

## Adaptive Threshold Detector를 이용한 펄스 위치 계산

# Pulse Position Determination using Adaptive Threshold Detector

장재원<sup>1</sup> · 이상정<sup>2</sup>

<sup>1</sup>한국항공우주연구원 항공전자연구팀

<sup>2</sup>충남대학교 전자공학과

Jae-won Chagn<sup>1</sup> · Sang Jeong Lee<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Avionics Research Team, Korea Aerospace Research Institute, Daejeon, 16984, Korea

<sup>2</sup>Department of Electronics Engineering, hungnam Natioanl University, Daejeon, 34134, Korea

### [요 약]

독립 협동형 감시시스템인 이차감시레이더(SSR)의 위치 정보의 해상도를 높이기 위해 다변측정감시시스템(MLAT)이 항공 감시 시스템에 적용되고 있다. 다변측정감시시스템은 쌍곡선(hyperbola) 또는 쌍곡면(hyperboloid) 위치 측정법을 이용하는 시스템으로 4 개 이상의 지상 수신기에서 TOA (time of arrival)값을 측정하고 이를 중앙처리장치에서 각 수신기 상호간의 수신시각차 (TDOA; time difference of arrival)를 이용하여 항공기의 위치를 계산한다. TDOA (time difference of arrival) 알고리즘을 이용하는 다변측정감시시스템의 위치 측정 해상도를 높이기 위해서는 먼저 항공기에 탑재된 트랜스폰더에서 송출된 신호가 수신기에 수신되는 시간인 TOA(time of arrival)를 정밀하게 측정하여야 한다. 본 논문에서는 다변측정감시시스템의 구성에 대해 간략히 설명하였으며 TOA를 측정하기 위한 방법 중 하나인 ATD (adaptive threshold detector)에 대하여 간략히 설명하였다. ATD는 동일 신호에 대한 수신기간 수신한 신호의 진폭 차에 의해 발생하는 펄스 위치 편차 문제를 해결하는 방식이다. 본 논문에서는 ATD의 종류 중 LAS (level adjuster System)과 CDS (constant-fraction discriminator system)에 대한 시뮬레이션 결과와 기본적인 임계값을 적용한 펄스 위치 계산 시뮬레이션 결과를 비교하여 ATD의 성능을 분석하였다.

### [Abstract]

MLAT which is an independent cooperative surveillance system is applied to increase the positon resoultin of secondary surveillance radar. MLAT uses the hyperboic or hyperboloid position mesurement algorithm. Central processing unit of MLAT calculates target position using time difference of arrival (TDOA) which can be solved from time of arrival (TOA) information of each receivers (at least 4 receivers). To increase position resolution of MLAT which use TDOA, TOA which is transfer time from tranmitter to receiver shold be calculated with precision time resolution in receiver. This paper explained the MLAT system briefly and explained ATD which is one of means of calcuating pulse position. ATD is applied to solve the deviation of pulse position due to different amplitude of signals in mulitiple receivers. In this paper, to analysis the performance of ATD, the simulation result of LAS and CDS was compared with the simulation result of basic threshold method.

**Key word** : Multilateration, Time difference of arrival, Time of arrival, Adaptive threshold detector, Level adjuster system, Constant-fraction discriminator system.

<https://doi.org/10.12673/jant.2017.21.2.163>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 28 February 2017; Revised 30 March 2017

Accepted (Publication) 24 April 2017 (30 April 2017)

\*Corresponding Author; Jae-won Chang

Tel: +82-42-860-2946

E-mail: zdream@kari.re.kr

# I. 서론

증가하는 항공교통량에 대비하기 위해 1983년 미래항공항법시스템(FANS)에서 항행안전시스템 연구가 시작된 이래로 CNS/ATM (communication, navigation, surveillance/air traffic management)에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다[1]-[3]. 이 중 항공 감시는 안전하고 효율적으로 항공기를 운용하기 위해 항공기, 지상 이동체, 기상, 공역상태 정보, 지형 및 방해물 정보를 탐지, 추적, 식별 및 관측하는 것을 의미한다. 항공감시는 크게 기상 감시 시스템과 지상 감시 시스템으로 나눌 수 있다[4]. 기상 감시는 주로 조종사들의 교통상황인식을 향상시키는 목적으로 활용되고 있으며 지상 감시 시스템은 관제사들의 교통상황인식을 향상시키는 목적으로 활용된다. 지상 감시 시스템은 그림 1과 같이 항공기와 지상국간 상호 협동여부에 따라 협동(cooperative)과 비협동(non-cooperative)으로 구분할 수 있다. 또한, 표적의 위치 정보를 획득하기 위해 GPS (global positioning system)를 포함하는 탑재 센서의 의존여부에 따라 독립과 종속으로 구분할 수 있다.

그림 1의 독립 협동형 감시시스템인 이차감시레이더(SSR)의 위치 정보의 해상도를 높이기 위해 다변측정감시시스템(MLAT)이 항공 감시시스템에 적용되고 있다. 다변측정감시시스템은 쌍곡선(hyperbola) 또는 쌍곡면(hyperboloid) 위치 측정법을 이용하는 시스템으로 항공기에 탑재된 트랜스폰더에서 송출되는 신호를 정밀하게 측위 된 위치에 설치된 4개 이상의 지상 수신기에서 수신하여 TOA (time of arrival)값을 측정하고 이를 중앙처리장치에서 각 수신기 상호간의 수신시각차(TDOA; time difference of arrival)를 이용하여 항공기의 위치를 계산한다. TDOA를 이용하는 다변측정감시시스템의 위치 측정 해상도를 높이기 위해서는 먼저 항공기에 탑재된 트랜스폰더에서 송출된 신호가 수신기에 수신되는 시간인 TOA (time of arrival)를 정밀하게 측정하여야 한다.

본 논문에서는 다변측정감시시스템의 구성에 대해서 간략히 설명하였으며 TOA를 측정하기 위한 방법 중 하나인 ATD(adaptive threshold detector)에 대하여 설명하였다. 또한, 시뮬레이션을 통해 ATD를 적용하여 TOA를 측정한 결과로부터 ATD의 성능을 분석하였다.

	Independent	Dependent
Non-Cooperative	PSR(Primary Surveillance Radar) SMR(Surface Movement Radar)	
Cooperative	SSR(Secondary Surveillance Radar) MLAT (Multilateration)	ADS-B (Automatic Dependent Surveillance-Broadcast)

그림 1. 지상 감시시스템의 분류  
Fig. 1. Category of ground surveillance system.

# II. 다변측정감시시스템 및 펄스위치 측정

## 2-1 다변측정감시시스템

항공기 및 지상 이동체의 위치를 탐지하기 위한 다변측정감시시스템의 구성은 그림 2와 같다.

다변측정감시시스템은 항공기 및 지상이동차량에서 송출되는 트랜스폰더 신호(Mode A/C/S, 1090ES)를 지상에 정밀하게 측위 된 위치에 배치된 다수의 수신기로 획득하여 항공기 및 지상이동차량을 감시하는 시스템이다. 그림 2에서 알 수 있듯이 다변측정감시시스템은 크게 다수의 수신기 (RU; receiving unit), 중앙처리장치 (CPS; central processing system), 기준감시 트랜스폰더 (RMT; reference and monitoring transponder), 통제 감시장치 (CMS; control and monitoring system), 외부연동장치 (EIU, external interface unit), 그리고 송신기 (ITX; interrogating Transmitter)로 구성된다[5]. 이 중 수신기는 항공기에 탑재된 트랜스폰더 신호를 수신하고 지역시간(local time)을 기준으로 신호의 도착시각(TOA)을 측정하고 이 정보를 중앙처리장치로 전송한다. 중앙처리장치는 다수의 수신기로부터 전송된 TOA 값을 TDOA 알고리즘에 적용하여 표적의 위치를 계산하고 식별 추적한다. 기준감시트랜스폰더는 신호를 송출하여 각 수신기들의 시각 동기화를 위해 활용된다. 중앙처리장치에서는 기준 감시트랜스폰더의 위치와 수신기들의 실제 위치를 알고 있으므로 수신기들에서 측정된 기준감시트랜스폰더의 time-tagging에 대한 정보와의 차이를 계산하여 시각차 오차를 보정하여 시각 동기를 맞춘다. 외부연동장치는 외부 사용자에게 자료를 전송하는 역할을 한다. 송신기는 항공기에 탑재된 트랜스폰더의 응답을 유도하기 위한 질문을 송출한다. 공항의 항공감시 시스템 구성에 따라 별도의 질문기가 있는 경우 다변측정감시시스템의 송신기는 사용하지 않을 수 있다. 이러한 다변측정감시시스템을 passive MLAT이라고 한다. 본 논문에서 적용하고 있는 다변측정감시시스템의 수신기의 TOA 측정에 대한 요구 조건은 동일한 타겟에서 송출되는 트랜스폰더의 펄스 파형의 위치를 8 ns 이내로 계산하는 것이다. 이 8 ns의 오차는 정밀 클럭오차 5 ns를 포함하고 있다. 따라서 신호 잡음에 의해 발생하는 펄스 파형에 대한 시각 오차는 대략 6 ns 이하이다.

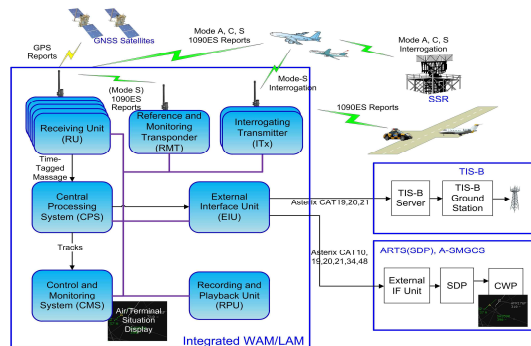


그림 2. 다변측정감시시스템 구성도  
Fig. 2. Multilateration system configuration.

### 2-2 펄스위치 측정 방법

수신기에서 수신된 수신 펄스 시퀀스의 상대적 펄스 위치를 결정하는 방법은 그림 3과 같은 논리적 흐름을 따른다[6].

그림 3에서 알 수 있듯이 펄스 위치가 주기적이거나 단순한 재귀관계를 나타내는 경우에는 레이더 시스템에서 사용하는 시간 식별 방법이 효과적으로 사용될 수 있다. 펄스의 파형, 즉 모양과 지속 시간을 알고 있을 경우에는 중심(centroid)의 추정 에 기초한 정합 필터를 이용하여 펄스 위치를 결정할 수 있다. 만일, 펄스의 파형이 가변적일 경우 직관적 접근방식인 임계값(threshold)값으로 펄스 위치를 결정하는 방법을 사용할 수 있다. 시간 식별과 정합 필터의 경우 통계적 추정이론에 의해 펄스의 위치를 결정하는 것에 반해 임계값을 이용하는 방법의 경우는 직관적 방식이다. 임계값을 이용하는 방법은 펄스의 에지 중 하나 또는 둘 모두를 비교 레벨과 교차하는 시간을 측정하여 펄스 위치를 결정한다.

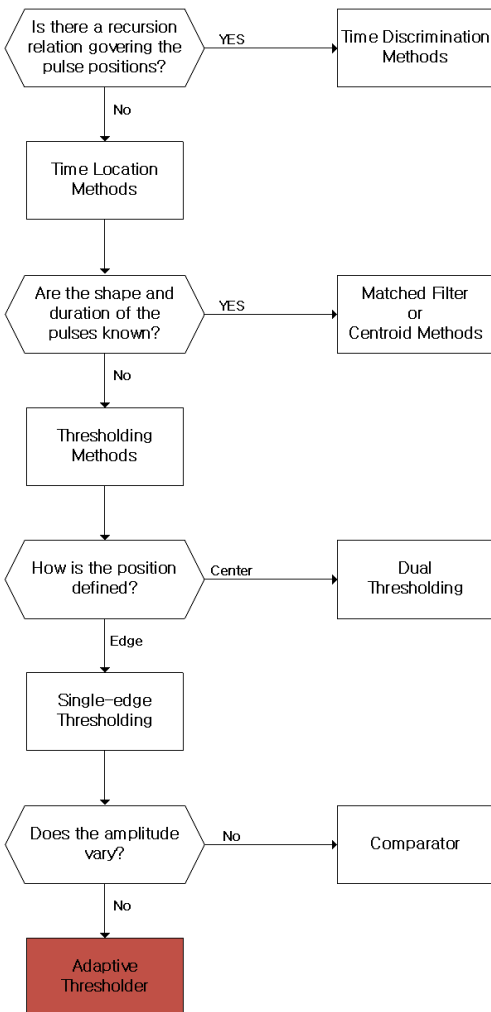


그림 3. 펄스 위치 결정을 위한 논리 흐름도  
 Fig. 3. Flow chart of pulse position determination.

만일 펄스의 진폭이 가변적인 경우 즉 트랜스폰더와 서로 다른 이격 거리를 가지고 있는 수신기들에서는 펄스의 진폭이 다를 수 있다. 이러한 진폭이 가변적인 펄스의 위치를 결정하기 위해서는 adaptive thresholder를 이용한 ATD를 이용할 수 있다.

### 2-3 ATD

일반적인 임계값을 이용한 펄스 위치 계산 방법은 펄스의 상승 시간과 하강 시간이 동일하다라도 진폭에 변화가 있을 경우 이에 따른 오차( $\Delta t$ )가 발생하게 된다. 그림 4에서  $A_1$ 은 표적에서 송출한 신호를 수신한 수신기  $R_1$ 의 수신 신호 진폭이고  $A_2$ 는 표적과의 거리가  $R_1$ 보다 상대적으로 근접한 수신기  $R_2$ 에서 수신한 신호 진폭이다. 동일 표적에서 전송되는 파형이기 때문에 펄스의 상승 시간과 하강 시간에 대한 시간이 동일하지만, 표적과 수신기의 거리 차에 의해 수신 신호의 진폭이 다르다.

그림 4로부터 일반적인 임계값을 이용한 펄스 위치 계산 방법은 두 수신기에서 수신한 펄스의 진폭 차의 크기에 따라 두 수신기에서 각각 측정된 펄스 위치 편차의 크기가 비례함을 알 수 있다. 그림 5는 매트랩 시뮬링크를 이용하여 임계값을 이용한 펄스 위치 계산에 대한 시뮬레이션 결과이다. 시뮬레이션 결과로부터 진폭을 제외하고 나머지 특성이 같은 세 신호에 대한 임계값을 이용한 trigger 발생 시점의 차이가 발생함을 알 수 있다.

그림 5에서는 임계값을 임의로 0.6으로 설정하여 펄스 위치를 계산하였을 때 세 신호에 대한 트리거 신호의 편차가 47 ns 발생함을 확인 할 수 있다.

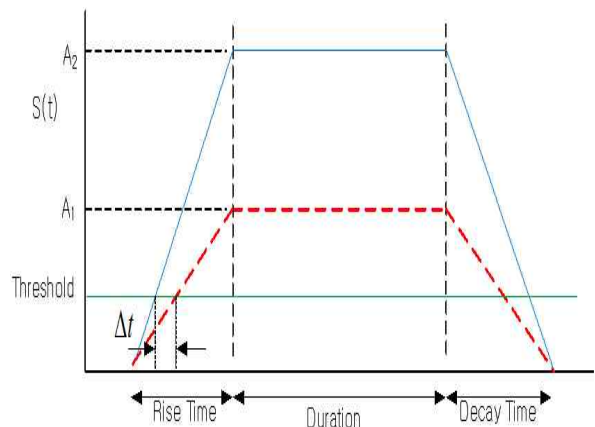


그림 4. 임계값을 이용한 펄스 위치 계산 오차  
 Fig. 4. The deviation of threshold method to determine pulse position.

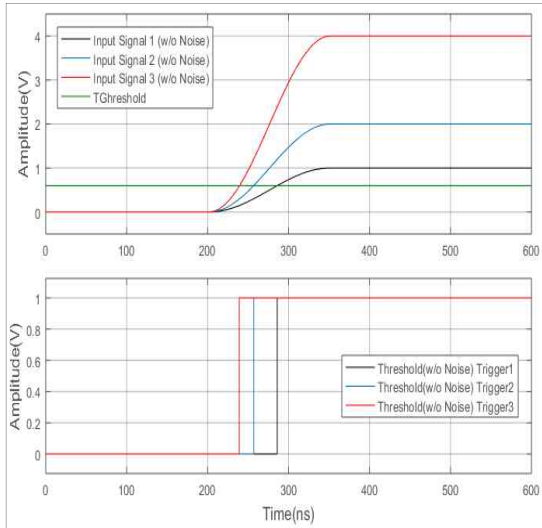


그림 5. 임계값을 이용한 펄스 위치 계산 시뮬레이션 결과  
 Fig. 5. The simulation result of threshold method to determine pulse position.

이러한 진폭에 의한 펄스 위치의 편차를 해결하기 위해 ATD를 사용할 수 있다. ATD는 펄스의 시간축에 대한 특성은 동일하고 수신기에서 수신된 신호의 진폭 크기만 차이가 있을 경우 진폭 변화와 무관하게 펄스 위치 또는 신호 도달 시각을 결정하는 방안이다. 즉 하나의 표적에 대해 각 수신기간 배치 위치에 따른 이격 거리로 발생하는 진폭의 변화에 대처하기 위한 방안이다. 이러한 ADT에 대해서 [6]에서는 아래와 같은 세 가지 방안을 제시하고 있다.

- Level adjuster system (LAS)
- Constant-fraction discriminator system (CDS)
- Double differentiator (DD)

본 논문에서는 이 중 LAS와 CDS에 대한 시뮬레이션을 통해 펄스 위치 측정의 성능을 분석하였다.

1) Level adjuster system

그림 6은 LAS (level adjuster system)의 구조와 각 부분에 대한 신호 특성을 설명한 것이다. LAS는 지연기(delay)와 증폭기(amplifier), 비교기(comparator), 그리고 필요시 평탄화 필터(smoothing filter)로 구성된다. 이와 같은 구성에서 알 수 있듯이 LAS는 일반 전자 소자들을 이용하여 쉽고 저렴하게 구현할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 아날로그 소자들을 이용한 구현도 가능한 구조이다.

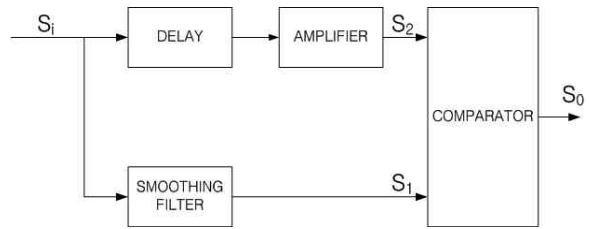


그림 6. LAS 구조  
 Fig. 6. Level adjuster system structure.

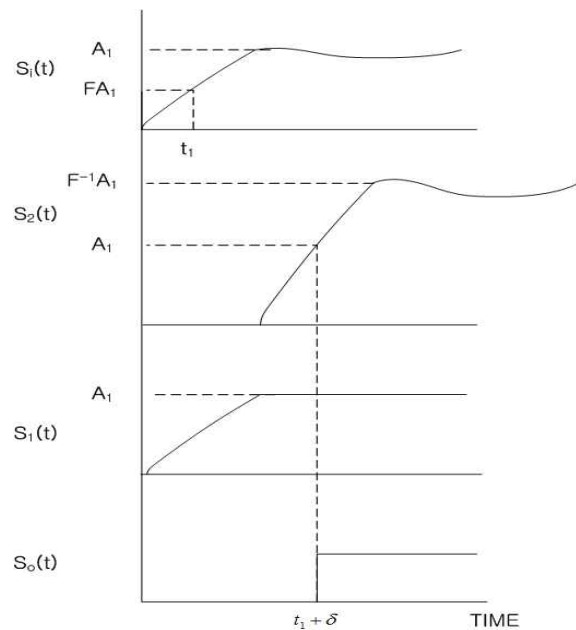


그림 7. LAS 신호 출력  
 Fig. 7. Signal output of level adjuster system.

그림 7은 그림 6의 LAS시스템에 대한 각 구성품에서의 출력 파형에 대한 설명이다. 진폭이  $A_1$  인 입력 신호를 두 개로 분기하여 하나는 지연기로 또 다른 하나는 평탄화 필터로 전달한다. LSA의 지연기는 입력신호를 상승 시간보다 큰 시간만큼 지연시킨 후 증폭기를 통해  $S_2$ 와 같이 변경한다. 이때 주의할 점은 F의 값을 결정하는 것이다. 일반적으로 레이더 또는 통신 시스템에서는 0.5를 사용한다. LAS의 비교기에서는  $S_2$  신호와 같이 펄스의 상승 에지가  $S_1$ 의 진폭의 고정된 부분에 도달 할 때 트리거하여 펄스 위치를 결정한다. 그림 8은 매트랩 시뮬링크를 이용하여 LAS를 시뮬레이션 한 결과이다. 시뮬레이션에서는 평탄화 필터를 제외하였다.

그림 8의 결과를 그림 5과 비교하면 임계값을 이용하여 펄스 위치를 계산할 경우 펄스 파형의 진폭 차이에 의한 편차가 발생하지만, LSA를 적용한 경우 펄스 진폭과 무관하게 동일한 펄스 위치를 계산함을 알 수 있다. LSA의 펄스 위치는 그림 6의 지연 값에 따라 변화한다. LSA에 적용하는 지연 값은 펄스의 상승 시간은 커야 한다는 제약조건이 있다.

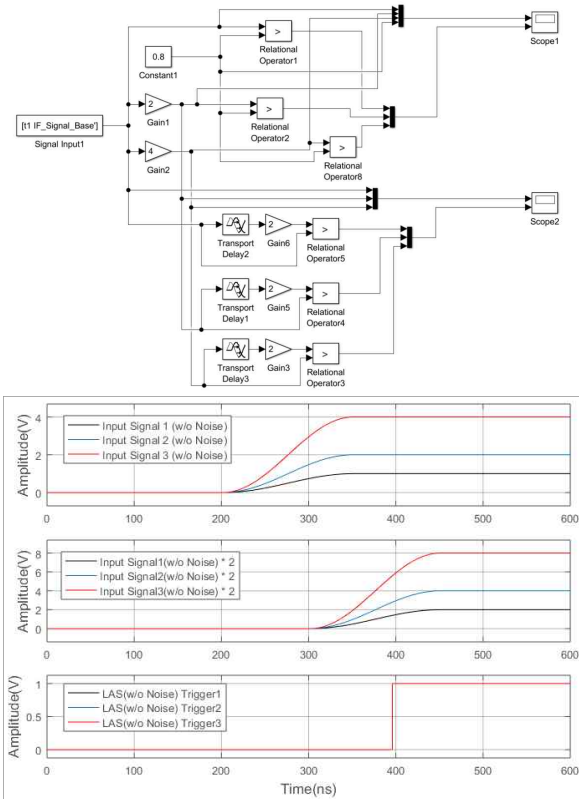


그림 8. LSA 펄스 위치 계산 시뮬레이션 결과  
 Fig. 8. The simulation result of LSA to determine pulse position.

2) Constant-fraction discriminator system (CDS)

그림 9는 CDS (constant-fraction discriminator system)의 구조와 각 부분에 대한 신호 특성을 설명한 것이다. LSA와의 차이점은 LSA의 증폭기는 양수의 값으로 신호를 증폭하나 CDS의 증폭기는 음수의 값으로 신호를 증폭한 점이다. 이렇게 음수의 값으로 증폭하고 원 신호와의 단순 덧셈을 한 후 zero-crossing detector를 사용하여 펄스 위치를 계산한다. 즉, LSA가 원 신호와의 수평 교차점을 찾는 방법이면 CDS는 제로 교차점을 찾는 방법이다. 이와 같은 제로 교차점을 찾는 방법의 주된 장점은 zero-crossing detector가 단순히 접지 기준 레벨을 갖는 비교기로 LSA의 일반 비교기보다 더 큰 동적 범위를 갖는다는 점이다.

그림 10은 그림 9의 CDS시스템에 대한 각 구성품에서의 출력 파형에 대한 설명이다. 진폭이  $A_1$  인 입력 신호를 두 개로 분기하여 하나는 지연기로 또 다른 하나는 평탄화 필터로 전달한다. CDS의 지연기는 입력신호를 상승 시간보다 큰 시간만큼 지연시킨 후 증폭기를 통해  $S_2$  와 같이 변경한다. 이 때 주의할 점은 F의 값을 결정하는 것이다. 일반적으로 레이더 또는 통신 시스템에서는 0.5를 사용한다. CDS는 zero-crossing detector를 활용하여  $S_3$  신호가 제로 교차점을 지나는 시점에서 트리거

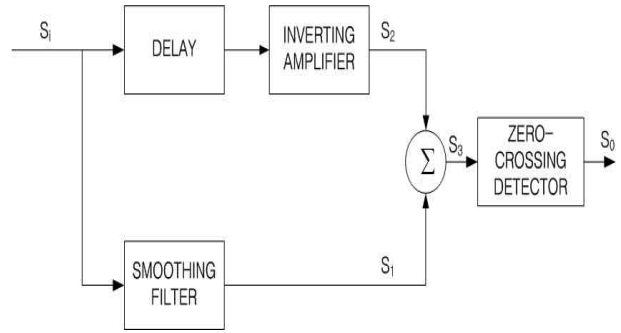


그림 9. CDS 구조  
 Fig. 9. Constant-fraction discriminator system structure.

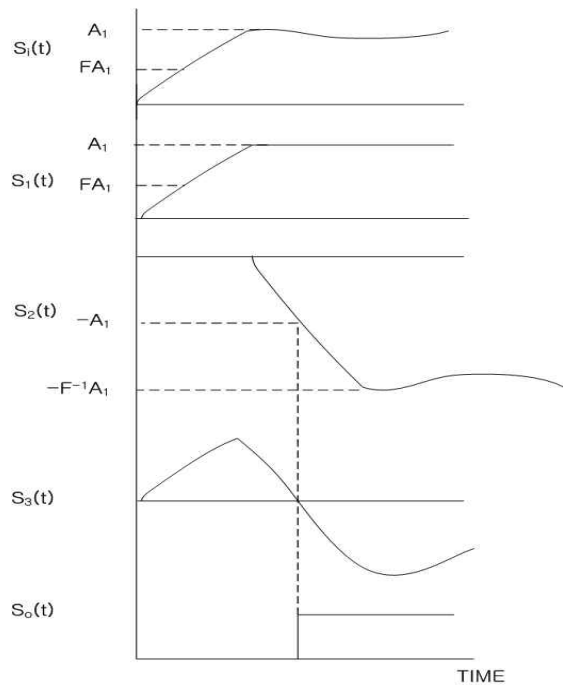


그림 10. CDS 신호 출력  
 Fig. 10. Signal output of CDS.

하여 펄스 위치를 결정한다.

그림 11은 매트랩 시뮬링크를 이용하여 CDS를 시뮬레이션 한 결과이다. 시뮬레이션에서는 평탄화 필터를 제외하였다.

그림 11의 결과로부터 진폭이 다른 유사 파형에 대해 CDS를 이용한 경우 제로 교차점이 동일한 지점에서 발생함을 알 수 있다.

III. 트랜스폰더 신호를 이용한 ATD 성능 분석

그림 12는 한서대 태안비행장에서 실제 항공기 트랜스폰더에서 송출되는 신호를 오실로스코프를 이용하여 측정한 결과



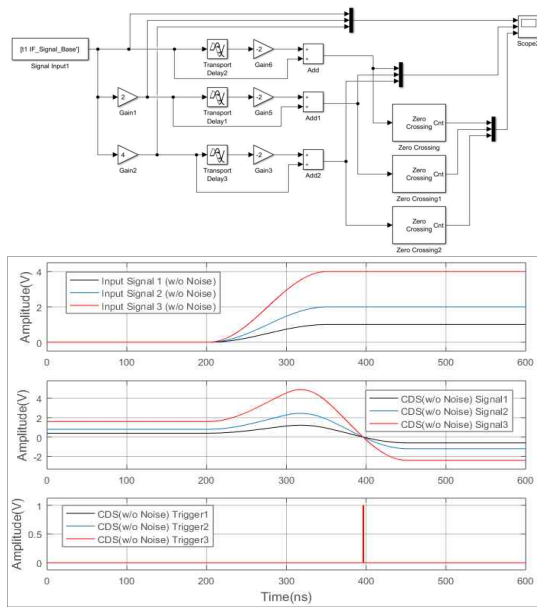


그림 11. CDS 펄스 위치 계산 시뮬레이션 결과  
 Fig. 11. The simulation result of CDS to determine pulse position.

이다. 그림 12와 같이 트랜스폰더의 신호 파형은 유사하지만 동일하지 않음을 알 수 있다. ICAO에서는 펄스 파형을 그림 14와 같이 정의하고 있다[7].

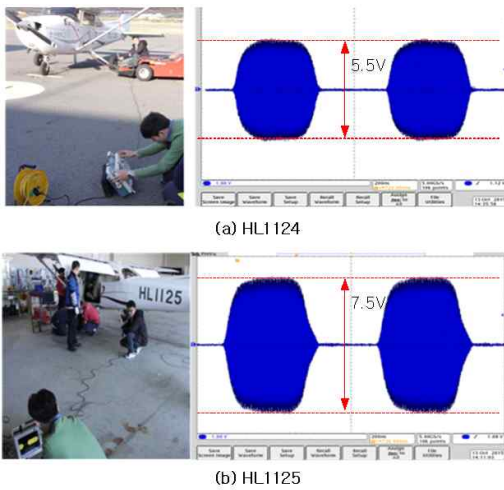


그림 12. 트랜스폰더 펄스 파형  
 Fig. 12. Pulse waveform of transponder.

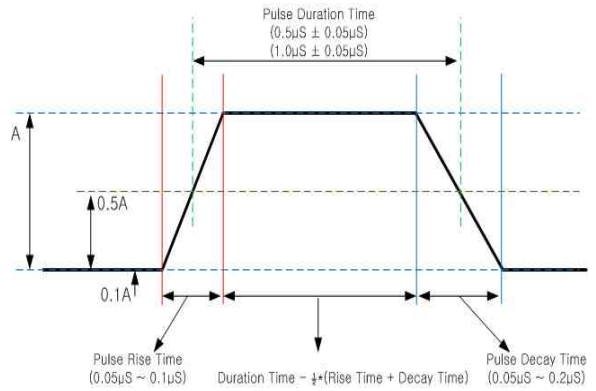


그림 13. 트랜스폰더 펄스 파형의 상세 구조(ICAO)[9]  
 Fig. 13. Detail configuration of transponder pulse waveform(ICAO)[7].

그림 12의 두 항공기의 트랜스폰더 신호는 ICAO에서 정하고 있는 규격은 만족하지만, 진폭과 펄스 상승 시간과 하강 시간에 다소 차이가 있음을 알 수 있다. 하지만, 타겟의 위치를 탐지하는 다변측정감시시스템에서는 같은 타겟에 대한 신호를 수신하기 때문에 표적과 수신기간의 거리에 따른 진폭의 차이는 발생할 수 있지만, 펄스 상승 시간과 하강 시간은 동일하다고 볼 수 있다.

실제 신호에 대한 ATD의 성능을 검증하기 위해서는 잡음이 포함된 입력 신호를 이용하여 입력 신호의 펄스 위치가 각각의 입력 신호의 진폭 변화와 무관함을 검증하여야 한다. 이를 위해 LAS와 CDS에 아래 그림 14와 같은 SNR (signal to noise ratio) 이 25dB인 가상의 신호를 입력하여 기존 임계값을 이용한 펄스 위치 계산과의 비교를 통해 LAS와 CDS의 성능을 검증하였다. 트랜스폰더 신호 펄스 시뮬레이션을 위해 세 개의 진폭이 다른 신호에 동일한 노이즈의 크기(SNR25)를 추가하였다.

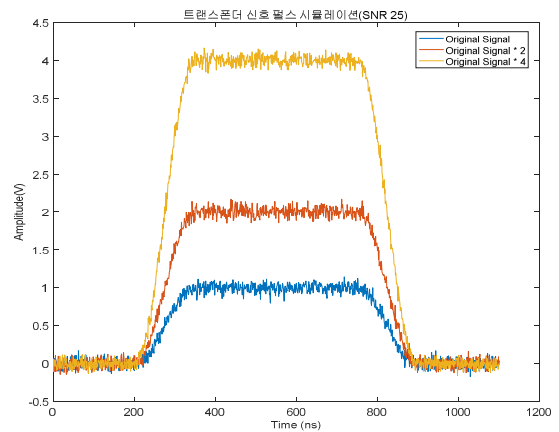


그림 14. 트랜스폰더 신호 펄스 시뮬레이션(SNR25)  
 Fig. 14. Simulation(SNR25) of transponder pulse waveform(ICAO).

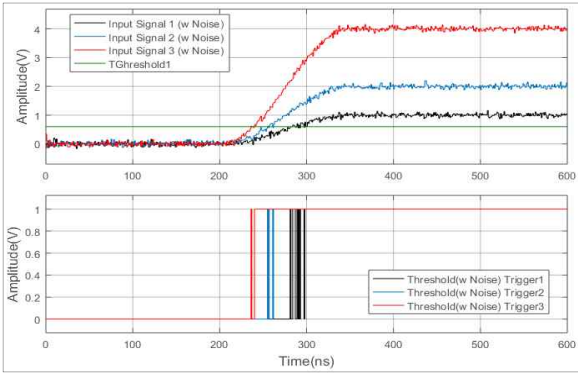


그림 15. SNR25 노이즈가 포함된 트랜스폰더 신호에 대한 임계값을 이용한 펄스 위치 계산 결과  
 Fig. 15. The result of threshold method to determine pulse position of transponder signal with SNR25.

3-1 임계값을 이용한 펄스위치 측정

그림 15는 그림 14의 입력 신호에 대한 임계값을 이용한 펄스 위치 측정 결과이다.

노이즈가 없다는 가정하에서 임계값을 이용한 펄스 위치 계산 결과 그림 5와 비교할 때 펄스 위치 계산 편차는 동일하게 존재하고 있으나 각 신호에 대한 트리거에 노이즈에 의한 오차가 추가로 발생하고 있음을 알 수 있다. 이 오차로 인해 펄스 위치 계산 편차가 최소 41 ns에서 최대 62 ns 까지 발생하였다. 즉, 신호에 포함된 SNR25 크기의 잡음에 의해 threshold 레벨 값을 초과하는 시점이 잡음의 크기에 따라 변화 됨을 확인할 수 있다.

3-2 LSA를 이용한 펄스위치 측정

그림 16은 그림 14의 입력 신호에 대한 LSA를 이용한 펄스 위치 측정 결과이다.

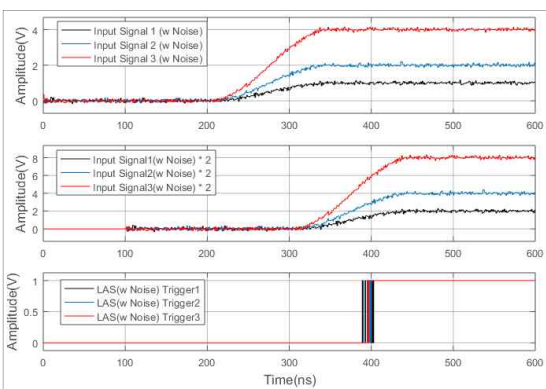


그림 16. SNR25 노이즈가 포함된 트랜스폰더 신호에 대한 LSA 이용한 펄스 위치 계산 결과  
 Fig. 16. The result of LAS to determine pulse position of transponder signal with SNR25.

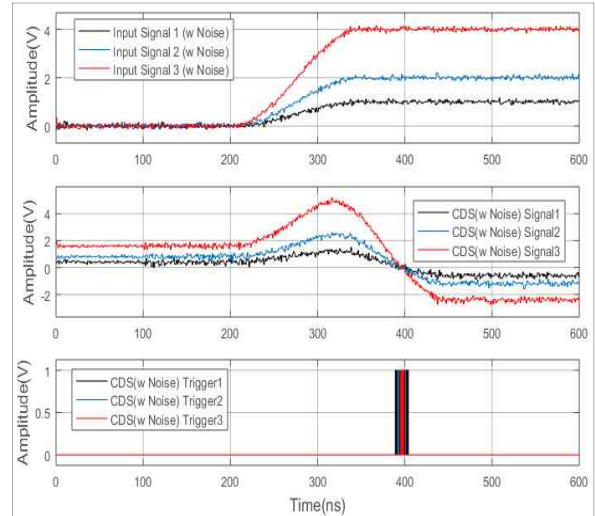


그림 17. SNR25 노이즈가 포함된 트랜스폰더 신호에 대한 CDS 이용한 펄스 위치 계산 결과  
 Fig. 17. The result of CDS to determine pulse position of transponder signal with SNR25.

노이즈가 없다는 가정하에서 LAS를 이용한 펄스 위치 계산 결과 그림 8과 비교할 때 펄스 위치 계산 편차는 없으나 노이즈에 의한 오차가 14 ns 발생하고 있음을 알 수 있다. 즉, 신호에 포함된 SNR25 크기의 잡음에 의해 펄스 위치에 오차가 발생함을 알 수 있다.

3-3 CDS를 이용한 펄스위치 측정

그림 17은 그림 14의 입력 신호에 대한 CDS를 이용한 펄스 위치 측정 결과이다.

노이즈가 없다는 가정하에서 CDS를 이용한 펄스 위치 계산 결과(그림 11)와 비교할 때 펄스 위치 계산 편차는 없으나 노이즈에 의한 오차가 14 ns 발생하고 있음을 알 수 있다. 즉, 신호에 포함된 SNR25 크기의 잡음에 의해 펄스 위치에 오차가 발생함을 알 수 있다.

IV. ATD를 이용한 펄스위치 측정 시뮬레이션 결과 분석

위에서 수행한 시뮬레이션 결과를 정리하면 아래 표와 같다. 잡음이 없다는 가정하에서는 임계값을 적용한 방식에서 진폭차에 의해 발생하는 펄스 위치 계산 오차는 LAS와 CDS를 이용하여 제거할 수 있음을 확인하였다. 잡음 크기 SNR25인 경우에 대한 시뮬레이션 결과로부터 LAS와 CDS를 이용한 경우 잡음에 의한 편차가 발생하지만, 임계값을 적용한 방식보다는 작은 값의 편차가 발생함을 확인하였다.

표 1. 시뮬레이션 결과 비교

Table 1. The comparison of simulation results.

	Threshold	LAS	CDS
Deviation (w/o Noise)	47ns	0	0
Deviation (w Noise)	41ns ~ 62 ns	14ns	14 ns

## V. 결 론

본 논문에서는 다변측정감시시스템의 타겟 위치를 측정하기 위해 필요한 TOA 계산 방식 중 하나인 ATD방식에 대하여 설명하고 시뮬레이션을 통해 성능을 검증하였다. 각 수신기별 수신되는 신호의 크기에 의해 발생하는 진폭 차로 인해 임계값을 이용하는 방식의 경우 펄스 위치 계산에 편차가 발생함을 확인하였으며 이를 해결하기 위한 ATD 방식 중 LAS와 CDS 방식의 성능을 시뮬레이션을 통해 검증하였다. LAS와 CDS의 경우 잡음이 없을 경우 진폭 차가 큰 신호들에 대해서도 정확하게 펄스 위치를 계산함을 확인하였으며 SNR25에서 대략 14 ns의 편차로 펄스 위치를 계산함을 확인하였다. 이를 통해 ATD방식의 경우 펄스 위치 계산 시 진폭차에 의해 발생하는 편차는 제거할 수 있으나 잡음 크기에 따라 편차가 발생할 수 있음을 확인할 수 있다. 또한, LAS보다 쉽게 구현할 수 있는 CDS가 펄스 위치 계산에 있어서는 유사한 성능을 가짐을 확인하였다.

다변측정감시시스템의 경우 TOA 오차에 대한 요구조건이 잡음이 있는 경우에도 6 ns 이내로 ATD 방식만을 직접 적용해서는 요구조건을 만족할 수 없다. 따라서, 추가적인 알고리즘을 추가하여 ATD방식을 보완하여야 하며, 펄스 위치를 보다 정밀하게 계산할 수 있는 알고리즘이 요구됨을 확인하였다.

## Acknowledgments



### 장 재 원 (Jae-won Chagn)

2003년 2월 : 충남대학교 전자공학 (공학석사)

2003년 3월 ~ 현재 : 한국항공우주연구원 선임연구원

관심분야 : 항공기 체계, 항공감시시스템, GPS



### 이 상 정 (Sang Jeong Lee)

1979년 2월 : 서울대학교 전자공학과 (공학사)

1981년 2월 : 서울대학교 전자공학과 (공학석사)

1987년 2월 : 서울대학교 전자공학과 (공학박사)

1988년 3월 ~ 현재 : 충남대학교 전자공학과 교수

관심분야 : 강인제어, GNSS

본 연구는 국토교통부의 항공안전기술개발사업 “다변측정 감시시스템 개발”과제의 지원을 받아 수행되었습니다. 이에 감사드립니다.

## References

- [1] Y. Lin, C. Lv, X. Xy, and B. Lin, “An improved method of demodulation for air-ground data link communication system,” *International Journal of Future Generation Communication and Networking*, Vol. 7, No. 2, pp. 1~8, Jul. 2014.
- [2] S. Gligorevic: A-SMGCS data link situation, DLR, Braunschweig: Germany, Technical Report D1.7.1a, 2006
- [3] M. Sajatovic, F. Gmbh, and M. Schnell, “Future aeronautical communications concepts and their impact on ATM procedures,” in *Air Traffic Control Association Conference Proceedings*, Gapevine: TX, pp. 51~59, Oct. 2005.
- [4] T. S. Kim, and J. W. Chang “Technology trends on the multilateration of aeronautical surveillance,” *Current Industrial and Technologic Trends in Aerospace*, Vol. 11, No. 2, pp. 52~64, Nov. 2013.
- [5] H. M. Kong, T. K. Sung, and Y. M. Kwon, “Comparison of TDOA location algorithms for indoor UWP positioning,” *Journal of the Institute of Electoincis and Information Engineers*, Vol. 42 TC, No. 1, pp.10-13. 2005.
- [6] D. J. Torrieri “Adaptive thresholding systems,” *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, Vol. AES-13, pp. 273-280, May 1997.
- [7] ICAO, “Surveillance and collision avoidance system,” *Aeronautical Telecommunications*, Vol. IV, July 2007.