

## 항공용 다변측정 감시시스템 적용을 위한 질문기 설계

# Design of Interrogator for Airspace Surveillance in Multilateration Systems

고영목\* · 김수홍  
(주)우리별

Young-Mok Koh\* · Su-Hong Kim

Wooribyul Co. Ltd., Gyeonggi-do 415-843, Korea

### [요 약]

항공용 다변측정 감시시스템은 비행 중 또는 활주로에서 항공기 위치를 제공하는데 사용된다. 항공용 다변측정 감시시스템에서, 질문기는 감시공역에서 항공기에게 적절한 시나리오로 질문을 수행하는데 사용되는 중요한 송신기이다. 질문기의 핵심기능 중 하나인 위스퍼-샤웃 시퀀스는 침입 항공기가 감시공역으로 진입하는 경우 트래픽 밀도를 제어할 수 있다. 따라서 항공용 다변측정 감시시스템에서 항공기 간 충돌 가능성을 감소시키고 진입 항공기에 대해 매우 정확한 위치를 구할 수 있게 한다. 본 논문에서는 기존의 2차 감시레이더와 동일한 Mode A/C 질문과 Mode S 질문을 송신하는 질문기를 설계하였다. 질문기에서 적절하게 제어되는 위스퍼-샤웃 질문 시퀀스로, 다변측정 감시시스템은 다수의 항공기로부터 다중 응답 수신에 의해 야기된 동기가블 및 FRUIT 현상을 방지할 수 있다.

### [Abstract]

Multilateration systems are used to provide the position of aircraft in flight or on airport runways. In the multilateration systems, the interrogator is an important transmitter that used to interrogate the airplanes with appropriately scenario in surveillance airspace. Whisper-Shout interrogation sequence, which is one of the key functions of the interrogator, can control airport traffic density when intruder airplanes are coming into the surveillance airspace. Therefore collision chance between airplanes could be reduced and also get highly accurate location of incoming airplane in multilateration systems. In this paper, we developed the interrogator that allows it to transmit Mode A/C and Mode S interrogations which is similar to existing secondary surveillance radar. With appropriately controlled Whisper-Shout sequence in the interrogator, the multilateration systems can avoid synchronous garbling and FRUIT phenomena caused by receiving multiple responses from a number of airplanes.

**Key word** : Interrogator, Multilateration, Whisper-shout, Secondary surveillance radar.

<http://dx.doi.org/10.12673/jant.2015.19.2.108>



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 9 April 2015; Revised 10 April 2015  
Accepted (Publication) 27 April 2015 (30 April 2015)

\*Corresponding Author; Young-Mok Koh

Tel: +82-10-4388-5611

E-mail: [juliusko@wooribyul.co.kr](mailto:juliusko@wooribyul.co.kr)

## 1. 서론

항공용 다변측정 감시시스템(multilateration system)은 지상에 설치된 질문기를 이용하여 항공기 등의 이동체에 Mode A/C 및 S 등의 질문신호를 송신하고, 이동체에 탑재된 트랜스폰더를 통해 송신된 응답신호를 지상에 설치된 다수의 수신기에서 수신하여, 이동체 위치를 파악하는 시스템이다.

항공용 다변측정 감시시스템은, 항공기가 송신하는 2차 감시레이더(SSR; secondary surveillance radar)의 Mode A/C 응답, Mode S 응답 및 확장 스퀘터(extended squitter) 신호를 동일한 구조로 설계되어 지상에 설치된 4 대 이상의 수신기(RU)에서 수신하고, 각 수신기(RU)의 안테나에 도달된 항공기 응답신호의 도착시간(TOA; time of arrival)을 타임태깅(time tagging)하여 중앙처리장치(CPS)에 전송함으로써, 각 수신기(RU)의 수신신호 도착시간(TOA)으로부터 항공기 위치를 정밀 측정하는 시스템이다[1],[2],[5],[6].

지상에 설치된 항공용 다변측정 감시시스템의 질문기(ITX)는, 2차 감시레이더가 질문하는 Mode A/C 질문과 Mode S 개별 질문을 동일한 질문으로 트랜스폰더를 탑재한 다수의 항공기를 향해 송신한다. 이러한 질문기(ITX)의 질문신호는 모든 항공기에 대하여 공통질문을 수행하는 Mode A/C 질문과, 개별 질문과 응답이 가능한 Mode S 질문으로 제한된다[2]-[4].

따라서 항공용 다변측정 감시시스템은 Mode A/C 응답을 하는 항공기 검출과 동시에, 수신신호 도착시간(TOA)과 질문신호 송신시간을 인식할 수 있기 때문에, 항공기를 향한 질문신호 송신시간과 항공기 탑재 트랜스폰더로 부터의 응답신호 수신까지의 시간을 검출함으로써, 항공기 측위 정밀도를 향상시킬 수 있어, 전 세계의 많은 공항들이 이 시스템의 도입을 검토하고 있다.

그러나 항공용 다변측정 감시시스템의 수신기(RU)에서 불특정 다수의 Mode A/C 응답이 수신되면, Mode A/C 응답은 중첩된 신호의 동기잡음(garble)과 비동기 FRUIT(false replies from unsynchronized interrogator transmission)으로 인해 응답신호를 적절히 디코딩 할 수 없게 되어, 항공기 위치파악을 어렵게 한다[1],[2],[9],[13],[14].

따라서 공항 주변의 감시공역(surveillance air space)을 일정 영역으로 나누어 해당 공역에 진입하는 항공기에 대해서만 항공용 다변측정 감시시스템의 질문기(ITX)가 항공기 응답을 유도하는 질문을 수행하도록 운용할 수 있다면, 항공기 탑재 트랜스폰더를 통해 송신된 응답신호를 지상에 설치된 다수의 수신기(RU)에서 수신하여, 항공기 위치를 파악할 수 있을 뿐만 아니라, 공항표면 탐지 레이더(ASDE; airport surface detection equipment)를 이용할 경우 악천후 시에 성능이 저하하거나 식별정보를 얻을 수 없는 등의 문제로 인한 단점을 개선하여 항공기간의 충돌 등을 회피할 수 있는 장점을 가져올 수 있다[2],[4],[5],[6].

본 논문에서는 항공용 다변측정 감시 시스템에서 효율적인

공역관리를 수행할 수 있는 질문 시퀀스 구현을 통해, 기존의 2차 감시레이더와 동일한 Mode A/C 질문과 개별질문이 가능한 Mode S 질문을 송신하는 질문기(ITX) 설계에 대해 연구하였다.

## II. 본론

### 2-1 항공용 다변측정 감시시스템

그림 1은 항공용 다변측정 감시시스템 운용 개념도로, 항공기가 송신하는 2차 감시레이더의 질문신호에 대한 Mode A/C 응답, Mode S 응답 및 확장 스퀘터(extended squitter) 신호를 동일한 구조의 지상에 설치된 4 대 이상의 수신기(RU; receiver unit)에서 수신하고, 각 수신기(RU)의 안테나에 도달된 항공기 응답신호의 도착시간(TOA)을 타임태깅(time tagging)하여 중앙처리장치(CPS)에 전송함으로써, 각 수신기(RU)에서의 수신신호 도착시간(TOA)으로부터 항공기 위치를 정밀하게 측정하는 시스템이다[1],[2],[5],[6].

그림 1에서, 우측 실선 상자는 기존의 2차 감시 레이더 및 항관제 시스템 구성도이며, 좌측 점선 상자는 질문기(ITX; interrogating transmitter), 수신기(RU), 기준감시트랜스폰더(RMT; reference and monitoring transponder), 중앙처리장치(CPS; central processing system), 통제감시장치(CMS; control and monitoring system), 외부연동 장치(EIU; external interface unit) 및 기록재생 장치(RPU; recording and playback unit)으로 구성된 항공용 다변측정 감시시스템 구성도이다.

그림 1의 항공용 다변측정 감시시스템 구성도에서, 질문기(ITX)는 기존의 2차 감시레이더(SSR)와 동일한 Mode A/C 질문신호와 개별적 질문이 가능한 Mode S 질문신호를 항공기를 향해 송신하며, 수신기(RU)는 지상의 질문기(ITX) 및 2차 감시레이더에서 질문한 Mode A/C 질문신호와 Mode S 질문신호에

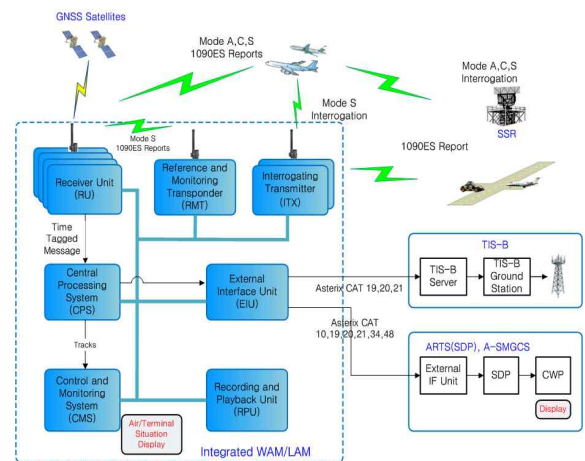


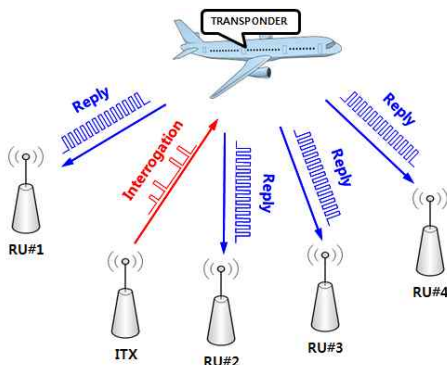
그림 1. 항공용 다변측정 감시시스템 운용개념도  
Fig. 1. Concept of operation configuration in the multilateration systems.

대한 항공기 탑재 트랜스폰더의 Mode A/C 및 Mode S 응답신호를 여러 위치에 배치된 다수의 수신기(RU)에서 수신하여 각 수신기(RU)의 안테나에 도달된 응답신호의 도착시간(TOA)을 타임태깅(time tagging)하여 중앙처리장치(CPS)에 전송하며, 중앙처리장치(CPS)는 다수의 수신기(RU)에서 타임 태깅된 신호를 이용하여 개별 항공기의 위치를 계산하여 트랙 데이터를 계산하며, 통제감시장치(CMS)는 중앙처리장치(CPS)에서 처리된 개별 항공기 트랙 데이터를 이용하여 항공기 항적과 측위 결과의 현시(display)와 GUI(graphic user interface)를 이용하여 질문기(ITX), 수신기(RU) 등의 각 서브시스템(sub system)을 통제 및 감시하며, 외부연동장치(EIU)는 중앙처리장치(CPS)에서 계산된 항적정보와 측위결과 등을 항공관제 시스템에 전송하며, 기록재생장치(RPU)는 수신기(RU)에서 처리된 원시 데이터를 수시 저장하여 재생이 가능하도록 구성함으로써 항공용 다변측정 감시시스템의 신뢰성 및 안전성을 향상시킬 수 있는 항공기 정밀측위 시스템이다.

**2-2 질문기(ITX) 시스템**

지상에 설치되는 항공용 다변측정 감시시스템에서 질문기(ITX)는, 트랜스폰더를 탑재한 다수의 항공기를 향해 2차 감시 레이더가 질문하는 Mode A/C 질문신호와 Mode S 개별 질문신호를 송신한다. Mode A는 항공기의 식별 정보를 획득하는 Mode이며, Mode C는 항공기의 기압고도 정보를 획득하는 Mode이며, Mode S는 항공기의 고유 주소 정보를 획득해서 개별적으로 각 항공기에 질문하기 위한 Mode이다. Mode A/C는 모든 항공기에 대하여 공통의 질문을 행하는 방식이며, Mode S는 모든 항공기 또는 특정 항공기에 대하여 개별적으로 질문 및 응답을 할 수 있는 방식이다[2]-[4].

항공용 다변측정 감시시스템의 경우, 항공관제 안전과 신뢰성을 갖고 항공기를 확실하게 검출하기 위해, 중요도가 가장 높은 항공기부터 질문기(ITX)가 질문을 시작하고 Mode S 개별 질문을 수행하는 질문 제어 방식을 제공하여야 한다.



**그림 2.** 항공용 다변측정 감시시스템 측위개념  
**Fig. 2.** Concept of positioning in multilateration systems.

즉, 감시 항공기에 대하여, Mode A/C 질문과 Mode A/C 응답을 처리하도록 하기 위해 신뢰성 있는 질문 시나리오를 구현해야 한다. 이를 위해 질문기(ITX)의 Mode A/C 질문은, 기존의 ACAS(airborne collision avoidance system; 항공기 충돌 방지 시스템)와 TCAS(traffic alert and collision avoidance system)에서 사용되고 있는 위스퍼-샤웃(whisper-shout) 송신방식으로 항공기에 대한 질문 및 응답이 순차적으로 처리되도록 구현되어야 한다.

**1) 감시공역 관리를 위한 위스퍼-샤웃 질문제어**

항공용 다변측정 감시시스템의 질문기(ITX)는 감시 공역(surveillance airspace)에 존재하는 Mode A/C 트랜스폰더를 탑재한 항공기를 확실하게 검출하기 위한 질문신호 송신기능을 제공하여야 한다. 효율적인 공역관리를 수행할 수 있는 질문 시퀀스를 통해, 수신기(RU)에서 다수의 중첩된 신호의 동기 가블과 비동기 FRUIT 현상을 최소화함으로써 데이터 처리량을 줄여야 하고, 항공기 간의 충돌 등을 회피할 수 있도록 질문을 스케줄 해야 한다[1],[2],[4],[12]-[14].

예를 들면, 질문기(ITX)에서 Mode C 질문이 송신되면, Mode C 신호를 감지한 모든 Mode C 탑재 트랜스폰더는 Mode C 응답신호를 발생하고, 응답신호 길이가 21us 이므로, 질문기(ITX)로부터 근거리에 위치한 다수의 항공기로부터의 응답신호를 수신기(RU)가 수신하면, 이들 응답신호는 수신기(RU)에서 서로 동기되어 중첩된 응답을 지속적으로 발생하게 된다. 중첩된 응답신호의 수는 항공기 밀도와 질문기(ITX)로부터 거리에 비례한다[7],[12]-[14].

일반적으로 수신기(RU)의 경우, 10개 이상의 중첩된 응답신호 수신에 적당한 항공기 밀도의 터미널 영역에서 발생할 수 있으며, 이중 약 3 개의 중첩된 응답신호만 확실하게 디코딩 할 수 있다. 따라서 각 질문에 응답하는 트랜스폰더를 탑재한 항공기 수를 줄일 필요가 있으며, 이때 사용되는 기술 중 하나가 위스퍼-샤웃 송신기술로, 높은 트래픽 밀도에서 동기 가블 현상을 제어하는데 이용된다[7]-[10].

동기가블 현상을 감소시키기 위한 질문기 (ITX)의 위스퍼-샤웃 질문기능은 위스퍼-샤웃 질문신호가 도달하는 감시공역 내의 동일한 링크마진을 갖는 트랜스폰더를 탑재한 항공기에 대해서만 질문하는 가변전력 질문 시퀀스이다[7]-[10].

이러한 위스퍼-샤웃 질문 기능은 각각의 감시 업데이트 주기 동안, 질문기(ITX)의 송신전력 레벨을 여러 전력레벨로 질문순서를 제어하면서 감시공역내의 항공기에 질문을 수행한다. 즉, 질문기(ITX)는 먼저 가까운 항공기를 향해 질문신호를 송신하여 질문을 수행하고, 항공기에 대해 점진적으로 송신출력전력을 증가시키면서 범위(range ring)를 증가시킨다.

이러한 위스퍼-샤웃 질문신호 송신은 각각의 감시공역에 침입하는 항공기를 검출할 수 있는 범위인 질문기(ITX)의 질문 커버리지(WS 커버리지; whisper-shout coverage)의 원 면적을 결정하고, S<sub>1</sub>, P<sub>1</sub>, P<sub>3</sub> 및 P<sub>4</sub>의 펄스로 구성된 신호를 송신함으로써 각 감시공역에 침입하는 항공기에 대한 질문을 제어한다. 이

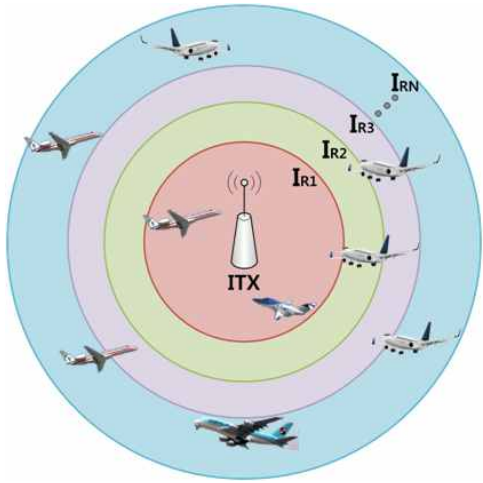


그림 3. 감시공역별 침입 항공기 배치  
 Fig. 3. Layout of the intruder airplane for each surveillance airspace.

때  $S_1$  펄스와  $P_1, P_3$  및  $P_4$  펄스의 전력레벨 차인 WS 커버리지를 제어하여 각각의 감시공역에 침입하는 항공기 수를 제어할 수 있다[9-11].

위스퍼-샤웃은, 가장 낮은 레벨의 질문전력을 제외하고, 감시공역내의 항공기 트래픽 밀도에 따라 질문신호( $P_1, P_3$  및  $P_4$  펄스)보다 전력레벨이 약 2~3 dB에서 10 dB 이하의 낮은 억제펄스  $S_1$ (suppression pulse)를 질문신호보다 2 us 위치에서 먼저 송신하여 수행된다. 즉, 억제펄스  $S_1$ 은 항공기 탑재 트랜스폰더가 질문신호를 검출할 경우에만 응답할 수 있도록, 질문신호보다 낮은 전력레벨로 송신한다. 일반적으로 저밀도의 항공기 트래픽 환경에서 억제펄스  $S_1$  레벨은 질문펄스보다 10 dB 이하로 낮게 송신하고, 트래픽 밀도가 높아질 수록 감시공역내의 침입 항공기에 대해 보다 세밀하게 질문하기 위해 억제펄스  $S_1$  레벨을 질문펄스보다 2~3 dB 낮게 송신되도록 스케줄 한다[7],[12].

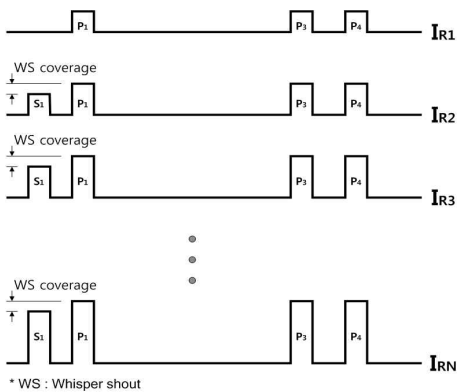


그림 4. 감시공역별 위스퍼-샤웃 질문 전력.  
 Fig. 4. Whisper-shout interrogation power for each surveillance airspace.

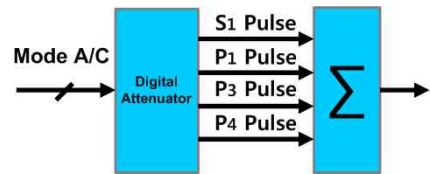
그림 4는 질문기(ITX)에서 방사되는 N 개의 질문신호를 나타낸다. 질문기(ITX)에서 가장 가까운 감시공역을 커버하는 질문신호  $I_{R1}$ 은 억제펄스  $S_1$ 을 송신하지 않으며,  $I_{R1}$ 을 제외한 N-1 개의 질문신호  $I_{R2}, I_{R3}, \dots, I_{RN}$ 은 억제펄스  $S_1$ 과 질문펄스에 전력레벨차인 WS 커버리지를 제어하여 위스퍼-샤웃이 수행된다.

N번째 질문송신신호  $I_{RN}$ 은, 질문기(ITX) 질문송신 커버리지의 원 면적이 가장 넓기 때문에, 다수의 항공기가 존재할 확률이 높으므로, 중앙처리장치(CPS)로부터의 질문제어 정보 데이터의 제어에 의해,  $S_1$  펄스와 P 펄스의 송신전력 레벨비(WS 커버리지)를 작게 설정하는 등, 질문신호의 송신을 제어함으로써, 2차 감시레이더 Mode A/C 응답의 중첩 상태를 피하고, 항공기 대한 검출율 향상을 위한 제어를 수행할 수 있다.

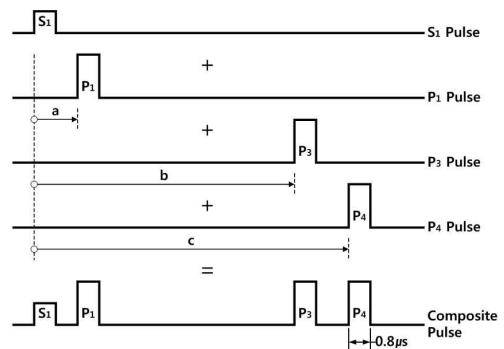
2) 위스퍼-샤웃 질문신호 발생기

그림 5는 질문기(ITX)에서 질문신호 생성을 위한 질문신호 발생기 구성도와 질문신호 패턴이다. 그림 5(a)에서 Mode A/C의 위스퍼-샤웃 신호 패턴은 억제펄스  $S_1$ 을 포함하여  $P_1, P_3$  및  $P_4$ 의 질문펄스를 각각 발생시켜 합성기에서 합성하여 하나의 합성펄스 패턴을 발생한다. 합성펄스는 위스퍼-샤웃을 나타낸다. 즉 WS 커버리지를 제어한 것으로, 만일 WS 커버리지가 없는 합성 송신파형을 원할 경우, 억제펄스  $S_1$  없이 파형을 발생하도록 제어하면 된다.

그림 5와 같이 발생된 합성파형은 우선순위에 따라 펄스파형을 발생시키거나, 최단거리 커버리지를 갖는 질문신호  $I_{R1}$ 부터  $I_{R2} \dots$ , 및 송신  $I_{RN}$  까지 순서대로 질문이 수행되도록 하거나, 최대 커버리지를 갖는 질문송신신호  $I_{RN}$  부터  $I_{RN-1} \dots$ , 및  $I_{R1}$ 까지 순서대로 질문이 수행되도록 질문기(ITX)를 제어할 수 있다.



(a) Whisper-Shout Generator



(b) Concept of Whisper-Shout generation

그림 5. 위스퍼-샤웃 질문신호 발생기  
 Fig. 5. Whisper shout generator.

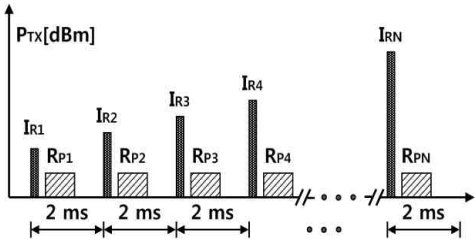


그림 6. 항공용 다변측정 감시시스템의 감시주기 타임 라인  
**Fig. 6.** Time line of a surveillance period in the Multilateration systems.  
 \*IrN ; 질문기(ITX) 질문신호, \*\*RPN ; 항공기 응답신호

3) 위스퍼-샤웃 시퀀스

그림 6은 항공용 다변측정 감시시스템의 위스퍼-샤웃 감시 주기를 나타낸다. 위스퍼-샤웃 감시주기는, 하나의 질문 시퀀스가 항공기 탑재 트랜스폰더를 향해 수행하는 것으로, Mode A/C 및 Mode S 질문신호가 탑재 트랜스폰더에 방사되고, 탑재 트랜스폰더로부터의 응답과 응답신호의 추적 처리가 마지막으로 수행되는 시간 동안 약 1 초이다.

질문기(ITX)가 감시공역내의 침입 항공기에 대해 질문신호 IRN을 송신하면, 침입 항공기는 일정시간이 경과한 후 응답신호 RPN을 송신한다. 이러한 질문신호 IRN과 응답신호 RPN은 수신기(RU) 및 중앙처리장치(CPS)의 처리시간을 고려하여 일정주기로 관리되도록 스케줄 되어야 한다. 감시주기의 질문 시퀀스가 완료되고, 응답 데이터가 응답리스트에 저장된 뒤 후, 표적의 갱신처리가 시작된다.

일반적으로 TCAS나 ACAS 시스템에서 감시공역내에 침입하는 항공기를 획득하기 위한 질문신호는 간섭제한조건에 구속되지 않는 한, 최대전력으로 송신하며, 위스퍼-샤웃 질문신호는 식 (1)로 정의되는 전력레벨로 송신된다[13].

$$P_i = P_{imax} + 20\text{LOG}\left[\frac{R}{10}\right] \text{ for } R < 10 Nm$$

$$P_i = P_{imax} \text{ for } R \geq 10 Nm \tag{1}$$

여기서,

- P<sub>i</sub> ; 송신 질문전력 [dBm],
- P<sub>imax</sub> ; 최대 송신질문전력 [dBm],
- R ; 침입 항공기까지 거리 [Nm].

그림 7은 이러한 감시주기에 따라 질문신호가 송신되도록 질문기(ITX)와 수신기(RU) 및 중앙처리장치(CPS)와의 연동에 따른 위스퍼-샤웃 질문 시퀀스 흐름도이다. 하나의 질문 시퀀스가 침입 항공기의 탑재 트랜스폰더를 향해 수행되면, Mode A/C 및 Mode S 질문신호가 항공기 탑재 트랜스폰더에 방사되고, 탑재 트랜스폰더로부터의 응답과 응답신호에 대한 트랙 처리가 수신기(RU)와 중앙처리장치(CPS)에서 수행되며, 이때 항공기 추적 범위를 추정하여 그 범위가 제한범위 이내인지를 판정하여 질문기(ITX)의 질문신호전력을 가변하면서 침입 항공

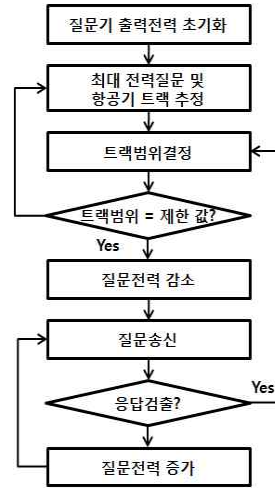
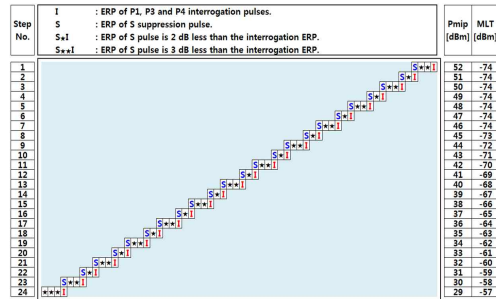
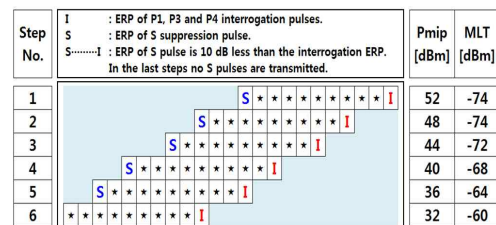


그림 7. 항공용 다변측정 감시시스템의 질문 시퀀스 흐름도  
**Fig. 7.** Flow chart of interrogation sequence in the multilateration systems.



(a) 고밀도 위스퍼-샤웃 시퀀스  
 (a) high density Whisper-Shout sequence



(b) 저밀도 위스퍼-샤웃 시퀀스  
 (b) Low density Whisper-Shout sequence

그림 8. 감시공역에서 항공기 트래픽 밀도에 따른 질문기(ITX) 위스퍼-샤웃 시퀀스

**Fig. 8.** Interrogator's whisper-shout sequence according to airplane traffic density in the surveillance airspace.

기로부터의 응답신호를 검출한다.

항공용 다변측정 감시시스템은, 식 (1)과 질문기(ITX) 방사 빈도에서 트래픽 밀도에 따라 동기gab이 중간 밀도의 감시공역과 혼잡한 고밀도 감시공역에서 검출된 범위에서만 집중된 위스퍼-샤웃 스텝을 사용하여 동기gab을 현상을 없애도록 구성한다.

중간밀도의 감시공역에서 위스퍼-샤웃을 수행하는 동안 동기기를 현상이 관찰될 경우, 질문기(ITX)는 동기기를 현상이 검출된 공역에 대해서만 동기기를 현상을 최소화하기 위해 능동적으로 고밀도 위스퍼-샤웃 시퀀스를 집중하도록 하고, 무엇보다도 혼잡한 고밀도 공역에서 확장된 범위로 감시범위를 개선하기 위해 송신전력을 효율적으로 사용하여야 한다[7],[12].

### III. 질문기 제작

그림 9는 본 논문에서 제작한 질문기(ITX) 시스템 구성도이다. 항공용 다변측정 감시시스템 구성에 따라 중앙처리장치(CPS) 및 통제감시장치(CMS)와의 연동을 통해 질문이 제어되도록 구성하였으며, 원격제어장치를 통해 국부적 제어 및 감시를 할 수 있다. 수신기(RU)와 동기기를 위해 기준클럭 입력단자를 구성하였으며, 기준클럭신호가 오동작할 경우 동기신호를 GPS 위성신호로 자동절체될 수 있도록 GPS 수신기를 내장 설계하였으며, 자체 감시(BIT; built-in test) 및 제어를 통해 질문기(ITX) 이상 유무와 원격제어가 가능하도록 구성하였다.

그림 10은 제작된 질문기(ITX)의 내부 사진이다. 좌측은 RF 변환믹서이며, 우측은 신호처리 보드이다. 신호처리 보드에서 발생된 Mode A/C 및 Mode S 신호는 일정 주파수의 IF 주파수로 DA(digital to analog) 변환하여 RF 변환믹서에 입력시켜 송신에 적합한 L-대역의 주파수 영역으로 변환하고, 고출력 RF 신호 방사를 위해 고전력 증폭기(HPA; high power amplifier)에 입력되어 방사에 적합한 전력으로 증폭된 후 송신 안테나를 통해 감시공역의 침입항공기를 향해 방사되도록 구성하였다.

그림 11은 질문기(ITX)를 시험하기 위한 테스트 셋업으로, 신호처리기와 고전력 증폭기를 연동하여 구성하였으며, 질문 신호 선택과 위스퍼-샤웃 질문제어를 위해 GUI 프로그램을 구성하여 노트북 PC를 통해 제어하도록 구성하였다. 질문신호는 시간영역과 주파수 영역에서 각각 측정하였으며, 그림 12는 이에 대한 파형을 나타낸다.

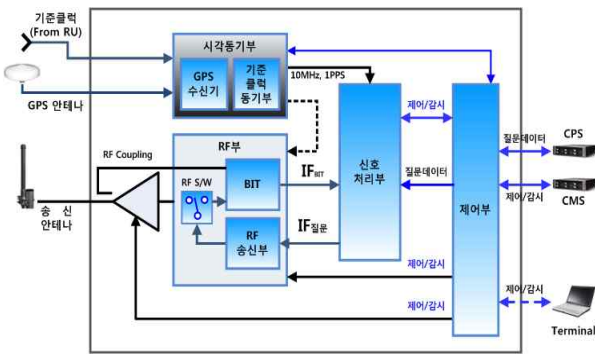


그림 9. 질문기(ITX) 시스템 구성도  
Fig. 9. Configuration of Interrogator for the multilateration systems.

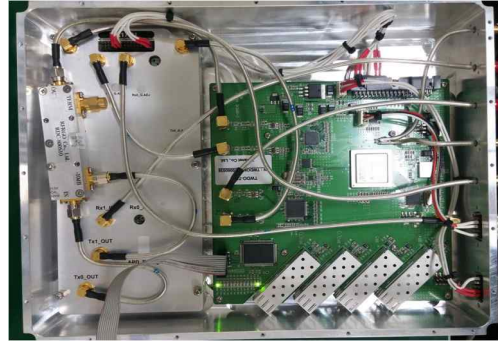
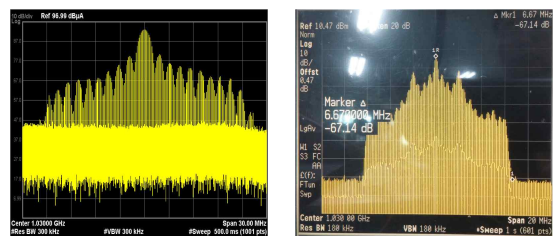


그림 10. 질문기(ITX) 제작 사진 (내부 구성)  
Fig. 10. Photo of Interrogator (internal).

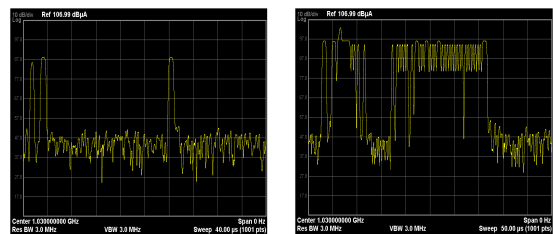


그림 11. 질문기(ITX) 테스트 셋업  
Fig. 11. Test setup of interrogator.



Mode A/C Mode S

(a) Mode 별 주파수 영역 스펙트럼



Mode A/C Mode S

(b) Mode 별 시간영역 파형

그림 12. 질문 Mode별 출력 파형  
Fig. 12. Output waveform of interrogator for each Interrogation mode.

본 논문에서 구현한 질문기는 질문기의 안테나 방사 빔 내에서, 트래픽 밀도에 따라 동기가블이 중간 밀도의 감시공역과 혼잡한 고밀도 감시공역에서 집중된 WS 시퀀스가 동작되도록 함으로써, 다변측정 감시시스템의 수신기에서 동기가블 현상을 최소화 하도록 구현하였으며, 특히, 중간밀도의 감시공역에서 위스퍼-샤웃 시퀀스를 수행하는 동안, 감시공역내의 침입 항공기로부터 동기가블 현상이 관찰될 경우, 질문기는 동기가블 현상이 검출된 공역에 대해서만 동기가블 현상을 최소화하기 위해 능동적으로 고밀도 위스퍼-샤웃 시퀀스를 집중하도록 하였으며, 무엇보다도 혼잡한 고밀도 공역에서 확장된 범위로 감시 범위를 개선하기 위해 송신전력을 효율적으로 사용하도록 하였다.

#### IV. 결 론

항공용 다변측정 감시시스템에서 사용하기 위한 질문기(ITX) 설계에 있어서, 가장 중요한 것은 혼잡한 고밀도 트래픽 환경에서 항공기 침입감시를 개선하기 위해 송신되는 질문전력을 효율적으로 사용하도록 구성하여야 한다.

이를 위해 본 논문에서는 감시공역별로 해당 침입 항공기에 대해서만 적절한 질문신호가 도달하도록 위스퍼-샤웃 질문 시퀀스를 구현하여, 질문기(ITX) 송신전력을 연속으로 변경시킬 수 있도록 함으로써, 위스퍼-샤웃을 수행하지 않는 경우 보다 효율적인 공역관리를 수행할 수 있는 질문기(ITX)를 개발하였다. 개발된 질문기(ITX)는 위스퍼-샤웃 질문 제어를 통해, 다수 침입 항공기로부터의 과도한 응답 제어를 통해, 지상에 설치된 수신기(RU)에서 동기가블이나 비동기 FRUIT 현상으로 인해 발생하는 복수의 중첩 수신응답을 피함으로써 안정적인 항공기 응답을 유도하여, 항공기 측위 정밀도 향상과 데이터 처리량 감소 및 감시공역내로 침입하는 항공기간의 충돌 가능성을 저감시켜 물류 순환 증대 등의 장점을 가져올 수 있을 것으로 판단된다.

#### 감사의 글

본 연구는 국토교통부의 항공안전기술 개발사업 “항공용 다변측정 감시시스템 개발” 과제의 지원에 의하여 수행된 연구로서, 관계부처에 감사드립니다.

#### 참고 문헌

- [1] D. W. Thomas, “Method for use in a multilateration system and a multilateration system,” *Patent US7557754B2*, Jul. 7, 2009.
- [2] G. Galati, “High precision surveillance system by means of multilateration of secondary surveillance radar (SSR) signals,” *Patent US20080231494A1*, Sep. 25, 2009.
- [3] “Manual on the secondary surveillance radar (SSR) systems,” 3rd Ed. Doc 9684 AN/951, ICAO, 2004.
- [4] Y. Kuji, Y. Aoki and H. Ootomo, “Secondary surveillance radar and its interrogation transmission method,” *Patent US20060055586A1*, Mar. 16, 2006.
- [5] H. Miyazaki, T. Koga, E. Ueda, Y. Kakubari and S. Nihei, “Evaluation results of airport surface multilateration,” *Electronic Navigation Research Institute*, No. 125, pp.1-20, Aug. 2010.
- [6] H. Tajima, T. Koga and S. Ozeki, “Multipath reduction technic for TOA detection in passive positioning system,” *Electronic Navigation Research Institute*, No.121, pp.19-38, March. 2009.
- [7] ICAO, “Airborne collision avoidance system(ACAS) manual,” 1st Ed. DOC 9863 AN/461, 2006.
- [8] L. R. Motisher and G. T. Stayton, “Apparatus for reducing synchronous fruit in TCAS surveillance systems,” *Patent US5081457*, Jan. 14, 1992.
- [9] L. R. Motisher and G. T. Stayton, “Surveillance system for aircraft,” *Patent EP0431449A2*, Nov. 28, 1990.
- [10] M. D. Smith and L. A. Fajen, “Systems and methods of providing whisper shout surveillance with a TCAS,” *Patent US20090212991A1*, Aug. 27, 2009.
- [11] E. W. Needham and J. C. Blessing, “Method and system for calibrating an antenna array for an aircraft surveillance system,” *Patent US7576686B2*, Aug. 18, 2009.
- [12] D. Oey, R. C. Brandao, L. Vanness and L. D. King, “Method for reducing transmit power for traffic alert and collision avoidance systems and airborne collision avoidance systems,” *Patent US6483453B2*, Nov. 19, 2002.
- [13] M. H. Curtis, P. K. Sturm and K. W. Ybarra, “Method of improved initial transmission of acquisition and tracking interrogations in an aircraft tracking system,” *Patent US5280285*, Jan. 18, 1994.
- [14] P. K. Sturm, D. F. Weymans and K. W. Ybarra, “Method of reducing false tracks due to suppression pulse replies in an aircraft tracking system,” *Patent US5264853*, Nov. 23, 1993.



**고 영 목 (Young-Mok Koh)**

2013년 8월 : 광운대학교 레이더 공학 (공학박사)  
2014년 7월 ~ 현재 : (주)우리별 수석연구원  
※관심분야 : 레이더, 항공전자, 신호처리, 초고주파 시스템/회로 설계



**김 수 흥 (Su-Hong Kim)**

1986년 2월 : 한양대학교 전자공학 (공학사)  
2000년 1월 ~ 현재 : (주)우리별 사업개발팀장  
※관심분야 : 위성통신, 감시정찰장비, 무선통신장비