

유도탄용 무선데이터링크 설계에 관한 연구

신정채, 박태우, 이성호

한화에어로스페이스(주)

jcshin@hanwha.com, tdpark@hanwha.com, shlee79@hanwha.com

A Study on the Wireless Datalink Design for Guided Missile Systems

Shin Jungchae, Park Taedoo, Lee Seongho

Hanwha Aerospace Co., Ltd.

요약

본 논문에서는 유도탄용 무선데이터링크의 구성과 설계 시 고려해야 할 사항들로 주파수 대역, 듀플렉싱, 다중화/다중접속 방식, 주파수 자원 할당에 대해 살펴보았다. 보호 대역의 영향에 따른 동시 접속 가능한 플랫폼의 수에 대해서 시뮬레이션을 통해 분석하였다. 작전 범위와 부대 규모 등 유도탄 시스템 설계 시 본 결과를 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

I. 서론

유도탄(Guided missile)은 발사 플랫폼, 대상 표적, 사거리, 유도방식 등에 따라 다양한 형태로 개발된다. 발사 후 대상 표적에 도달/타격하기까지 정확한 유도를 위해 자이로센서 등을 이용한 관성 유도(Inertial Guidance), 위성 신호를 이용한 GPS(Global positioning system) 유도, 또는 이들의 혼합한 형태로 유도된다.

대전차용 유도탄(Anti-tank guided missile, ATGM)의 경우 유도 및 최종 타격을 위해 표적의 열원을 감지하는 적외선 탐색기(Seeker)를 주로 사용한다. 탐색기를 통해 획득한 실시간 적외선 영상을 발사대(Launcher) 측에 전송하고 발사대측의 후속 제어 명령을 수신하여 정확한 임무를 수행하도록 설계된다. 발사대와 유도탄간 탐색기영상/유도탄상태/제어명령 등을 송수신하기 위해 데이터링크(Datalink)가 필요하며 유선 또는 무선 통신 방식을 사용한다.

유선 통신 방식은 광섬유(Optical fiber)를 이용한 광통신 방식을 이용한다. 광통신 방식은 광선호 특성상 고속 데이터전송에 유리하나, 발사/유도 간 광섬유가 끊어지는 경우 통신이 두절될 수 있다. 무선 통신 방식은 재밍(Jamming) 공격, 지형지물에 의한 가시선(Line-of-sight, LOS) 미확보 등에 의해 통신이 두절될 수 있으나, 유선 방식에 비해 상대적으로 자유롭게 운용거리를 확장할 수 있으며 소형화도 가능하다.

본 논문에서는 유도탄용 무선데이터링크(Wireless Datalink)의 구성과 설계 시 고려해야 할 사항들로 주파수 대역, 듀플렉싱, 다중화/다중접속 방식, 주파수 자원 할당에 대해 살펴본다. 보호 대역의 영향에 따른 동시 접속 가능한 플랫폼의 수에 대해서 모의실험을 통해 분석한다. 작전범위와 부대 규모 등 유도탄 시스템 설계 시 본 결과를 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

II. 유도탄용 무선데이터링크 구성

유도탄용 무선데이터링크를 구성하는 주요 요소로는 발사대용 탑재 장비와 유도탄용 탑재 장비로 구분된다. 발사대용 탑재 장비는 사용자 인터페이스를 가지는 발사통제장치(Fire control system)에 신호처리부

(Signal processing unit)/RF송수신기(Transceiver)/안테나(Antenna)에 연결된 구조를 가진다. 유도탄용 탑재 장비는 탐색기/항법장비 등의 레이저를 처리하는 GCU(Guided Control Unit)가 동일한 구조의 신호처리부/RF송수신기/안테나와 연결된다.

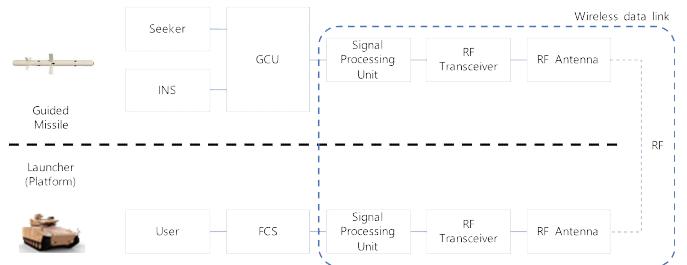


그림 1 유도탄용 무선데이터링크 구성

III. 유도탄용 무선데이터링크 설계 고려사항

유도탄용 무선데이터링크 설계 시 고려사항으로 아래와 같이 구분하여 살펴본다.

- 주파수 대역

무선데이터링크의 주파수 대역은 유도탄 비행거리와 무선데이터전송율에 의해 결정된다. 고주파일수록 높은 데이터 전송율을 보장할 수 있으나,

표 1 주파수 대역별 특징

순번	대역명	주파수 대역	특징
1	UHF	0.3GHz~1GHz	장거리 통신, 비상폭파용
2	L	1.0GHz~2.0GHz	장거리 통신, 대형 유도탄
3	S	2.0GHz~4.0GHz	중거리 통신
4	C	4.0GHz~8.0GHz	중/단거리 통신, 정밀유도
5	X	8.0GHz~12.0GHz	단거리 통신, 정밀유도, 추적용

거리에 따른 감쇄가 크고 가시선 미확보에 따른 통신 두절 발생 가능성도 커지므로 유도탄 특성에 적합한 주파수 대역을 선정하여야 한다.

유도탄 체계(System) 개발 간 필요한 시험단의 경우에는 부가적으로 유사시 유도탄 비상폭파(Emergency destruction) 신호용 대역, 유도탄 상태 정보 획득을 위한 원격측정(텔레메트리, Telemetry)-용 대역, 유도탄 궤적 추적용 비콘(Beacon) 대역 등도 감안하여 적합한 주파수 대역을 선정하여야 한다. 선정된 각각의 주파수에서 특성이 우수한 안테나를 유도탄의 외부 형상에 적합하도록 설계하여야 한다. 특히, 유도탄의 표면에서 과도하게 튀어나오는 안테나는 많은 공기 저항을 일으킬 수 있으므로, 가급적 단체 하우징(Housing)에서 튀어나오지 않도록 형상 설계를 하여야 한다. 필요시 공간 다양성(Spatial diversity)을 활용토록 동일 대역의 다수 안테나를 배치하고 우수한 신호를 실시간 선택 및 전환할 수 있도록 RF송수신기를 설계하여야 한다.

- 듀플렉싱

발사대측에서 유도탄측으로 송신하는 하향링크(Downlink)는 주로 제어 명령이므로 높은 데이터전송율을 요구하지 않지만, 유도탄측에서 발사대측으로 송신하는 상향링크(Uplink)는 유도탄 상태와 고속의 영상 데이터 전송이 요구된다. 이는 마치 이동통신시스템의 상/하향링크 트래픽이 비대칭적으로 발생하는 음성호(Voice call)와 패킷호(Packet call)가 혼재하는 경우와 유사하다[1]. 상/하향링크 트래픽이 대칭적으로 발생하는 경우에는 주파수분할 듀플렉싱(Frequency Division Duplexing)이 유리할 수 있으나, 통상 상향링크 데이터 전송율이 상대적으로 높으므로 주파수 자원의 활용도를 높이기 위해서는 시분할 듀플렉싱(Time division duplex)을 적용하는 것이 타당할 것이다. 물론, 유도탄과 발사대 간 할당된 상/하향링크 시간을 구분하기 위해서는 GPS 정보를 활용한 1PPS(One pulse per second)와 같은 동기신호를 주기적으로 전송하는 것도 방법이다.

- 다중화/다중접속방식

하향링크에 적용되는 다중화(Multiplexing)과 상향링크에 적용되는 다중 접속(Multiple access) 방식은 주파수, 시간, 직교코드 등의 무선자원(Radio resource)으로 구별하여 할당할 수 있다. 한 대의 발사대 플랫폼이 한 대 이상의 유도탄을 운용하는 경우 뿐만 아니라, 다수의 표적을 단시간에 제압하기 위해 여러 대의 발사대에서 동시 다발적으로 운용하는 경우에는 상호 간섭(Interference)을 최소화하여 각각의 무선데이터링크를 배타적으로 유지하는 것이 중요하다.

또한, 한 대의 발사대 플랫폼에서 여러 대의 유도탄을 동시에 운용하는 경우 원근 문제(Near-far problem)를 해결하기 위해 전력제어(Power control)도 동시에 수행하여야 한다. 통상 유도탄 내에는 GPS 또는 관성 항법장치가 탑재되어 있어 위치 계산이 가능하므로 유도탄/발사대간 거리 추정이 가능하다. 또는 유도탄의 발사대 이탈 시간을 이용하여 사전에 작성된 이탈 시간 대 송신전력 관계표를 통해 전력 제어하는 방법도 고려할 수 있다.

- 주파수 자원 할당

주파수 자원의 경우 발사대 플랫폼에서 운용할 주파수를 사전 선정/할당하여 이용할 수 있다. 만약 주파수 재밍 등의 상황에 의해 사전 할당된 주파수를 이용하지 못할 경우에는 보완책이 필요하다. 주파수 대역을 스캐닝(Scanning)하고 사용하지 않는 주파수 대역을 선정/점유하고 마치 802.11 WLAN(Wireless Local Area Network)의 비콘 신호와 같이 주기적으로 점유 신호를 생성/송신하는 방법도 고려할 수 있다[2].

주파수 자원을 선점하는 것은 주파수 스캔 여부와 관계없이 이동통신시스템의 임의 접근(Random access) 방식과 유사하다. 동시에 여러 대의 발사대 플랫폼이 동일한 주파수를 선택하는 경우 이는 충돌(Collision)에 해당하고, 충돌 회피를 위해 PRBS(Pseudo random binary sequence) 방식 등을 활용하기 재시도하여야 한다[3]. 이때 충돌 확률을 낮추기 위해서는 가용한 주파수 대역의 수가 많아야 하며, 이를 위해 주파수 대역 간의 보호대역(Guard band)의 수를 줄일 수 있도록 변조 방식과 RF송수신기 설계를 설계하여야 한다.

- 보호대역 영향 모의실험

아래의 그래프는 주파수 밴드에 임의 접근하는 플랫폼(N_p)과 필요 보호 대역의 수(N_{GB})의 변화에 따른 임의 접근에 성공하는 평균 플랫폼 수(N_s)의 변화를 보여준다. 총 가용한 주파수 밴드(N_{FB})는 20으로 설정하였다. 필요 보호대역이 0인 경우, 다시 말해 모든 주파수 밴드가 동시에 사용 가능한 경우에서 N_s 가 가장 높은 결과를 보이며, N_{GB} 가 커질수록 N_s 는 급격히 낮아짐을 볼 수 있다. 따라서, 필요한 보호대역을 최소화토록 RF 설계가 요구된다. 또한, 무선태이터링크 설계 시 주어진 N_{FB} 에 따른 작전 범위와 부대 규모를 설정에 본 결과를 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

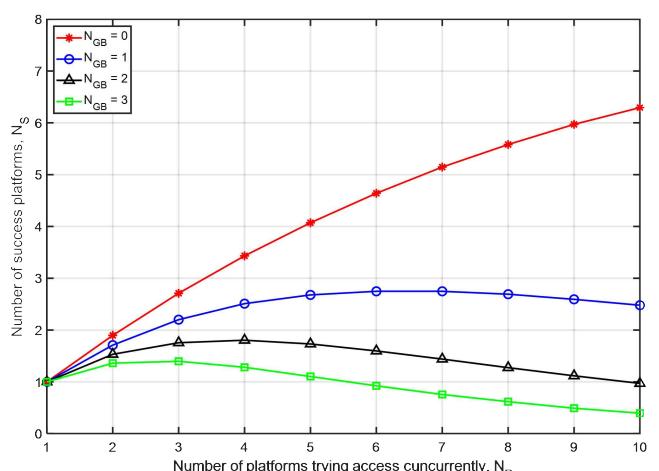


그림 2 필요 보호 대역 수의 변화에 따른 임의 접근 성공 플랫폼 수

IV. 결론

본 논문에서는 유도탄용 무선태이터링크의 구성과 설계 시 고려해야 할 사항들로 주파수 대역, 듀플렉싱, 다중화/다중접속 방식, 주파수 자원 할당에 대해 살펴보았다. 보호 대역의 영향에 따른 동시 접속 가능한 플랫폼의 수에 대해서 모의실험을 통해 분석하였다. 작전 범위와 부대 규모 등 유도탄 시스템 설계 시 본 결과를 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] 신정채, 이유태, 김정호, 조호신, “시분할-코드분할 다중 접속 시스템에서 비대칭/불균질 트래픽 처리에 대한 수학적 모델,” *한국통신학회논문지*, 30(4A), pp. 259~270., 4월, 2005.
- [2] Matthew S. Gast, *802.11 Wireless Networks: The Definitive Guide*, O'REILLY, 2002.
- [3] Jungchae Shin, Ho-Shin Cho, “A Comparative Study of Random Access Technologies of 3G and B3G Mobile Communication Systems,” in the book chapter of *Current Technology Developments of WiMAX Systems*, Springer, 2009.