

論文

회전익 항공기용 가변형 전술용 시뮬레이터의 음향 재생 시스템 제작

홍승범*, 최연철**

Implementation of the Aural Cueing System of
the Reconfigurable Tactical SFTS for the Rotor Aircraft

Seung-Beom Hong*, Youn-Chul Choi**

ABSTRACT

We implemented the Aural Cueing System(ACS) system of the reconfigurable tactical trainer(RTT) for the rotor aircraft. RTT provides a collective training system to meet aviation training requirements and supports organizational training for aviation units in combined arms collective training and mission rehearsal. ACS handles the volume, pitch and repetition of the digitally stored sounds based on commands it receives from an UDP/IP. In this paper, we explained and implemented the conceptual and detail design the ACS system for the rotor aircraft such as AH-1H(Iroquios), UH-60(Blackhawk), AH-1(Cobra) etc. The conceptual design composed of the sound cueing data analysis, sound modelling which is inner, outer, weapon and warn environment of rotor aircraft, sound synthesis and replay.

Key Words : ACS (음향시스템), LabVIEW(랩뷰), RTT (가변형 전술훈련기), OFT(작전비행훈련기) Flight Training Devices(비행훈련장치)

1. 서 론

비행 시뮬레이터(Flight simulator)는 실제 항공기와 동일한 상황 및 동작으로 지상에서 비행 훈련을 실시할 수 있는 장치로, 실제 항공기에 의한 비행훈련의 경우 훈련자의 비행기술 미숙으로 인한 사고의 위험도가 높고, 비행훈련에 따른 물적·인적비용이 많이 드는 단점이 있다[1]-[3]. 그러나 실 항공기에 의한 본격적인 비행훈련 전에 비행시뮬레이터를 사용하여 훈련할 경우, 훈련자가 해당 항공기에 대한 사전 숙지가 가능하고, 비행훈련 비용 및 시간을 감축시킬 수 있는 장점이 있다. 또한 최근에는 무인항공기의 개발이 활발히 진행되고 있으며 더불어 무인항공기와

유인항공기와의 공조가 가능한 전술 훈련에 대한 관심이 급증하고 있다.

시뮬레이터는 훈련 목적에 따라 작전비행훈련기(OFT : Operational Flight Trainers), 비행훈련장치(FTD : Flight Training Devices) 및 전술훈련기(RTT : Reconfigurable Tactical Trainer) 등으로 나눌 수 있다[1]. OFT는 6-DOF (Degree of Freedom) 유압 모션시스템으로 실제 항공기와 동일한 조종석을 가진 훈련기를 의미하며, FTD는 비유압식 구동체계/영상체계/전술 등을 목적으로 조종석절차훈련기, 계기비행, 하부체계훈련기이다. 그리고 RTT는 기초전술시스템으로 무기, 항법, 통신시스템을 연동한 팀 훈련을 하기 위한 전술훈련 시뮬레이터이다. 이 가운데 RTT는 군의 작전과 전술훈련을 목적으로 하는 시뮬레이터이므로 비상절차, 비전술체계, IFR(Instrument Flight Rules)비행과 병행하여 통신, VFR(Visual Flight Rules)비행, 무장과 전자 등에 많은 관심을 두는 시뮬레이터이다.

본 논문은 회전익 항공기의 RTT급 시뮬레이터에 필요한 음향재생 시스템의 제작에 대한 연구

2009년 11월 10일 접수 ~ 2009년12월20일 심사완료

* 한서대학교 항공전자시뮬레이션학과

**한서대학교 헬리콥터조종학과

연락처, E-mail : pilot@hanseo.ac.kr

충남 태안군 남면 신운리 한서대학교 태안비행장

이다. 통상적인 비행시뮬레이터의 음향재생 시스템은 비행에 필요한 음향을 반복/재생하는 방법을 사용하는데 이러한 방법은 간헐적으로 비행 환경과 음원이 이질감이 든다는 문제가 있다. 본 논문에서는 이러한 부분을 해결하고 실 운용 환경과 유사하게 시뮬레이션하기 위한 ACS 시스템을 고안하였다.

ACS 시스템은 기존의 사운드 엔진을 이용하는 방식보다 호스트로부터 재생신호(Cueing)를 제공받으면 그에 적합한 음원을 재생하는 방식이다[3]. 따라서 ACS 시스템은 실제 운용절차의 분석이 필요하다. 실 운용 절차는 기체상태 체크를 시작하여 운용 후 다시 상태 체크로 마무리되는 절차로 진행된다. 또한, 비행시뮬레이터의 운용에 따라 발생하는 필수 음향의 분석, 획득방향, 모듈별 음원 적용을 통한 튜닝과 조종입력에 따른 음향재생 방법을 제안하였는데 작업이 용이한 LabVIEW를 활용하였다.

II. 전술 시뮬레이터

가변형 전술 훈련기(Reconfigurable Tactical Trainer: RTT)는 BAE System에서 개발한 전술 훈련용 시뮬레이터로 1996년대에 처음으로 팀 훈련 장비로 기초전술시스템인 무기, 항법, 통신시스템을 훈련하기 위해 개발되었다[1]. RTT는 군과 민간에서 사용영역을 확장시키고 있는데 보잉의 ITAP(Integrated Tactical Avionics Programs), SAAB의 T3SIM(Tactical/Technical/Development Simulation System)이 대표적 실험데이터이다[1].



Fig. 1 RTT 개념도

BAE 시스템은 1996년도 미 육군에서 회전의 항공기(AH-64 AH-1S, UH-60, CH-47, OH-58D, UH-1H)의 팀훈련을 목적으로 제작하였는데

가변형 그래픽을 갖춘 터치 스크린형 계기와 콘솔 패널형태인 고성능 전술시스템 시뮬레이션(무장, 센서, 항법, 비행, visual, 통신)에 중점을 두었으며 OFT나 FTD에서 중요한 엔지시동, 보조패널, 전기, 유압, 비상절차는 시뮬레이션하지 않았다. 추후 타 시스템과 연동이 가능하도록 지형 데이터베이스 추가 및 브리핑 룸과 임무 통제실 등이 추가되었으며 현재 최종 Fig. 1과 같은 RTT 시뮬레이터가 최종 개발이 되었다.

RTT는 저비용 전술 훈련장비로 임무 리허설, 승무원 협조 훈련, 통신/항법훈련, 무장, 센서 훈련 시뮬레이터로 타 시뮬레이터와 성능 차이는 표 1과 같이 비교할 수 있다.

Table 1 장치 성능 비교

| 구분 | RTT 성능 | OFT 성능 |
|----------------|---------------------------|--------|
| 전술체계 | ◎ | 필요 없음 |
| 통신 | ◎ | ◎ |
| VFR 항법 | ◎ | ◎ |
| 무장 | ◎ | ◎ |
| 전자 | ○ | ◎ |
| 비행 | △ | ◎ |
| 엔진 | △ | ◎ |
| 비상절차 | × | ◎ |
| IFR 항법 | 없음 | ◎ |
| Visual Display | 헬멧장치 | 스크린 |
| 모션 | Seat Vibrator(SV) | DOF/SV |
| 중요도 | ◎:매우 높음, ○:높음, △:보통, ×:낮음 | |

즉, RTT는 통신, VFR 항법, 무장에 중점을 두고 있는데 반해, OFT는 항공기별 엔진 및 비행 모델링이 더 중요한 요소이다.

III. ACS 시스템 개념설계

음향시스템은 시뮬레이터 상에서 실 환경과 같은 현실감 있는 훈련을 위하여 발생하는 각종 사운드를 제공하는 음향시스템과 조종사 간/팀 간의 통신 시스템 등을 통칭한 것이다.

본 논문에서는 음향 시스템 중 ACS(Aural Cueing System) 시스템으로 제작하였다. Fig. 2는 RTT 전체 시스템의 구성형태로 각 시뮬레이터에 센서들이 연결되어 있고, 센서 데이터들이 개별 호스트로 연결된다.

호스트에서는 헬기 동작/이벤트 등 음향에 필요한 명령을 발생시키게 된다.

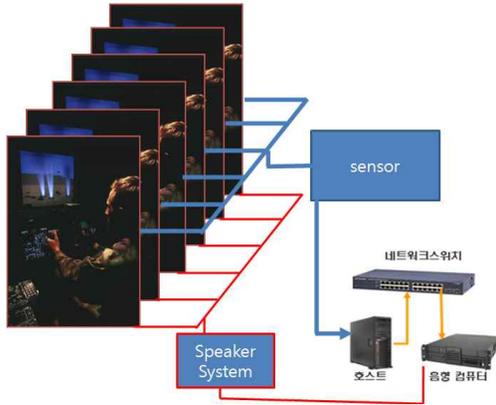


Fig. 2 RTT 전체 시스템 구성도

각 호스트에 1:1로 음향컴퓨터로 데이터를 전달하여 음향을 제공한다. 즉, 호스트에서 상황에 적합한 Cue신호가 입력되면 해당음원이 재생되도록 하였다. 즉 ACS 시스템은 사운드엔진 없이 음원만을 재생할 수 있는 시스템이다.

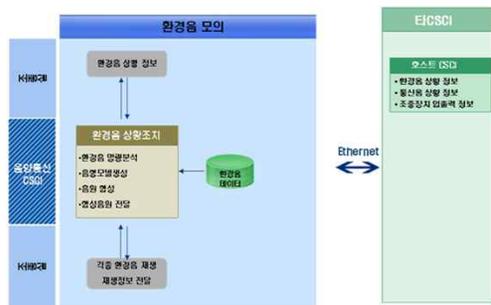


Fig. 3 음향 시스템 동작 개념도

호스트와 음향시스템의 실행은 조종실/감독통제실에서 기종을 선택하거나 지상/비행상태, 가상상태 등의 초기환경을 설정한다. 또한, 동일작전을 수행하는 시뮬레이터의 상황, 통신 및 조종장치의 입출력값을 데이터넷을 통하여 각 시스템에 전달한다. Fig. 3은 ACS 시스템의 동작 개념도로 각 음향시스템의 동작은 환경음 명령 분석, 음향모델 생성, 음원 생성, 음원 데이터 산출하여 음원 데이터 추출

3.1 음향시스템의 구성항목의 세부항목

- 환경음 명령분석
 - 통신 관리 , 환경음 명령 수신
 - 시스템 상태 확인
 - 음원 데이터 산출하여 음원 데이터 추출

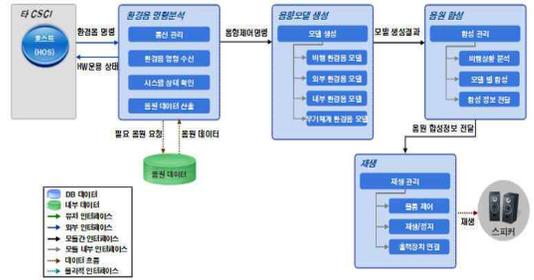


Fig. 4 음향 시스템 구성 항목

- 음향 모델 생성
 - 비행 환경음 및 외부 환경음 모델
 - 내부 환경음 및 무기체계 환경음 모델
- 음원 합성
 - 비행상황 분석, 모델별 합성, 합성정보 전달
- 재생 관리
 - 볼륨 제어 및 재생/ 정지 출력장치 연결

3.2 음향시스템에서 구현되는 환경음 종류

- 비행 환경음
 - 비행음으로 지상/비행상태, hovering으로 구분
 - 지상 상태
 - 시동, ground idle, 이륙전, 시동종료, APU (auxiliary power unit), Engine, Rotor 음향.
 - 비행 상태
 - 정상 이륙, 비행, Landing, 고도값 등으로 엔진 및 로터RPM에 따라 Rotor 음향을 출력.
 - 하버링
 - 비행 중 정지한 상황으로 속도가 0인 상태로 엔진음이 출력.

- 외부 환경음
 - 헬기자체와 관련없는 외부음 비, 바람, 천둥, 돌풍, 지형지물충돌, 운동체 충돌, 이·착륙음 등이며 천둥·돌풍은 기상 발생지점간 거리에 따라 음향의 세기가 결정된다.

- 내부 환경음
 - 헬기 비상상황시 작동되는 각종 warning음 (rpm 경고, 화재, 연료, 유압경고등 등) 및 변화.

- 무기체계 환경음
 - M60, 7.62mm/20mm Gun, FLARE, Tow, Rocket, CHAFF, Missile 등의 장착무기발사음.

IV. 음향 재생 시스템 구현

본 연구는 음향시스템구현을 LabVIEW[4][5]를

이용하여 제작하였다. Fig. 5는 ACS 상태 다이어그램으로 지상/비행 상태에 따라 비행 시뮬레이션 운용절차를 나타낸 것이다.

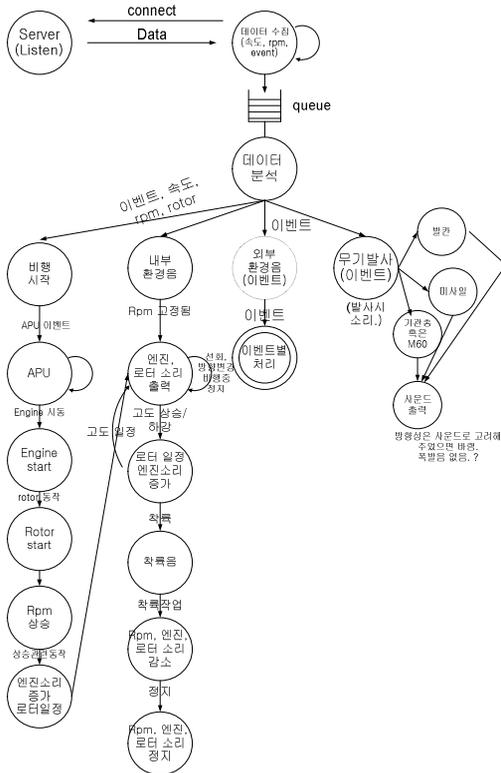


Fig. 5 ACS 상태 다이어그램

4.1 가상 호스트의 데이터 포맷

호스트에서 음향시스템으로 전달하기 위한 데이터 포맷은 표 2와 같이 정의하였다.

Table 2. 데이터 포맷

| 변수 | 크기(byte) | 비고 |
|-----------------------------|----------|----------------|
| Status | 1 | 상태 |
| Ground Event | 1 | 지상 상태 |
| Flight/Ground Status | | |
| 항공기좌표 | 3 * 8 | 비행/지상 초기값 |
| RPM/속도/고도 | 3 * 8 | |
| Weapon | 1 | 무기 |
| Warn | 1 | 경고 |
| 외부 환경음 | | |
| 바람/ 강수 세기 | 2 * 1 | 세기와 위도, 경도, 고도 |
| 천둥정보 | 1+ 3* 8 | |
| 돌풍정보 | 1+ 3* 8 | |

• 상태(8 bit)

- 비행 상태(지상/비행), 외부 환경음 선택. 여기서, 시스템상태는 지상/비행상태를 결정하는 불리언으로 참일 때 비행상태, 거짓일 때 지상상태를 의미한다.



Fig. 6 Status 데이터

• Ground Event(8 bit)

- APU, Engine, Rotor, 충돌 및 착륙 정보.



Fig. 7 Ground Event 데이터

• 지상/비행 상태(좌표 24bit, rpm 24bit)

- 상태의 비행 상태 선택에 따라 결정되며, 항공기좌표(위·경도, 고도), 엔진 RPM, Rotor RPM, 항공기 속도를 정의한다.

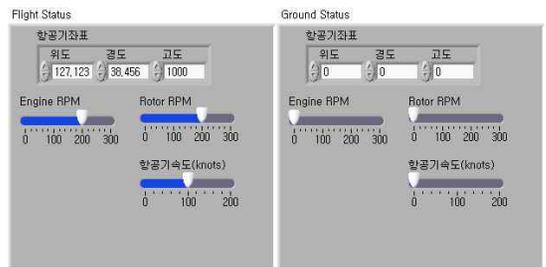


Fig. 8 Flight/Ground 데이터

• 무기(8bit)

- 각종 8개의 무기를 설정한다.



Fig. 9 무기 데이터

- 외부 환경음(날씨 24 bit)
- 비/바람/천둥/돌풍 정보



Fig. 10 비/바람/천둥/돌풍 데이터

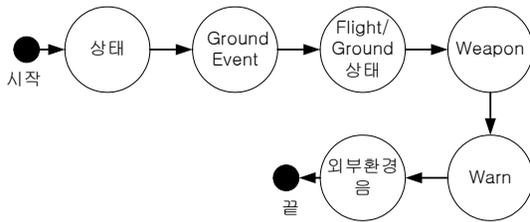


Fig. 11 송신 측 데이터 전송 상태도

Fig. 11은 호스트에서 ACS 시스템에게 전달되는 데이터생성 상태도이다. 작동을 비행상태에서 시작할 것인지, 지상상태에서 시작할 것인지를 결정한다. 각 상태에 따라 ground event, 지상/비행 상태(Flight/Ground), 무기(weapon), 경고(warn), 외부 환경음 순으로 데이터를 전송하게 된다. 외부 환경음 역시 상태에서 결정하게 된다.

4.2 UDP 와 Queue 시스템

호스트와 음향시스템은 UDP(User Datagram Protocol)로 전송한다. UDP의 경우 데이터그램 타입의 데이터를 전송하는 방식으로 서로 정보를 주고받을 때 정보를 보내거나 수신하는 것에 대

한 절차 없이 송신측에서 일방적으로 데이터를 전달하는 통신 프로토콜이다. Fig. 12는 UDP 프로토콜을 나타낸 것으로 오른쪽은 호스트에 해당하고, 왼쪽은 ACS 시스템에 해당한다.

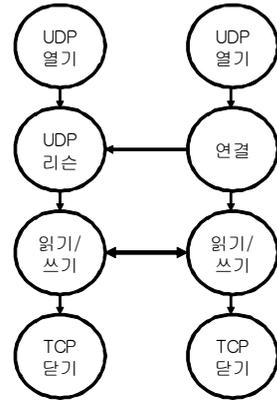


Fig. 12 UDP 프로토콜

UDP를 통하여 수신된 데이터는 buffer에 저장한다. 버퍼는 네트워크를 통하여 입력된 데이터와 각 데이터를 처리하기 위한 시간이 서로 상이한 경우와 수신된 데이터를 순서대로 처리하기 위해 사용하게 된다. 즉, 버퍼는 수신된 데이터를 비행환경음 모델, 외부환경음 모델, 내부환경음 모델, 무기체계환경음 모델별로 데이터를 분류하기 위해 사용한다. 버퍼 처리는 Fig. 13과 같이 큐 언기, 큐 추가, 원소를 큐에서 제거, 큐 해제 의 단계로 수행된다.

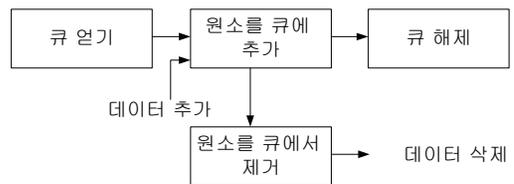


Fig. 13 큐 시스템

LabVIEW에서 큐는 버퍼 기능 이외에도 독립된 task 처리가 가능하다. 즉 여러 프로세서가 동시에 동작할 때 어느 프로세서에 종속되지 않고 독립적으로 구동할 수 있도록 동작시키는 기능을 가진다. 따라서 각 수신된 데이터 순서에 따라 비행/외부/내부/무기체계 환경음 등으로 데이터를 분류하고, 각 모델별로 독립된 프로세서로 동작하도록 설계하였다.

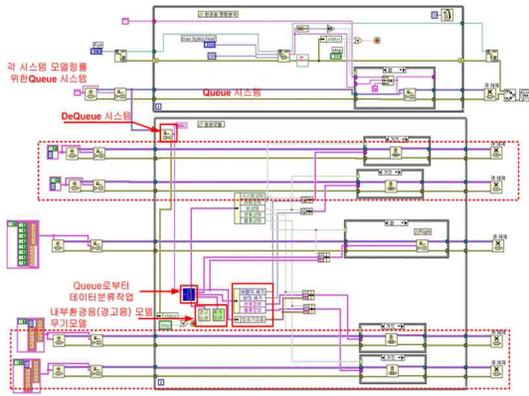


Fig. 14 큐 시스템의 적용 예

Fig. 14는 큐 시스템이 병렬 처리를 위해 적용된 예이며 Fig. 13에서 중간과 하단 부분에 해당한다. 호스트로부터 받은 데이터를 DeQueue 시스템을 통하여 데이터를 분류하는 작업을 수행한다. 즉, 내부환경음 모델, 비행환경음 모델, 외부환경음 모델, 무기체계환경음 모델 등으로 분류한다. 이 모델은 다른 모델 혹은 ACS로부터 종속 받지 않아야 하므로 이벤트가 발생시 할 때마다 독립적으로 구동할 수 있도록 하였다.

4.3 재생

큐 시스템으로 분석된 각 음향에 따라 음이 재생이 될 수 있도록 지연시간을 두면서 작동한다. Fig. 15는 비(블리언)버튼이 참인 경우 사운드가 출력되고, 거짓인 경우 사운드는 종료된다.

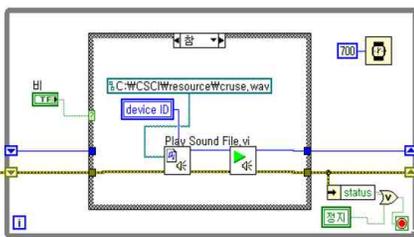


Fig. 15 재생 시스템

재생시스템은 연속 실행, 1번 실행, 임의의 시간별 실행의 3가지 상태로 구분된다. 연속실행은 로터/엔진음과 같이 프로그램 종료되기 전까지 지속적으로 진행되는 것이며, 1번 실행은 이벤트에 따른 무기체계 환경음과 내부환경음 등이다.

임의 시간별 실행은 임의 시간이 경과후 소리가 플레이되는 천둥, 돌풍 등이다.

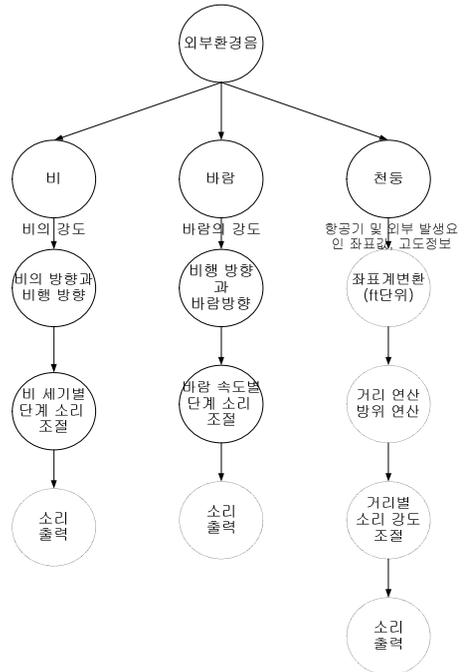


Fig. 16 외부 환경음별 처리 절차

Fig. 16과 같이 외부 환경음에 따라 비와 바람 등은 방향과는 관계없이 세기만으로 결정하였으며 천둥/돌풍은 거리연산을 통하여 세기를 결정하게 된다. 4.4절에서 거리 연산 알고리즘을 정리한다.

4.4 거리 연산 알고리즘

항공기의 현재 위치에 대한 경위도 좌표와 천둥이 발생한 위치 좌표간의 거리계산은 Fig. 17과 같이 구 삼각공식(spherical trigonometry)을 이용하여 구할 수 있다.

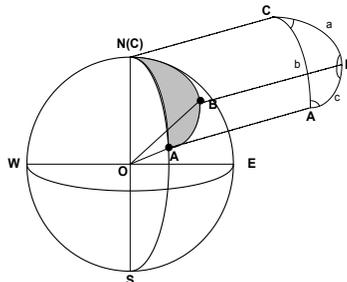


Fig. 17 구 삼각형(spherical triangle)

$$c = \cos^{-1}(\cos c) \quad (2)$$

두 지점간의 거리는 지구 전체 둘레에 대한 각 거리 (2π)와 두 지점 간의 각 거리 c 를 지구의 둘레에 곱함으로써 구할 수 있다. 즉, 거리 d 는 다음의 식과 같다.

$$d = \left(\frac{c}{2\pi}\right) \cdot (2 \cdot \pi \cdot R) / 1852 \quad (3)$$

$$= c \cdot R / 1852$$

여기서, R 은 지구의 반지름으로 6371100m을 적용하고, 1852는 meter를 nautical mile(NM)로 변환하기 위한 계수이다. 또한, 항공기의 현재 고도(altitude)로부터의 사거리(slant range)는 수식 (4)로 구한다.

$$slant = \sqrt{d^2 + alt^2} \quad (4)$$

두 지점 X, Y 간의 거리와 사거리를 구하는 알고리즘은 연산의 간소화를 위해 수식노드를 이용하였다. SubVI로 위도변경 함수와 deg2rad 함수 등으로 위도변경 함수는 극좌표와 위도사이의 각도를 구하는 함수이고, deg2rad 함수는 각도를 radian으로 변환하는 함수이다. 전체 거리의 단위는 nm(nautical mile)로 변환하여 구하였다.

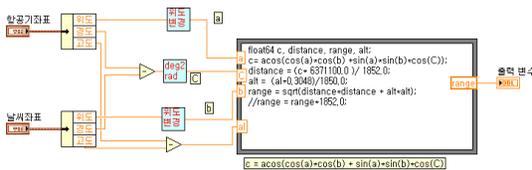


Fig. 18 거리 및 사거리 계산 알고리즘

또한, Fig. 18에서 얻어진 결과를 이용하여 다섯 단계로 나누워 음원의 크기를 선택하였다.

V. 결 론

시뮬레이터는 훈련목적에 따라 작전비행훈련기(OFT), 비행훈련장치(FTD), 전술훈련기(RTT) 등으로 구분되는데 OFT와 FTD가 실제 항공기와 동일한 조종석에 의해서 조종석 절차훈련, 계기 비행 및 각종 비행훈련 등에 사용되는 것에 반해 RTT는 기초전술인 무기, 항법, 통신시스템을 목적으로 팀 훈련을 위한 장비이다. 따라서 RTT는 통신, VFR 항법, 무장장치에 중점을 둔 저비용 전술훈련장비로 승무원협조 및 통신, 항법훈련을

목적으로 한다. 따라서 OFT 1대의 가격으로 6대 (1 set)의 전술훈련시뮬레이터를 제작할 수 있다.

본 논문은 이와 같은 RTT에서 사용되는 음향 시스템의 제작에 관련된 연구이다. 기존 음향 시스템의 경우 사운드엔진을 탑재하여 항공기의 엔진 모델링을 통하여 음향을 관리한다. 그러나 저가의 RTT에서는 사운드엔진의 탑재보다는 호스트로부터 큐(Cue)신호를 받을 때 음원을 출력하는 ACS(Aural Cueing System)이 유리하므로 이를 위한 ACS의 제작하기 위한 개념설계와 이에 따른 음향시스템을 구현하였다.

ACS 개념설계는 호스트에서 UDP 통신프로토콜에 의해 전달된 큐 데이터를 ACS에서 수신하여 환경을 분석하고, 적합한 음원 모델을 선택, 음원 합성 및 재생하는 단계로 구분하였다. 또한 음원 모델은 내부, 외부, 비행과 무기체계 환경음 등으로 세분화하였다.

본 연구의 후속연구는 가변형 전술용 시뮬레이터비행 실험을 통한 ACS 시스템의 안정화 작업을 수행할 계획이다.

후 기

본 논문은 (주)썬 에어로시스의 지원을 받아 수행됨.

참고문헌

- [1] 이용원, 조준호, 최연철, "가변형 전술 비행 시뮬레이터 개발을 위한 분산 시뮬레이션 모델 기반의 프레임워크," 한국항공우주학회 학술 발표논문, pp. 459-464, 2007.
- [2] 백중환 외 3명, "M20J 시뮬레이터 개발을 위한 시스템 통합," 한국항공우주학회지 제 7권 제1호, 1999, pp.19~29.
- [3] 김귀하, 박태근, 전향식, 전대근, 최형식, "비행 시뮬레이터 적용을 위한 음향생성 시스템 모델링," 2008년 항공우주학회 춘계학술대회, pp. 692-695, 2008.
- [4] 홍승범, 지민석, *LabVIEW 기초*, 2009.
- [5] 광두형, *컴퓨터 기반의 제어와 계측 LabVIEW*, ohm사, 2007.
- [6] 국토해양부, *훈련용 헬기 시뮬레이터 개발*, 최종 보고서, 2008.
- [7] Gary. R. G. P.E, William C.Reese. William H. Durham, Sam Knight, "The Army Aviation Collective Training Solution : AVCATT-A", BAE systems.