

네트워크 중심전을 위한 LINK-16 시스템에서의 효율적인 네트워크 설계방안 연구

A Study on Efficient Network Design Scheme for Link-16 Tactical Networks

장 재형, 최 형욱, 정 승섭, 김 영범
(건국대학교 정보통신대학 전자공학부)

Key Words : NCW, LINK16, Network Design

목 차

1. 서론
2. Link 16's 새로운 기술과 구조
3. Network Design
4. 결론

1. 서론

요 약

본 연구에서는 정보통신기술을 활용한 미래전 개념인 네트워크 중심전 (NCW: Network Centric Warfare) 수행에 있어서 세계적으로 가장 널리 쓰이고 있는 Link-16의 기술적 요소들을 물리계층, 데이터링크 계층, 응용계층(전술메시지교환) 측면에서 검토하고 작전 운용 측면에서 Link-16 만의 장점과 한계점을 도출해 보기로 한다. 특히, 군용 전술 네트워크인 Link-16의 경우 통신 보안 및 견고성에 시스템 설계상의 주안점이 주어지기 때문에 비록 낮은 전송속도이지만 Link-16의 전송용량의 적절한 분배와 활용 방안은 매우 중요한 문제이다. 본 연구에서는 Link-16의 타임슬롯 구조, NPG 개념, 멀티네팅 개념을 기반으로 주요 작전을 수행하는데 있어서 네트워크 참가요소 (지상 및 공중 플랫폼)에 효율적인 전송용량 배분을 하기 방안을 제시한다. 여기에 있어서 고려해야 할 요소들로는 불필요한 통신용량 할당의 최소화, 네트워크 설계 과정의 간소화, 작전 목적에 대한 충분한 지원, 보안성 유지 등을 들 수 있다.

네트워크 중심전이란 분산되어 있는 무기체계간에 강력한 네트워크를 형성하여 정보를 공유하고 전장상황에 대한 이해를 같이 함으로써 지휘 속도를 가속화시키고, 전투방식을 플랫폼 중심에서 네트워크 중심으로 전환함으로써 가용한 정보와 전투자산을 효과적이고 효율적으로 운용하여 전력을 최대화시키고자 하는 것이다. 정보흐름 관점에서 기존의 플랫폼 중심전(PCW:Platform Centric Warfare)을 살펴보면 센서-지휘통제(C2)-슈터로 구성된 플랫폼간 네트워크가 음성통신망에 의존하여 외부 정보에 의한 교전은 슈터를 교전구역으로 유도하는 수준에 머물렀다. 이와는 대조적으로 네트워크 중심전에서는 플랫폼들이 데이터링크로 네트워킹 되어 있어 외부정보를 자신의 센서와 동일한 속성으로 동기화가 가능하여 슈터로 실시간 연동하여 표적을 파괴할 수 있다. 전투력 관점에서 살펴보면 네트워크 중심전에서는 정보공유, 생존성 등은 증가하지만 무기체계 수량은 감소한다. 이것은 네트워크 중심전에서는 숫적으로 열세해도 우세한 전투력을 발휘할 수 있다는 것을 의미한다. 한편 네트워크 중심전의 목적중의 하나인 '전투력 창출'관점에서 메트칼프의 법칙을 적용시켜 보면, 네트워크 중심전의 전투력 상승자수는 센서와 슈터로 구성되는 노드수가 n 개일 때 $n(n-1)$ 로 증가하며 센서와 슈터 수가 많을 때는 n^2 에 비례하여 증가한다. 이러한 현대전을 수행하기 위해서는 전술데이터 링크 시스템이 필요하다. 전술데이터 링크시스템이란 무기 체계 및 지휘통제 체계간 전술 자료를 실시간으로 교환하여 전술상황을 공유하는 디지털 데이터 통신체계를 뜻한다. 전

술 데이터 링크의 구성 요소는 크게 임무형 컴퓨터 -->(데이터 링크 처리기-->암호화-->통신 단말기 -->)-->전술 네트워크로 이뤄진다. 가장 핵심적인 것은 데이터 Link처리기를 통해서 특정 데이터 Link 프로토콜에 맞게 변환한 후에, 암호화 과정을 거치고, 데이터 송수신을 위한 통신단말기를 거쳐서 실제 전장에서 사용하는 것이다. 전술 데이터 링크는 Link1, Link4s, Link11, Link14, Link16 식으로 단계적으로 발전해왔다. Link11은 1950년에 설계된 저속의 점대점(point-topoint) 데이터 링크이고, 메시지를 단방향 또는 양방향으로 송,수신할 수 있는 보안성이 없는 데이터 링크이다. Link4s는 주파수(UHF)를 이용하는 시분할 다중접속방식의 비보안 데이터링크이다. 초기의 Link-4s 는 전술 항공기 제어를 위해 설계되었고, 후에 지상과 항공 기간의 디지털 데이터 전송이 가능하도록 발전되었다. Link11은 비행체, 지상, 함정에서 디지털 정보를 교환하기 위한 통신 기술과 표준 메시지 형식을 정의한 통신 시스템이다. Link14는 전술 데이터 처리 능력을 가진 함정에서 전술 데이터 처리 능력이 없는 함정으로 감시정보를 전달하기 위해 설계된 HF 브로드캐스트(broadcast)형 데이터링크이다. 이 중에서 가장 최근, 미국이 쓰고 있는 데이터링크 시스템이 Link16이다. 이는 지휘 통제정보, 위치정보, 적아식별 및 그 외의 전술정보들을 실시간으로 안전하게 교환하기 위해 설계되었다. TDMA방식이며, 이는 1/128초 단위의 Timeslot 기반으로 데이터를 송수신하며, 하나의 사용자가 차지하는 Bandwidth는 3Mhz이며, 이 간격으로 총 51개의 주파수 대역에서 운용된다. 13usec주기로 51개의 대역 중에서 FH(Frequency Hopping)을 하면서 송수신한다. FH패턴은 총 128이며, 각각의 Net에 각각 할당한다. 데이터 전송속도는 부호화 및 패킹구조에 따라 28,800kbps, 57,600kbps, 115,200kbps의 속도를 가진다. Link-16의 장점은 Nodlessness, Nets system, Relay, Secure 이렇게 크게 4가지로 나뉘질 수 있다. 반면에 이런 장점들 외에 Link16은 위의 설명과 같이 데이터 용량 할당의 낭비가 될 수 있으며, 다른 링크시스템에 비해서 갖고 있는 구성 요소들이 많기 때문에 네트워크 구성시 복잡할 수가 있다, 본 논문은 2장에서는 Link16의 대략적인 개요를 살펴볼 것이며 제 3장에서는 Link16의 가상의 작전을 디자인한 것을 보여줄 것이다. 이를 통해 결론에서는 Link16의 문제점인 네트워크의 복잡성, 보안성 유지, 작전 목적에 대한 유지등에 관한 보완점에 대해서 살펴보고도 할 것이며, 나아가 Link16의 개선점에 대해서 알아보도록 할 것이다.

II. Link 16의 새로운 기술과 구조

1) Link16의 새로운 기술

Link16의 새로운 기술은 크게 7가지로 나눌 수 있다. 우선 네트워크상에서 방해 신호에 저항할 수 있다. 이에 따라 향상된 보안 기술을 갖추었다. 또한 이전의 데이터링크 기술과는 달리 TDMA방식에 따라 데이터 전송속도가 빨라졌다. 데이터 전송속도가 빨라졌기 때문에 상호간의 정보를 교환할 수 있는 양도 늘어났다. 그리고 아군과 적군의 위치를 인식함에 있어서 네비게이션 기능이 연계됨에 따라 정확한 위치확인이 용이해졌다. 마지막으로 Link16의 가장 고유한 기술이라고 할 수 있는 공중장악 능력이 용이해졌으며, 데이터 터미널의 크기가 작아졌다.

2) 구조

Link16의 구조는 가장 소단위의 임무에 따라 나눈 NPG, 이렇게 나뉜 NPG는 JU에 할당되며, 이러한 JU들이 통신을 하면서 하나의 네트워크를 구성하게 된다. Link16은 이러한 네트워크이며 작전 구성시 이를 이용하게 된다. 이는 그림 1과 같이 나타낼 수 있다.

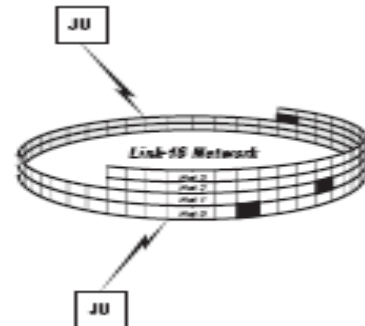


그림 1

III. Network Design

네트워크를 디자인하기 위해서는 몇 가지 이론과 가정이 필요하다. 네트워크를 구성함에 있어서, 각 계층의 역할이 나누어져있다. 각 계층은 어플리케이션, 트랜스포트, 네트워크, 데이터링크, 피지컬 계층 총 5가지로 이루어져있다. 우선 어플리케이션 계층의 경우는 PPLI 메시지를 전송하는 역할을 한다. 트랜스포트 계층은 주기적 정보와 비주기적 정보를 브로드캐스트하는 역할을 한다. 다음으로 네트워크 계층은 전투기와 전투기간의 통신, 점대점 통신, 다중점 통신 등의 역할을 맡고 있다. 데이터 링크 계층은 TDMA방식, 메시지 패킹, 메시지의 암호화 및 보안, 프리퀀시 홉핑을 통해서 주파수 간섭 및 방지를 한다. 마지막으로 피지컬 계층은 RF모듈 및 안테나 등의 시그널을 보내는 역할과 전술 변복조를 한다. 이러한 각 계층의 역할 아래 Link16의 네트

워크 디자인을 위해서는 가장 기본적인 time slot 할당이 중요하다. 정보의 주기, 비주기에 따라서 TSB에 NPG를 할당하게 된다. 이는 정보의 보안성 유지와 한번에 손실되는 것을 막기 위해서, 정보들은 블락별로 나누지며, Recurrence rate에 따라 시간별로 할당되게 된다. 이렇게 정보 배열방법을 알게 되면, 그 다음 단계는 작전의 설정이다. 실제 공군 작전의 네트워크 디자인의 가장 단순한 방법으로서, C2unit 두가지, AOC(비행작전 본부), E-3(공중 장악 센터)와 NonC2unit 두가지, 공격 유닛인 striker 2대로 편성하여, 적군의 위치의 식별과 감시를 통해서 공격을 하는 것으로 하였으며 이는 **그림 2**에 나타나 있다.

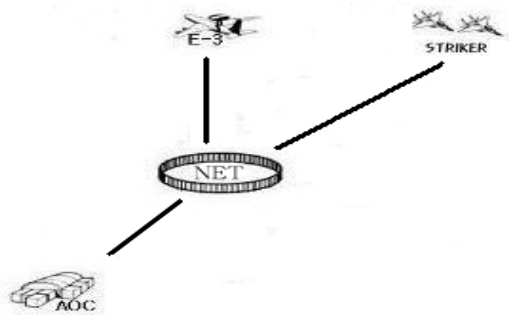


그림 2

세 번째 단계는 통신을 하면서 주고받는 정보의 메시지 형식을 정하는 것이다. 타임슬롯은 지터, 동기화, 메시지, 지연시간으로 구성되어 있고, **그림 3**와 같이 총 7.8125msec의 시간을 가진다. 이 타임슬롯은 NPG를 할당하는 가장 기본적인 단위이며, 한 프레임에 1536개가 포함되어 있다.

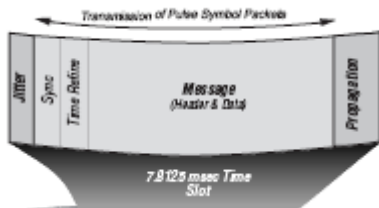


그림 3

또한 메시지 형식은 Packed-2 double pulse로 정하였으며, 헤더와 동기화 시간, 지연시간을 제외하면, 실제 데이터량은 원래 가질 수 있는 데이터량보다 줄어들게 된다. 원래의 총데이터량은 RS 인코딩을 하면, 930bits이지만 이보다는 작게 된다. 이것은 **그림 4**와 같다.

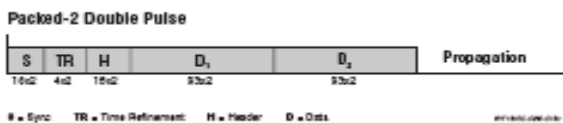


그림 4

네 번째 단계는 NPG역할에 따라서 time slot에 할당하고, 그에 따른 메시지 형식을 정하는 것이다. 이 작전에서 쓰이는 NPG는 1, 4, 6, 7, 9, 12 총 다섯 가지의 그룹이다. NPG1은 통신을 위한 동기화를 맞춰주는 것으로서 한 프레임에 한 번 오는 것으로 설정해주었으며, 12초마다 업데이트가 된다. NPG4는 네트워크 관리로서, 네트워크 용량을 재분배하는 역할을 한다. NPG6은 PPLI로서 아군과 적군의 위치인식을 위해서 할당된다. NPG7은 적군의 위치와 상황을 파악하기 위해서 지속적으로 감시하는 역할을 한다. NPG9는 공중 장악을 위한 것으로서, 이 작전의 striker 두 대를 컨트롤 유닛이 관리하는 역할을 한다. 마지막으로 NPG12는 음성통신을 하기 위해서 할당한 것이며, C2unit과 nonC2unit간의 음성으로 명령을 주고받는 역할을 위해서 할당하였다. 이러한 과정을 거쳐서 할당된 블록도는 **그림 5, 6**와 같이 나타낼 수 있다.

A-0-6	A-1-10	A-2-9	B-0-14	B-1-14	C-0-15
Entry	PPLI	Network management	Surveillance	Air Control	Voice
SET A			SET B		SET C

그림 5

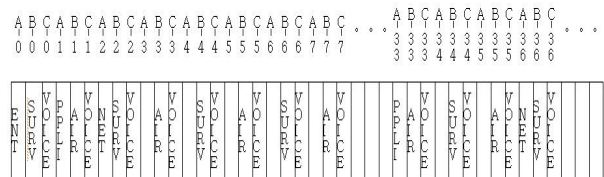


그림 6

마지막 단계는 정보의 주기와 비주기 여부에 따라 time slot 할당 방식을 전용접근과 경쟁접근으로 나누어서 할당을 하게 되면, 네트워크 디자인을 마칠 수 있다.

IV. 결론

네트워크를 설계 해본 결과 Time slot을 할당함에 있어서, time slot의 수가 반드시 정수로 떨어지지 않는다는 것을 알 수 있었다. 이렇게 정수로 떨어지지 않게 되면, 남는 부분은 할당을 할 수 없게 되어 낭비가 되는 경우가 생긴다. 또한 예를 들어서 NPG7의 날씨 정보 측정의 경우, 12.8분이라는 매우 긴 업데이트 레이트를 갖고 있기에, 12초 주기의 프레임에 할당하면 time slot의 손실을 초래하는 경우가 생긴다. 따라서 이를 방지하기 위하여, time slot 할당의 한 방법인 Contention 모드를 사용하는 것이 효율적이게 된다.

네트워크를 설계함에 있어서, 고려되어야 할 NPG의 종류가 다양하고, 이 다양한 NPG들을 Time slot에 할

당하기 위해 Time Slot Block을 배정하여 이것을 Interleaved하여 Time slot에 할당하는 등 네트워크 설계의 복잡성을 발견하게 되었다. 이외에 작전 목적에 대한 충분한 지원, 보안성 유지와 관련된 문제가 남아 있다. 이러한 Link16의 개선방안으로는 문제점이 되고 있는 현재의 타임슬롯이 지상에서 계획한 형태로 고정되어 운용되는 문제점이 있다. 각 JU의 타임슬롯의 사용량을 예측하여 운영하지만 실제 운영에서는 많은 융통성이 필요하기 때문에, 운영중에도 자동으로 타임슬롯을 수요에 맞게 재할당할 필요성의 연구가 지속되어야 한다.

참고문헌

- [1] "Understanding LINK-16", NCTSI,
- [2] Charlie I. Cruz, MSgt USAF, "NETWARS BASED STUDY OF A JOINT STARS LINK-16 NETWORK THESIS", DEPARTMENT OF THE AIR FORCE
- [3] "INTRODUCTION TO TACTICAL DIGITAL INFORMATION LINK J AND QUICK REFERENCE GUIDE"
- [4] "MULTISERVICE TACTICS, TECHNIQUES, AND PROCEDURES"
- [5] 황치웅, "Operation : Clode Air Support"