

Link-16과 소프트웨어 기술

한국국방연구원 김의순

1. 서 론

데이터링크가 최초로 운영된 것은 1960년대이었으며, 지상의 레이더 추적체계로부터 요격기(interceptor)의 발사통제(fire control) 컴퓨터까지 표적좌표를 입력하기 위해 주로 사용되었다. 이 당시는 냉전시대로서 요격기가 핵무장 폭격기에 대한 주요 방어 수단이었으며, 적시에 대응하는 것이 주요 관건이었다. 지상 컴퓨터를 요격기와 직접 연결하는 것이 결정적이라고 할 수 있는 수분 또는 수 초를 단축하게 되었다. 이는 이전에 음성으로 요격기를 관제하는 것에 비하여 획기적인 발전을 이룩한 것이다.

1970년대 강력한 재밍(jamming) 환경과 통화량 증가로 인하여 나토(NATO)와 바르사바조약기구(WarPac)의 접경지역인 중앙 유럽지역에서 음성 관제뿐만 아니라 기존 데이터링크의 사용이 불가능하게 되었다. 더구나 나토와 바르사바조약기구 상호 간에 수백 대의 전투기가 동시에 출격하는 상황을 예상하면, 기존 방식에 의한 요격기의 관제는 지속하기가 더욱 어려워졌다.

그 결과 1970년대에 Link-16의 제1세대 터미널인 JTIDS(Joint Tactical Information Distribution System)가 고안되었다. JTIDS는 재밍에 대응하면서 고밀도의 유럽 전장에서 수많은 전투기와 미사일 포대를 지원할 수 있는 방공작전능력에 주로 사용되었다. 제1세대의 Link-16은 공중조기경보기(AWACS) 또는 지상통제소에서 방송하는 메시지의 내용을 도시하기 위해 전용 조종실화면(cockpit display)을 사용하여 별도로 전시하였다[1].

제1세대의 Link-16은 음성 기반 통신에 비하여 재밍 대응능력, 모호하지 않고 완전한 메시지 전송과 전송속도의 관점에서 중요한 발전을 이룩하였다. 그러나 JTIDS 터미널이 항공기의 무기와 연결되도록 통합되지 않았다. 조종사 또는 무기장교(weapons officer)는 JTIDS 화면을 이해하고, 해석한 후 그 결과에 의거해서 요격을 해야만 했다. 비록 승무원이 정보를 처

리하는 과정에서 실수를 하지 않는다 할지라도, 그들은 정신을 집중하여 화면을 이해해야만 했다.

Link-16의 제2세대 터미널인 JTIDS/MIDS(Multi-functional Information Distribution System)는 항공기의 항법과 운영자 화면(Operator Display) 통제용 소프트웨어가 돌아가는 임무컴퓨터와 밀접하게 연결되도록 통합되어 있다. 이는 사실상의 데이터융합(data fusion)을 의미하는 것으로서, JTIDS/MIDS 데이터가 항공기 자체 체계인 레이더 또는 레이더 경보장비 등에서 생성되는 데이터와 융합되어 동시에 하나의 화면에 제시되는 것을 의미한다. 따라서 조종실화면에 제시되는 전술상황도는 움직이는 지도(moving map) 위에 표적에 대한 레이더 항적, 적 방사체(emitter)에 대한 RWR(Radar Warning Receiver) 항적, JTIDS/MIDS 데이터(적자 항공기 위치에 대한 메시지, AWACS 항적의 PPI(Plan Position Indicator) 도표) 등을 중첩(overlay)하여 제시하게 된다[1].

그러면, 이와 같은 Link-16의 능력이 플랫폼 내부에서 어떻게 구현되는가를 검토할 필요가 있으며, 이를 통하여 Link-16 구현에 관련된 소프트웨어 기술을 판단할 수 있을 것이다.

2. Link-16의 구현개념

Link-16은 JTIDS/MIDS 터미널, 임무컴퓨터(processor)와 운영자 화면(Operator Display)의 3개 요소로 구성된다(그림 1 참조). JTIDS/MIDS 터미널은 비트 분배 또는 수신 기능을 수행하며, 이론적으로는 타임슬롯(timeslot)¹⁾당 450 또는 900비트를 전송한다.²⁾ 터미널은 실제로는 Reed Solomon EDAC(Error Detection and Correction)를 적용하여 930비트 또는

1) 타임슬롯은 1/128초, 즉 7.8125 millisecond에 해당한다.

2) 패킹 방식에 따라 달라지는데, STDP(Standard Double Pulse)와 P2SP(Packed Two Single Pulse)는 450비트를, P2DP(Packed Two Double Pulse)와 P4SP(Packed Four Single Pulse)는 900비트를 전송한다.

1,860비트를 전송한다. 터미널은 전송할 비트에 대해 R/S EDAC 이외에도 MSEC(message security)과 TSEC(transmission security)을 통한 암호화, 인터리빙(interleaving), CCSK(Cyclic Code Shift Keying)를 적용한다. 터미널에 수신된 비트는 적용된 과정의 역과정을 거쳐 원래의 450 또는 900비트로 복원된다. 복원된 비트는 임무컴퓨터인 프로세서(processor)에 입력되어, 데이터 또는 메시지 양식으로 변환된다. 변환된 데이터는 플랫폼 운영자가 임무 수행을 하는데 적합한 형태의 정보로 변환되고, 이는 다시 사전에 지정된 방식으로 운영자 화면(Operator Display)에 전시된다.

타임슬롯당 송·수신되는 비트는 일반적으로 Link-16의 메시지 양식 1개에 해당한다. 비트는 그림 2에 도시된 바와 같이 일정한 단위로 구분되어 특정한 데이터 항목의 값을 나타낸다.

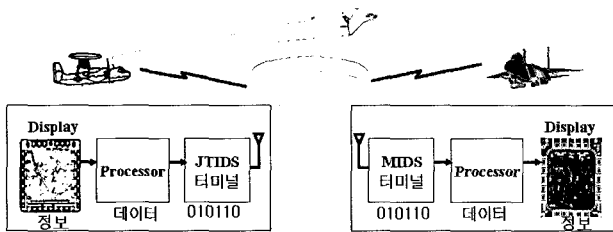


그림 1 Link-16 구성요소

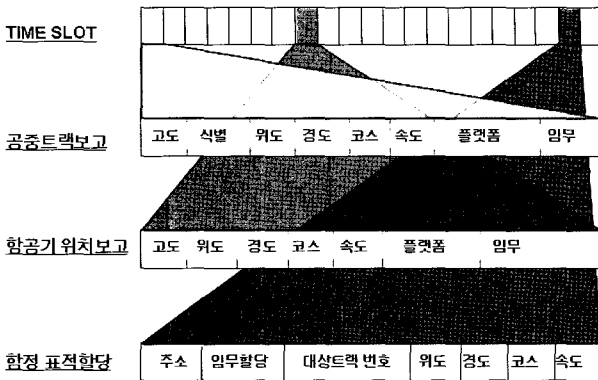


그림 2 타임슬롯과 Link-16 메시지

여기서 우리는 Link-16을 구현하는 두 플랫폼은 각각의 3개 구성요소 간에 상호운용성이 필수적으로 고려되고 있음을 알 수 있다(그림 3 참조)[2]. 즉, 센서 체계, 지휘통제(Command and Control : C2)체계, 타격체계의 Link-16은 체계 간의 상호운용성을 전제 조건으로 요구한다. 이러한 상호운용성은 구성요소에 따라 다른 내용의 상호운용성이 필요하며, 그 내용은 다음과 같으며, 어느 한 종류의 상호운용성이라도 문제

가 발생하면 임무 수행은 불가능하게 된다.

- 기술적 상호운용성(Technical Interoperability)
 - 하드웨어에 내장된 소프트웨어
 - 전송에 사용될 메시지 양식
 - 데이터 표준, 처리 프로토콜
- 체계적 상호운용성(Systems Interoperability)
 - 하드웨어 및 전송매체
 - 인터페이스
- 절차적 상호운용성(Procedural Interoperability)
 - 교리, 작전개념(CONOPS : Concept of Operations), 교전규칙(ROEs)
 - 전술, 운영개념 및 운영절차(TTP : Tactics, Techniques and Procedures)
 - 교육훈련
- 운용적 상호운용성(Operational Interoperability)
 - 수행임무/기능, 정보교환소요(Information Exchange Requirement : IER)
 - HMI(Human-Machine Interface)

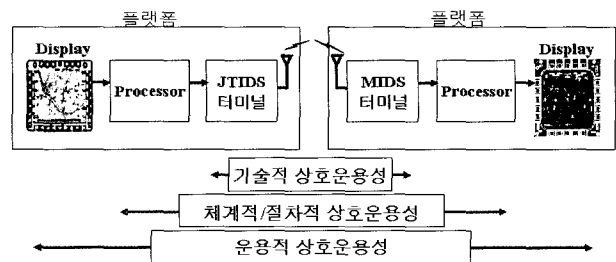


그림 3 플랫폼 간의 상호운용성 수준

3. Link-16의 소프트웨어

Link-16 구현을 위해서는 첫째, JTIDS/MIDS 터미널과 같이 기술적으로 상호운용성이 있는 터미널이 장착되어야 하며 둘째, 3개 구성요소의 체계통합(SI : System Integration)을 수행해야 한다. 본 장에서는 두 가지 분야에 관련된 소프트웨어를 제시하고자 한다.

3.1 터미널 소프트웨어

그림 4는 MIDS 터미널의 구조를 나타내고 있다[3]. MIDS 하드웨어 구조는 좌측에 제시되어 있다. 샴시(chassis)는 모든 MIDS 플랫폼에 동일하게 적용되는데, 최대 9개의 표준 전자카드(SEM-E : Standard Electronic Modules Format-E)를 장착할 수 있다. 각각의 카드는 항공기 전술항법, 신호처리, 음성, 수신/재생, 메시지 처리, 전술프로세서, 데이터프로세서 등과 같은 고유의 기능을 담당하며, 특정 기능이 동작하지 않거나 특정 기능이 요구될 때 쉽게 교체할 수 있다.

MIDS 개발의 주요한 목표 중의 하나가 터미널이 SEM-E 수준에서 상호운용성을 보장하는 것이다. 즉, 어떤 플랫폼의 MIDS 터미널에서 카드를 탈거하여, 다른 플랫폼의 MIDS 터미널에 삽입하더라도 올바르게 동작하는 것이 가능한 수준을 달성하고자 하는 것이다. 이러한 목표는 개발기간과 비용 측면에서 큰 위험을 수반하기 때문에, MIDS 개발 사업의 공식적인 상호운용성 목표로는 채택되지 않았다. MIDS가 카드 수준의 상호운용성이 달성된다면, MIDS 터미널을 장착한 플랫폼의 군수지원에서 유연성이 대폭 향상될 것이다.

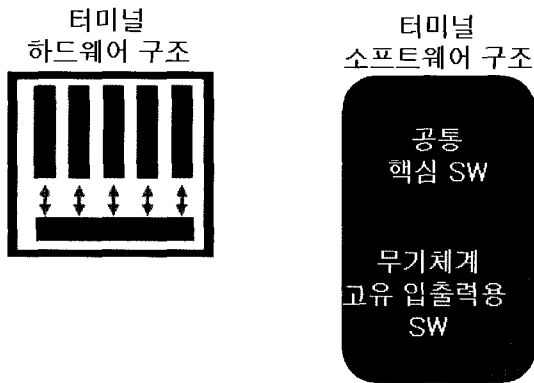


그림 4 MIDS 구조

그림 4의 우측 그림은 MIDS 터미널의 소프트웨어(SW) 구조를 나타내고 있는데, SW 구조는 크게 두 부분으로 나누어 볼 수 있다. 첫 번째는 공통 핵심 SW로서, 이 모듈은 메시지처리, 신호처리, Link-16 웨이브폼(waveform) 생성과 같은 핵심 기능을 수행한다. 이 모듈은 모든 플랫폼에 MIDS 터미널의 기본적인 기능으로서 공통으로 탑재된다. 두 번째는 각각의 플랫폼에 맞게 개발된 입출력(I/O : Input/Output) 인터페이스(항공전자시스템 데이터버스(avionics bus)와 정보 교환에 필요한 SW 인터페이스)를 포함하는 I/O SW 모듈이다. I/O SW 모듈은 관련된 플랫폼에 대한 모든 인터페이스가 포함되므로 플랫폼 종류가 증가할수록 규모와 복잡도가 함께 증가한다. 설계상 상호운용성을 보장하기 위해, 특정 플랫폼을 위한 일부 모듈만이 사용되더라도, 각각의 터미널에는 동일한 모든 I/O SW 모듈을 탑재한다. 또한, I/O 모듈의 크기가 증가함에 따라, 새로 추가되는 플랫폼에 대한 인터페이스를 추가하는 문제는 더욱 복잡해진다. 한 예로서, F-16 플랫폼이 MIDS 대상 기종에 추가되면서, 최초 100 LOC(Line Of Code) 정도가 소요되는 것으로 추정되었으나, 변경된 표준 '1553 bus' 간에 데이터 포맷차이로 2000 LOC가 추가되었다.

MIDS 터미널 개발 사업에 있어 주요한 문제 중의 하나가 플랫폼에 대한 터미널 요구사항을 결정하는 것이었다. 하드웨어 측면에서는 터미널의 항공기 탑재위치, 전력 연결단자, 전력 케이블과 같은 물리적 인터페이스의 정확한 위치 및 규격, 전력수준, EMI/EMC (Electromagnetic Interface/electromagnetic Compatibility, 전자파 간섭/전자파 적합성), 방사방지소요(radiation hardening requirements), 전파방해 대응능력(anti-jam performance) 등이 주요 논의사항이었다.

SW 측면에서는 메시지, 메시지 라우팅 절차, 적합한 bus 형상, SPR(Software Programmable Radio) 모드, 다양한 플랫폼과 C2 본부 간의 SW 표준 등이 논의되었다. 각 플랫폼들은 관련된 작전개념(concepts of operation, CONOPS)에 따라 임무작전을 지원하기 위해 터미널을 사용할 계획인데, 많은 작전개념과 상이한 C2 본부에 대한 다양한 메시징 능력(메시지 중계 능력, 특정한 응답(reply) 모드 등)을 터미널에 SW로 구현함에 따라 시스템 SW의 복잡도가 증가하게 된다.

3.2 체계통합 소프트웨어

그림 5는 터미널과 탑재 플랫폼 간의 통합 방법에 대해 설명하고 있다[3]. 터미널은 버스(bus)를 통해서 조종실 입출력 장치(cockpit I/O devices)(예, 숫자자판), 조종실화면(cockpit display), 통신 및 항법안테나, 임무컴퓨터와 정보를 교환한다.

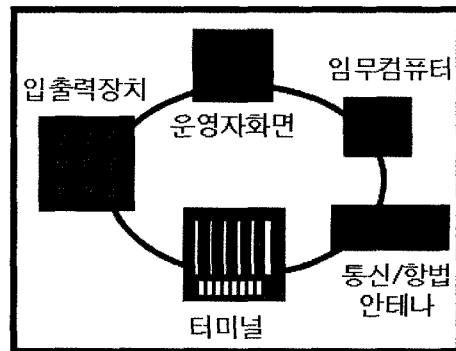


그림 5 플랫폼 Bus

체계통합(System Integration : SI)은 ① 기존 임무컴퓨터에 Link-16의 데이터를 처리하는 SW를 반영하고 ② 임무컴퓨터와 터미널/운영자 화면이 상호연동하여야 하고 ③ 터미널/임무컴퓨터와 플랫폼 구성장비도 상호 연동하여야 하며, 필요시 구성장비를 개선 또는 교체해야 하며 ④ 작전 개념을 반영하여 운영자

화면을 설계해야 한다. 운영자 화면의 설계는 운영자 간의 동일한 상황인식(SA : Situation Awareness)과 효과적인 지휘통제(C2)를 위해 최적의 방안을 모색해야 한다. 더구나 기존 임무컴퓨터와의 체계통합(SI)은 기존 임무컴퓨터의 SW에 대한 충분한 지식을 요구한다. 만약 임무컴퓨터의 SW가 black-box이거나 지적재산권으로 인하여 수정이 어렵다면 Link-16의 구현은 현실적으로 불가능하다고 할 수 있다. 이는 현실적으로 Link-16 구현의 핵심이 터미널의 별도 설치에 있지 않고, 체계통합(SI)에 있음을 알려주고 있다.

예로서, 미군의 함정에 Link-16 능력을 구비하는 방안을 고려해 보기로 한다. 먼저, Link-16 터미널인 JTIDS 또는 MOS(MIDS on Ship)³⁾, 각각의 메시지를 일반화된 N-시리즈 메시지로 변환시키는 C2P(Command and Control Processor), 그리고 안테나 등을 추가로 탑재해야 한다. 만약, 해당 함정이 Link-11을 운영하고 있다면, Link-11의 프로세서인 TDS(Tactical Data System)뿐만 아니라, TDS에 연동하여 있는 전투체계(C&D : Command & Decision)의 SW 프로그램과 데이터베이스를 Link-16 데이터에 적합하게 개선해야 할 것이다. 이는 다시 C&D와 연동한 체계인 WCS(Weapon Control System), SGS(Shipboard Gridlock System), 항법체계 등도 개선해야 함을 의미한다. 운영자 화면도 Link-16의 상황인식(SA) 및 지휘통제(C2) 능력을 반영하여 설계할 필요가 있다. 이상에서 제시한 체계통합(SI)의 내용은 그림 6의 점선 상자로 표시되어 있다.

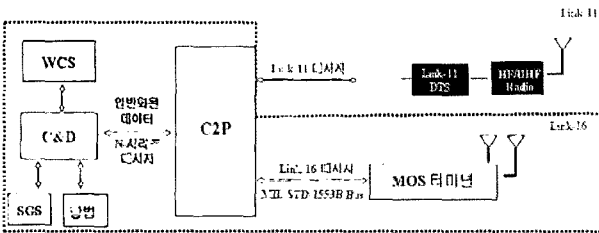


그림 6 함정의 Link-16 구현을 위한 개선범위

4. 상호운용성 수준과 구현 비용

상호운용성 수준은 그림 7에 나타난 바와 같이 개념적으로 3가지로 분류할 수 있다. 상호운용성 수준 I은 융합된 감시(ISR : Intelligence, Surveillance, Reconnaissance) 정보를 단지 도시하는 기술적 상호운용성 수

준이다. 앞에서 언급한 제1세대 JTIDS의 Link-16이 수준 I에 해당한다고 할 수 있다. 수준 II는 플랫폼 내 관련 구성품의 일부가 JTIDS/MIDS와 통합되어 구성품에 관련된 데이터를 자동으로 전송할 수 있는 수준이다. 수준 III은 플랫폼 내 관련 구성품 전부와 무기(또는 폭탄)가 통합되어 정보교환요소를 충족할 수 있을 뿐 아니라, 지휘통제에 대한 결심과 지휘 정보를 전송할 수 있는 운용적 상호운용성 수준이다. 앞에서 언급한 제2세대 JTIDS/MIDS의 Link-16은 수준 II로부터 수준 III까지 발전한 것으로 볼 수 있다.

비용은 JTIDS/MIDS 터미널 비용과 터미널을 플랫폼에 통합하는 비용으로 구성된다. 전체 비용은 플랫폼 제조업체와 설계업체가 어느 정도에 국내에 있는가에 따라 달라진다. 무기통합이 포함되지 않고, 상황인식(SA)만을 제공하는 경우, 전체 비용은 절반 정도로 줄어들 수도 있다. 더욱 단순한 형태의 전송데이터링크라 할지라도 체계통합 비용이 비슷하게 소요되므로 크게 비용이 절감되지는 않을 것이다. '수신전용' JTIDS 터미널에 의한 감시(ISR) 정보만으로도 충분하다면, 그 경우에는 비용이 상당히 줄어들 수도 있다. 터키와 대만의 사례를 보면, 수준 III의 체계통합(SI) 비용이 터미널 비용의 각각 21배와 28배에 이른다[2], 4)

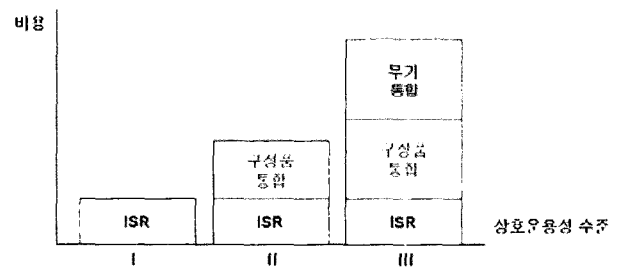


그림 7 상호운용성 수준과 소요 비용

상호운용성 수준은 전송데이터링크의 기능과 밀접하게 연관된다. 그림 8에 나타난 바와 같이 상황인식(SA)과 지휘통제(C2)가 보장되는 것은 수준 III에서만 가능하다. 수준 III에 포함된 Link-16의 기능은 감시(NPG 7), PPLI(위치 및 현황정보, NPG 5/6), 임무관리(NPG 8), 무기통제(NPG 18), 항공기 및 요격 관제(NPG 9)로 구성된다.⁵⁾ 전송데이터링크 정보

3) MOS는 함정용 MIDS 터미널로서, MIDS의 형상을 재구성하고 출력을 1000W로 증폭시킨 것이다. 미 해군은 '04년에 초도품을 생산하였다.

4) 김의순 외 2, "한국군 전송데이터링크 구축계획(안) 연구", 2005. 12, pp.100-101

5) NPG는 Network Participation Group를 나타내며, 일정시간에 동일한 기능을 수행할 플랫폼의 집합을 의미하거나, 또는 수행할 기능 그 자체를 의미한다. PPLI는 Precise Participant Location and Identification를 나타내며, 플랫폼의 위치, 무장 현황, 연료상태 등을 수록한 메시지, 또는 그러한 메시지를 송수

가 기존 화면과 통합되지 않고 별도의 화면으로 제시되어도 무방하다면, 상호운용성 요구수준은 II 이하가 될 것이다.

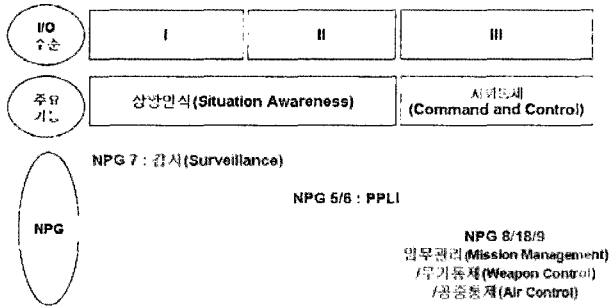


그림 8 상호운용성 수준 및 수행 기능

5. 결 언

Link-16은 JTIDS/MIDS 터미널과 그에 관련된 프로토콜로 구성된 단순한 통신체계가 아니다. Link-16은 기존의 통신체계와 같이 별개로 운영되는 통신체계가 아니라 무기체계에 내장되어 무기체계의 기능을 수행하는데 필수적인 일종의 지휘통제체계가 된 것이다. 이는 정보기술(IT)이 군에 적용되는 수준을 획기적으로 비약시킨 것이며, 이를 구현하기 위해서 SW가 터미널과 체계통합의 분야에서 핵심적인 역할을 하고 있다.

25만 달러(약 2.4억)의 JTIDS/MIDS 터미널을 항공기, 함정 또는 C2체계에 통합, 설치하는 것은 일반 데스크톱 컴퓨터에서 100달러의 네트워크 카드를 교체하는 것하고는 차원이 다르다[4]. 기존의 플랫폼에 Link-16을 설치하는 것은 거의 불가능하다고 해도 과언이 아니다. 터미널의 설치를 포함한 체계통합 비용 및 업무 범위는 터미널 관련 구입 비용 및 업무 범위보다 수십 배 이상 이를 것으로 예상되며, 그에 대한 실현가능성도 확인하기 어려운 실정이다. 더구나 실현 가능한 SW 개발업무도 대부분이 외국업체에 의해 주도적으로 수행될 것이다.

앞으로 개발 또는 획득이 예상되는 플랫폼은 초기 획득단계에서부터 Link-16 설치를 고려해야 할 것이다. 이 경우에도 SW 개발업무는 마찬가지로 외국업체의 의해 수행될 것이다. 따라서 Link-16 터미널의 구입 및 체계통합은 경제적으로나 기술적으로나 우리에게 주는 이득이 미미할 것으로 예상된다.

우리 군은 Link-16 설치에 따르는 제한요소와 경제적인 측면을 판단하여 한국형 전술데이터링크를 개발

신하는 기능을 의미한다.

하기로 구축전략을 설정하였다. 한국형 전술데이터링크 구현은 먼저 군의 탑재 대상 플랫폼에 대한 상호운용성 수준을 설정하고, 플랫폼 내의 체계통합을 국내업체의 IT 기술에 의존함으로써 이룩해야 할 것이다. 이는 국내 SW 산업의 활성화와 방위산업체의 수요 창출이라는 효과가 있을 것이다. 즉, 터미널과 플랫폼 구성품을 국내 업체에 의존하게 하는 효과가 있을 것이며, 이에 따라 소요 비용도 어느 정도 통제 가능한 수준으로 줄일 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] Carlo Kopp, "NCW - Buzzword, Bytes and the Battlespace," Defence TODAY, March, 2004.
- [2] 김의순 외 2인, "한국형 합동전술데이터링크 구축 계획(안) 연구," 한국국방연구원, 2005.12
- [3] Daniel Gonzales, Daniel M. Norton, Myron Hura, "Multifunctional Information Distribution System (MIDS) Program Case Study," RAND, April 2000.
- [4] Carlo Kopp, "NCW - Buzzword, Bytes and the Battlespace, Defence TODAY, March, 2004.

김 의 순



1979년 서울대학교 공과대학 산업공학과 (학사)
 1987년 KAIST 산업공학과(석사)
 1995년 KAIST 산업공학과(박사 수료)
 1979년~현재 한국국방연구원 정보화연구센터 책임연구위원
 2005~현재 국방소프트웨어산학연합회 기술이사
 관심분야: 국방정보화정책, 지휘통제체계, 전술데이터링크
 E-mail : eskim@kida.re.kr