

데이터링크를 사용하는 체계에서 GPS 재밍(Jamming)과 GPS 기만(Spoofing)을 효과적으로 극복하기 위한 방안 연구

지승배^{*,1)} · 김상준¹⁾ · 이정식¹⁾

¹⁾ 국방과학연구소 지휘통제체계단

A Study to Efficiently Overcome GPS Jamming and GPS Spoofing by using Data Link System

Seungbae Jee^{*,1)} · Sangjun Kim¹⁾ · Jungsik Lee¹⁾

¹⁾ Command Control PMO, Agency for Defense Development, Korea

(Received 20 February 2014 / Revised 13 October 2014 / Accepted 12 December 2014)

ABSTRACT

These days many systems use the gps signal to get their own position. Because it's cheap and accurate and convenient. But, the strength of gps signal is very weak and can be easily interrupted by GPS jamming and GPS spoofing. Normally, fighter can use DME, TACAN, etc to correct their position error when GPS is not working. But, many aircraft which does not have those kinds of hardware need to pay additional cost to get it. In this paper, we propose how to overcome GPS jamming and GPS spoofing by only using data link system. The main purpose of this paper is to make the data link protocol to get an exact position information of own unit at gps error environment

Key Words : GPS Jamming(재밍), GPS Spoofing(기만), Link-K, JTDLS, Datalink, TDL

1. 서론

최근 GPS 신호는 네비게이션, 카메라, 스마트폰 등 다양한 분야에서 사용되고 있으며 군 작전을 수행하는 고가의 무기 체계 또한 GPS 신호를 이용하여 정밀 작전 수행 및 정밀 타격이 가능하도록 제작되는 추세이다. 그러나 GPS는 지상에서 약 20,000km 떨어진 정지

궤도 위성에서 신호를 수신하여 위치정보를 얻는 체계이기 때문에 수신신호가 약 -160dBW 정도로 휴대폰 전파의 1/100에 해당할 만큼 그 세기가 매우 약하기 때문에 전파교란을 받기 쉽다.

GPS 신호에 대한 전파교란은 크게 GPS 재밍(Jamming)과 GPS 기만(Spoofing)으로 나누어진다. GPS 재밍은 GPS 신호와 같은 주파수 대역으로 큰 신호 전력을 송출하는 제머를 이용하여 비교적 손쉽게 GPS 신호를 교란하는 것이다. GPS 기만은 GPS 기만기가 공개된 GPS 신호구조를 이용하여 거짓 GPS 신호를 생

* Corresponding author, E-mail: asherjee@gmail.com
Copyright © The Korea Institute of Military Science and Technology

성하거나 GPS 신호를 일정시간 동안 지연시켜 GPS 신호를 송신함으로써 대상 수신기가 잘못된 위치정보를 산출하도록 하는 것이다^[1]. 이러한 GPS 재밍과 기만의 경우 저렴한 비용으로 GPS 신호를 사용하는 고가의 진화된 첨단 장비를 무용지물로 만들 수 있다는 점에서 그 파괴력이 크다.

일반적으로 데이터링크를 사용하는 무기 체계는 자신의 위치 정보와 시간정보를 제공받기 위해 GPS 신호를 이용하게 된다. 따라서 GPS 재밍이나 GPS 기만 환경에 놓이게 되면 무기 체계는 자신의 위치를 파악하거나 데이터링크를 사용하는 아군들에게 올바른 자신의 위치정보를 제공하는데 문제를 겪게 되어 작전수행 능력에 큰 지장을 받게 된다.

최근까지 GPS 재밍이나 GPS 기만을 피하기 위하여 진행된 연구로는 신호 전력의 절대적인 크기를 감시, 신호 전력의 변화율을 감시, 상대적인 신호 세기 감시, 코드와 반송파의 변화율 비교, 도플러 변화량 감시, 위성 궤도력 검사 등이 있으나 각각의 해결책에는 한계가 존재하거나 별도의 추가적인 하드웨어 장비가 필요하다^[1]. 군용체계의 경우는 DME, TACAN과 같은 보조항법 장비를 이용하거나 Link-16 전용 MIDS 단말기에서는 상대항법과 같은 보조 수단을 제공하기도 한다.

본 논문은 GPS 비비용 시 자신의 위치를 얻을 수 있는 항법 장비 및 보조 수단을 종합하여 최적화된 위치값을 획득하는 관점 보다는 보조 항법장비를 탑재하지 않고 GPS 장비와 데이터 통신이 가능한 수준의 데이터링크만을 탑재한 체계에서 GPS 재밍이나 GPS 기만이 발생할 경우 데이터링크 처리기 소프트웨어 개선만을 통해 저비용으로 자신의 위치정보를 획득할 수 있는 방안을 제안하고자 한다.

2. 데이터링크 운용 환경에서 자함정보와 표적정보 공유

데이터링크를 운용하는 환경에는 다수의 데이터링크만 탑재한 체계와 소수의 레이더와 데이터링크를 탑재한 체계가 존재한다(이하 본 논문에서 언급하는 모든 체계는 데이터링크를 탑재한 것으로 가정한다).

Fig. 1과 같이 데이터링크를 탑재한 체계는 수 초마다 주기적으로 자함정보(PPLI : Precise Participant Location & Identification)를 생성하여 망 가입자들에게 전파한다. 이 자함정보에는 고유의 식별자인 트랙번호

(Track Number, 이하 TN), GPS 수신기로부터 획득한 위치정보, 위치 품질(Geodetic Position Quality, 이하 Gpq), 속도, 고도 및 기타 부가정보가 포함되어 있다. 반면 레이더를 탑재한 체계는 공중/해상/지상 물체를 레이더로 식별하여 표적정보를 생성하고 망 가입자들과 공유한다. 이 표적정보 또한 레이더로부터 획득된 위치정보, 속도, 고도, 위치품질(Track Quality, 이하 TQ) 및 부가 정보들이 포함되어 있다. 여기서 트랙정보 위치품질(TQ)와 자함정보 위치품질(Gpq)는 그 품질에 따라 1~15의 값으로 설정되고, GPS 오류인 경우 $Gpq = 0$, 비실시간 트랙인 경우 $TQ = 0$ 으로 설정된다.



Fig. 1. PPLI and track information sharing by data link

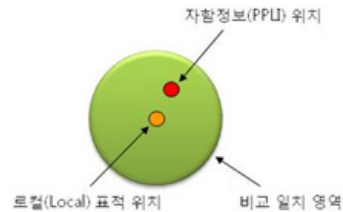


Fig. 2. Correlation between PPLI and track

이처럼 데이터링크 망에서 데이터링크 망에 가입되어 있는 모든 체계의 위치정보는 자함정보로 전파되며, 해당 체계들은 레이더로도 식별되어 표적정보로 전파됨으로 이를 수신한 수신체계에서는 동일한 위치에 특정 체계의 자함정보와 표적정보가 이중으로 전시되는 상황이 발생된다. 따라서 데이터링크 표준(MIL-STD-6016)에서는 이러한 혼란을 방지하기 위해 동일한 위치에 생성되는 자함정보와 표적정보가 하나로 관리될 수 있도록 비교일치 알고리즘(Correlation Algorithm)을 정의하고 있다. MIL-STD-6016의 비교일치 알고리즘은 Fig. 2와 같이 특정 체계로부터 수신된 자함정보

와 레이더에서 획득한 표적정보를 위치, 속도, 고도 오차 기준에 따라 동일한 항적으로 식별하여 데이터링크 망에 동일 항적 정보가 유통되지 않도록 한다.

데이터링크 표준 적용으로 레이더 탑재 송신체계는 레이더를 이용하여 특정 노드에 대한 표적 정보를 획득할 경우 수신되는 자함정보와 비교일치 알고리즘을 수행하여 동일한 체계인지 식별하고, 동일 체계로 식별될 경우 획득한 표적에 대한 보고권한을 포기하고, 획득한 표적정보는 수신된 자함정보와 동일 TN으로 내부적으로만 관리한다. 이는 일반적으로 GPS 신호를 이용하여 생성된 자함정보의 위치 품질(Gpq)가 레이더를 이용하여 수집된 표적정보의 위치 품질(TQ)보다 높기 때문이다. 그러나 레이더 탑재 송신노드는 비교일치 된 특정체계의 자함정보가 통신 가시거리를 벗어나서 수신되지 않거나, 특정체계의 GPS 오류로 인해 $Gpq = 0$ 인 자함정보를 수신할 경우 내부적으로 관리하던 자함정보와 동일한 TN의 표적정보를 망으로 송신함으로써, 망 가입자들은 이 정보를 이용하여 자함정보로 수신하던 특정 체계에 대한 위치 정보를 연속적으로 획득할 수 있게 된다.

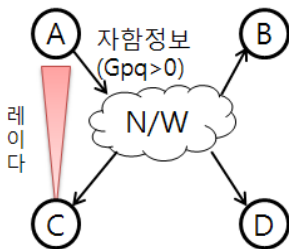


Fig. 3. Sharing position information using PPLI information when transmission system is normal

Fig. 3은 기초적인 데이터링크 운용 모델로 데이터링크 사용 환경에서 송신체계 정상 운용 시 자함정보에 의한 위치정보 공유 개념을 보여준다. A노드는 송신체계, C노드는 레이더 탑재 송신체계, B, D노드는 수신체계에 해당된다. 송신체계 A노드가 정상 운용일 경우 망가입자 B, C, D노드는 A노드에서 생성한 자함정보를 이용하여 A노드의 위치를 파악한다.

Fig. 4는 송신체계가 비정상 운용일 경우로 레이더 탑재 송신체계 C노드는 레이더로부터 획득한 A노드의 위치를 자함정보와 동일한 TN의 표적정보를 망에 전파함으로써, B, D노드는 이 정보를 이용하여 A노드의 위치를 연속적으로 획득할 수 있게 된다.

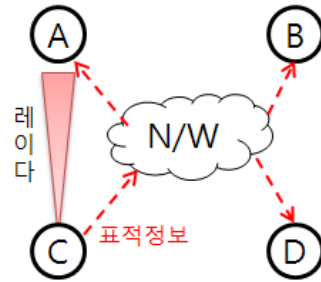


Fig. 4. Sharing position information using track information when transmission system is abnormal

MIL-STD-6016 표준은 Link-16의 MIDS 터미널을 사용하는 체계로 상대항법이나 보조 항법 장비가 장착되어 있기 때문에 GPS 재밍이나 기만 환경에서 송신체계 자신의 위치정보를 획득하기 위해 레이더에서 제공하는 동일 TN 표적정보를 이용하는 방안이 고려되어 있지 않다. 따라서 보다 일반적인 데이터링크를 운용하는 저사양의 송신체계는 GPS 재밍이나 기만 환경에서 자신의 위치 획득에 실패하여 운용에 어려움을 겪게 되고, 이 오류 정보를 자함정보로 망에 유통시켜 자함정보를 수신하는 나머지 체계(B, C, D노드)들이 송신체계의 위치 파악에 어려움을 겪게 된다.

따라서 GPS 재밍과 GPS 기만이 발생할 경우 이를 판단하기 위한 기준이 필요하고, 각각의 상황에서 데이터링크 망 가입자 모두가 올바른 송신체계의 위치를 파악할 수 있는 방안이 필요하다.

3. GPS 재밍 극복 방안

GPS 재밍이나 전파차단이 발생할 경우 GPS 수신기는 GPS 신호를 획득하고 추적하는데 문제를 겪기 때문에 GPS 신호에 대한 방해여부를 비교적 손쉽게 인지할 수 있다. 따라서 데이터링크 처리기는 GPS 신호 방해여부를 GPS 수신기로부터 수신하여 GPS 재밍이나 전파차단이 발생한 것을 확인하고, 이를 극복하기 위해 다음과 같은 단계를 따른다.

① [송신 체계, A노드] GPS 수신기에서 전파 방해 여부를 확인한 경우 데이터링크 처리기는 자함정보 내의 위치품질(Gpq) 값을 0으로 설정하여 $Gpq = 0$ 인 자함정보를 주기적으로 송신한다(Fig. 5 참조).

② [레이더 탑재 송신 체계, C 노드] $Gpq = 0$ 인 자

함정보를 수신한 경우 자함정보와 동일한 TN의 표적 정보를 주기적으로 송신하고, 해당 체계의 위치는 표적정보를 이용한다. 데이터링크 망으로는 Fig. 6와 같이 $G_{pq} = 0$ 인 자함정보와 동일 TN의 표적정보가 모두 유통되며 해당 송신 체계의 위치정보는 표적정보를 이용하기 때문에 GPS 재밍을 겪는 체계의 표적정보의 전송주기를 일반적인 표적의 전송주기(약 12초) 보다 짧은 3~6초 정도로 짧게 하여 송신한다(Fig. 7 참조).

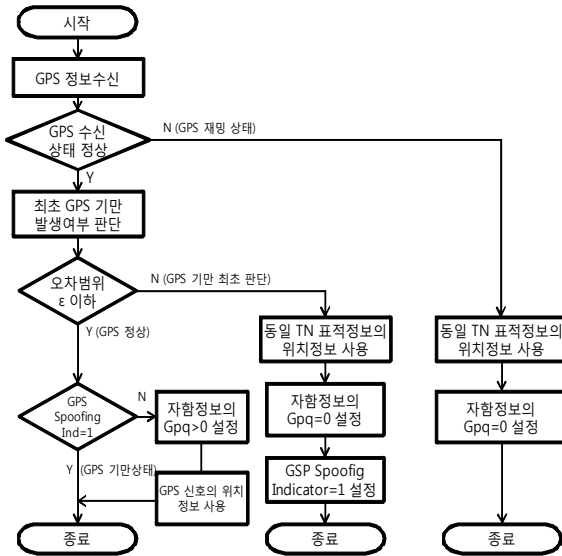


Fig. 5. Algorithm for managing own unit position information and PPLI in transmission system according to GPS jamming and spoofing

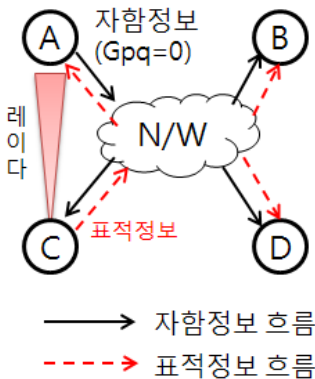


Fig. 6. PPLI and track information data flow with GPS jamming and spoofing

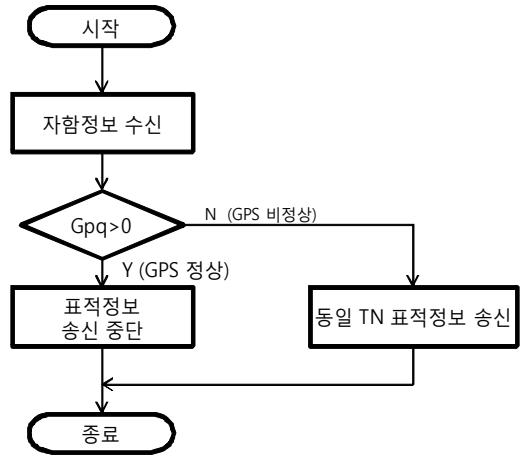


Fig. 7. Algorithm for generating track information according to G_{pq} value in transmission system which has radar function

③ [송신 체계, ㉔노드] 기존 MIL-STD-6016 표준에서 송신체계는 자신의 TN와 동일한 TN의 수신 표적 정보는 무시하였으나 본 논문에서 제안하는 방안은 GPS 재밍 환경에서 레이더 보유체계로부터 수신된 동일 TN의 표적정보를 이용하여 송신 체계 자신의 위치정보로 사용한다. GPS 재밍 지역을 벗어나 정상적인 GPS 동작이 시작 될 경우 GPS 신호를 체계 자신의 위치정보로 사용하고 가입자망에 $G_{pq} > 0$ 인 자함정보를 주기적으로 송신한다.

④ [수신 체계, ㉔노드] $G_{pq} = 0$ 인 자함정보와 동일 TN 표적정보가 수신되기 때문에 이중전시를 방지하기 위하여 $G_{pq} = 0$ 인 자함정보에서는 고유의 부가정보 만을 취하고, 위치정보는 수신된 동일 TN 표적정보를 이용하여 송신체계의 항적을 전시하고 관리한다.

4. GPS 기만 극복 방안

GPS 기만이 발생한 경우 GPS 수신기는 GPS 기만의 발생여부를 인지할 수 없기 때문에 별도의 GPS 기만 발생을 파악할 수 있는 방법이 필요하다. 본 논문에서는 기존 데이터링크 표준에서 제공되고 있는 동작을 최대한 그대로 유지하고, GPS 기만 시 발생하는 기만 패턴은 최초 기만 발생 시 위치를 점프하는 모델로 한정하여 살펴본다.

첫 번째 단계는 최초 GPS 기만이 발생한 경우이다. GPS가 정상적으로 운용되다가 GPS 기만이 발생할 경우 기존의 위치 정보에서 항로가 점프되어 이탈되는 현상이 발생하기 때문에 GPS의 과거위치와 현재 위치를 비교하여 최초 GPS 기만 여부를 판단한다. 송신 체계는 GPS 수신기로부터 위치정보, 속도(Speed) 및 항로(Course) 정보를 수신하고, 이 GPS 신호는 주기(T)마다 데이터링크 처리기로 전달되므로, GPS신호를 수신했을 때 이전 위치로부터 체계가 이동 가능한 최대 거리는 식 (1)과 같이 이전 속도 및 최대 가속도를 고려한 이동거리와 체계의 최대 속도일 때의 이동거리 중에서 작은 값에 의해 결정된다.

$$L_{\max} = Min \left[\left(V_{n-1}T + \frac{1}{2} a_{\max} T^2 \right), (V_{\max} T) \right] \quad (1)$$

$$\epsilon = L_{\max} \leq |P_n - P_{n-1}| \quad (2)$$

- P_n : n번째 주기의 GPS 수신기로부터 획득한 위치
- V_n : n번째 주기에서 GPS 수신기로부터 획득한 속도
- a_{\max} : 체계의 최대 가속도
- V_{\max} : 체계의 최대 속도
- T : 경과시간(GPS 신호 수신 주기로 일반적으로 1초)
- L_{\max} : 체계의 최대 이동 가능 거리
- ϵ : 최초 GPS 기만 발생여부를 판단하기 위한 임계값 (Threshold)

최초로 GPS 기만에 의한 위치 점핑이 발생할 경우 GPS 정상 상태 주기의 GPS 신호에서 획득한 위치와 GPS 기만 상태인 현재 GPS 신호에서 획득한 위치의 차이는 체계의 최대 이동 가능거리(L_{\max})를 벗어나게 됨으로 식 (2)로 최초의 GPS 기만 상태 파악이 가능하다. 그러나 GPS기만에 빠진 상태에서 점프 모델이 아닌 점진적인 일정한 궤적 운동을 하는 GPS 기만 신호를 수신할 경우 식 (1), (2)로는 더 이상 연속적인 GPS 기만 여부를 판단할 수 없기 때문에 식 (1), (2)는 최초 GPS 기만이 발생여부에 대한 판단만을 수행한다. 따라서 최초 GPS 기만이 발생했다고 판단되면 송신체계는 GPS 이상을 나타내도록 Gpq값을 0으로 설정하여 자함 정보를 송신하고, GPS 기만이 발생했다는 것을 관리하기 위해 내부 데이터베이스의 GPS Spoofing Indicator 필드를 기본값 0(정상상태)에서 1(기만상태)로 설정한

다(Fig. 5 참조).

두 번째 단계는 GPS 기만의 지속여부와 정상복구 여부를 판단하는 단계이다. 이 과정은 GPS 기만을 겪고 있는 송신체계에서 레이더 송신체계로부터 수신된 동일 TN 표적정보를 이용하여 판단한다. 송신체계는 자신과 동일한 TN의 표적정보를 수신할 때마다 GPS 수신기에서 획득한 위치와 표적정보에서 획득한 위치와의 오차를 비교한다.

이 값은 GPS 기만이 없을 경우 일정 거리 이내에 존재하나 GPS 기만이 발생할 경우 큰 거리 오차가 발생하게 된다. GPS 기만으로 인해 동일 TN 표적정보가 수신될 경우 GPS 기만의 지속 여부를 판단하기 위한 임계값을 λ 로 정의하면, GPS 기만 지속여부는 식 (3)을 이용하여 판단할 수 있다.

$$\lambda \leq |GPS \text{ 신호 현재 위치} - \text{표적정보 현재 위치}| \quad (3)$$

λ : GPS 기만 지속여부를 판단하기 위한 임계값

GPS 기만 여부를 판단하기 위한 임계값 λ 는 리모트에서 수신한 동일 TN 표적정보와 GPS 신호의 현재 위치가 동일인지 판단하는 기준을 잡기 위해 사용되는 것으로, 앞서 설명된 전술데이터링크 표준의 비교일치 개념과 동일함으로 비교일치 기준을 준용하여 적용할 수 있다. 이 λ 값은 트랙정보의 위치품질(TQ)와 GPS가 정상상태 일 때 마지막으로 수신된 자함정보의 위치 품질(Gpq)에 의하여 결정될 수 있으며, 데이터링크 표준(MIL-STD-6016) 비교일치 알고리즘에서 제시하는 거리기준(Correlation Window)를 준용하면 Table 1에서와 같이 TQ와 Gpq에 따라 값이 결정된다. 다만 MIL-STD-6016 표준에서도 해당 기준은 운용자에 의해 변경이 가능한 파라메타로 정의하고 있으므로 본 수식에서도 λ 값은 기준값을 기반으로 레이더의 성능과 실제 운용상의 마진을 고려하여 최적 값을 도출할 필요가 있다.

송신체계는 GPS 위치와 표적정보의 위치 오차가 임계값 λ 를 초과할 경우 GPS 기만이 지속되고 있는 것으로 판단하고 Gpq = 0인 자함정보를 주기적으로 송신하며 GPS Spoofing Indicator 값을 1로 관리한다. 만약 이 오차가 임계값 λ 이내인 경우에는 GPS 기만이 해소된 것으로 판단하고, Gpq > 0인 자함정보를 주기적으로 송신하며 GPS Spoofing Indicator값은 0으로 되돌려 놓는다(Fig. 8 참조).

Table 1. Reference for the default λ value according to TQ and Gpq^[2]

		Gpq		
		10	9	8
TQ	>10	0.66dm	0.69dm	0.75dm
	9	1.10dm	1.13dm	1.13dm
	8	1.68dm	1.69dm	1.70dm
	7	3.43dm	3.43dm	3.44dm

1dm(data mile) = 1.8288km

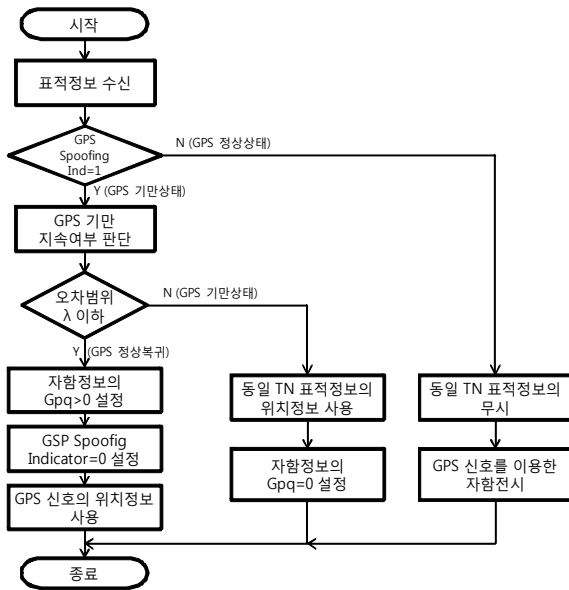


Fig. 8. Algorithm for distinguishing continuous GPS spoofing in transmission system

식 (3)을 적용함에 있어서 GPS 신호의 위치와 표적 정보의 위치 정보는 전송주기라는 특성이 있기 때문에 수신된 위치 정보는 과거의 특정 시간 기준인 경우가 대부분이다. 따라서 식 (3)의 GPS 신호의 현재 위치와 표적정보의 현재 위치를 산출하기 위해서는 현재 시간 기준의 위치정보로 시간 기준을 일치시켜야하는데, 일반적으로 이동물체의 현재 위치를 추정하기 위한 방법으로는 Fig. 9과 같이 직선운동을 하는 등속직선운동을 가정하여 Extrapolation 기법을 이용한다. 이를 수식화 하면 과거 획득한 표적의 위치, 속도정보로부터 현재 위치를 식 (4)와 같이 추정할 수 있다.

$$P' = Extrapolation(P) = P + VT_{diff} \quad (4)$$

P' : 현재 위치
 P : 과거 레이더 획득 표적 위치
 V : 속도
 T_{diff} : 경과시간(현재시각-표적획득시각)

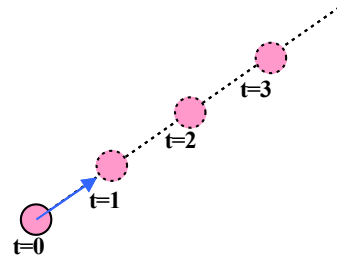


Fig. 9. Concept of Extrapolation

이와 같은 방법을 이용하여 데이터링크 망에 가입한 각 체계는 GPS 기만 발생 시 다음과 같은 단계로 동작한다.

① [송신 체계, A 노드] 데이터링크 처리기는 GPS 신호가 수신될 때마다 GPS 위치 오차를 계산하여 이 값이 임계값 ϵ 를 초과할 경우 GPS 기만 상태로 판단하고, GPS Spoofing Indicator = 1로 설정 후 Gpq = 0인 자함정보를 주기적으로 송신한다. Gpq = 0인 자함정보 송신 후에는 수신되는 동일 TN 표적정보를 자신의 위치정보로 사용하며, GPS 기만 지속여부 판단을 위해 GPS 위치와 표적정보의 위치 차이를 계산하여 임계값 λ 이내에 들어오는지 분석한다. 이 값이 임계값 λ 이내에 들어올 경우 GPS 기만이 해소된 것으로 판단하고, GPS Spoofing Indicator = 0로 설정 후 Gpq > 0인 자함정보를 주기적으로 송신하며 자함의 위치 정보는 GPS 신호를 이용한다(Fig. 5, Fig. 8 참조).

② [레이더 탑재 송신 체계, C 노드] Fig. 7에서 보듯이 자함정보를 수신하면 Gpq = 0 여부를 이용하여 GPS 정상과 비정상 상태를 구분한다. Gpq = 0인 송신체계의 자함정보를 수신한 경우 자함정보와 동일한 TN의 표적정보를 주기적으로 송신하고, 해당 체계의 위치는 표적정보를 이용한다. 이때 다른 노드들(A, B, D)은 C 노드가 송신한 송신체계(A)와 동일 TN 표적정보의 위치정보를 이용하므로, 레이더 탑재 송신체계(C)는 GPS 기만을 겪는 송신체계(A)의 동일 TN 표적정보 전송주기를 일반적인 표적의 전송주기(약 12초)

보다 짧은 3~6초 정도의 주기로 짧게 하여 송신한다. $G_{pq} > 0$ 인 자함정보가 수신될 경우 GPS 기만이 해소 되었으므로, 더 이상 동일 TN의 표적정보를 송신하지 않는다.

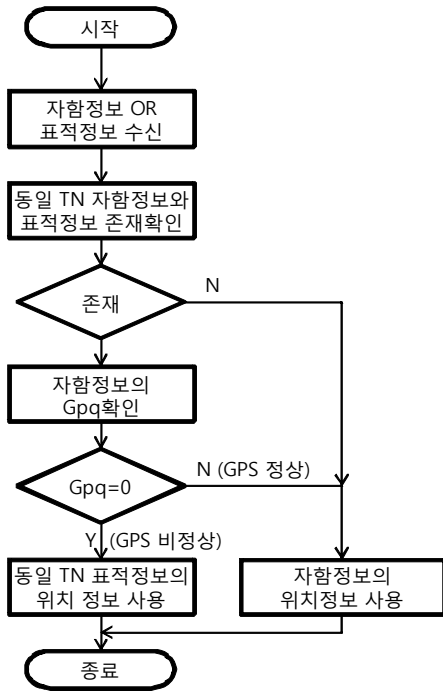


Fig. 10. Algorithm for using own unit position information according to G_{pq} Value in receiver system

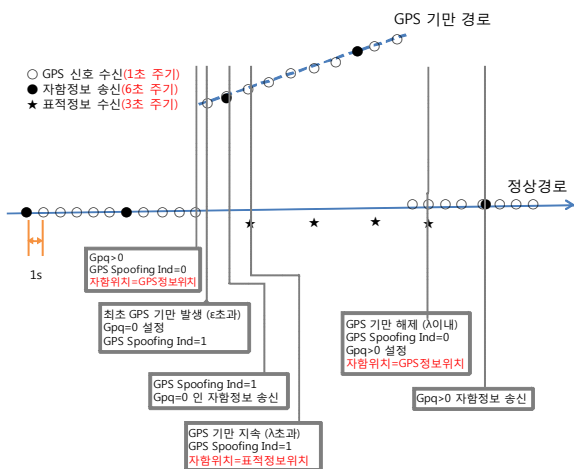


Fig. 11. Demonstration how to acquire own unit position information in GPS spoofing environment

③ [수신 체계, ㉞, ㉟노드] GPS 기만 시 GPS 제밍의 경우와 마찬가지로 ㉞, ㉟노드는 $G_{pq} = 0$ 인 자함정보와 동일한 TN의 표적정보를 수신한다. 따라서 이중전시를 방지하기 위하여 $G_{pq} = 0$ 인 자함정보에서 고유의 부가정보를 취하고, 동일 TN의 표적정보로부터 위치정보를 획득하여 전시하고 관리한다(Fig. 10 참조).

Fig. 11은 본 논문에서 다루고 있는 GPS 기만모델에 따라 GPS 기만 환경에서 송신체계에서 자신의 위치정보를 획득하는 방법에 대한 설명을 보여준다.

5. 체계적응 및 시험

본 알고리즘은 한국형 합동전술데이터링크 체계(JTDLS)개발에 적용하여 개발시험평가를 수행하였다. JTDLS에서 개발된 무선 모뎀은 기존 음성무전기를 사용하여 데이터링크 망을 구성하는 체계로 상대항법이나 별도의 항법장비가 적용되지 않은 체계이다. 따라서 GPS 제밍이나 기만이 발생할 경우 자신의 위치 정보에 대한 오차를 보정할 수 있는 보조 수단이 없었다. 따라서 본 논문에서 제안하는 방법을 적용함으로써 GPS 오류 및 기만으로 인한 제약 사항을 보완하여 체계의 안정성을 높이는데 기여하였다. Fig. 12은 실제 개발된 체계에서 GPS 오류가 발생할 경우 자신의 위치가 보정되는 상황을 캡처한 것으로 (a)는 항공기(TN00041)가 위도(N 37:18:45), 경도(E127:00:00)의 위치에서 정상적으로 작전 수행 중 일 때의 화면을 나타내며, (b)는 GPS 비정상 상태로 TN00041의 위치가 서쪽으로 이동되어 전시되는 화면을 나타낸다. 마지막으로 (c)는 GPS는 비정상 상태이지만 레이더 사이트로부터 TN00041의 현재 위치를 표적정보로 수신하여 해당 위치를 제시된 알고리즘으로 보정하고 결과적으로 자신의 위치를 원래의 정상적인 위치로 전시하고 있는 결과화면을 보여준다.

6. 결론

최근 국내의 GPS 전파교란으로 인해 GPS 신호를 이용하는 군용 무기체계, 민간항공기 및 선박 등이 적지 않은 피해를 보고 있다는 기사를 종종 접하게 된다. 대표적인 GPS 전파교란인 GPS 제밍과 기만은 그



(a) Own unit position with normal GPS status



(b) Own unit position with abnormal GPS status



(c) Own unit position with abnormal GPS status by applying the proposed algorithm

Fig. 12. Display of own unit information according to the GPS status

영향 범위가 넓고 영향도가 크기 때문에 교란을 시키기 위한 다양한 방법이 연구되고 있으나 정작 이를 보완하기 위한 대책이 부족한 실정이다. 본 논문은 GPS 재밍 및 GPS 기만이 발생할 경우 이를 판단하고 극복할 수 있는 방법을 제공하여 GPS 전파방해를 겪는 체계가 자신의 위치를 올바르게 인식할 수 있도록 해 줄 뿐만 아니라 망 가입자 모두에게 해당 체계의 위치를 올바르게 인식할 수 있도록 해준다.

일례로 최근 민간 항공기 분야에서도 Fig. 13과 같이 지상관제소에서 통제 능력 향상 및 민간 항공기 간 충돌을 방지하기 위하여, 각 항공기와 GPS 위치를 송/수신하여 서로간의 위치를 확인하는 ADS-B(Automatic Dependent Surveillance-Broadcast) 및 민간항공기 데이터링크체계가 개발되고 있다. 이러한 ADS-B 및 민간항공기 데이터링크 체계 또한 항공기의 위치 정보를 주로 GPS 및 항법 장치를 통해서 생성하고 있으므로 GPS 재밍이나 기만이 발생할 경우 항공기 간 충돌이나 지상관제소의 통제에 문제가 발생할 수 있기 때문에 별도의 대책이 절실히 필요하다.

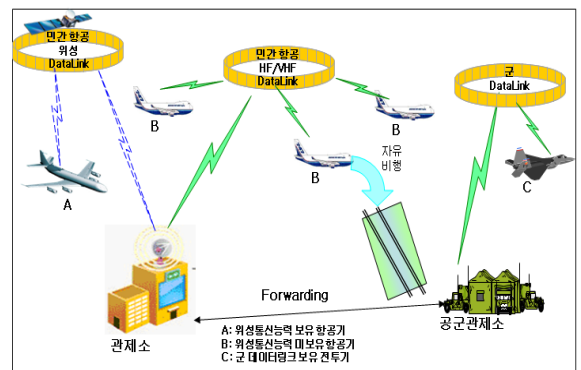


Fig. 13. Concept of data link operation for the commercial aircraft system

본 논문에서 제안하는 방안은 별도의 하드웨어 추가 장착이나 교체 없이 데이터링크를 사용하는 체계의 처리기 소프트웨어 수정만으로 적용이 가능하므로 저비용으로 신속하게 장치 구성이 가능하다. 또한 군사용 무기체계 뿐만 아니라 데이터링크를 사용하는 민간 항공기와 선박에도 적용하여 GPS 재밍이나 기만으로 인한 위험으로부터 안전하게 체계가 운용될 수 있도록 도와주기 때문에 그 효용성이 높다.

7. 향후과제

본 논문은 GPS 기만이 최초 발생 시 위치가 점프하는 운동 모델로 한정하여 연구결과를 제시하였다. 향후 GPS 기만이 발생하는 패턴을 추가적으로 분석하고 GPS 기만 시 점진적 위치가 변화하는 운동 패턴에 대해서도 GPS 기만을 극복할 수 있는 방안을 연구하여 알고리즘을 보완할 예정이다. 또한 GPS 오류 시 상대 항법과 추가적인 항법 장비를 탑재한 체계에서 모든 정보를 종합하여 자신의 위치정보를 획득하기 위한 최적화 방안 도출에 대한 연구가 추가적으로 필요할 것으로 예상된다.

References

- [1] S. K. Jeong, "Technical Trends of Smart Jamming for GPS Signal," 2012 Electronics and Telecommunications Trends, Vol. 27, No. 6, 2012.
- [2] DoD Interface Standard Tactical Data Link(TDL) 16 Message Standard, Mil-Std-6016C, Mar., 2004.
- [3] Mi-Young, "Analysis of GPS Spoofing Characteristics and Effects on GPS Receiver", KIMST Annual Conference Proceedings, Vol. 13, No. 2, pp. 296-303, 2010. 4.
- [4] Aristides Mpitzopoulos, "A Survey on Jamming Attacks and Countermeasures in WSNs," IEEE Communications Surveys & Tutorials, Vol. 11, No. 4, Fourth Quarter 2009.
- [5] Murat Cakiroglu, "Jamming Detection Mechanisms for Wireless Sensor Networks," InfoScale '08 Proceedings of the 3rd International Conference on Scalable Information Systems, 2008.
- [6] Wenyuan Xu, "The Feasibility of Launching and Detecting Jamming Attacks in Wireless Networks," MobiHoc '05 Proceedings of the 6th ACM International Symposium on Mobile Ad Hoc Networking and Computing, pp. 46-57, 2005.
- [7] Eric CHATRE, "GPS Interference Detection and Identification Using Multicorrelator Receivers," ION GPS 2001.