

시뮬레이션을 활용한 ADS-B와 TCAS의 탐지 성능 비교

Detection Performance Comparison of ADS-B and TCAS Using Simulation

소준수¹ · 구성관² · 홍교영^{1*}

¹한서대학교 항공시스템공학과

²한서대학교 항공학부 항공레저산업학과

Jun-Soo So¹ · SungKwan KU² · Gyo-young Hong^{1*}

¹Avionics Engineering, Hanseo University, Chungcheongnam-do, 357-953, Korea

²Department of Aviation Leisure & Industry Management, School of Aeronautical Science, Hanseo University, Chungcheongnam-do 357-953, Korea

[요 약]

TCAS (traffic alert and collision avoidance system)의 성능 향상을 위해서는 각종정보를 송신해주는 센서의 성능이 향상되어야 한다. 본 논문에서는 성능향상을 위해 기존에 사용 중인 레이더와 같은 센서를 대신하여 차세대 항공관제시스템인 ADS-B (automatic dependent surveillance-broadcast)를 적용하였다. 또한 ADS-B에서 초정밀 GPS (global positioning system) 보정시스템인 SBAS (satellite based augmentation system)의 정보를 사용하여 향상된 위치정확도를 TCAS에 적용할 수 있을 것이라 가정하고 TCAS와 ADS-B를 분석하였다. 시뮬레이션을 해본 결과, 이러한 ADS-B의 도움을 받는 TCAS 장비는 사전에 항공기의 위치를 파악하여 CPA (closest point of approach)를 계산할 수 있고 불필요한 RA (resolution advisory) 동작을 감소시킬 수 있다는 것이 확인되었고, 또한 조종사의 업무로드 감소와 불필요한 RA동작이 줄어들음에 따른 연료소비나 시간 등에 대한 장점이 있음이 확인되었다.

[Abstract]

In order to improve the performance of TCAS it should improve the performance of the sensor, which transmits a variety of information. In this paper, To improve the performance of the existing radar sensors such as being used in behalf of the next generation air traffic control system, ads-b the applied. In addition, ADS-B in a high precision by using information from the correction GPS system, SBAS assume would be able to apply an improved location accuracy for TCAS and analyzed TCAS and ADS-B. Played the simulation results, TCAS equipment receives the help of these ADS-B can calculate a CPA to determine the position of the aircraft in advance, and it was confirmed that it is possible to reduce the unnecessary RA operation, also, the pilot reduction and the workload, it has advantages such as fuel consumption and time associated with the reduced operation unnecessary RA was confirmed.

Key word : Traffic alert and collision avoidance system, Automatic dependent surveillance-broadcast, Mode S.

<http://dx.doi.org/10.12673/jant.2015.19.6.465>



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 6 October 2015; Revised 25 November 2015

Accepted (Publication) 22 December 2015 (30 December 2015)

*Corresponding Author; Gyo-young Hong

Tel: +82-41-671-6232

E-mail: sojunsoo@naver.com

I. 서론

현대의 항공 운항상황은 형태는 제한된 항로에서 항공기의 수가 증가하기 때문에 항공기와 항공기간의 거리가 점점 줄어들고 있는 형태를 가진다. 그리하여 전 세계적으로 항공기간 공중충돌을 방지하기 위해 공중충돌방지 시스템인 TCAS (traffic alert and collision avoidance system)의 장착을 법적으로 의무화하였지만 그럼에도 불구하고 조종사, 관제사의 인적오류, TCAS장비의 오류 등 여러 가지 상황으로 인한 항공기와 항공기간의 충돌 및 근접 비행 사고는 계속해서 발생하고 있다[1]. 현재의 TCAS의 위치정확도는 매우 낮은 상황이다. 또한 탐색거리도 14NM정도로 짧다. 이러한 상황속에서 앞으로도 항공기간의 거리는 계속해서 줄어들 것이고 이로 인해 TCAS 장비 성능의 향상은 불가피 할 것으로 판단된다. 현재 몇몇 국가들은 ACAS-X (airborne collision avoidance systems X)로 명명된 미래 충돌회피시스템 개발 연구를 진행하고 있다. ACAS-X는 TCAS-II와는 다른 새로운 회피로직과 감시센서를 이용하여 충돌회피를 하는 TCAS이다[2]. 그러나 개발 및 인증까지 고려한다면 ACAS-X는 2020년대 중반 이전에는 상업적으로 도입되기 어려울 것으로 보인다[3]. 이러한 상황속에서 TCAS보다 더 많은 정보를 가지고 있고 더 나은 위치정확도를 가지고 있는 차세대감시시스템 ADS-B (automatic dependent surveillance-broadcast)가 등장했다.

ADS-B는 TCAS에 있는 충돌 회피를 위해 정해진 구역내에 항공기가 있음을 알려주는 TA (traffic advisory)와 충돌회피를 위한 해결방안을 제시하는 RA (resolution advisory)같은 충돌경보장치가 없다. 그러나 TCAS가 충돌회피를 위해서 얻는 데이터에 비해 더욱 정확한 위치데이터를 가지고 있다. 또한 TCAS에 비해 월등히 먼 탐색거리를 가지고 있다. 여기에 ADS-B가 위성항법장치인 GPS (global positioning system)의 위성기반 위치보정시스템인 SBAS (satellite based augmentation system)에 의해 위치정확도가 더욱더 향상이 된다면 이 위치정확도는 수평 기준 약 10 m정도로 현재 사용중인 시스템에 비하여 매우 높은 정확도를 갖출 수 있다. TCAS가 SBAS의 위치데이터를 사용한다면 TCAS의 불필요한 회피를 막거나 다른 항공기의 위치를 더욱 정확하게 추적하는 등 여러 방면에서 추가적인 이득이 따라올 것으로 예상된다.

본 논문에서는 이러한 ACAS-X의 개발에 앞서서 TCAS와 SBAS의 위치정확도를 가지는 ADS-B의 융합으로 기존의 TCAS에서 추가적인 하드웨어나 장비의 교체없이 소프트웨어만을 이용하여 더 나은 위치정확도 향상, 탐색거리 확장 그리고 서버데이터 시스템 구축을 목표로 하여 실용 가능한 향상된 TCAS 운용 로직을 제시한다.

II. 본론

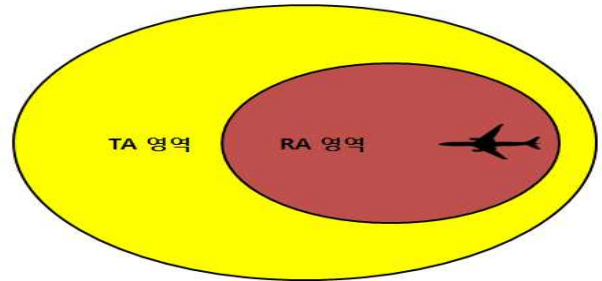


그림 1. TCAS의 RA와 TA 영역
Fig. 1. RA and TA at the TCAS.

2-1 TCAS

1) TCAS의 개요

TCAS는 traffic alert and collision avoidance system의 약자로 항공기 간 공중충돌을 방지를 위한 핵심 시스템이며 유럽에서는 ACAS로도 불린다.

1981년에 항공기간 충돌을 피하기 위한 프로그램부터 출발하였으며 이 장비는 반드시 상대방이 transponder를 장착하고 있어야 한다. TCAS에는 크게 TCAS I, TCAS II 그리고 현재 개발중인 TCAS III, TCAS IV, TCAS X가 있다. TCAS I은 최초로 사용된 기술로 다른 항공기에 대한 상대적인 위치와 고도만 알려준다. 즉, TA만 발행하고 RA지시는 내려주지 않는다. TCAS II는 TCAS I에 비해 여러기능이 추가되었다. TA와 RA는 물론 충돌회피를 음성으로 지시 한다. 현재 TCAS II는 version 7.1까지 개선 되었다. TCAS III의 경우는 TCAS II를 대체하는 충돌방지 시스템으로서, 항공 교통 정보 및 수평이동으로 충돌을 회피하는 기능 추가될 예정이었으나 현재는 개발이 중단된 상태이고, TCAS IV의 경우에는 RA에 수평 해상도를 생성하는 모드 S 트랜스 폰더의 회신 대상 항공기의 정보를 인코딩한 추가 정보를 사용하려 했지만 다시 평가해야 할 필요성을 지적받아 현재 TCAS IV의 개념은 일단 배제되었다[4]. TCAS X는 미래에 사용될 충돌회피시스템으로서 TCAS와 ADS-B의 장점은 물론 새로운 충돌회피 로직을 이용하여 항공기간의 거리를 줄이는 것을 목표로 개발되고 있다.

2)TCAS 운영방법

TCAS는 접근하는 항공기에 대한 충돌위험을 감지하기 위해서 거리테스트와 고도테스트를 수행한다. 거리테스트는 τ (tau)라는 시간 개념으로 상대항공기와의 최단접근점인 CPA (closest point of approach)를 계산하여 충돌시간을 초 단위로 계산하기 위한 것이다. 고도테스트는 이미 TCAS에 의해 분류되어있는 민감도 레벨인 SL(sensitivity level)에 의해 실행이 된다. 이는 고도에 따라 분류되며 고도테스트와 거리테스트를 하여 TA와 RA를 발생하게 된다[4]. 아래의 식 (1)은 트랜스폰더를 이용하여 질문과 응답의 시간차를 이용하여 거리를 계산한 후 앞으로 변화될 값을 추정하여 충돌시간을 계산하는 식이다[5].

표 1. 충돌회피 알고리즘의 sensitivity level
Table 1. Sensitivity level of collision avoid algorithm.

Own altitude (feet)	SL	Tau (seconds)		DMOD (nmi)		Altitude Threshold (feet)	
		TA	RA	TA	RA	TA	RA (ALIM)
< 1000	2	20	N/A	0.30	N/A	850	N/A
1000~2350	3	25	15	0.33	0.20	850	300
2350~5000	4	30	20	0.48	0.35	850	300
5000 ~ 10000	5	40	25	0.75	0.55	850	350
10000 ~ 20000	6	45	30	1.00	0.80	850	400
20000 ~ 42000	7	48	35	1.30	1.10	850	600
> 42000	7	48	35	1.30	1.10	1200	700

$$\tau = -\frac{r - \left(\frac{DMOD^2}{r}\right)}{\dot{r}} \quad (1)$$

여기서, \dot{r} = r 이 변화되는 값(속도), r = 내항공기와 상대항공기와의 거리를 측정된 값(거리), $DMOD = 0.2$ 와 1.1 nmi 사이로 고도에 따라 바뀜 (표1참조)

3) TCAS 장비 구성

TCAS는 일반적으로 크게 TCAS 컴퓨터와 센서 부분, 트랜스폰더, 안테나 부분으로 나눌 수 있다. 방위 안테나와 MODE-S 트랜스폰더에서 얻은 위치 정보와 기압고도계에서 얻은 고도정보를 이용하여 TCAS에서는 충돌회피 지시를 계산하고 이를 다시 MODE-S 안테나를 통해서 다른 항공기에 정보를 전달해준다.

2-2 ADS-B

1) ADS-B 개요

ADS-B는 automatic dependent surveillance-broadcast의 약자로 일종의 감시시스템을 의미한다. 이 시스템은 디지털 데이터 링크를 통하여 동작 상태(수평, 수직위치, 속도) 및 기타 항공기 정보를 주기적으로 방송하는 것을 의미한다. 이러한 ADS-B는 공역이용을 개선하고 구름이나 시정에 의한 제한사항을 완화시키며, 항공 관제 기능을 향상시키고, 항공기 충돌의 방지를 통해 안전 비행을 유도하는 데 사용되고 레이더 효과가 없거나 이용할 수 없는 상공에서 적당하고, 효과적인 감시를 제공한다. 간단한 수신 장치만으로 항공기위치를 탐지할 수 있어 고가의 레이더설치가 곤란했던 4,000~10,000 ft 이하의 저고도 공역도 레이더와 유사한 관제가 가능하며 5~12 초 레이더 탐지 간격에 비해 ADS-B는 1 초 간격 탐지로도 정확도 개선이 가능하다 [6].

ADS-B는 그림 2에서와 같이 GPS (global positioning system)

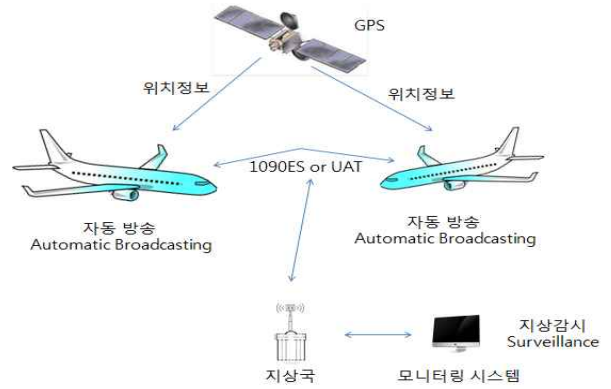


그림 2. ADS-B의 개념도
Fig. 2. Concept of ADS-B.

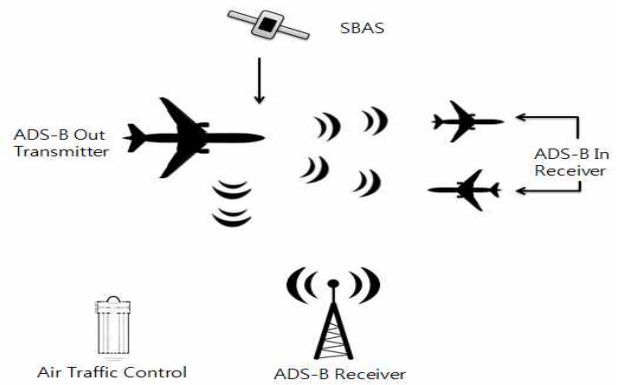


그림 3. ADS-B IN 과 ADS-B OUT
Fig. 3. ADS-B IN and ADS-B OUT.

를 사용하여 위치정보를 얻고 이 정보들을 1090 MHz 대역의 주파수를 사용하는 1090ES (1090 extended squitters) 또는 978 MHz대역을 사용하는 UAT (universal access transceiver)를 통해서 자동보고(automatic)와 방송송신(broadcast)를 한다. 그림 3는 ADS-B의 기능은 정보의 제공방향에 따라 크게 "ADS-B IN"과 "ADS-B OUT" 으로 나뉜 것을 설명한 것이다. ADS-B IN 기능은 항공기, 이동체 또는 지상시스템에서 외부로부터 정보를 제공받는 것을 의미하고, ADS-B OUT 기능은 항공기 및 이동체에서 자신의 정보를 외부로 제공하는 것으로 항공기의 방송에 의한 air-to-ground, ground-to-ground 항공 감시를 수행하는 것을 의미한다.

2) ADS-B 의 충돌지점계산

ADS-B의 경우에 GPS로부터 1초에 한번씩 위도와 경도를 제공받는다. 이때 식(2)는 내 항공기의 위치를 나타내고 식(3)은 상대방 항공기의 위치를 나타낸다.

$$Y = aX + b \quad (2)$$

$$\hat{Y} = \hat{a}\hat{X} + \hat{b} \quad (3)$$

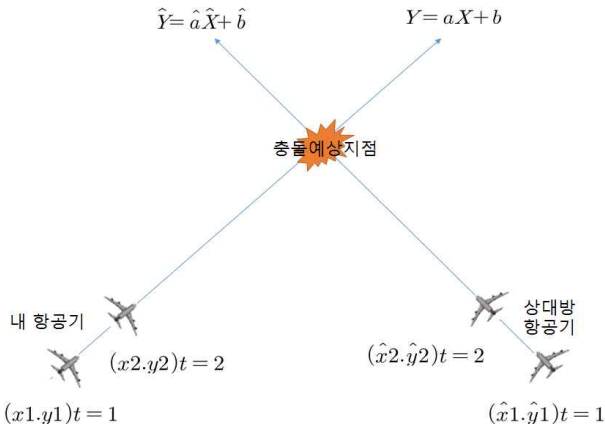


그림 4. ADS-B의 충돌예상지점

Fig. 4. Collision prediction point of the ADS-B.

이때 좌표 상에서 각각의 x 성분과 y 성분의 차를 이용하여 식 (4)에서 식(7)까지 구할 수 있다.

$$a = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \tag{4}$$

$$b = Y - \left(\frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \right) \times X \tag{5}$$

$$\hat{a} = \left(\frac{\hat{y}_2 - \hat{y}_1}{\hat{x}_2 - \hat{x}_1} \right) \tag{6}$$

$$\hat{b} = \hat{Y} - \left(\frac{\hat{y}_2 - \hat{y}_1}{\hat{x}_2 - \hat{x}_1} \right) \times \hat{X} \tag{7}$$

위의 식들을 이용하여 예상충돌지점인 (X, Y)를 식(8)과 식 (9)를 통해 구할 수 있다.

$$X = \left(\frac{\hat{b} - b}{a - \hat{a}} \right) \tag{8}$$

$$Y = \left(\frac{\hat{b} - b}{a - \hat{a}} \right) * a + b \tag{9}$$

2-3 SBAS

SBAS는 satellite based augmentation system의 약자로 위성 기반보정시스템이라 불리며 1991년 국제민간항공기구인 ICAO(international civil aviation organization)의 위성기반 차세대 항행시스템 도입 계획 및 권고와 2007년 ICAO 체약국에 대한 성능기반 항행체계인 PBN(performance based navigation) 이행 추구를 위해 도입이 권고된 시스템으로, 2025년부터는 모든 항공기의 SBAS 사용을 권고한 상태이다.

이 시스템에서는 GPS신호의 각종 변수들로 인한 오차 등의 발생으로 GPS 신호감시 및 제공 메시지 사용여부 등을 위한 무결성 기능과 정확도 향상 기능, 항법신호 가용성 및 연속성을

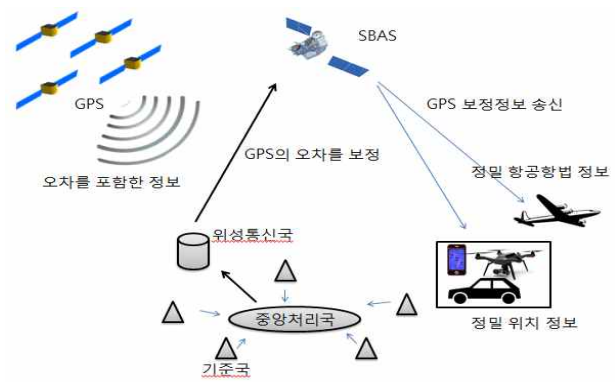


그림 5. 위성기반보정시스템 운용 개념도

Fig. 5. concept of satellite based augmentation system.

위한 레인징 신호제공 기능 등을 통해 항공기 안전운항에 사용될 수 있도록 한 시스템이다. 즉 GPS 위성이 제공하는 항법신호를 지상시스템(기준국, 중양처리국, 위성통신국 등)을 이용해 오차를 제거한 후에 보정메세지를 생성하여 정지궤도(적도 36,000 km)위성을 통해 GPS 항법신호대역 L1대역(1575.42 MHz), L5대역(1176.45 MHz)으로 전송함으로써 항공기 운항 등에서 요구하는 GPS 신호에 대한 정확도(accuracy), 무결성(integrity), 가용성(availability) 및 연속성(continuity)을 제공하는 시스템이다.[7]

현재 각 나라의 SBAS 시스템은 미국 WAAS (wide area augmentation system), 유럽 EGNOS (european geostationary navigation overlay system), 일본 MSAS (MTSAT satellite based augmentation system)등이 운용 중이고 우리나라도 한국형 SBAS 시스템을 KASS (Korea augmentation satellite system)을 개발 중이다.

III. TCAS와 ADS-B의 비교

3-1 ADS-B와 TCAS의 비교

ADS-B와 TCAS는 크게 감시, 충돌방지로직 그리고 측정거리에서 비교를 할 수 있다.

1)감시시스템 비교

기본적으로 두 장비는 협업적인 장비이지만 종속적이냐 독립적이냐에 따라 나뉜다. ADS-B는 상대방 항공기와 내 항공기 모두 다 장비가 있어야만 사용이 가능하지만 TCAS의 경우에는 독립적으로 안테나와 트랜스 폰더를 이용하여 상대방의 위치를 파악하고 충돌을 방지할 수 있다[8].

2) 측정거리 비교

ADS-B의 범위는 장착된 장비에 따라 변화될 수 있지만 최소 운용 범위는 10 NM ~ 90 NM이다[9]. 반면에 TCAS의 범위

표 2. TCAS 와 ADS-B 비교

Table 2. Compare TCAS and ADS-B.

	ADS-B	TCAS
surveillance	own measurement one-to-one aircraft on integration independent	all-to-all aircraft automatic dependent on target's navigation system
logic	time-to-go to the CPA traffic advisory is given 20 to 48 seconds before the CPA	distance-go-to the CPA conflict detection about 10 to 20minutes before the CPA
measuring distance	more than 100 nm	approximately 14 nm

는 약14 NM이다[10]. 이에 따라 TCAS에서 ADS-B의 데이터를 이용할 경우 TCAS의 탐색범위가 확장될 수 있다.

3) 충돌방지로직 비교

두 장비는 탐지 거리가 다르기 때문에 로직 또한 다르다. TCAS에서는 항공기 충돌 전 수 십초 내에서 경고가 발생하고 이를 조종사가 감지하여 회피를 해야 하므로 조종사는 수초 내에 반응하여 TCAS의 지시를 따라야한다. 그러나 ADS-B의 경우에 GPS를 이용하여 상대방의 정보를 먼 거리에서부터 파악할 수 있기 때문에 CPA 계산에 여유가 있고 조종사도 사전에 위험을 방지할 수 있다. 또 다른 차이점은 바로 회피이다. TCAS의 경우에는 TA와 RA의 지시로 수직회피기동을 하여 항공기 충돌을 방지하지만 ADS-B의 경우 따로 지시나 경보 등은 주지 않고 다만 항공기의 위치만을 알려주어 이를 조종사와 관제사가 사전에 파악하여 회피하는 방식을 가진다.

3-2 정확도 비교

1) 거리 정확도

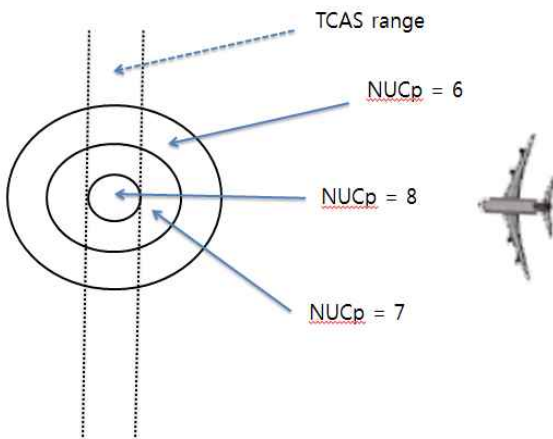


그림 6. TCAS 거리 정확도와 NUCp 위치에러
Fig. 6. TCAS range accuracy and NUCp position error.

표 3. 수평 위치 오차에 대한 NUCp[9]

Table 3. Navigation uncertainty categories for the horizontal position error[9].

NUCp	Horizontal position error (95%)	Comments
0	Unknown	No Integrity
1	<10 NM	RNP-10
2	<5 NM	RNP-5
3	<1 NM	RNP-1
4	<0.5 NM	RNP-0.5
5	<0.25 NM	DME-DME
6	<0.1 NM	GPS-SPS
7	<0.05 NM	GNSS (noSA)
8	<10 m	GNSS with SBAS
9	<3 m	GNSS with GBAS
...	to be defined	Future expansion

표 3은 항법장비에 따른 수평위치 정확도를 나타낸다. TCAS의 거리 정확도의 경우 약 50 ft (15.24 m)을 가지고 있다[10]. 그리고 ADS-B의 경우 NUCp가 8이상인 SBAS를 이용한 항법장비를 사용한다고 하면 그림 6과 같이 TCAS의 거리정확도와 유사해지는 것을 확인할 수 있다.

2) 방위 정확도

TCAS의 경우 5도의 방위정확도를 가지고 있다[10]. 그러나 이 5도의 방위정확도는 항공기간의 거리가 가까울 때는 그 오차 범위가 적지만 항공기의 거리가 멀 경우에는 오차가 점점 커지게 되므로 이는 항공기에서 상대방항공기의 위치를 파악하고 회피기동에 사용할 만큼의 성능을 제공할 수 없다. 이러한 문제 때문에 현재 TCAS의 수평 회피 기동은 사용하고 있지 않다. ADS-B의 경우 방위를 사용하지 않고 GPS를 이용하기 때문에 어느 한 지점에서의 일정 범위내의 정확도를 사용한다. 이는 표 3에 나타나있다. 현재 사용중인 업체들의 TCAS 장비의 방위정확도는 약 2~3도라고 알려져 있다[11]. 이를 기준으로 그

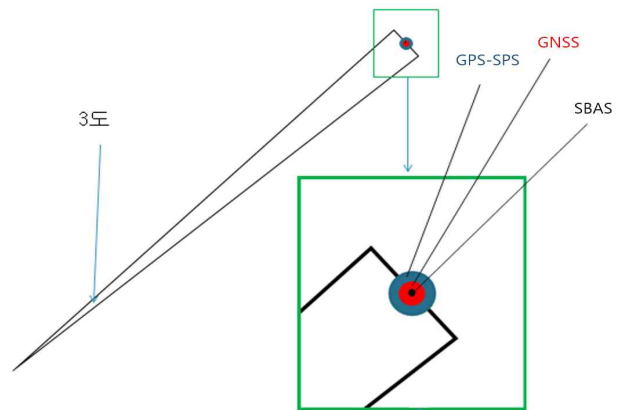


그림 7. TCAS 방위 정확도와 NUCp 위치에러
Fig. 7. TCAS bearing accuracy and NUCp position error.

림 7에 GPS와 위치정확도를 그림을 비교해보았다. 거리는 내 항공기로부터 TCAS가 측정 가능한 거리인 최대 14 nm이고 방위는 3도로 설정한 후 TCAS의 최대 측정가능 거리에서의 GPS 정확도를 그림으로 표시하였다. 이와 같이 TCAS에서 ADS-B의 데이터를 사용한다면 방위위치정확도가 월등히 향상될 것으로 예상할 수 있다.

IV. TCAS와 ADS-B 비교

4-1 거리 정확도 비교

TCAS와 ADS-B에서의 거리 정확도 및 포지션 에러 등을 이용하여 랩뷰 프로그램으로 정확도 비교를 시뮬레이션을 통해 수행해 보았다. 그림 8은 ●(TCAS)과 X(ADS-B)로 두 장비를 그래프를 통하여 표시한 프린트패널의 화면이고 그림 9는 랩뷰 프로그램의 블록다이어그램을 이용하여 코드를 작성한 화면이다. 이를 이용하여 수평면상에서의 거리정확도를 시뮬레이션 해보았다. TCAS의 거리정확도는 14.8 m의 범위이고 ADS-B의 경우 SBAS를 사용한다고 가정할 경우 10 m의 범위를 가지고 있다. 나의 항공기가 좌표상 (0.0)에 위치해 있다고 가정하고 다른 항공기를 두 장비의 정확도와 위치계산 식을 이용하여 계산해본결과 앞서 이론적으로 비교한 것과 같이 ADS-B와 TACS의 거리정확도는 크게 차이가 나지 않았다.

4-2 방위 정확도 비교

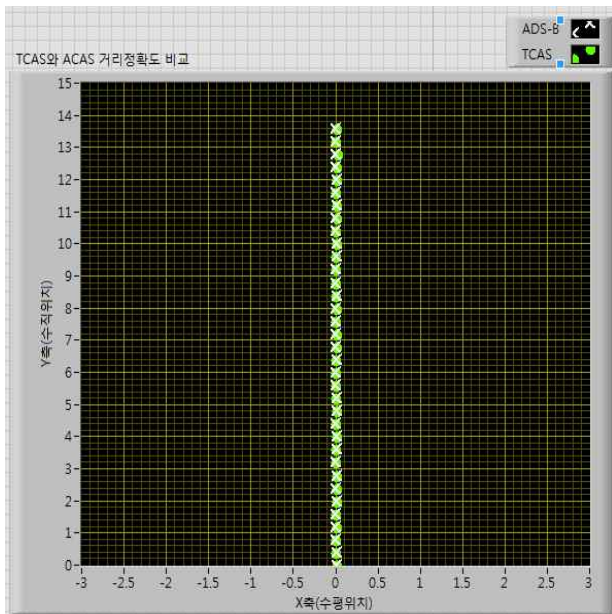


그림 8. 거리정확도 비교 그래프
Fig. 8. graph comparing the range accuracy.

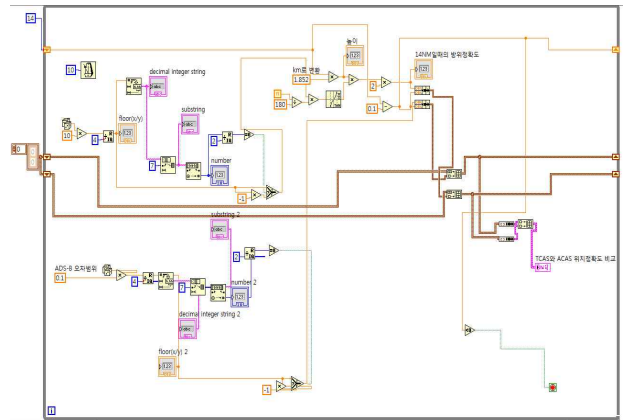


그림 9. 거리정확도 비교 시뮬레이션
Fig. 9. simulation comparing the range accuracy.

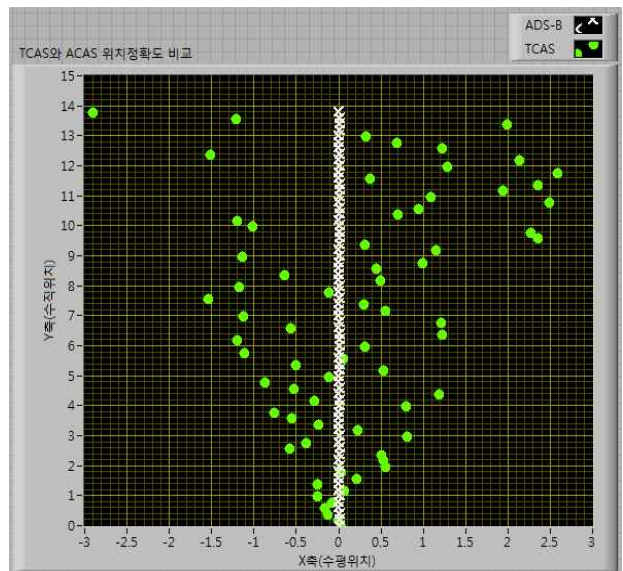


그림 10. 방위정확도 비교 그래프
Fig. 10. graph comparing the bearing accuracy.

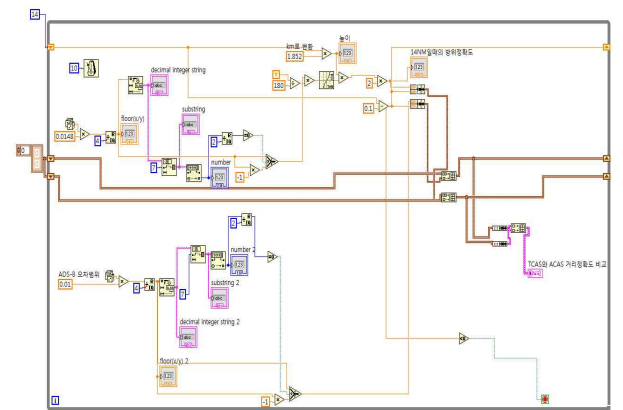


그림 11. 방위정확도 비교 시뮬레이션
Fig. 11. simulation comparing the bearing accuracy.

방위 정확도도 마찬가지로 랩뷰 프로그램으로 정확도 비교

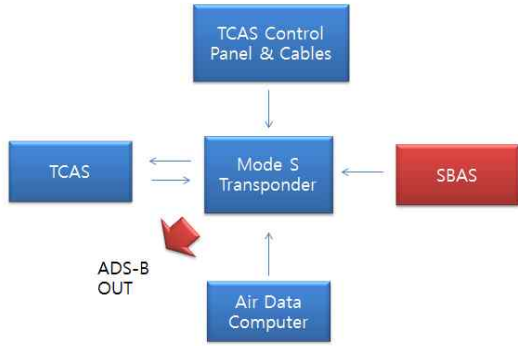


그림 12. ADS-B IN 과 ADS-B OUT
Fig. 12. ADS-B IN and ADS-B OUT.

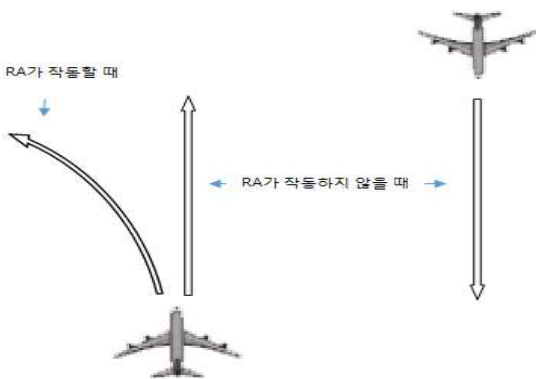


그림 13. 불필요한 RA동작을 무시
Fig. 13. ignoring the unnecessary operating RA.

시뮬레이션을 수행해 보았다. 그림 10은 ●(TCAS)과 X(ADS-B)로 두 장비를 표시한 프린트패널의 화면이고 그림 11은 랩뷰 프로그램의 블록다이어그램을 이용하여 코드를 작성한 화면이다. 이를 이용하여 수평면상에서의 방위정확도를 시뮬레이션 해보았다. TCAS의 방위정확도는 3~5도 정도의 범위이고 ADS-B의 경우 SBAS를 사용한다고 가정할 경우 10 m의 범위를 가지고 있다. 나의 항공기가 좌표상 (0.0)에 위치해 있다고 가정하고 다른 항공기를 두 장비의 정확도와 위치계산 식을 이용하여 계산해본결과 앞서 이론적으로 비교한 것과 같이 ADS-B와 TACS의 방위정확도는 큰 차이를 보였다.

V. 향상된 TCAS

TCAS를 기반으로 ADS-B와 SBAS를 접목시킨 향상된 TCAS는 그림 12와 같이 구성될 수 있다. 기존에 TCAS 구성에 없던 SBAS를 데이터를 추가시키고 ADS-B OUT기능을 이용하여 SBAS를 통해 얻은 위치정보들을 주변 항공기들에게 트랜

스폰더를 통하여 방송을 하고 이로써 서로의 위치를 알 수 있기 때문에 TCAS 컴퓨터에서는 더욱 정확해진 위치데이터를 이용하여 충돌 정보와 회피를 지시할 수 있게 된다. 앞서 TCAS와 ADS-B를 비교하면서 탐색거리, 위치정확도등이 향상될 것이라는 것을 확인하였다. 또한 두 장비는 함께 작동하기 때문에 둘 중 하나에 문제가 생기더라도 충돌회피는 계속해서 할 수 있다는 장점도 가지고 있다.

또 다른 장점으로 기존의 TCAS에서는 수평 RA 지시는 사용하지 못하였는데 그 이유는 기존 TCAS에서의 방위정확도가 상당히 낮기 때문에 수평 회피를 사용할 수 없었다는 것이다. 그러나 향상된 TCAS를 사용하게 된다면 더욱 정확해진 위치정확도로 인하여 필요시 수평 회피도 가능할 것이라 예상된다. 추가적으로 그림 13과 같이 실제 비행루트상의 충돌위험이 없지만 기존 TCAS는 위치정확도가 낮기 때문에 정보범위가 넓어 불필요한 RA도 동작을 해야 했다. 그러나 향상된 TCAS의 경우 높아진 위치정확도만큼 추후에 정보범위도 낮아질 것이라 예상되고 그로인해 불필요한 회피동작을 줄일 수 있을 것이라 판단된다.

VI. 결론

본 논문에서는 SBAS를 이용하는 ADS-B의 데이터를 TCAS에 접목시킴으로서 향상된 TCAS의 성능에 대해서 서술하였다. 현재 항공기 운항에 크게 대두되고 있는 문제는 항공기간의 이격거리를 줄여 항로에 더욱 많은 항공기를 운항시키는 것이다. 이때 TCAS장비는 지금보다 더 필수적인 장비가 될 것이다. 이러한 TCAS 장비를 추가적인 하드웨어의 구현 없이 현재 사용 중인 TCAS와 ADS-B만으로 더욱 정밀하게 항공기의 위치를 파악하여 충돌위험을 감소시킬 수 있다면 항공기간의 거리를 줄이는데 큰 도움이 될 수 있을 것으로 판단된다. 또한 이러한 ADS-B data를 활용한 TCAS 장비는 사전에 항공기의 위치를 파악하여 CPA를 계산할 수 있고 불필요한 RA동작을 감소시킬 수 있기 때문에 조종사의 업무로드와 불필요한 RA동작으로 인한 연료소비나 시간등에 대하여 이득이 발생할 것으로 예상된다. 이에 추후 연구에서는 TCAS 장비에서 ADS-B데이터를 직접적으로 사용할 수 있는 연합 알고리즘을 구현하고 이를 프로그램화 하는 연구를 진행할 예정이다.

감사의 글

본 연구는 2015년도 국토교통부의 「항공인력 양성을 위한 특성화 대학 지원사업」의 지원을 받아 이루어진 연구로서, 관계부처에 감사드립니다.

참고 문헌

- [1] J. H. Go, A performance analysis on collision avoidance systems (TCAS and ADS-B), master's dissertation, Gyeongsang national university, Gyeongsangnam-do, Korea, Feb. 2009.
- [2] Eurocontrol, "ACAS X – the future of airborne collision avoidance," *NETALERT Newsletter issue 17*, June. 2013.
- [3] S. S. Lim, "A proposal for domestic implementation policy of next generation ACAS system," *The Journal of Advanced Navigation Technology*, Vol. 18, No. 1, pp. 1-6, Feb. 2014.
- [4] K. Y. Hong, D. H. Kim, and K. R. Oh, "Study on the ADS-B operational effectiveness through flight test," *The Korea Institute of Military Science and Technology*, Vol. 11, No. 2, pp. 137-145, June. 2007.
- [5] D. W. Burgess, S. I. Altman, and M. L. Wood, "TCAS: Maneuvering Aircraft in the Horizontal Plane," *The Lincoln Laboratory Journal*, Vol. 7, No. 2, pp. 295-312, 1994.
- [6] Radio technical commission for aeronautics DO-242A, "minimum aviation system performance standards for automatic dependent surveillance-broadcast(ADS-B)," June. 2002.
- [7] C. S. Sin, J. H. Kim, and J. Y. Ahn "Technical Development Trends of Satellite Based Augmentation System," *Electronics and Telecommunications Trends*, Vol. 29, No. 3, pp. 74-85, June. 2014
- [8] Ministry of Land, Infrastructure and Transport, "A research of standard on improving the performance of an aircraft air collision avoidance system(TCAS-II)", Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Sejong, Korea, Dec. 2012.
- [9] RTCA SC-186, Minimum Aviation System Performance Standards for Automatic Dependent Surveillance Broadcast. RTCA Paper No. 007-98/TMC-308. Jan. 1998.
- [10] RTCA SC-147, "Minimum Operational Performance Standards for Traffic Alert and Collision Avoidance System II (TCAS II) Airborne Equipment," RTCA/DO-185, Dec. 1997.
- [11] Honeywell Aerospace, CAS 100 Traffic Surveillance System, Honeywell, 1944 E. Sky Harbor Circle Phoenix, AZ 85034, C61-0811-000-000, pp.1-4 Apr. 2008.



소준수 (Jun-Soo So)

2015년 2월 : 한서대학교 항공전자학과 졸업 (공학사)
 2015년 ~ 현재 : 한서대학교 항공기 시스템학과 석사과정
 ※ 관심분야: 항공전자



구성관 (SungKwan Ku)

2014년 : 한국항공대학교 항공교통물류학과 박사수료
 2009년 9월 ~ 2014년 2월 : 한국산업기술시험원 기계시스템본부 연구원
 2014년 2월 ~ 현재 : 한서대학교 항공레저산업학과 조교수
 ※ 관심분야: 항공교통, 시험평가인증, 시뮬레이션, 안전성평가



홍교영 (Gyo-Young Hong)

1993년 3월 ~ 2001년 : 대한항공 항공기술연구소 선임 연구원
 2001년 9월 ~ 현재 : 한서대학교 항공전자공학과 교수
 ※ 관심분야: 비행시험, 항공통신, 항공기 시스템