

DTDMA Procedure design of Tactical Data Link

Jin-Woo Kim*, Woo-Sin Lee*, Hack-Joon Kim*, So-Yeon Jin*, Min-Chul Kim*

*Engineer, Dept. of SW Team(Comm.), Hanwha Systems, Pangyo, Korea

*Chief Engineer, Dept. of SW Team(Comm.), Hanwha Systems, Pangyo, Korea

*Senior Engineer, Dept. of SW Team(Comm.), Hanwha Systems, Pangyo, Korea

*Chief Engineer, Dept. of SW Team(Comm.), Hanwha Systems, Pangyo, Korea

*Senior Engineer, Dept. of SW Team(Comm.), Hanwha Systems, Pangyo, Korea

[Abstract]

In this paper, we designed a dynamic TDMA scheme for smooth tactical data distribution in TDMA tactical datalinks. Since the existing tactical datalinks use fixed time radio resources, it is impossible to change the resource status according to network conditions during operation. To overcome these limitations, we designed, implemented, and simulated the DTDMA processing and related messages such as initial timeslot allocation, intermediate time slot allocation, time slot return, and timeslot retrieval. As a result, it was shown that the method of effectively allocating and using timeslot resources according to the situation is applicable. Therefore, we will continue research to manage DTDMA communication on tactical data link in the future.

▶ **Key words:** DTDMA, DataLink, Tactical DataLink, TDMA, Link-16

[요 약]

본 논문에서, 우리는 TDMA 방식의 전술 데이터링크에서 원활한 전술 데이터의 분배를 위한 Dynamic TDMA 방식을 설계하였다. 기존의 전술 데이터링크는 고정된 시간 무선 자원을 이용했기 때문에 운용 도중 네트워크 상태에 따라 자원 현황을 변경하는 것이 불가능했다. 이러한 한계를 극복하기 위해 초기 타임슬롯 할당, 운용 중간 타임슬롯 할당, 타임슬롯 반납, 타임슬롯 회수와 같은 DTDMA 처리방식과 관련 메시지를 설계, 구현하고 그러한 상황을 모의하여 실험하였다. 이것으로 상황에 따라 타임슬롯 자원을 효율적으로 분배하여 사용하는 방식이 적용 가능성을 보였다. 따라서 차후 전술 데이터링크에 DTDMA 통신 관리를 할 수 있도록 연구를 계속할 것이다.

▶ **주제어:** DTDMA, 데이터링크, 전술 데이터링크, TDMA, Link-16

-
- First Author: Jin-Woo Kim, Corresponding Author: Jin-Woo Kim
 - *Jin-Woo Kim (stcjnu.kim@hanwha.com), Dept. of SW Team(Comm.), Hanwha Systems
 - *Woo-Sin Lee (woosin.lee@hanwha.com), Dept. of SW Team(Comm.), Hanwha Systems
 - *Hack-Joon Kim (hjn.kim@hanwha.com), Dept. of SW Team(Comm.), Hanwha Systems
 - *So-Yeon Jin (soyeon.jin@hanwha.com), Dept. of SW Team(Comm.), Hanwha Systems
 - *Min-Chul Kim (minchul0803.kim@hanwha.com), Dept. of SW Team(Comm.), Hanwha Systems
 - Received: 2019. 08. 26, Revised: 2019. 11. 27, Accepted: 2019. 12. 03.

I. Introduction

현대의 전쟁 수행 개념은 네트워크 중심전(NCW : Network Centric Warfare) 체계로 변화하고 있다.[1] NCW 는 센서 체계, 지휘통제 체계, 타격 체계 등 전장 환경의 모든 요소들이 연계되어 네트워크 정보화를 실현함으로써 적보다 더 나은 상황인식(SA : Situation Awareness) 을 통한 정보 우위를 기반으로 전쟁을 수행하는 현대의 전쟁 수행 개념이다[2]. 전술 데이터링크(TDL: Tactical Data Link)는 네트워크를 통해 무기체계 간 상호 데이터 교환이 가능하므로 이러한 NCW를 구현하는 데 있어 전술 데이터링크가 사용된다. 전술 데이터링크는 각 무기체계들에게 연속적이면서 자동으로 갱신되는 전술데이터를 제공하여 전투원 및 지휘결심자의 상황인식 능력을 증가시킨다. 따라서 국가마다 이러한 전술 데이터링크를 국방력에 필수적이라는 인식과 함께 개발 및 운용하고 있다. NATO 국가들이 운용하는 데이터링크는 Link-1, Link-11, Link-16 등이며 Link-16은 JTIDS(Joint Tactical Information Distribution System) 단말에 의해 운용되고 있고 JTIDS와 상호운용 가능한 Link-16 단말인 MIDS(Multifunction Information Distribution System) 를 미국과 공동 개발하였다[3]. 이 외에도 미 육군은 가변메시지양식(VMF: Variable Message Format)을 개발하여 Link-16 과 같은 전술 데이터링크 메시지 양식으로부터 독립한 미 육군 표준으로 개발하여 전투부대에서 운용 중이다. 한국군에서는 군별로 Link-11와 Link-16 등의 전술 데이터링크를 운용하고 있다[4]. 그리고 한국군 독자적으로 가입 노드 번호 및 트랙 번호 관리가 가능한 Link-K 를 적용하는 한국형 합동전술데이터링크체계(JTDL: Joint Tactical Data Link System) 와 미 육군에서 개발한 VMF를 한국군에 적합하도록 개조한 지상 전술데이터링크인 KVMF(Korean Variable Message Format) 체계를 운용한다[5]. 향후 완성형 전술 데이터링크 체계를 개발하여 JTDL의 항재밍(Anti-Jamming) 능력과 동적 시분할 다중 접속(DTDMA : Dynamic Time Division Multi Access) 등의 기능 등을 강화한 체계를 운용할 예정이다.

전술 데이터링크 중 본 논문의 내용의 기반이 되는 Link-16 은 TDMA 형태의 통신 방식으로 무선 데이터의 송수신을 운용한다. 하지만 운용 중, 돌발상황 및 변수에 의해 사전에 계획된 데이터의 양보다 데이터가 더 많이 발생할 확률이 빈번하다. 그리고 무선 네트워크의 상태로 인한 전송 실패와 그로 인한 환경 구성, 망 동기 등의 절차로

인해 데이터의 송신이 지연되는 상황을 발생 가능하고 그로 인해 작전 수행능력에 문제의 여지가 있다. 이러한 상황을 기술적으로 방지하기 위하여 TDMA 방식 내의 시간 자원 분배를 그때그때 상황에 맞게 변경을 해주는 관리 필요성이 대두되었다. 무선 전송이 필요한 상황에 적절한 양의 자원을 할당하고, 전술 데이터의 양에 따라 자원의 양을 증가시키거나 감소시키는 작업을 하여 위의 문제점들을 해소할 수 있다. 이를 위한 방법으로 초기 운용 설정 시 타임슬롯 할당, 운용 중 추가 타임슬롯 할당, 운용 종료 시 타임슬롯 반납, 운용 중 송수신 내역이 일정기간 존재하지 않을 때 타임슬롯 회수 등의 경우에 대하여 연구하였다. 이에 대한 절차와 관련 메시지를 설계, 구현한 내용을 본 논문에서 제안하며 실험을 통해 검증하였다.

본 논문을 다음과 같이 구성하였다. 2장에서 전술 데이터링크의 통신방식인 TDMA 기반의 통신 구조, Link-16 메시지의 특성에 대해 살펴보고 3장에서는 설계한 절차와 메시지에 대하여 설명하고 이에 대해 실험환경을 구성하여 실험 결과를 확인한다. 그리고 4장에서는 본 논문의 결론과 그 이후에 대하여 논의한다.

II. Preliminaries

1. Related works

1.1 TDMA Structure of Tactical Data Link

Link-16 전술 데이터링크는 시분할 다중 접속(TDMA) 통신방식으로 운용하고 RRN(Recurrence Rate Number)이라는 구조를 사용하여 타임슬롯을 운용한다. 타임슬롯은 네트워크의 각 단말에 슬롯들의 블록들로 할당된다. 그림 1의 (a)를 보면 1 타임슬롯 당 7.8125 msec 의 시간을 사용한다. 1 프레임은 1536 개의 타임슬롯을 포함하고 이는 12초마다 반복된다. 타임슬롯 블록(TSB : TimeSlot Block) 은 그림 1의 (b)와 같이 세트(Set), 인덱스(Index), 그리고 RR, 이렇게 3종류로 정의된다. TSB에 있는 슬롯들의 수의 로그를 RRN 이라 부른다. RRN 은 블록에 몇 개의 타임슬롯이 있는지를 가리킨다. RRN 의 가장 작은 수는 6이고 이는 12초 간격을 가리킨다. 7, 8의 RRN 은 1 프레임 당 6초, 3초 의 간격을 말한다. RRN 이 1씩 증가할 때마다 타임슬롯은 2배씩 늘어나고 RRN 은 최대 15까지 할당할 수 있다.[6]

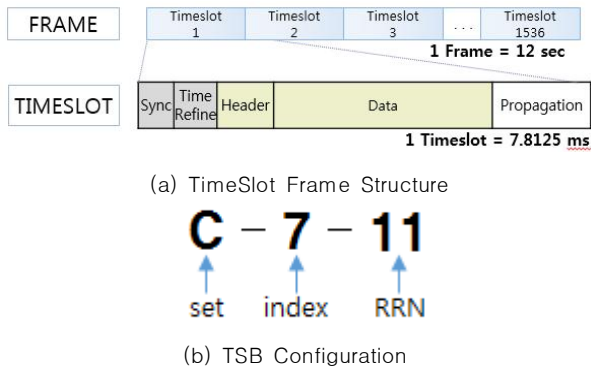


Fig. 1. TDMA Frame structure

이러한 구조의 타임슬롯은 Dedicated, Contention, Relay 타임슬롯의 3종류로 나뉜다. Dedicated 타임슬롯은 일반적인 Link-16 J-Series 메시지를 송수신한다. Contention 타임슬롯은 타임슬롯 요구, 타임슬롯 할당, 타임슬롯 반납 등의 DTDMA 관련 메시지들을 운반한다. 그리고 중계 노드 역할을 하는 노드는 Relay 타임슬롯을 갖게 되고 이 노드는 타 가입 노드로부터 수신한 전술 메시지들을 Relay 타임슬롯에 실어서 중계한다. 각 타임슬롯은 중복되지 않도록 단말에 설정해야 하고 노드 역할에 따라 할당을 안 할 수 있다.

Link-16 J-Series 메시지의 종류는 5비트의 label 과, 3비트의 sublabel 을 조합하여 총 256개의 메시지로 정의 할 수 있다. 이러한 형식으로 각각의 세분화된 메시지들은 구분되어 진다. 그 중 전술적으로 크게 13개의 임무로 구분이 가능하고 또한 이러한 메시지 중 특정한 몇 개의 메시지는 MR(Machine Receipt) 을 요구한다. J-Series 중 무기관리 및 제어 메시지로 분류되는 메시지들이다. MR 이란 시스템에 의해 자동으로 수행되어지는 Ack 메시지이다. MR 을 메시지 처리기 소프트웨어가 생성하는 것이 아닌, 수신측 모뎀에서 무기관리 및 제어 메시지를 수신하는 즉시 MR 을 생성하여 송신 큐에 삽입한다. 무기관리 및 제어 메시지를 송신한 노드의 입장에서는 상대 노드로부터 MR 을 일정 시간 내에 수신하지 못하면, 해당 메시지를 재전송한다. 3장에서 설계한 메시지들은 이 MR 을 필요로 한다.

III. The Proposed Scheme

3장에서는 DTDMA 처리 절차를 설계한 내용에 관하여 서술한다. 전술 데이터링크의 각 노드는 중심국 노드와 가입 노드로 나뉘어 지는데, 본 논문에서는 DTDMA를 위한 처리

를 가입 노드에서 중심국 노드로 요청하는 형식의 설계를 하였다. 모뎀 소프트웨어에서 DTDMA 처리를 하는 CSC 와 각 시나리오 별로 쓰이는 메시지를 설계하였다. 그리고 그것을 구현하여 예상대로 동작함을 실험을 통하여 확인하였다.

1. New Allocation of TimeSlot

Table 1. TS Messages

Messages	Label	sub label	sub-sublabel	Function
TS-Request	0	6	0	Request timeslot to Center Node includes request number of timeslot
TS-Response	0	6	1	Allocate timeslot for Join Node includes allocated TSB(Set / Index / RRN)
TS-Return	0	6	2	Inform timeslot return to Center Node

본 기능을 위해 설계한 메시지는 표 1과 같다. 망 운용정보가 DTDMA 운용모드로 설정된 가입 노드는 중심국 노드에게 타임슬롯 신규 할당을 위한 메시지를 전송하며, TS-Request 메시지를 생성하여 송신한다. 망 운용정보가 중심국으로 설정된 중심국 노드는 할당한 TSB 정보(Set / Index / RRN) 를 가입 노드에게 송신하며, TS-Response 메시지를 회신한다.

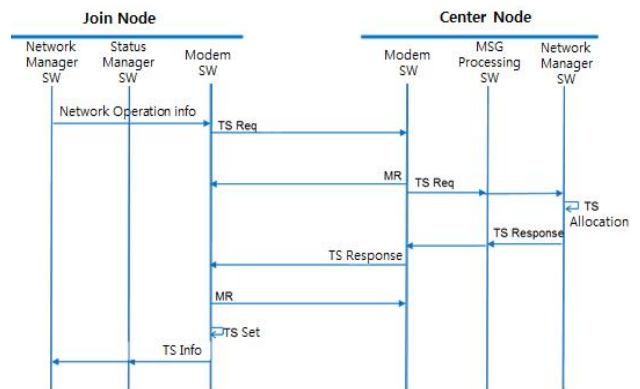


Fig. 2. TimeSlot New Allocation

표 1의 메시지 중 타임슬롯 요구 메시지와 타임슬롯 할당 메시지는 메시지의 중요도와 특성 상, MR 을 요구한다. MR 을 받지 못하면 최대 3회를 재전송한다. 그림 2를 보면 네트워크

크 관리 소프트웨어가 망 운용정보를 모뎀 소프트웨어에 전달하고 해당 노드의 노드 역할이 DTDMA 가입 노드라면 망 운용정보에 있는 필요 타임슬롯의 개수를 타임슬롯 요구 메시지에 삽입하여 생성한다. 이를 contention 타임슬롯이 도래할 때 무선 송신을 하게 된다. 중심국 노드의 모뎀은 이를 받아서 MR을 회신하고, 메시지 처리기 소프트웨어를 통해 네트워크 관리 소프트웨어 까지 타임슬롯 요구 메시지가 전달된다. 네트워크 관리 소프트웨어 는 이에 대해 가입 노드가 사용할 TSB 정보를 삽입하여 타임슬롯 할당 메시지를 생성한다. 모뎀 소프트웨어는 이 메시지를 메시지 처리기 소프트웨어를 거쳐서 전달받아 가입 노드에 무선 송신한다. 가입 노드의 모뎀 소프트웨어는 MR을 회신하고, 타임슬롯 할당 메시지 내의 TSB 정보를 추출하여 모뎀에 설정한다. 이 때부터 이 가입 노드는 TSB의 타임슬롯을 사용할 수 있다. 모뎀 소프트웨어는 상태정보에 설정된 TSB 정보를 넣어 공유한다. 가입 노드의 네트워크 관리 소프트웨어 는 상태 관리 소프트웨어의 종합상태정보에서 TSB 정보를 읽어서 관리한다.

2. Additional Allocation of TimeSlot

망 운용 중, 교전을 수행하는 가입 노드는 PPLI(Precise Participant Location and Identification) 메시지를 최초의 주기보다 수초 단축된 주기로 송신을 하게 된다. 이 때 단축된 송신 주기만큼 송신을 위한 타임슬롯의 양이 필요하며, DTDMA 가입 노드라면 이것을 중심국 노드에 타임슬롯 추가 요청을 수행하고 요청한 만큼의 타임슬롯을 할당받아 그것을 사용한다. 그림 3을 보면 그림 2 타임슬롯 신규할당과 다른 점은, 최초의 타임슬롯 요구 메시지를 메시지 처리기 소프트웨어 로부터 전달받는다라는 점이다. 메시지 처리기 소프트웨어 는 특정 상황이 되어 메시지의 송신주기가 변경되면 이를 감지하여 타임슬롯 요구 메시지를 생성하여 모뎀 소프트웨어에게 전달하고 이는 중심국 노드로 송신된다. 그 뒤의 절차는 타임슬롯 신규 할당 절차와 같다.

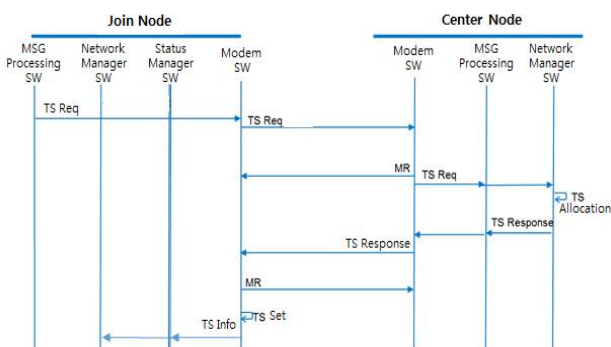


Fig. 3. TimeSlot additional Allocation

3. Return of TimeSlot

망 운용 중, DTDMA 가입 노드가 네트워크 관리 소프트웨어 로부터 무선 망 종료 메시지를 수신하면, 타임슬롯 반납 메시지를 생성하여 중심국 노드로 송신한다. 해당 노드의 타임슬롯은, 운용 중인 다른 노드가 활용할 수 있게 관리해야 한다. 중심국 노드는 타임슬롯 반납 메시지를 수신하면 해당 노드의 타임슬롯을 회수 처리한다. 이 때 MR은 보내지 않는다. 그림 4를 보면 DTDMA 가입 노드에서 망 종료 메시지를 수신한 모뎀 소프트웨어는 중심국 노드에 타임슬롯 반납 메시지를 송신한다. 중심국 노드는 이를 수신하면 해당 노드의 타임슬롯을 회수하고, 네트워크의 타임슬롯 정보를 업데이트한다. DTDMA 가입 노드는 타임슬롯 반납 메시지를 송신 후 망 종료 설정을 하여 운용을 끝낸다.

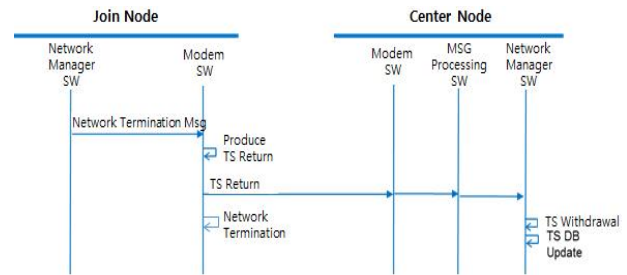


Fig. 4. TimeSlot Return

4. Withdrawal of TimeSlot

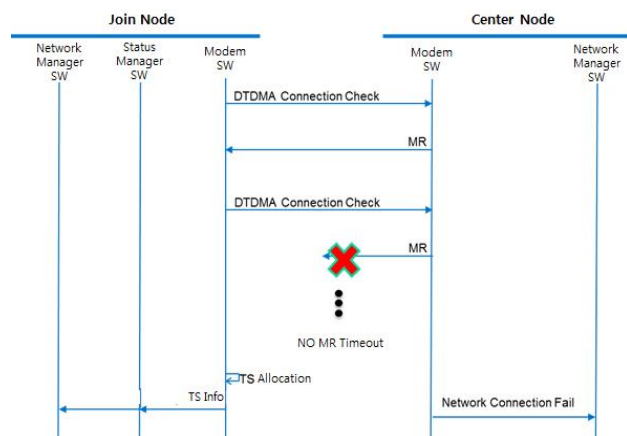


Fig. 5. TimeSlot Withdrawal

가입 노드는 망 운용을 시작하면 주기적으로 DTDMA Connection Check 메시지를 중심국 노드로 송신한다. 그림 5를 보면 중심국 노드는 메시지를 수신하면 해당 노드에 MR 메시지를 회신한다. 가입 노드가 MR 을 수신하지 않으면, 마지막으로 MR 을 수신한 시간으로부터 일정 시간이 경과 후 모뎀의 타임슬롯을 초기화하여 할당받은 타임슬롯의 사용을 중단한다. 중심국 노드는 DTDMA 가

입 노드 별로 DTDMA Connection Check 메시지를 이용하여 운용상황을 체크하고, DTDMA Connection Check 메시지가 일정시간 경과 후에도 수신하지 않은 가입 노드의 타임슬롯을 회수한다. 회수한 타임슬롯은 네트워크 관리 소프트웨어가 자원 풀에서 관리하여 운용 중인 가입 노드의 추가할당에 이용한다.

IV. Verification

본론에서 설계한 내용을 구현하여, 서론에서 제기한 기능들이 보완되었는지 확인하기 위해 테스트베드를 구축 후 실험 시나리오를 구성하여 이를 검증하였다.

1. Test Environment

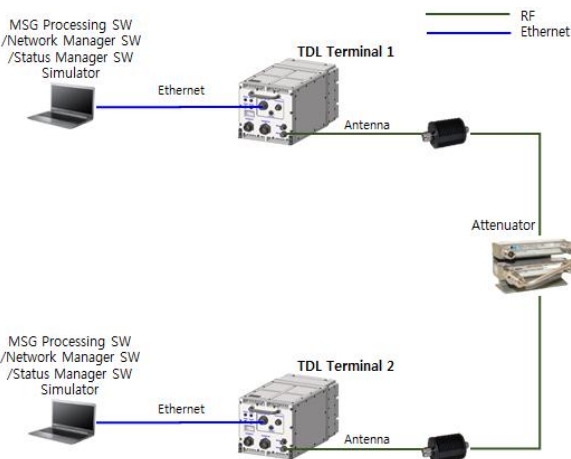


Fig. 6. Test bed

테스트베드는 그림 6과 같이 구성되어 운용환경을 모의하였다. 2대의 전술 데이터링크 단말은 각각 시험용 PC와 유선 RF 케이블을 연동하고 있다. 시험용 PC에는 메시지 처리기 소프트웨어 시뮬레이터, 네트워크 관리 소프트웨어 시뮬레이터, 상태 관리 소프트웨어 시뮬레이터를 탑재하여 단말운용에 필요한 설정과 데이터를 모의할 수 있게 하였다. 메시지 처리기 소프트웨어 시뮬레이터로 Link-16 J-Series 메시지를 생성, 메시지 송수신 현황을 도시하고 네트워크 관리 소프트웨어 시뮬레이터로 네트워크 운용정보 파라미터를 단말에 설정한다. 단말(TDL Terminal) 1과 단말 2 간에는 유선 RF 케이블로 연결되어 있어서 무선 송수신 환경을 모의한다. 이를 통하여 본론에서 설계한 내용의 실현 가능성을 검증하였다.

본론에서 설계한 DTDMA 기능을 위한 TS 메시지의 형태는 표 1과 같이 Link-16의 J-Series 메시지 형태로 정의하였다. J-Series 메시지는 5비트의 label 과, label 의 하부 구조

로 3비트 크기를 가진 sulabel 의 조합으로 메시지를 정의하는데, 해당 TS 메시지들은 규격에 없고 본 논문의 연구용으로 정의한 메시지라 sub-sulabel 을 두어 할당하였다.

2. New Allocation of TimeSlot

DTDMA 가입 노드의 모뎀 소프트웨어가 그림 7과 같이 네트워크 관리 소프트웨어 시뮬레이터로부터 망 운용정보를 받고 바로 TS-Request 메시지를 송신한다. 중심국 노드는 이에 대하여 TS-Response 메시지에 TSB 정보를 넣어서 회신하고 가입 노드가 이를 모뎀에 설정하여 Link-16 메시지를 송신하는 것을 검증하였다.

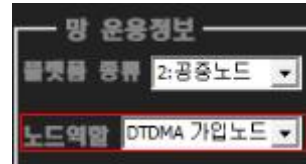
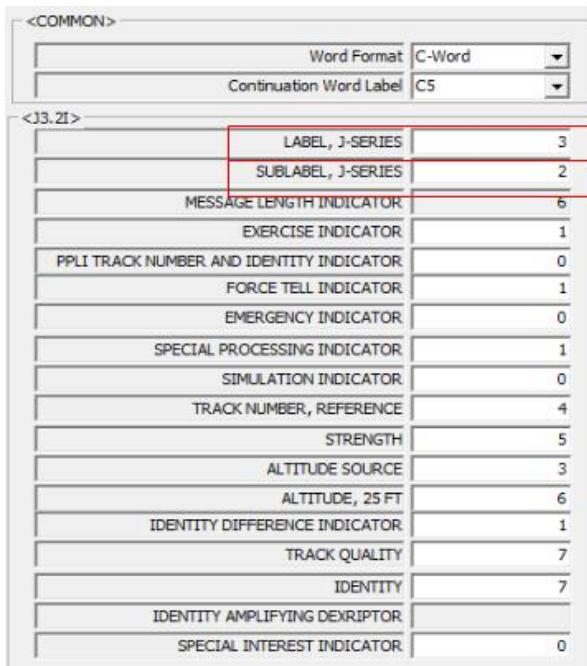


Fig. 7. DTDMA Node Role Selection

그림 8은 중심국 노드의 메시지 처리기 소프트웨어 시뮬레이터에서 생성한 TS-Response 메시지이다. 3개의 TSB가 들어있고, 각각 B-0-10, B-20-10, B-30-10으로 시뮬레이터에서 임의 지정하였다. 가입 노드의 모뎀 소프트웨어는 이 메시지를 수신하면 바로 모뎀에 TSB를 설정함과 동시에 MR 메시지를 중심국 노드에 회신한다. 모뎀이 TSB를 설정하여 Link-16 메시지가 송신이 가능함을 확인하기 위하여 가입 노드의 메시지 처리기 소프트웨어 시뮬레이터에서 그림 9(a)와 같이 Link-16 J3.2 track 메시지를 생성하여 중심국 노드에서 이를 수신하는지 확인하였다.

<0.6.1I>		
LABEL, J-SERIES		0
SUBLABEL, J-SERIES		6
MESSAGE LENGTH INDICATOR		1
SUB-SUBLABEL, LK-SERIES		1
ASSIGNED NUMBER OF TSB		3
SET TSB1		1
INDEX TSB1		0
RRN TSB1		10
<0.6.1E>		
SET TSB2		1
INDEX TSB2		20
RRN TSB2		10
SET TSB3		1
INDEX TSB3		30
RRN TSB3		10

Fig. 8. TimeSlot Response Message generation



(a) J3.2 Track Message Generation

송/수신	Sender ID	STN	Message Sequence	Length	메시지 상세 내용
수신	14	1024	52	83	Label = 3, Sublabel_J = 2, Msg Len Indicator = 6
수신	14	1024	53	83	Label = 3, Sublabel_J = 2, Msg Len Indicator = 6
수신	14	1024	54	83	Label = 3, Sublabel_J = 2, Msg Len Indicator = 6
수신	14	1024	55	83	Label = 3, Sublabel_J = 2, Msg Len Indicator = 6
수신	14	1024	56	83	Label = 3, Sublabel_J = 2, Msg Len Indicator = 6
수신	14	1024	57	83	Label = 3, Sublabel_J = 2, Msg Len Indicator = 6
수신	14	1024	58	83	Label = 3, Sublabel_J = 2, Msg Len Indicator = 6
수신	14	1024	59	83	Label = 3, Sublabel_J = 2, Msg Len Indicator = 6
수신	14	1024	60	83	Label = 3, Sublabel_J = 2, Msg Len Indicator = 6
수신	14	1024	61	83	Label = 3, Sublabel_J = 2, Msg Len Indicator = 6
수신	14	1024	62	83	Label = 3, Sublabel_J = 2, Msg Len Indicator = 6
수신	14	1024	63	83	Label = 3, Sublabel_J = 2, Msg Len Indicator = 6
수신	14	1024	64	83	Label = 3, Sublabel_J = 2, Msg Len Indicator = 6
수신	14	1024	65	83	Label = 3, Sublabel_J = 2, Msg Len Indicator = 6

(b)J3.2 Receiving of Center Node

Fig. 9. Link-16 Message Transmission/Reception Status

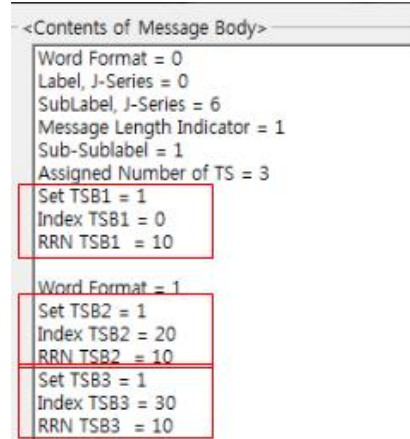
중심국 노드의 모뎀 소프트웨어는 Link-16 메시지를 수신하여 메시지 처리기 소프트웨어 시뮬레이터에 전달한다. 그림 9(b)는 메시지 처리기 소프트웨어 시뮬레이터가 수신한 메시지들을 전시한 것이다. 가입 노드에서 송신한 track 메시지들을 수신한 것을 알 수 있다.

3. Additional Allocation of TimeSlot

망 운용 중에 타임슬롯을 요구하고 할당하는 기능이 동작하는 지를 확인함으로써 타임슬롯 추가할당 기능을 검증하였다. DTDMA 가입 노드의 메시지 처리기 소프트웨어 시뮬레이터로 TS-Request 메시지를 생성하여 모뎀에 전달하였고, 이를 중심국 노드에서 수신받았다. 중심국 노드의 모뎀 소프트웨어는 TS-Request 메시지를 메시지 처리기 소프트웨어 시뮬레이터에 전달하였다. 그리고 메시지 처리기 소프트웨어 시뮬레이터로 TS-Response 메시지를 생성하여 이를 가입 노드에게까지 송신한다.

송/수신	Sender ID	STN	Message Sequence	Length	메시지 상세 내용
수신	14	2	43	29	Label = 0, Sublabel_J = 6, Msg Len Indicator = 0, Sublabel_K = 0
송신	1	1	65535	38	Label = 0, Sublabel_J = 6, Msg Len Indicator = 1, Sublabel_K = 1

(a) Receiving/Transmitting TS messages of Center Node



(b) TS-Response Message with TSB

Fig. 10. TimeSlot Processing of Center Node

그림 10(a) 는 중심국 노드에 TS-Request(0.6.0)을 수신하고 TS-Response(0.6.1)를 송신한 내역이다. 그림 10(b)는 TS-Response 의 메시지 내용을 나타내고 있다. 이후, DTDMA 가입 노드는 중심국 노드가 송신한 TS-Response 에 포함된 TSB를 설정하여 타임슬롯 초기 할당 시험에서처럼 track 메시지들을 송신하는 것을 확인하였다.

4. Return of TimeSlot

망 운용 중, DTDMA 가입 노드의 네트워크 관리 소프트웨어 시뮬레이터로 무선 망 종료 메시지를 생성하였다. 무선 망 종료 메시지를 전달받은 모뎀 소프트웨어는 TS-Return 메시지를 생성하고 타임슬롯이 도래하면 이를 중심국 노드로 송신한다.

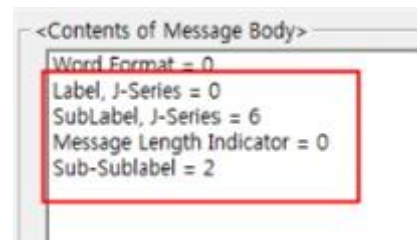


Fig. 11. Receiving TS-Return message of Center Node

그림 11과 같이 중심국 노드의 모뎀 소프트웨어가 TS-Return 메시지를 수신하여 그림 11과 같이 메시지 처리기 소프트웨어 시뮬레이터로 전달하는 것을 확인하였다.

5. Withdrawal of TimeSlot

DTDMA Connection Check 메시지의 전송주기를 3분으로, DTDMA Connection Fail 대기시간을 10분으로 설정하였다. DTDMA 가입 노드의 모뎀과 중심국 노드의 모뎀 간에 3분 주기로 DTDMA Connection Check 메시지와 그에 대한 MR을 주고 받는지 확인하였다. 그리고 두 노드 간의 물리적 연결을 끊기 위해 그림 6의 실험환경에서 두 단말 간 연결되어 있던 RF 연동 케이블을 제거하였다. RF 레벨에서 송신이 차단되었기 때문에 가입 노드의 DTDMA Connection Check 메시지는 중심국 노드가 수신하지 못하였고, 그에 대한 MR 은 당연히 생성하지 않아 두 노드 간 통신은 단절되었다.

Table 2. After Expired Time

DTDMA Join Node	Center Node
Set TSB free	Send Connection Fail Message to Network Manager Software Simulator

그 후 10분이 지난 뒤, 각 노드는 표 2와 같은 작업을 수행하였다. DTDMA 가입 노드는 할당되었던 모든 TSB를 초기화하였고, 중심국 노드는 해당 노드와의 연결 실패를 네트워크 관리 소프트웨어 시뮬레이터에 전달하였다.

V. Conclusions

본 논문에서 우리는 전술 데이터링크의 DTDMA 처리를 설계하고 이를 검증하였다. 메시지의 동작과 통신 방식에 대하여 관련연구에서 알아보았고, DTDMA를 위한 메시지의 송수신 절차와 동작을 본론에서 설계하였다. 그 내용을 구현하여 4장의 실험을 통하여 검증하였다. 전술 데이터링크를 DTDMA 가입 노드와 중심국 노드라는 역할을 나누어서 초기 타임슬롯 할당, 운용 중 타임슬롯 요청과 할당, 운용 중단 시 타임슬롯 반납, 운용 중 통신상태에 따른 타임슬롯 회수라는 4가지 상황을 설정하고 각각의 관련 메시지와 처리 절차를 정의하여 시험하였다. 전술 운용 중 작전의 수행 시에 원활한 통신 상태를 유지하고 네트워크 내의 유연한 자원 분배가 가능한 효과를 목적으로 하였다. 본 논문의 DTDMA 처리는 가입 노드에서 중심국 노드로 요청하는 일방적 방향의 자원 분배라는 한계가 있다. 그러므로 지속적으로 전술 데이터링크의 운용을 분석하여, 중심국의 개입 없는 가입 노드 간의 시간 자원의 공유 방법에 대하여 연구를 할 예정이다.

REFERENCES

- [1] Minhwan Cheon, Hoki Baek, Seungbae Jee, Sangjun Kim and Jaesung Lim, "Zone-Based Wireless Link-K Network Structure and Routing for Supporting Mission Group," The Journal of The Korean Institute of Communication Sciences, Vol. 42, No. 1, pp. 108-120, Jan, 2017.
- [2] Jong Sung Kim, Sang Jun Kim, Man Yeob Lim, "Overview of Tactical Data Link Technology", Communications of the Korean Institute of Information Scientists and Engineers, Vol. 25, No. 9, pp 18-28, Sept. 2007.
- [3] Eui Soon Kim, "Korea Tactical Data Link and Software Technology", Communications of the Korean Institute of Information Scientists and Engineers, Vol. 24, No. 9, pp 65-69, Sept. 2006.
- [4] Taek-Shin Kang, Jae_Hong Kim, Kwang-je Kim, Seunghoon Jung, Jong-Bae Kim "A Study of Command and Control System through Tactical Data Link Based on Interoperability", Asia-pacific Journal of Multimedia Services Convergent with Art, Humanities, and Sociology, Vol. 7, No. 2, pp 209-216, Feb. 2017.
- [5] Youn-jeong Lee, Sang-jun Kim, Man-yeob Lim, "Methodology of Interoperating Link-K Track Number in Multi TDLs", The Journal of The Korean Institute of Communication Sciences, Vol. 38, No. 12, pp 1186-1195, Dec. 2013.
- [6] Hoki Baek, Jaesung Lim, Jayeul Koo, Jeonghwan Jin, Philseong Chun and Ilhyuk Oh, "Reliable Dynamic TDMA Scheme with new Packing method for Image Transmission over Link-16," The Journal of The Korean Institute of Communication Sciences, Vol. 37, No. 11, pp. 1045-1053, Nov, 2012.

Authors



Link-K.

Jin-woo Kim received the B.S. degrees in Computer Engineering from Kwangwoon University, Korea, in 2010. Jin woo Kim is currently a engineer in Hanwha systems. He is interested in tactical data links, Link-16,



Systems. He is interested in data links, tactical networks.

Woo-Sin Lee received the B.S., M.S. and Ph.D. degrees in Computer Engineering from Kwangwoon University, Korea, in 2001, 2003 and 2007, respectively Dr. Lee is currently a chief engineer in Hanwha



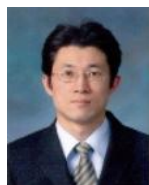
Hack-Joon Kim received the B.S. degree in Computer Engineering from Hongik University, Korea, in 2004. He is currently a senior engineer in Hanwha systems and also a M.S. graduate student in Defense

Fusion Engineering, Yonsei University, Korea. He is interested in Common/Tactical data links, UAS and machine learning.



So-Yeon Jin received the B.S. degree in Computer Engineering from Chonbuk National University, Korea, in 2003. So Yeon Jin is currently a senior engineer in Hanwha systems. She is interested in data

links, machine learning, military communications, unmanned systems.



Min-Chul Kim received the B.S. and M.S. degree in Computer Engineering from Hanyang University, Korea, in 2005 and 2008. In 2008, he joined Hanwha Systems Co., Republic of Korea, and he is currently

an engineer. He is interested in common/tactical datalink and satellite communications.