유도무기 사격지휘통제 시뮬레이터 시스템 구현

A Implementation of Command and Control Simulator System for Missile System

이 정 훈* 김 기 범* 이 창 림* 전 정 희* 구 봉 주*
Jeong-Hoon Yi Ki-Bum Kim Chang-Lim Rhee Jung-Hee Jun Bong-Joo Koo

Abstract

Recently, the development of military system is focused on Network Centric Warfare. But, there is no deployed Command and Control System for Missile System in the country. Therefore, Command and Control System for Missile System was simulated to predict feasibility for the future development in this paper. The contents of the design and implementation for simulated system are described in details. Besides, a method for avoiding collisions in 1:N radio communication environment is proposed as the future work. The simulated system in this paper will be a help to developing Command and Control System for Missile System in the future.

Keywords : Network Centric Warfare(네트워크 중심전), Command and Control System(지휘통제시스템), Missile System (유도무기체계), Shooter(타격체계), Adaptive Time Division(적응형 시간할당)

1. 서 론

국내·외를 막론하고 최근 연구·개발되고 있는 무기체계는 전장감시체계, 지휘통제체계, 타격체계의 3가지 핵심요소로 구성된 NCW(Network Centric Warfare)^[1] 환경하의 통합화력 운용을 통해 신속, 정확하며 효율적인 작전을 수행하는 것을 기본목표로 하고 있다. 이러한 추세에 부응하여 미래 전장 환경에서 핵심적인 정밀타격수단의 하나인 유도무기체계도 단독 작전운용 뿐만 아니라 NCW 환경하의 연동 작전운용을 포함하도록 개발개념이 확장되고 있다. 즉, 첩보위성, 조기경

보위성 등으로 구성된 전장감시체계 및 정보를 분석하여 작전수행을 결심하는 지휘통제체계와 네트워크로 연동되어 최신 표적 정보와 지휘 결심사항을 제공받아 정밀타격을 수행할 수 있도록 개발개념이 전개되고 있다.

그러나, 유감스럽게도 현재 국내 개발 배치된 유도무기체계에서 지휘통제체계와 연동하여 화력작전을 수행하는 유도무기체계는 없는 것으로 파악된다^[1~4]. 단지, 자주포를 포함한 일부 타격체계에서 자체 단위부대급 포병 사격지휘통제체계(BTCS : Battalion Tactical Command System)가 구현되어 운용중인 수준이다^[5]. 그러므로, 본 논문에서는 추후 NCW 환경하에서 지휘통제체계와 연동하여 통합화력 작전운용을 수행할 수 있는 유도무기용 지휘통제시스템의 구현방안을 제안하고 제안된 시스템을 시뮬레이터로 구현하여 적용 가능성

† 2011년 5월 13일 접수~2011년 7월 8일 게재승인

* 국방과학연구소(ADD)

책임저자 : 구봉주(tgkoo@add.re.kr)

을 확인한다.

본 논문은 ‘2’ 절에서 시스템의 운용개념을 포함한 설계 및 구현내용을 기술하고 ‘3’ 절에서 시험결과 도출된 추후 연구과제에 대해 기술하며 ‘4’ 절에서 결론을 맺는다.

2. 시스템 설계 및 구현

본 절에서는 시스템의 설계 및 구현내용을 기술한다. ‘가’ 항에서는 본 시스템에 적용된 설계방향 및 범위를 기술하고, ‘나’ 항에서는 유도무기체계에 적용될 수 있는 연동 운용 모델 및 시나리오를, ‘다’ 항에서는 설계되는 시스템의 세부구성을, ‘라’ 항에서는 통신 프로토콜의 설계내용을, ‘마’ 항에서는 각 구성요소별 구현내용을 간략히 기술한다.

가. 설계방향 및 범위

지휘통제체계와 타격체계 연동개발에 있어서 각 체계의 개발범위에 대한 부분이 일반적으로 전제 된다. 즉, 지휘통제체계와 타격체계의 연동 인터페이스를 어떤 체계에서 개발하느냐 하는 것이다. 개략적으로 다음 Fig. 1, 2와 같은 2가지 방법론이 고려될 것으로 판단된다.

Fig. 1은 지휘통제체계가 연동되는 다양한 종류의 타격체계에 대한 연동 인터페이스를 포함하여 개발하는 방법이다. 그러나, 이 방법은 기존에 존재하는 수많은 타격체계를 포함하여 개발중인 또는 추후 미래에 개발될 타격체계까지 지원할 수 있는 인터페이스를 구현해야 하는 것으로, 개발구현자체가 어려울 뿐 아니라 일부 타격체계에 변동이 있을 경우 전체 연동 인터페이스에 영향을 주게 된다. Fig. 2는 계층적 구조에 의한 개발방향으로 각 계층별로 분리하여 독자적인 연동 인터페이스를 개발하되 차상위 Level의 연동 인터페이스가 하위 Level의 연동 인터페이스를 종합하는 방법이다. 이 경우는 각 타격체계개발에서 해당하는 타격체계를 위한 단위부대급 지휘통제시스템을 타격체계 고유의 독자적인 연동 인터페이스로 포함·개발하고 차상위 Level에서 그룹화된 공통 인터페이스(예를 들면, KVMP^[5])를 개발하게 된다. 따라서, 해당 타격체계를 위한 타격체계 고유특성별 세부적인 지휘통제가 가능하며 또한 한 타격체계에서 연동기능 변경이 발생할 경우에도 대부분의 경우 해당 인터페

이스만 변경하게 되므로 전체 연동 인터페이스에는 영향을 주지 않는다. 예를 들면, Level 3에서 ‘참새’, ‘제비’ 등의 연동 인터페이스가 Level 2에서는 ‘새’라는 연동 인터페이스로 그룹화된다. 그러므로, Level 3에서 ‘독수리’라는 새로운 연동 인터페이스가 생성되어도 Level 2에는 영향을 주지 않게 된다. 물론, 예외적으로 Level 2에 없는 인터페이스가 Level 3에서 생성될 경우도 있으나 Fig. 1의 방법과 비교하면 무시할 수 있는 빈도이며 이 경우에도 해당 Level 3와 Level 2의 인터페이스에는 영향이 있으나 다른 타격체계의 Level 3 인터페이스에는 영향이 없으므로 수정 및 보완의 범위가 축소된다.

그러므로, 본 논문에서는 Fig. 2의 개발방법론을 기반으로 타격체계 노드, 타격체계용 단위부대급 지휘통제시스템 노드, Level 3 타격체계별 고유 연동 인터페이스 및 지휘통제체계를 대표하는 상급부대 노드, Level 2 연동 인터페이스를 포함하는 시스템을 설계하고 시뮬레이터로 구현한다. 특별한 언급이 없는 한 이후 기술되는 내용 중 ‘타격체계’는 정밀타격체계인 ‘유도무기체계’를 뜻하며, ‘타격체계용 단위부대급 지휘통제시스템’은 ‘지휘통제시스템’으로 축약하여 기술한다.

Fig. 1. 타격체계 지원 인터페이스 포함 개발

Fig. 2. 계층적 구조에 의한 개발

나. 운용 모델 및 시나리오

본 항에서는 시뮬레이터로 구현하고자 하는 시스템의 전반적인 운용모델 및 시나리오를 기술한다. 일반적으로 유도무기체계에 적용될 수 있는 연동 운용의 개념도는 Fig. 3과 같이 예상된다.

Fig. 3. 유도무기체계용 연동 운용 예상도

Fig. 4. 연동 운용 모델

Fig. 5. 세부 임무수행절차(1/2)

Fig. 6, 세부 임무수행절차(2/2)

Fig. 3의 운용개념에 대한 모델은 Fig. 4와 같으며, 세부 임무수행절차는 Fig. 5, 6과 같이 설계된다.

다. 시스템 세부구성

‘가’ 및 ‘나’ 항에 기술된 내용에 기반하여 본 논문에서 기술되는 시뮬레이터 시스템은 Fig. 7과 같이 상급부대 노드 1조, 지휘통제 시스템 노드 1조, 타격체계 노드 3조로 구성한다.

Fig. 7. 시뮬레이션 시스템 구성

타격체계 노드는 하나의 지휘통제시스템에 여러개 노드가 연결될 수 있으나 본 시스템에서는 지휘통제 시스템의 구현 및 적용가능성을 확인하는 것이 목적이므로 시뮬레이터 시스템의 구현 용이성을 위하여 3개의 노드가 구성되는 것으로 한다. 실제 지휘통제체계 시스템을 개발할 경우 본 시뮬레이터 시스템을 참조하여 노드를 확장할 수 있을 것이다.

상급부대 노드와 지휘통제 시스템 노드는 실제 구현을 예상해 볼 때 국가 기반망인 LAN을 적용할 것으로 예상되며, 또는 추후 위성통신이 제공될 경우 위성통신망도 적용될 것으로 예상된다. 지휘통제 시스템 노드와 타격체계 노드간에는 일반적으로 사용되는 군 표준장비인 FM 무전기를 사용한 무선통신망을 기본으로 설계하였다. FM 무전기를 선정한 배경은 이 장비가 현재 소요군에 널리 배치된 장비이므로 구현 및 수급이 용이하며 본 시스템에서 확인하고자 하는 유도무기 작전에서는 데이터의 사용량이 적으므로, 현 시점에서 실제 지휘통제시스템을 구현시 단기간내에 시스템을 구성할 수 있는 구현성이 뛰어나기 때문이다. 단, 추후 지휘통제시스템이 발전하여 많은 데이터를 교환할 경우에는 통신단말기의 선정을 재검토하기 바란다.

라. 통신 프로토콜

본 항에서는 시스템에 적용된 통신 프로토콜의 설계 내용을 기술한다. 단, 일반적으로 사용되는 기술이나 기존 타 시스템에서 적용된 내용은 공통요소 부분에서 간략히 기술하며, 고유하게 적용된 내용에 대해서만 세부적으로 기술한다.

1) 공통요소

가) 상급부대와 지휘통제시스템

상급부대와 지휘통제시스템의 연결은 LAN을 적용한다. 따라서, 플로우 제어나 전송방식 등 본 논문에서 언급되지 않는 내용은 일반적으로 사용되는 TCP/IP 프로토콜을 적용한다. 본 시뮬레이터 시스템에서는 응용계층의 정보교환요소, 보안요소, 세부 메시지 프레임부분을 설계하였다.

나) 지휘통제시스템과 타격체계

지휘통제시스템과 타격체계간의 연결은 군 표준장비인 FM 무전기를 사용한 무선통신망을 적용한다. 따라서, 본 논문에서 언급되지 않는 내용은 기존 타 체계 즉, 포병사격지휘통제체계(BTCS : Battalion Tactical Command System)^[5]에서 FM 무전기를 사용하여 개발한 프로토콜을 적용한다. 본 시뮬레이터 시스템에서는 응용계층의 정보교환요소, 세부 메시지 프레임을 설계하였다.

2) 정보교환요소

본 시스템에 적용된 정보교환요소의 설계내용은

Table 1, 2와 같다.

Table 1. 상급부대와 지휘통제시스템 정보교환요소

정보교환 요소	송신	상급부대 노드	지휘통제시스템 노드
	수신	지휘통제시스템 노드	상급부대 노드
통신점검		○	
사격명령		○	
승인번호		○	
임무통제		○	
임무수행상태보고			○
사격결과보고			○

Table 2. 지휘통제시스템과 타격체계 정보교환요소

전문번호 및 명칭	송신	지휘통제시스템 노드	타격체계 노드
	수신	타격체계 노드	지휘통제시스템 노드
현재시각		○	
사격명령		○	
발사명령		○	
승인번호		○	
임무통제		○	
타격체계 세부상태정보			○
통신개방			○
통신점검		○	○

3) 메시지 보안구조

상급부대 노드와 지휘통제시스템 노드간에는 일반적인 LAN을 이용한 유선통신을 사용하므로 보안성을 위하여 Fig. 8과 같이 미국 NIST에 의해 개발된 SHA-1 (Secure Hash Algorithm) 암호화 알고리즘을 적용하여 송, 수신 메시지간 보안성을 보장하였다. 지휘통제시스템 노드와 타격체계 노드간에는 적용된 군 표준화 장

비가 비화기능을 보유하고 있으므로 별도의 암호화 기법은 적용되지 않았다.

Fig. 8. 상급부대-지휘통제시스템 노드간 보안 구조

4) 세부 메시지 프레임 구성

가) 상급부대와 지휘통제시스템

‘2)’, ‘3)’ 항에서 정해진 내용을 기반으로 송, 수신되는 상급부대와 지휘통제시스템간의 세부 메시지는 Table 3, 4와 같다. Fig. 8에서 표시된 바와 같이 Table 3은 송, 수신자간에 실제로 망을 통해서 전달되는 암호화된 메시지의 구성이며 Table 4는 Table 3에 포함되어 송, 수신자가 소프트웨어에서 인식하여 처리하는 내용으로 망을 통해 교환되지 않는 전문기본 구성이다.

Table 3. 암호화 메시지 구성(단위 : byte)

SOH	STX	총 전문 크기	CRC	고유키로 암호화된 세션키	고유키로 암호화된 해시	세션키로 암호화된 전문 기본 구성(m)
(1)	(1)	(4)	(2)	(16)	(16)	

Table 4. 전문기본구성(단위 : byte)

수신자	송신자	재전송 횟수	전문종류	송신일련번호	전문번호	전문내용 크기	전문내용
(3)	(3)	(1)	(1)	(1)	(1)	(2)	(n)

나) 지휘통제시스템과 타격체계

지휘통제시스템과 타격체계간의 송, 수신 메시지 구성은 Table 5와 같다.

Table 5. 지휘통제시스템↔타격체계 메시지(단위 : byte)

SOH	STX	전문종류	수신자 번호	전문번호	내용	ETX	CRC16	EOT
(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(n)	(1)	(2)	(1)

마. 시스템 구현

본 항에서는 상기 항에서 설계된 내용을 기반으로 구현된 시스템 구현내용을 기술한다.

시뮬레이션 시스템 전체에 적용되는 통신 상태 천이도는 Fig. 9와 같다.

Fig. 9. 통신 상태 천이도

Table 6. 상급부대 노드 요구기능

요구기능	설 명	비고
지휘통제 시스템 연동기능	지휘통제 시스템 노드와 LAN을 통하여 통신메시지를 송수신하는 기능	
사격명령 작성 및 전송	사격명령을 작성하여 지휘통제 시스템으로 전송하는 기능	
승인 번호 전송	승인 번호를 지휘통제 시스템으로 전송하는 기능	
임무통제 명령 전송	사격 임무 중 통제 명령을 지휘통제 시스템으로 전송하는 기능	
임무수행상태 표시기능	타격체계의 임무수행 상태를 지휘통제 시스템으로부터 수신하여 표시하는 기능	
송수신 상태	송수신 발생시 통신메시지 종류 및 통신상태를 표시하는 기능	

상급부대 노드의 세부 요구기능은 Table 6과 같으며 구현된 운용화면은 Fig. 10과 같다.

Fig. 10. 상급부대 노드 운용화면

지휘통제 시스템 노드의 세부 요구기능은 Table 7과 같으며 구현된 운용화면은 Fig. 11과 같다.

Fig. 11. 지휘통제 시스템 노드 운용화면

타격체계 노드의 세부 요구기능은 Table 8과 같으며 구현된 운용화면은 Fig. 12와 같다.

Table 7. 지휘통제 시스템 노드 요구기능

요구기능	설 명	비고
상급부대 연동기능	상급부대 노드와 LAN을 통하여 통신메시지를 송수신하는 기능	
타격체계 연동기능	타격체계 노드와 FM 무전기를 통하여 통신메시지를 송수신하는 기능	
사격명령 작성 및 전송	상급부대로부터 수신된 사격명령에 작전을 수행할 타격체계를 선정하여 선정된 타격체계에 명령을 기능	
승인 번호 전송	상급부대로부터 수신된 승인번호를 작전을 수행하는 타격체계에 전송하는 기능	
임무통제 명령 전송	상급부대로부터 수신된 임무중 통제 명령을 작전을 수행하는 타격체계에 전송하는 기능	
임무수행상태 표시 및 전송	작전을 수행하는 타격체계로부터 전송받은 타격체계 정보를 요약하여 임무수행상태를 표시 및 상급부대로 전송하는 기능	
타격체계정보 표시 및 수신기능	작전을 수행하는 타격체계로부터 타격체계 정보를 전송받아 표시하는 기능	
상황도시기능	작전을 수행하기 위해 지도, 적·아 부대의 위치 등 상황정보를 표시하는 기능	
현재시각 전송기능	타격체계와 시간동기를 위해 현재시각을 전송하는 기능	
송, 수신 전문저장 기능	타격체계와 송, 수신되는 전문을 추후 분석을 위해 저장하는 기능	
통신상태 표시기능	상급부대 및 타격체계와의 통신상태를 표시하는 기능	

Table 8. 타격체계 노드 요구기능

요구기능	설 명	비고
지휘통제 시스템 연동기능	지휘통제 시스템 노드와 FM 무전기를 통하여 통신메시지를 송수신하는 기능	
타격체계정보 설정 및 송신기능	수행하는 작전 운용절차를 지휘통제 시스템으로 설정하고 전송하는 기능	
승인 번호 수신	지휘통제 시스템 수신된 승인번호를 입력하여 작전절차를 진행하는 기능	
임무 시나리오 설정/등록기능	작전 수행절차를 자동으로 시뮬레이션하기 위해 시나리오를 설정하고 등록하는 기능	
송, 수신 전문저장 기능	지휘통제 시스템 노드와 송, 수신되는 전문을 저장하는 기능

Fig. 12. 타격체계 노드 운용화면

3. 추후 연구과제

‘2’ 절에서 기술된 바와 같이 설계 및 구현된 시뮬레이션 시스템을 사용하여 시험한 결과 유도무기체계용 지휘통제 시스템의 개발 가능성을 확인하였다.

그러나, 구현된 시스템에서는 지휘통제 시스템과 타격체계간에 1:N의 무선망이 구성되었으므로 타격체계 노드들의 전원이 비동기적으로 인가될 경우 초기

통신망 연결시 통신 충돌이 발생할 확률이 크며, 통신 충돌이 발생될 경우 이후의 데이터 송, 수신에도 계속적으로 영향이 주어졌다. 따라서, 이러한 상황 개선하기 위하여 최초 통신충돌 발생시 그 event를 기반으로 타격체계 노드별로 적절한 통신 시간슬롯을 할당하는 적응형 시간할당 방법을 도출하였다. 도출된 방법은 추후 연구과제로서 정량적으로 분석할 예정이며 본 논문에서는 개념적 방법론을 우선 기술한다. 적응형 시간할당 방법은 Table 9와 같이 표현된다.

Table 9. 적응형 시간할당 Pseudo code

```

x = 0;
// Do
open_link
if( conjection){
x = 0;
x = T + T/3 * (n-1);
}
else break;
While //
x : 대기시간, T : 통신슬롯크기, n : 타격체계 번호(1~3)

```

Table 9의 알고리즘을 본 시스템에 적용시 다음과 같은 결과를 예측할 수 있다.

먼저, 본 시스템에서 적용된 통신망의 단위통신 필요시간(handshake에 의한 응답통신 포함)은 10초이며, 할당되는 통신슬롯의 크기 T는 60초이다.

타격체계 노드 1, 2, 3이 Fig. 13과 같이 각각 절대시간 기준 0초, 4초, 6초에 전원이 인가되면 타격체계 노드 1, 2는 4초에 통신충돌이 일어나고 이후 위에 제안된 알고리즘에 의해 산출되는 시간(노드 1 : 64초, 노드 2 : 84초)까지 통신이 없으므로 노드 3은 6초에 실시한 통신이 성공한다.

Fig. 13. 초기 전원인가 통신상태

두 번째 통신시도의 경우 Fig. 14와 같이 노드 1은 64초에 통신을 시도하고 노드 3은 66초에 통신을 시도하므로, 노드 1, 3이 66초에 통신충돌이 발생한다. 노드 2는 84초에 통신이 성공한다.

Fig. 14. 두 번째 통신상태

세 번째 통신시도의 경우 Fig. 15와 같이 노드 1은 알고리즘에 따라 126초에 통신을 시도하고 노드 2는 144초, 노드 3은 166초에 통신을 시도하므로 모든 노드가 통신을 성공한다.

Fig. 15. 세 번째 통신상태

Fig. 13에서 Fig. 15에 이르기까지 위와 같은 순서대로 각 타격체계 노드들이 통신충돌이 발생하지 않도록 통신슬롯을 할당받게 된다. 이후 각 노드들은 $6+nT$, $24+nT$, $46+nT$ 에 통신을 수행하므로 충돌이 발생되지 않는다.

4. 결 론

본 논문에서는 추후 NCW 환경하에서 지휘통제체계와 연동하여 통합화력 작전운용을 수행할 수 있는 유도무기용 지휘통제시스템의 구현방안을 제안하고 제안된 시스템을 시뮬레이터로 구현하여 적용 가능성

을 확인하였다. 구현된 시뮬레이터 시스템을 사용하여 작전수행 가능성을 확인한 결과 추후 유도무기체계 개발시 충분히 적용할 수 있을 것으로 판단된다. 또한, 타격체계와 지휘통제체계 연동개발시 효율적인 개발을 수행할 수 있는 개발방향도 제시하였다. 제안된 방법으로 개발시 각 체계별 개발순서가 상이하거나 일부 체계개발에서 신규사항 또는 변경사항이 발생하더라도 큰 영향없이 전체 시스템을 연동할 수 있을 것이다.

추가적으로, 1:N 무선통신 상황에서 통신충돌을 개선할 수 있는 방법도 제안하였고, 본 논문에서 제안되는 지휘통제 시스템 또는 상위 지휘통제체계 시스템과 연동될 수 있는 전장감시체계 분야의 센서네트워크에 대한 연구^[6]도 병행 수행하였다.

References

- [1] 노훈, 손태종, “NCW : 선진국 동향과 우리 군의 과제”, 한국국방연구원, 주간국방논단, pp. 1~8, 2005. 5.
- [2] 박경미, 이승찬, “미 육군의 지휘통제체계 통합”, 국방과학연구소, 국방신기술 동향분석, pp. 14~15, 2009. 12.
- [3] 김성일, “미 해군의 Undersea Warfare-Decision Support System 개발”, 국방과학연구소, 국방신기술 동향분석, pp. 7~8, 2009. 12.
- [4] 신형조, 이호철, 김태수, 이동호, “미 해군의 NCW 구축을 위한 CEC 체계개발 동향”, 국방과학연구소, 국방신기술 동향분석, pp. 33~44, 2009. 12.
- [5] 안명환, 조철영, 박영우, 신철수, 조한준, 이특수, 김영빈, “KVMF의 효율적 적용을 위한 메시지 및 아키텍처 설계 방법에 관한 연구”, 한국군사과학기술학회지 제12권 제5호, pp. 601~608, 2009. 10.
- [6] 구봉주, 김석봉, 박종일, 박강민, “A Multiple Mobility Support Approach(MMSA) Based on PEAS for NCW in Wireless Sensor Networks”, SENSORS 제11권 제1호, pp. 852~863, 2011. 1.