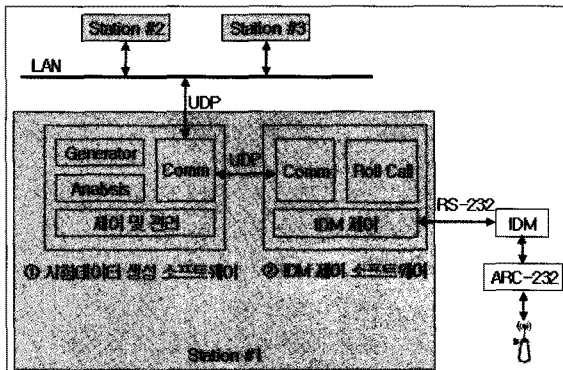


Fig. 2. Link-K 무선통신 시험환경 소프트웨어 구성도

3. 시험 결과 및 분석

본 장에서는 2장에서 기술한 Link-K 무선통신 시험 환경 시스템 구성을 기반으로 데이터 통신 시험을 수행하여 그 결과를 서술하도록 한다.

CSMA(IDM)와 Roll-Call(Link-11) 프로토콜에 대해서 2-Way(두 세트 단말간 통신) 및 3-Way(세 세트 단말간 통신)로 나누어 시험을 진행하였으며, 각각에 대해 Throughput 성능 및 Delay 값(지연특성)을 측정하였다.

한편, IDM과 무전기를 통하여 데이터를 전송할 때 데이터 전송의 신뢰도를 위해 PTT 시간에 실제 데이터의 앞, 뒤에 각각 Preamble 및 Postamble 신호가 있어야 한다. 만약, 두 신호에 충분한 시간을 할당하게 되면 데이터 전송의 신뢰도를 확보할 수는 있으나 통신 지연시간이 증가하여 통신 이용율은 낮아지게 된다. 반면, 신호 시간이 너무 짧으면 전송오류가 나타나게 된다. 때문에 성능 시험 전에 Preamble/Postamble 신호에 대한 최적화 시험을 수행하였다. 그리고, 각각의 신호에 대해 최적의 시간 값(Preamble : 250ms, Postamble : 255ms)을 얻었으며 이 값을 2-Way 및 3-Way 성능시험에 기본 값으로 적용하였다.

가. 2-Way 성능시험

2-Way 성능시험에서는 Fig. 1의 Station 1과 2의 두 세트를 이용하여, CSMA 및 Roll-Call 프로토콜에 대하여 패킷 데이터 크기(175Byte/3000Byte)에 따라 전송주기를 변화시키면서 시험을 수행하였다. 그리고, 각각에 대하여 측정된 Throughput과 Delay 값을 Fig. 3과 4에 도시하였다. Fig. 3은 데이터 크기가 175Byte일 때, Fig. 4는 3000Byte일 때의 측정값을 나타낸다.

시험 결과를 살펴보면, 전송 데이터 크기가 작을 경우 CSMA 및 Roll-Call에서의 Throughput 값이 서로 비슷하였으나 데이터 크기가 증가할수록 CSMA에서 Throughput 값이 높게 측정되었다. Delay는 전체적으로 Roll-Call 프로토콜에서 작은 값을 나타내어 지연특성이 안정적임을 알 수 있다. 이것은 각각의 다중접속 프로토콜 특성에 따른 결과로 볼 수 있다. 즉, Roll-Call에서는 전송기회 및 전송시간이 NCS(Net Control Station) 호출/명령에 의해 정해지기 때문에, 전송 데이터 크기가 작으면 주어진 전송시간 안에 데이터를 모두 전송할 수 있어 CSMA와 Throughput 성능이 동등하게 나타나지만, 전송 데이터 크기가 커지면 데이터

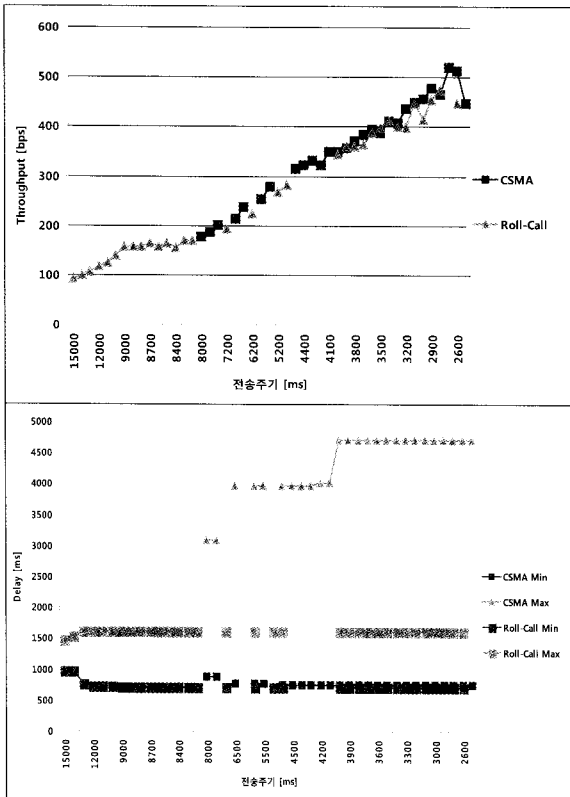


Fig. 3. CSMA vs Roll-Call 2-Way Throughput/Delay 측정 그래프[175Byte]

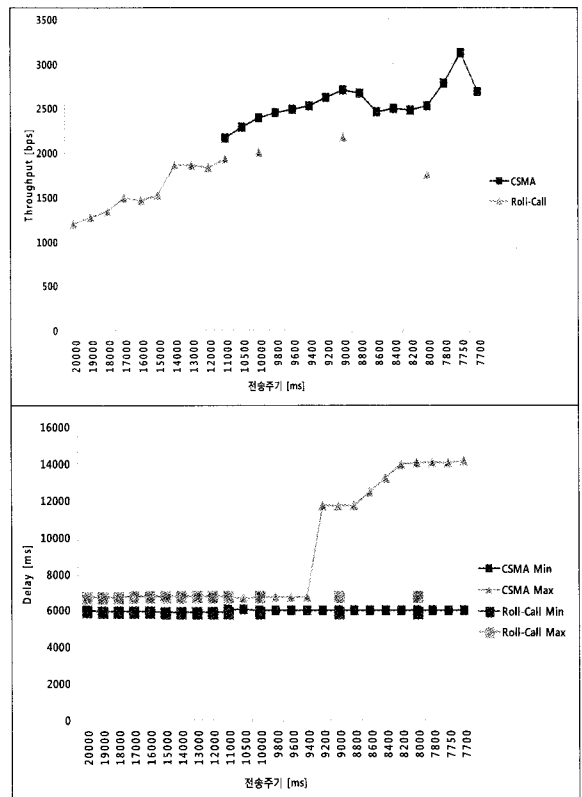


Fig. 4. CSMA vs Roll-Call 2-Way Throughput/Delay 측정 그래프[3000Byte]

를 모두 전송하지 못해 Throughput 성능이 낮아지는 결과를 보인다는 것이다. 대신 Delay 값은 상대적으로 일정하고 작다. 반면, CSMA의 경우에는 주어진 전송기회에 전송 데이터를 모두 보낼 수 있으므로 Throughput 값은 높게 측정되나, 두 단말기의 동시접속에 의한 충돌과 재접속 시도로 인해 Delay는 큰 값을 보였다.

나. 3-Way 성능시험

3-Way 성능시험은 Fig. 1과 같이 단말기 세 세트를 이용하여 진행되었다. 그리고 2-Way 시험과 동일하게 CSMA 및 Roll-Call 프로토콜에 대하여 패킷 데이터 크기(175Byte/3000Byte)에 따라 전송주기를 변화시키면서 시험을 수행하였다. 3-Way CSMA 프로토콜 적용 시험에서는, 세 대의 단말기가 경쟁적으로 데이터를 송신하게 되며 그 중 한 대의 단말기가 송신 기회를 얻으면 나머지 두 단말기는 데이터를 수신하게 된다. 그리고 이에 대한 Throughput과 Delay 값을 측정하였

다. Roll-Call 프로토콜 적용 시험에서는, 정해진 순서에 의해 송수신이 이루어지고 이때의 측정값을 각각 얻었다. 세 세트에 대해 순차적으로 시험을 진행한 후, 각 단말기에서의 측정값을 평균하여 시험결과를 도출하였다. Fig. 5는 전송주기가 Saturation 되는 구간에서의 성능 측정 결과를 나타낸다.

결과를 보면, Throughput의 경우 데이터 크기에 상관없이 CSMA에서 Roll-Call 보다 약 1.6~1.8배 정도 큰 값을 나타냈으며 Delay 시간은 Roll-Call을 적용했을 때가 작은 값을 보였다. 2-Way 시험 결과와 비교하였을 때, 단말기 숫자가 증가함에 따라 Delay 값이 증가하였으며 특히 CSMA에서 Roll-Call 보다 증가 폭이 더 커짐을 알 수 있다. 이것은 프로토콜 특성상 데이터 충돌 발생 가능성이 CSMA가 Roll-Call 보다 더 크기 때문이다. 만약, 단말기 숫자가 증가하게 되면 이러한 특성은 더욱 뚜렷하게 나타날 것이다. 반면, Throughput 측면에서는 Roll-Call이 CSMA 보다 성능이 떨어짐을 알 수 있다.

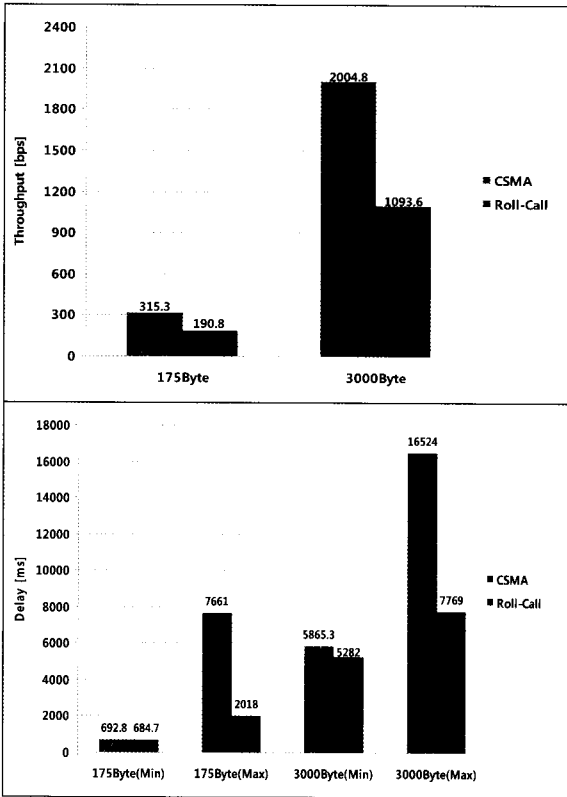


Fig. 5. CSMA vs Roll-Call 3-Way Throughput/Delay 측정 그래프

따라서, 전송 데이터 크기가 작고 전송주기가 일정한 노드중심의 네트워크를 구성할 때에는 Roll-Call을 적용하는 것이 적절하며, 전송 데이터 크기가 크고 전송주기가 불규칙한 노드중심의 네트워크에서는 CSMA를 사용하는 것이 유리하다고 판단된다.

4. 결론

본 논문에서는 한국형 전술데이터링크인 Link-K 통신체계의 규격 및 성능을 정의하기 위해 기존에 운용 중인 한국군의 음성 UHF 무전기(ARC-232)에 다중접속 프로토콜(CSMA[IDM]/Roll-Call[Link-11])을 적용하

여 프로토콜 성능 결과를 기술하고 분석하였다. 무선 데이터 통신 시험을 수행하기 위해 데이터 생성기, 모뎀, 무전기, 감쇄기, 안테나 등의 시험 장비를 이용하여 무선통신 시험환경을 구성하였으며, 프로토콜에 따라 네트워크 구성 단말기 숫자를 변경해 가면서 Throughput 및 Delay 값을 측정하였다. 그 결과, Throughput 성능은 CSMA 프로토콜을 사용한 경우가 우수하였으며, Delay는 Roll-Call 프로토콜 적용시 작은 값을 보여 보다 안정적인 지연특성을 나타내었다. 또한, 이러한 특성은 전송 데이터 크기 및 단말기 숫자가 증가할수록 뚜렷하게 나타났다. 그리고, 이것은 각각의 프로토콜 특성에 의한 결과로 판단할 수 있다. 따라서, 다중접속 프로토콜을 Link-K에 적용하기 위해서는 네트워크 구성노드의 전송 데이터 크기와 자료 전송주기를 고려하여 판단해야 할 것이다.

본 논문에서는 세 개의 시험세트를 이용하여 무선 성능을 시험하였지만, 향후에는 실 전장환경과 유사하게 다수의 Link-K가 적용된 무기체계 사이의 무선통신을 모사할 수 있도록 더 많은 단말을 확보하고 실제 운영 데이터를 이용하여 성능 시험을 진행해야 할 것이다. 뿐만 아니라, TDMA 프로토콜에 대한 성능 분석도 추가로 이루어져야 할 것이다. 이와 더불어, 선진 각국이 전술데이터링크 개발, 통합, 시험을 위해 테스트환경을 개발하는 것^[3]과 마찬가지로 Link-K를 위한 테스트 베드 구축이 필요할 것이다.

Reference

- [1] 김종성, “전술데이터링크 발전 방향 및 Link-16 문제점 연구”, 국방과학연구소, IEDC-425-050628, 2005.
- [2] DoD Interface Standard Tactical Data Link(TDL) 16 Message Standard, Mil-Std-6016C, Mar., 2004.
- [3] Fred Goldstein and Martin McDonough, “Joint Tactical Information Distribution System(JTIDS)/Multi-Link Test Device(MLTD) Laboratory Environment Test System”, MILCOM 97 Proceedings, 1997.