

MIL-STD-1760 기반 항공기용 유도탄 소프트웨어 업데이트 기법

이승연^{*;1)} · 김성권¹⁾ · 이현아¹⁾ · 조동식¹⁾

1) 국방과학연구소 제1기술연구본부

A Software Update Technique for Aircraft Missiles based on MIL-STD-1760

Seungyoun Lee^{*;1)} · Sungkwon Kim¹⁾ · Hyunah Lee¹⁾ · Dongsik Cho¹⁾

¹⁾ The 1st Research and Development Institute, Agency for Defense Development, Korea

(Received 8 March 2018 / Revised 21 June 2018 / Accepted 24 August 2018)

ABSTRACT

It is essential that weapons which are mounted on aircraft need to prove its reliability and safety during its developments. A guided missile should have high reliability and safety throughout various tests which are including ground tests, captive flight tests, detailed technical tests and operational tests. In these various tests, it is vital that software of each component in the guided missile should be easily updated in order to correct algorithms or errors. In this paper, we propose a software update technique based on MDTP(mass data transfer protocol) which are defined in MIL-STD-1760. The proposed techniques have the following advantages: First, software of each unit in a weapon can be updated through a test equipment without disassemble a guided missile. Second, development periods for a software update can be reduced by reusing MDTP. Third, we can easily maintenance of the software because it is based on standard. We proved its efficiency and validity through experiments. Therefore, the proposed technique should be effectively utilized for software update of a weapon mounted on an aircraft during development processes.

Key Words : Aircraft Missile(항공기용 유도탄), Mass Data Transfer Protocol(대용량 데이터 전송 프로토콜), Software Update(소프트웨어 업데이트)

1. 서 론

MIL-STD-1760의 표준이 제정되기 전에 개발된 항공기용 무장들은 항공기와의 인터페이스에 대한 기준이

없어 각각 독자적인 인터페이스를 사용하였다. 이에 따라 개발된 무장을 항공기에 장착하기 위해서는 항공기 또는 무장의 인터페이스에 대한 수정이 불가피하게 발생한다. 이러한 기존 항공기와 무장 간 체계 통합의 문제점을 극복하고 상호 운용성 확보 및 항공기와 무장 간 통합에 소요되는 시간 및 비용을 최소화하기 위해 제정된 연동표준이 MIL-STD-1760이다^[1,2].

* Corresponding author, E-mail: lee_sy@add.re.kr
Copyright © The Korea Institute of Military Science and Technology

MIL-STD-1760의 연동표준을 적용한 무장체계를 항공기에 통합할 경우 항공기는 동일한 커넥터와 동일한 무장 관리 시스템(store management system)의 사용이 가능하게 되어 하드웨어 개조 및 중량 증가 등의 추가적인 문제가 발생하지 않는다. 또한 명확하게 정의된 표준 인터페이스 및 검증된 설계의 재사용에 의해 무장의 체계 통합에 따른 설계/개발 비용 감소 및 소프트웨어 검증에 소요되는 비용과 노력을 감소시킬 수 있다^[3-6].

항공기에 장착되는 무장은 개발 간 각 구성품에 적용된 하드웨어 및 소프트웨어의 성능, 신뢰성 및 안정성을 분석하고 입증해야 한다^[7-10]. 특히 유도탄의 경우 지상 시험, 탑재 비행 시험, 기술 시험 및 운용 시험 등을 비롯한 다양한 시험을 통해 높은 신뢰성 및 안정성을 확보해야 한다^[11-15]. 이러한 다양한 시험 과정에서 유도탄의 각 구성품에 적용된 알고리듬의 수정 또는 오류 등을 정정하기 위해서 소프트웨어의 업데이트는 필수적이다. 이때 유도탄의 배꼽 케이블을 통해 각 구성품의 소프트웨어 업데이트가 가능하다면 유도탄 분해, 업데이트 전용 케이블 연결, 소프트웨어 업데이트 후 재조립 및 점검 등의 불편한 과정을 생략할 수 있다. MIL-STD-1760을 적용하여 개발되는 유도탄의 경우 유도탄 배꼽 케이블을 통한 소프트웨어 업데이트를 위해서는 MIL-STD-1760에서 제공하는 대용량 데이터 전송 프로토콜(MDTP : Mass Data Transfer Protocol)을 사용할 수 있다. 유도탄 점검장비 등에서 MDTP를 사용하여 배꼽을 통한 소프트웨어 업데이트를 수행할 경우 기존에 개발된 MDTP를 그대로 재사용할 수 있어 소프트웨어 개발 간 유지보수가 용이하고 해석이 명확하며 개발 기간을 단축할 수 있다.

본 논문에서는 MDTP를 기반으로 항공기 장착용 유도탄의 소프트웨어 업데이트 기법을 제안한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 MIL-STD-1760에서 사용하는 MDTP에 대해서 간략히 살펴본다. 3장에서는 MDTP에 기반을 둔 유도탄의 구성품 소프트웨어 업데이트 프로토콜을 제안하였고 실제 구현 및 실험을 통해 그 유효성을 검증하였다. 마지막으로 4장에서는 결론을 기술하였다.

2. 대용량 데이터 전송 프로토콜

2.1 MDTP 개요

MDTP는 항공기와 스토어(store) 간 연동시 다양한

종류의 대용량 데이터 전송이 가능하도록 개발된 표준 전송 규약이다. MIL-STD-1760은 항공기와 스토어 간의 데이터 통신을 위해 MIL-STD-1553B를 사용한다. 따라서 MDTP는 MIL-STD-1553B를 기반으로 항공기와 스토어 간 대용량데이터 전송을 가능하게 한다. 특히 항공기와 무장간 연동 시 대표적인 대용량 데이터로서 종말 탐색기 데이터, 무장의 비행경로 데이터, 디지털 지도, GPS 초기화 데이터 등이 MDTP를 기반으로 전송된다.

대용량 데이터를 안정적으로 전송하기 위해 MDTP는 Fig. 1과 같은 파일구조를 사용한다. 대용량 데이터 파일을 전송이 가능한 작은 단위로 나누는데 최대 파일 개수는 255개이며 각 파일은 최대 255개의 레코드를 가질 수 있다. 각 레코드는 최대 255개의 블록을 가질 수 있으며 각 블록은 최대 29개의 데이터를 가진다. 따라서 MDTP를 이용한 최대 전송 가능한 데이터 용량은 약 960 MB 이다.

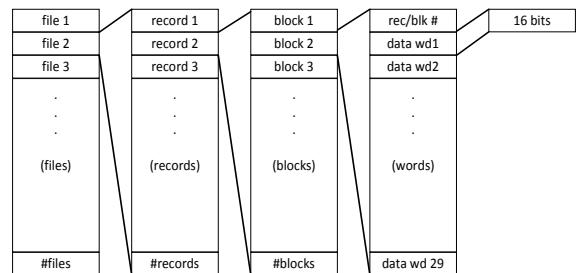


Fig. 1. MDT file structure

각 파일과 레코드를 나누는데 있어서 특별한 규칙은 없으나 두 가지 제한 조건이 있다. 첫째, 모든 레코드는 동일한 블록 사이즈를 가져야 한다. 이를 통해 프로토콜의 복잡성을 줄이고 효율적으로 MDTP를 구현할 수 있다. 둘째, 파일번호, 레코드 번호 및 블록 번호는 모두 ‘1’부터 ‘255’의 수를 가지며 ‘0’은 사용하지 않는다.

2.2 MDTP 메시지 구성

MDTP는 3가지 표준 데이터 메시지 형태를 사용한다. TC(Transfer Control, 전송제어) 메시지는 항공기에서 MDTP를 시작하고 전송 데이터 처리과정을 제어하며 무결성 체크를 시작하고 MDTP를 종료하는 명령으로 구성된다. TM(Transfer Monitor, 전송 확인) 메시지는 장착물이 항공기로 MDTP를 시작할 준비가 되어

있는지 보고하고 MDTP 프로세스의 진행 현황을 보고 하며 데이터의 무결성을 검증하고 MDTP를 종료 했는지를 알려준다. TD(Transfer Data, 전송 데이터) 메시지는 항공기와 스토어 사이의 실제적인 데이터 전송을 수행하기 위한 것이다.

TC 메시지는 스토어에서 subaddress 14번을 사용하여 수신하며 그 구조는 Table 1과 같다. TC 메시지의 Instruction은 총 13개의 명령으로 구성되며 각 명령은 정해진 규칙대로 조합되어 사용되어야 한다.

Table 1. TC message format

Word #	내 용	설 명
01	Header(0x0422)	항상 0x0422 값 사용
02	Instruction	제어명령집합
03	Subaddress select	ICD에 정의된 주소
04	File number	총 파일 수/현재 파일
05	Record number	총 레코드 수/현재 레코드
06	Block number	총 블록 수/현재 블록
07	File/record checksum	파일 또는 레코드 체크섬
08	Checksum word	TC 메시지 체크섬

Table 2. TM message format

Word #	내 용	설 명
01	Header(0x0423)	항상 0x0423 값 사용
02	Last rx instruction	마지막 수신 제어명령집합
03	Tx mode status	전송 모드 상태
04	Cur. sel. subaddress	현재 선택된 subaddress
05	Cur. file number	현재 파일 번호
06	Cur. record number	현재 레코드 번호
07	Cur. block number	현재 블록 번호
08	Cur. file/rec. checksum	현재 파일/레코드 체크섬
09	Checksum word	TM 메시지 체크섬

TM 메시지는 스토어에서 subaddress 14번을 사용하여 송신하며 그 구조는 Table 2와 같다. 전송 모드 상태(Tx mode status)는 스토어에서 전송중인 상태를 의

미하며 총 12개의 상태가 있다. 각 상태는 정해진 규칙대로 조합되어 사용되어야 한다.

TD 메시지의 구조는 Table 3과 같다. MIL-STD-1553B에서 전송 가능한 데이터는 총 32 워드이나 MIL-STD-1760에서는 최대 30 워드만 사용한다. 따라서 TD 메시지의 워드 개수도 30으로 제한되며 첫 번째 워드에 레코드/블록이 삽입되므로 실제적으로 전송되는 데이터 워드 수는 29개이다. subaddress는 13번을 사용한다.

Table 3. TD message format

Word #	내 용	설 명
01	#record/#block	전송중인 레코드/블록
02	Data1	데이터 1
03	Data2	데이터 2
...
30	Data29	데이터 29

체크섬은 파일 전체 데이터에 대해서 제공할 수도 있고, 각 레코드 데이터에 포함되어 전송할 수도 있다. 이때 주의해야 할 사항은 다음과 같다. 1) 항공기의 TC 메시지에 의해 체크섬 명령이 전송된 경우 스토어는 체크섬 계산을 수행한다. 2) TC 메시지에 의해 제공된 체크섬 결과와 자체 계산 결과를 비교한다. 3) 스토어는 TM 메시지를 통해 계산 결과를 보고해야 한다.

3. 제안하는 소프트웨어 업데이트 기법

3.1 유도탄 시스템 구성

유도탄 점검장비에서 배플 케이블을 통해 유도탄의 구성품에 대한 소프트웨어 업데이트를 수행하는 기법을 설명하기 위해 유도탄 점검장비 및 구성품 2개와 유도조종장치로 구성된 유도탄에 대한 시스템 구성도를 Fig. 2에 제시하였다. 유도탄 점검 장비는 유도조종장치와 MIL-STD-1760 표준 인터페이스로 연결되며 디지털 통신을 위해 MIL-STD-1760 표준 인터페이스에서 정의하고 있는 MIL-STD-1553B를 사용한다. 대부분의 유도탄은 유도조종장치를 중심으로 각 구성품을 중앙 집중형으로 연결되며 RS-422 통신으로 연결된 경우를 고려하였다.

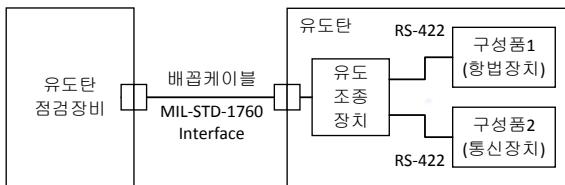


Fig. 2. A Missile system architecture

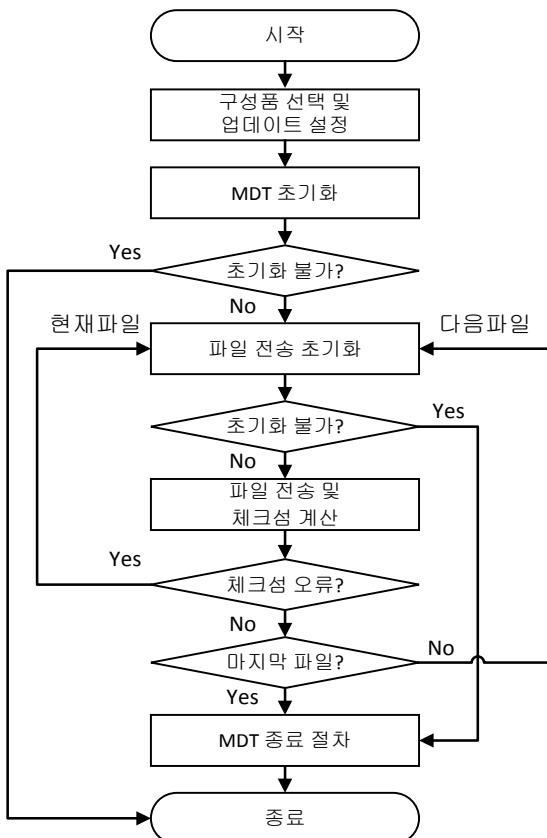


Fig. 3. Software update process

3.2 소프트웨어 자동 업데이트 프로그램 구현 알고리즘

유도탄 점검장비에서 MDT를 사용하여 유도탄 구성품의 소프트웨어 업데이트 시 고려해야 할 사항은 다음과 같다. 첫째, 유도탄 점검장비에서 유도조종장치를 통해 어떤 구성품의 소프트웨어를 업데이트할 것인지 선택할 수 있어야 한다. 이때, 유도조종장치는 유도탄 점검장비로부터 받은 TC 메시지와 TD 메시지를 각 구성품에 맞는 메시지 형태로 RS-422 통신을 통해 전달해야 한다. 또한 구성품으로부터 RS-422 통

신을 통해 수신한 메시지를 TM 메시지 형태로 유도탄 점검장비로 전달해야 한다. 이러한 방법은 기 개발된 MDT를 소프트웨어 업데이트에 재사용할 수 있게 해준다. 둘째, 소프트웨어 파일의 사이즈는 byte 단위로 구성되나 MDT에서는 word 단위의 블록만 전송이 가능하다. 따라서 유도탄의 구성품에 업데이트할 파일의 사이즈 정보가 전송되어야 한다. 셋째, 유도조종장치 및 구성품 간 통신 주기를 고려하여 데이터 전송을 수행해야 한다. 이때 데이터 수신 간 오류 개수를 확인할 수 있도록 하여 필요시 유도탄 점검장비에서 데이터 전송 속도가 적절한지 확인하도록 개발함이 바람직하다. 이러한 사항을 고려하여 제안하는 소프트웨어 업데이트 절차는 Fig. 3과 같다.

3.2.1 구성품 선택 및 업데이트 설정

유도탄 점검장비에서 구성품의 소프트웨어 업데이트를 위한 절차를 Table 4에 제시하였다.

Table 4. Message sequences for a software update

순번	From	To	내용
1	점검장비	유도조종장치	구성품 선택
2	유도조종장치	구성품	소프트웨어 업데이트설정
3	구성품	유도조종장치	소프트웨어 업데이트 설정완료
4	유도조종장치	점검장비	구성품 모드 설정값

점검장비는 유도탄 내 구성품 선택을 위한 메시지를 유도조종장치로 전송해야 한다. 이때 전송하려는 파일의 크기를 바이트 단위로 계산하여 subaddress 29로 전송한다. Table 5에 해당 메시지를 제시하였다.

Table 5. A control message for software update

Word #	내 용	값	비고
1	Header	0xF100	메시지 ID
2	Instruction	0x0010 0x0020	구성품1 또는 구성품2 업데이트 설정
3	File Size	-	업데이트할 파일 크기(바이트 단위)
4		-	

유도조종장치는 구성품 설정 정보를 수신하면 해당 구성품의 제어명령을 사용하여 소프트웨어 업데이트 모드를 전송하고, 유도탄 점검장비에서 소프트웨어 업데이트 모드로 설정된 값을 Table 6과 같이 확인 할 수 있도록 한다.

Table 6. A monitor message for software update

Word #	내 용	값	비고
1	Header	0xF100	메시지 ID
2	Instruction Return	0x0010 0x0020	구성품1 또는 구성품2 업데이트 설정
3	Software Update Set	0x0000	업데이트 설정시 '1'
3	Num. of Chksum Errors	0x0000	체크섬 에러 개수
4	Num. of Data Missing	0x0000	데이터 누락 개수

3.2.2 MDT 초기화

파일 전송을 위하여 유도탄점검장비는 MDTP에 따라 구성품의 Download 모드를 활성화 한다. 이 단계에서 처리절차는 아래와 같다.

- 1) 유도탄 점검장비에서 ‘Select download mode’ 명령을 Table 7과 같이 유도조종장치를 통해 구성품으로 전송한다.

Table 7. Command of select download mode

Word #	내 용	값	비고
1	Header	0x0422	TC 메시지 고정값
2	Instruction	0x4000	select download mode
3	Subaddress	0x0000	0으로 설정
4	File Number	0x0000	0으로 설정
5	Record Number	0x0000	0으로 설정
6	Block Number	0x0000	0으로 설정
7	File/Record Checksum	0x0000	0으로 설정
8	Message Checksum	해당값	TC 메시지 체크섬

- 2) 구성품은 위 명령을 수신한 후 파일을 다운로드하기 위한 준비를 수행하고, ‘In Download Mode’를

설정한 후 Table 8의 내용을 유도조종장치를 통해 유도탄 점검장비로 전송한다.

Table 8. Command of select download mode

Word #	내 용	값	비고
1	Header	0x0423	TM 메시지 고정값
2	Last Rx Instruction	0x4000	최근 수신한 TC
3	Tx Mode Status	0x8000	In Download Mode
4	Subaddress	0x0000	0 으로 설정
5	File Number	0x0000	0 으로 설정
6	Record Number	0x0000	0 으로 설정
7	Block Number	0x0000	0 으로 설정
8	File/Record Checksum	0x0000	0 으로 설정
9	Message Checksum	해당값	TM 메시지 체크섬

- 3) 유도탄 점검장비는 20 msec 이상 대기 후 구성품의 다운로드 전환을 확인 하며, 전환이 완료되지 않은 경우 위 과정을 1회 반복한다.
- 4) 유도탄 점검장비는 구성품의 MDT 전환이 확인되지 않으면 소프트웨어 업데이트 절차를 종료한다.

3.2.3 파일 전송 초기화

소프트웨어 업데이트를 위한 파일 전송을 위하여 전송시작 명령 전송 및 수신준비를 확인한다. 이 단계에서 처리절차는 아래와 같다.

- 1) 유도탄 점검장비는 ‘Start new file’ 명령을 유도조종장치를 통해 구성품으로 전송한다. Table 9에서 4번 워드의 Nf는 전송할 파일 수를 의미하며 Sf는 현재 파일 번호를 의미한다. 예를 들어 1개의 파일만 전송할 경우 이 값은 0x0101이 된다. 5번 워드에서 Nr은 전송할 Record 수를 의미한다. 6번 워드에서 Nb는 전송할 Block 수를 의미한다.
- 2) 구성품은 위 명령을 수신하면 수신대기로 전환하고, Table 10과 같이 ‘Transfer Enabled’를 설정한다.
- 3) 유도탄 점검장비는 20 msec 이상 대기 후 유도조종장치로부터 구성품의 메시지를 획득하여 파일수신 준비 여부를 확인하며, 확인되지 않으면 위 과정을 1회 반복한다.

Table 9. Start new file

Word #	내 용	값	비고
1	Header	0x0422	TC 메시지 고정값
2	Instruction	0x5000	Start new file
3	Subaddress	0x0000	0으로 설정
4	File Number	0xNfsf	0으로 설정
5	Record Number	0xNr01	0으로 설정
6	Block Number	0xNb01	0으로 설정
7	File/Record Checksum	0x0000	0으로 설정
8	Message Checksum	해당값	TC 메시지 체크섬

Table 10. Transfer enabled

Word #	내 용	값	비고
1	Header	0x0423	TM 메시지 고정값
2	Last Rx Instruction	0x5000	최근 수신한 TC
3	Tx Mode Status	0xA000	Transfer Enabled
4	Subaddress	0x0000	0 으로 설정
5	File Number	0xNfsf	0 으로 설정
6	Record Number	0xNr00	0 으로 설정
7	Block Number	0xNb00	0 으로 설정
8	File/Record Checksum	0x0000	0 으로 설정
9	Message Checksum	해당값	TM 메시지 체크섬

- 4) 유도탄 점검장비는 구성품의 파일수신 준비가 확인된 경우에만 다음단계로 진행하고 그렇지 않으면 MDT 종료 절차를 수행한다.

3.2.4 파일 전송

파일 전송단계에서는 전송할 파일의 Record 및 Block 을 전송하는 단계로서 처리절차는 아래와 같다.

- 1) 유도탄 점검장비는 TD 메시지 형식에 맞추어 파일을 Record 및 Block으로 구성하여 Table 11과 같은 형식으로 순차적으로 전송한다. TD 메시지의 워드 1번은 ID로서 전송할 Record와 Block으로 구성된다. 워드 30번에는 블록 체크섬을 할당하며 블록 체크섬은 워드 1번부터 29번을 포함하여 계산한다.

이와 같이 TD 메시지 별로 체크섬을 계산하여 전송함을 통해 데이터 전송 간 블록 에러율을 계산할 수 있다. TD 메시지 전송시 마지막으로 전송되는 TD 메시지는 블록의 크기를 같게 만들기 위해 남은 데이터 워드를 ‘0’으로 채워야 한다.

Table 11. TD message format

Word #	내 용	설 명
01	#record/#block	전송중인 레코드/블록
02	Data 1	데이터 1
03	Data 2	데이터 2
...
29	Data 28	데이터 28
30	Block Checksum	블록 체크섬

- 2) 구성품에서는 매번 TD 메시지 수신시 체크섬을 계산하여 수신된 각 TD 메시지의 체크섬과 비교를 수행하고 오류시 체크섬 오류 개수를 세어 저장한다. 또한 미수신 메시지 ID 개수를 세어 저장한다.

3.2.5 체크섬 계산

개별 파일에 대하여 내부에 포함된 Record 및 Block 을 전송한 후 점검장비는 다음과 같은 절차로 전송된 파일의 유효성을 확인한다.

- 1) 점검장비는 ‘Calculate File Checksum’ 명령을 Table 12와 같이 유도조종장치로 전송한다.

Table 12. Calculate file checksum

Word #	내 용	값	비고
1	Header	0x0422	TC 메시지 고정값
2	Instruction	0x4080	Calculate File Checksum
3	Subaddress	0x0000	0으로 설정
4	File Number	0x01Sf	0으로 설정
5	Record Number	0x0000	0으로 설정
6	Block Number	0x0000	0으로 설정
7	File/Record Checksum	0x0000	0으로 설정
8	Message Checksum	해당값	TC 메시지 체크섬

Table 12에서 SF는 현재 파일 번호를 의미한다. 워드 7번은 구성품으로 제공하는 파일 전체에 대한 체크섬을 의미하며 TD 메시지별로 체크섬을 이미 전송하였으므로 사용하지 않는다.

- 2) 선택된 구성품은 상기 명령을 수신시 체크섬을 계산 중인 경우 Table 13과 같이 ‘Checksum Calculation in Progress’을 설정하고 체크섬을 계산한다.

Table 13. Checksum calculation in progress

Word #	내 용	값	비고
1	Header	0x0423	TM 메시지 고정값
2	Last Rx Instruction	0x4080	최근 수신한 TC
3	Tx Mode Status	0x8200	Checksum calc. in progress
4	Subaddress	0x0000	0 으로 설정
5	File Number	0xNfSf	0 으로 설정
6	Record Number	0x0000	0 으로 설정
7	Block Number	0x0000	0 으로 설정
8	File/Record Checksum	0x0000	0 으로 설정
9	Message Checksum	해당값	TM 메시지 체크섬

Table 13에서 워드 5번의 Nf는 총 파일 개수를 의미하며 Sf는 현재 파일 번호를 의미한다.

- 3) 구성품은 체크섬 계산이 완료되면 Table 14와 같이 체크섬 결과를 워드 3번에 전송한다. 이때 체크섬 결과가 양호한 경우 0x8100을 전송하며 불량인 경우 0x8180을 전송한다.
- 4) 유도탄 점검장비는 20 msec 이상 대기하고 구성품으로부터 체크섬 계산 완료 여부를 확인한다. 구성품에서는 체크섬 계산을 800 msec 이내에 완료하여야 하며, 점검장비는 최대 1000 msec 동안 체크섬 계산 완료 여부를 확인한다. 이 시간 동안 완료가 안 될 경우 체크섬 불량으로 처리한다.
- 5) 파일 전송완료 후 체크섬에 오류가 발생하면 해당 파일을 재전송한다. 이때 Table 6과 같이 체크섬 에러개수와 데이터 누락 개수를 확인하여 적절히 데이터 전송율을 조정한다.
- 6) 파일 전송완료 후 체크섬이 정상이면 다음 파일이 존재할 경우 다음 파일을 전송하고 모든 파일 전송이 끝난 경우에는 종료절차를 진행한다.

Table 14. Checksum calculation in progress

Word #	내 용	값	비고
1	Header	0x0423	TM 메시지 고정값
2	Last Rx Instruction	0x4080	최근 수신한 TC
3	Tx Mode Status	0x8100 0x8180	Checksum calc. success or fail
4	Subaddress	0x0000	0 으로 설정
5	File Number	0xNfSf	0 으로 설정
6	Record Number	0x0000	0 으로 설정
7	Block Number	0x0000	0 으로 설정
8	File/Record Checksum	0x0000	0 으로 설정
9	Message Checksum	해당값	TM 메시지 체크섬

3.2.6 MDT 종료

- 1) 점검장비는 ‘Exit Transfer Mode’ 명령을 Table 15와 같이 유도조종장치를 통해 구성품으로 전송한다.

Table 15. Exit transfer mode

Word #	내 용	값	비고
1	Header	0x0422	TC 메시지 고정값
2	Instruction	0x0010	Exit Transfer Mode
3	Subaddress	0x0000	0으로 설정
4	File Number	0x0000	0으로 설정
5	Record Number	0x0000	0으로 설정
6	Block Number	0x0000	0으로 설정
7	File/Record Checksum	0x0000	0으로 설정
8	Message Checksum	해당값	TC 메시지 체크섬

- 2) 선택된 구성품은 상기 명령을 수신한 경우 Table 16과 같이 ‘Exit in progress’를 설정하고 0x0020을 전송한 후 수신된 소프트웨어 파일을 이용하여 업데이트를 수행한다. 이후 소프트웨어 업데이트가 정상적으로 진행된 경우 Table 16의 워드3번을 0x0000으로 설정하여 전송한다.
- 3) 점검장비는 20 msec 이상 대기 후 구성품의 MDTP 종료여부를 확인하며, 확인되지 않으면 위 과정을 1회 반복한다.

- 4) 유도탄 점검장비는 구성품의 MDTP 종료가 2회 동안 확인되지 않으면 MDTP 전송 절차를 해제한다.
 5) 정상적으로 MDTP가 종료 된 경우 유도탄의 전원을 재인가하여 소프트웨어 업데이트 여부를 확인한다.

Table 16. Checksum calculation in progress

Word #	내 용	값	비고
1	Header	0x0423	TM 메시지 고정값
2	Last Rx Instruction	0x0010	최근 수신한 TC
3	Tx Mode Status	0x0020 0x0000	Exit in progress or exited
4	Subaddress	0x0000	0 으로 설정
5	File Number	0x0000	0 으로 설정
6	Record Number	0x0000	0 으로 설정
7	Block Number	0x0000	0 으로 설정
8	File/Record Checksum	0x0000	0 으로 설정
9	Message Checksum	해당값	TM 메시지 체크섬

3.3 소프트웨어 구현

점검장비는 크게 사용자 컴퓨터와 실시간 점검 컴퓨터로 구성되며 소프트웨어 아키텍처는 Fig. 4와 같다^[3]. 상기 Fig. 3에 제안한 알고리듬을 점검장비의 사용자 컴퓨터에 구현하였다. 사용자 컴퓨터의 OS는 Windows 7 Pro를 사용하였고, 소프트웨어 통합개발환경은 MS Visual Studio 2012를 적용하여 개발하였다.

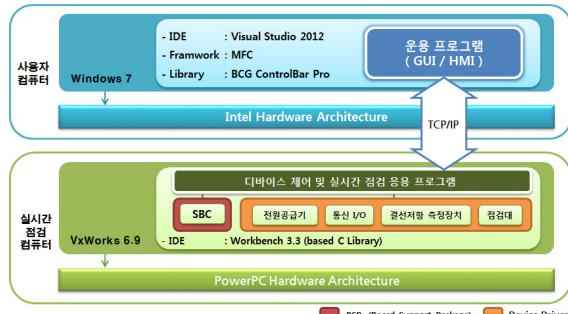


Fig. 4. Software architecture for a test equipment

구현된 사용자 인터페이스는 Fig. 5와 같다. 여기서 파일 전송주기를 200 Hz, 100 Hz, 50Hz로 선택 할 수 있게 하여 전송 주기 별 시험이 가능하도록 하였다.



Fig. 5. Graphic user interface for software update

3.4 실험 결과

제안한 소프트웨어 업데이트 기법의 유효성을 검증하기 위해 Fig. 2와 같은 구성으로 항법장치와 통신장치에 대해서 소프트웨어 업데이트 실험을 수행하였다. 여기서 주의할 점은 파일 전송에 있어 word 단위로 계산되므로 ‘0’으로 채워 보낼 경우가 발생한다. 예컨대, 소프트웨어 업데이트를 위한 파일 사이즈가 1,757,785 bytes 일 경우, 반올림하면 878,893 words에 해당하고 TD 메시지의 1회 전송시 28 words가 전송되므로 총 전송되는 TD 메시지 수는 31,390개이며 총 Record 수는 124개, 총 Block 수는 31390개이다. 따라서 마지막 블록에서 26.5 words는 ‘0’으로 채워서 전송해야 한다.

파일 전송 주기별 실험 결과를 Table 17에 나타내었다. 항법장치의 경우 50 Hz로 1.8 MB 크기의 파일을 전송시 소프트웨어 업데이트가 정상적으로 수행되었으며 통신장치의 경우 100 Hz로 2.0 MB 크기의 파일 전송이 가능함을 확인하였다. 실험 간 상기 메시지 누락 및 체크섬 오류 비율을 낮추기 위해서 각 구성품 별 메시지 수신 프로세스 개선을 수행하였으며 해당 노력은 지속될 예정이다.

Table 17. Test results

구 분	주기설정	메시지 누락 %	체크섬 오류 %
항법 장치	200 Hz	24.2 %	0 %
	100 Hz	12.6 %	0 %
	50 Hz	0 %	0 %
통신 장치	200 Hz	5 %	3 %
	100 Hz	0 %	0 %
	50 Hz	0 %	0 %

4. 결 론

항공기에 탑재되어 사용되는 무장을 개발하는 과정에 있어서 신뢰성과 안전성은 필수적으로 확인해야하는 항목이다. 특히 유도탄의 경우 다양한 시험을 통해 높은 신뢰성과 안정성에 대한 확인이 필수적이며, 이 과정 가운데 유도탄 내부 구성품의 소프트웨어 업데이트는 반드시 필요하다. 본 논문에서는 항공기와 무장 연동시 표준연동 규격인 MIL-STD-1760의 MDTP를 기준으로 유도탄의 소프트웨어 업데이트 기법을 제안하였다. 제안된 기법을 사용할 경우 유도탄 배꼽을 통해 빠르고 쉽게 소프트웨어 업데이트가 가능하고 기준에 개발된 MDTP를 재사용할 수 있어 개발기간 단축 및 유지보수가 용이하다. 또한 데이터 전송간 체크섬 에러율과 메시지 누락 여부를 확인 가능하다. 제안된 소프트웨어 업데이트 기법은 실제 구현 및 실험에 의해 그 유효성을 검증하였다. 본 기법은 향후 항공기 장착용 무장 개발 시 소프트웨어 업데이트에 유용하게 사용될 수 있을 것으로 사료된다.

References

- [1] MIL-STD-1760E, "Interface Standard for Aircraft/Store Electrical Interconnection System," US Dept. of Defense, 2007.
- [2] MIL-HDBK-1760A, "Aircraft/Store Electrical Inter-Connection Systems," US Dept. of Defense, 2004
- [3] S. Y. Lee, S. K. Kim, H. A. Lee and D. S. Cho, "A Software Design for a Mission Store Assembly Test Set based on MIL-STD-1760," KIMST Autumn Conference Proceedings, pp. 381~382, 2017.
- [4] H. A. Lee, S. Y. Lee, D. S. Cho and S. K. Kim, "Building a System Integration Environment based on the MIL-STD-1760," KIMST Autumn Conference Proceedings, pp. 383~384, 2017.
- [5] J. S. Huh, Y. M. Lim and Y. G. Kim, "Development of Weapon Simulator To Verify The Store Management Computer," KIMST Annual Conference Proceedings, pp. 861~862, 2018.
- [6] J. S. Kang, S. M. Cho and J. H. Cho, "Study for Development of Mission Stores based on MIL-STD-1760," Autumn Conference Proceedings of Korean Society for Aeronautical and Space Sciences, pp. 968~971, 2014.
- [7] M. J. Squair "Safety, Software Architecture and MIL-STD-1760," Proc. of the 11th Australian Workshop on Safety Critical Systems and Software, Vol. 69, pp. 93-112, 2006.
- [8] S. Y. Lee, S. K. Kim, H. A. Lee and D. S. Cho, "Safety Analysis of MIL-STD-1760 And Development Consideration," KIMST Annual Conference Proceedings, pp. 2013~2014, 2018.
- [9] B. W. Kim, J. J. Kyun and M. S. Kim, "A Study of Store Management System and Interface Safety based on MIL-STD-1760," KIMST Autumn Conference Proceedings, pp. 413~417, 2017.
- [10] Keith A. Rigby, "Aircraft Systems Integration of Air-launched Weapons," John Wiley and Sons, 2013.
- [11] H. S. Yeom, J. H. Oh and D. Y. Sung, "A study on Technique of Development Test by an Aircraft Captive Flight Test in Weapon System," Journal of The Korean Society for Aeronautical and Space Sciences, Vol. 37, pp. 1010~1016, 2009.
- [12] S. J. Lee, J. H. Lee and J. Y. Hong, "Test and Evaluation Cost for the Aircraft and Guided Missile(1)," Defense & Technology, Vol. 339, No. 05, pp. 32~45, 2007.
- [13] S. J. Lee, J. H. Lee and J. Y. Hong, "Test and Evaluation Cost for the Aircraft and Guided Missile(2)," Defense & Technology, Vol. 340, No. 06, pp. 34~49, 2007.
- [14] S. J. Lee, J. H. Lee and J. Y. Hong, "Test and Evaluation Cost for the Aircraft and Guided Missile(3)," Defense & Technology, Vol. 341, No. 07, pp. 34~49, 2007.
- [15] H. K. Cho and B. S. Kim, "A Study on the Standard of Test and Evaluation for Aircraft/Store Compatibility," Autumn Conference Proceedings of Korean Society for Aeronautical and Space Sciences, pp. 1256~1259, 2012.