

항법 지리 데이터베이스를 이용한 비행 시뮬레이터용 항공전자 장치 소프트웨어 개발

Development of the Avionics System Software for Flight Simulator Using Navigation Geography Database

백 중 환*

Joong Hwan Baek*

요 약

본 논문에서는 R-트리를 이용하여 항법 지리 데이터베이스를 구축하고 비행 시뮬레이터를 위해 VOR, ILS, DME, NDB 등의 항공전자 장치를 위한 소프트웨어를 개발한다. 먼저, R-트리를 이용하여 항법지리 데이터베이스를 설계하고 각 공항의 항법시설에 대한 데이터베이스를 구축한다. 항공전자 장치 소프트웨어 구현을 위해 VOR에서는 항공기와 VOR국 간의 거리, 방위각, 편위각 등을 계산하는 알고리즘을, ILS에서는 LLZ로 부터의 편위각, GP로 부터의 글라이드 슬로프로, 마커의 범위 등을 계산하는 알고리즘을 개발한다. 항법 지리 데이터베이스 시스템은 데이터베이스를 구축하고 갱신할 수 있는 항법지리 데이터 관리기, 항법전자장치에 관련된 정보를 제공하는 실시간 탐색기, 항법지리 데이터베이스, 그리고 사용자 인터페이스로 구성된다.

Abstract

In this paper, we construct a navigation geography database using R-tree, and develop a software for avionics systems such as VOR, ILS, DME, and NDB. First, we design the navigation geography database using R-tree, and construct a database for navigation aids facilities of every airport. In order to implement avionics software, we develop some calculating algorithms for distance, bearing, and deviation angle between an aircraft and a VOR station for VOR, and deviation angle from a LLZ, glide slope from a GP, and range of markers for ILS. The navigation geography database system is composed of map data manager which can construct and update the database, real-time searcher which provides information about the avionics system, geography database, and user interface.

I. 서 론

비행 시뮬레이터를 위한 항법 지리(navigation geography) 정보로는 비행에 따른 항공기의 위치 정보와 항공기를 통제하기 위한 지상국과 통신국

등의 기지국 위치 정보, 그리고 항공기의 전파 수신 가능 지역 범위 등의 정보가 필요하다. 이러한 정보들을 데이터베이스화 하기 위해서는 공간 데이터(spatial data)를 처리할 수 있는 화일 기법이 필요하다. 즉, 비행 시뮬레이터에 사용되는 항법 지리 정보 표현에 필요한 공간 데이터를 다루기 위해서

*한국항공대학교 항공통신정보공학과 (Dept. of Telecommunication & Information Eng., Hankuk Aviation Univ.)

· 논문번호 : 97-1-6

· 접수일자 : 1997년 12월 6일

는 데이터의 공간적 위치에 따라 신속하게 데이터 항목을 검색하도록 하는 인덱스 메커니즘이 필요하다. 그러나 기존 인덱스 기법들은 다차원 공간에 위치하며 크기가 있는 데이터 객체들을 다루기에는 적합치 못하다[1].

공간 데이터 객체들은 전파의 수신 범위와 같이 다차원 공간에 위치하여 점 위치 만으로는 제대로 표현할 수 없다. 이러한 공간 데이터에 대한 일반적인 연산으로는 어느 특정 지역에 속한 모든 객체를 탐색하라는 것이나, 특정 지점을 포함하는 객체를 찾으라는 것 등이 될 수 있다. 예로서 항공기의 현 위치로부터 20 마일 이내의 지역에 있는 공항을 찾는 것 등을 들 수 있다.

기존의 공간 화일 기법들로는 K-D 트리, K-D-B 트리, 그리드 화일, R-트리 등을 들 수 있다. 이들 중 최근에는 R-트리 기법이 공간 데이터 처리를 위해 많이 사용되고 있는데 그 이유는 공간 데이터의 자료구조를 쉽게 표현할 수 있으며, 동적으로 데이터를 첨가, 삭제할 수 있도록 지원하고, 검색 효율 또한 우수하기 때문이다. 따라서 비행 시뮬레이터의 항법 지리 정보를 위한 공간 데이터베이스의 구축에는 R-트리 기법이 가장 적합하다고 할 수 있다 [2][3].

본 논문에서는 R-트리를 이용하여 항법 지리 데이터베이스를 구축하고 비행 시뮬레이터를 위한 항공전자 장치 (Avionics System)의 소프트웨어를 개발한다. 본 논문에서 구현하는 항공전자 장치는 VOR, TACAN, ILS, DME, NDB 등이다.

II. 항법 지리 데이터베이스

2-1 R-트리

R-트리 기법을 설명하기 위해 먼저 점(point)과 영역(region)의 정의를 내리기로 한다. 점은 도메인 0 도메인 1... 도메인 $K-1$ 의 한 원소를 말하며, 항공기와 항법시설의 위치 정보를 표현하게 된다. 시뮬레이터를 위한 위치 데이터는 ($115^\circ E, 30^\circ N$)과 같이 "위도 경도"로 나타낼 수 있다. 영역은 다음과 같은 성질을 만족하는 모든 점($x_0, x_1, \dots,$

x_{K-1})들의 집합을 지칭한다.

$$\text{mini} \leq x_i < \text{maxi}, 0 \leq i \leq K-1$$

여기서 mini, maxi는 도메인 i 의 원소이다. 이러한 영역 데이터는 지상국의 전파 발신 범위와 항공기의 전파 수신 범위 등을 표현하게 되며 위도와 경도의 범위로 표현될 수 있다.

공간상의 데이터 객체는 일반적으로 임의의 모양을 가지며, 항공기 시뮬레이터의 객체는 지상국의 전파 도달 범위와 항공기의 전파 수신 범위 등으로 그림 1과 같이 원형으로 표현된다. 그러나 임의의 모형이나 원형을 표현하는 것은 매우 어려우므로 화일에서는 그 물체를 포함하는 최소 경계 사각형(minimum boundary rectangle)으로 표현하게 된다.

R-트리는 B-트리와 유사하게 인덱스 레코드들로 구성되는 높이 균형 트리(height-balanced tree)로서 리프 노드들이 데이터 객체에 대한 포인터를 포함한다. 만약 인덱스가 디스크 속에 존재한다면 각 노드는 디스크 페이지에 해당한다. R-트리의 구조는 공간 탐색시 적은 수의 노드들만을 방문하여 원하는 객체를 탐색할 수 있도록 설계되었다. 인덱스는 완전히 동적 성질을 가지므로 삽입, 삭제가 탐색과 같이 행해질 수 있고 주기적인 재구성도 필요치 않다.

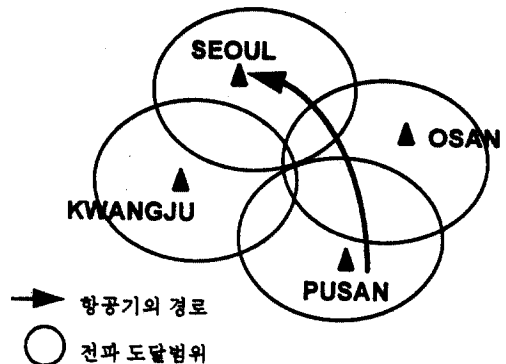


그림 1. 항공기를 위한 항법 지리 정보

Fig. 1. Navigational geography information for an aircraft.

공간 데이터베이스는 공간 객체를 표현한 튜플(레코드)들의 모임으로 구성되며 각 튜플은 검색시 사용하게 되는 유일한 식별자를 갖는다. R-트리에서 리프 노드는 다음과 같은 형태의 인덱스 레코드 엔트리들을 포함한다.

(I, 튜플식별자)

여기서 튜플식별자는 데이터베이스내의 튜플을 참조하며 I는 2차원의 사각형으로써 인덱스되는 공간 객체의 경계 사각형(bounding box)이다.

$$I = (I_0, I_1)$$

여기서 첨자는 각각 위도와 경도를 의미하며 I_i는 객체가 차원 i에서 위치하고 있는 범위를 기술하는 폐쇄 경계 구간(closed bounded interval) [a,b]이다. 리프가 아닌 중간노드들은 다음과 같은 형태의 엔트리들을 포함한다.

(I, 자식 포인터)

자식 포인터는 R-트리에서 하위 레벨 노드의 주소이며 I는 하위 레벨 노드의 엔트리에 있는 모든 사각형을 포함하는 사각형이다. 그림 2의 (a)는 R-트리의 구조를 보이며 (b)는 R-트리가 표현한 사각형들 사이의 포함 관계와 겹치는 관계들을 보이고 있다.

2-2 항법 지리 데이터베이스

비행 시뮬레이터의 데이터베이스에서 다루는 데

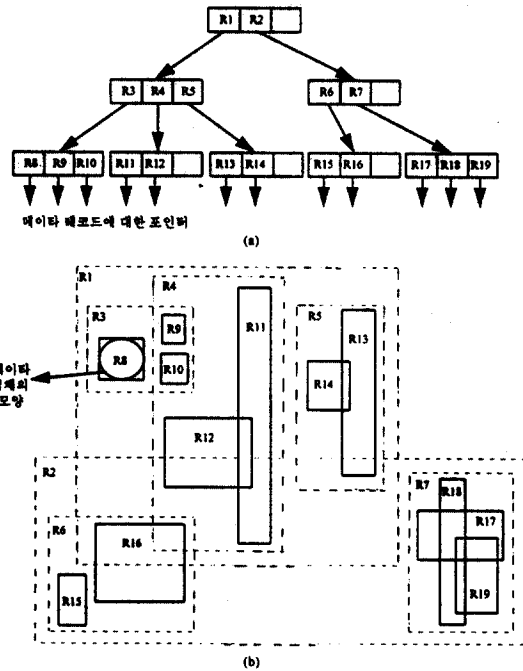


그림 2 R-트리의 예
Fig. 2. An example of R-tree.

이타는 종류에 따라 크게 공항 정보와 지상국(station) 정보로 나누어진다. 공항정보는 LLZ(Localizer), GP(Glide Path), RWY(Runway) 등으로 구성되어 있으며 각각은 Area, ID-signal, Coordination, Frequency, Runway 및 Marker정보 등을 포함한다.

지상국 정보로는 APP(Approach), TWR(Tower), DEP(Departure), GND(Ground), VOR, VORTAC, VOR/DME, TVOR, TVORTAC, TVOR/DME, HVOR, HVORTAC, HVOR/DME, TACAN, DME, NDB, APP, DEP,

표 1. 강릉공항의 TACAN에 대한 데이터베이스

Table 1. Database for the TACAN of Kangnung airport.

SPEC	AREA	Service	ID	Coordinate	VHF	UHF	unuse area (degree, dist, height)	접속반경
station	kangnung	tacan	KAN	N 37.45.18 E 128.57.30	NONE	56	140~160, 30, 6500 161~220, 20, 18000 221~285, 20, 15500	150 nm

TWR, GND, LLZ, GP 등 Frequency를 가진 모든 대상으로 확장할 수 있지만, 본 논문에서는 공항 관련 시설들인 APP, DEP, TWR, GND, LLZ, GP 등은 공항정보로 통합 구성하여 관리한다. 각 지상국에 관련된 정보는 AREA, ID-Signal, Coordination, Frequency 등을 포함하며, 지형적 장애로 인해 항법 시설을 사용할 수 없는 Unuse Area 정보도 저장된다. 표 1에 강릉공항의 TACAN에 대한 데이터베이스 입력 예를 보인다.

Ⅲ. 항법전자장치 소프트웨어

3-1 VOR

VOR 시스템은 항공기의 전파항법 (Radio Navigation)을 위한 장비로서 108.00~117.975MHz 대의 전파를 사용하여 VOR국으로부터의 방위 (Bearing)를 측정하며, TVOR의 경우는 방위 및 거리를 측정한다[4][5]. 또한, VOR 계기에 있는 OBS (Omni Bearing Selector) 또는 HSI 계기의 CS (Course Selector)를 세팅함으로써 세팅된 방위로 "부터"(From) 혹은 "으로"(To)의 편위각 및 To/From 표식이 자동적으로 나타난다. VOR은 VHF 주파수대의 전파를 사용하기 때문에 중저파의 주파수보다 지형지물이나 기상 등의 영향을 적게 받지만 line of sight의 제한이 있기 때문에 고도와 방위에 따라서 VOR시설을 사용할 수 없는 지역 (Unuse Area)이 존재한다[6][7].

VOR에 입력되는 정보는 항공기의 현재 위치정보 (고도, 위도, 경도), Navigation Radio Pannel로부터 선택된 VOR국 주파수/채널, HSI 계기로부터 선택된 CS값 및 VOR 계기로부터 선택된 OBS 값이다. 출력되는 정보는 방위각, To/From 표식, OBS로부터(From)/으로(To)의 편위각이 VOR 계기에 디스플레이되고, 방위각, To/From 표식, CS로부터(From)/으로(To)의 편위각 및 거리가 HSI 계기에 디스플레이된다. 또한, 방위각은 RMI 계기에, 거리(NM), 지상속도(NM/h) 및 국까지 비행하는 데 걸리는 시간(분)은 DME 계기에 각각 디스플레이된다[8][9].

3-1-1 거리 계산

항공기의 현재 위치에 대한 경위도 좌표와 한 VOR국의 위치 좌표간의 거리계산은 구 삼각공식 (spherical trigonometry)을 이용하여 구할 수 있다. 구 삼각공식의 가장 중요한 두 공식은 cosine 공식과 sine 공식인데, 두 변의 각 거리 (angular distance)와 그 사이각을 알고 있을 때, 대응되는 각 거리는 cosine 공식을 적용하여 다음과 같이 구할 수 있다 (그림 3 참조)[10][11].

$$\cos c = \cos a \cdot \cos b + \sin a \cdot \sin b \cdot \cos C \quad (1)$$

여기서 a, b, c 는 각 거리이고, 각 $C = (B \text{ 지점의 경도}) - (A \text{ 지점의 경도})$ 이다. 따라서 A 지점과 B 지점 간의 각 거리 c 는 아크 코사인을 이용하여 구할 수 있다. 즉,

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

이제, 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:

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

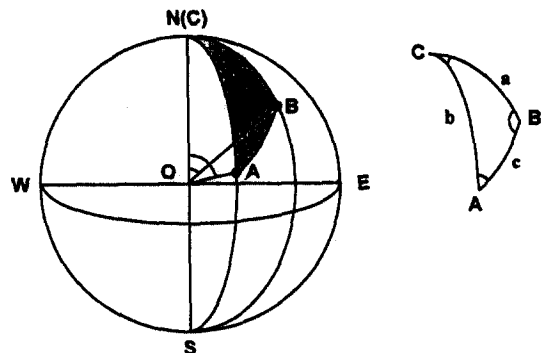


그림 3. 구 삼각형

Fig. 3. The spherical triangle.

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

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

3-1-2 방위각 계산

한 지점 A로부터 다른 지점 B로의 상대 방위각은 구 삼각공식을 이용하여 구할 수 있다 (그림 3 참조). 즉,

$$\cos a = \cos b \cdot \cos c + \sin b \cdot \cos A \quad (5)$$

이므로,

$$\cos A = \frac{\cos a - \cos b \cdot \cos c}{\sin b \cdot \sin c} \quad (6)$$

따라서, 방위각 A 는 다음의 식으로 주어진다:

$$A = \cos^{-1}(\cos A) \quad (7)$$

3-1-3 To/ From 및 편위각 계산

항공기의 현위치에서 선택된 VOR국으로 '부터' (From) 혹은 '으로'(To)의 판단은 다음과 같은 과정으로 한다. 먼저, 방위각(bear)과 HSI 계기의 CS값 또는 VOR 계기의 OBS값의 차이를 계산하고 그 결과의 값을 0~360도 사이의 각으로 보정한다. 그 다음, 보정각이 0~90도 혹은 270~360도 사이이면 "From"이고, 아니면 "To"이다. CS 혹은 OBS와의 편위각은 방위각과의 차이값을 계산한 다음 4상한을 고려하여 결정한다. 편위각 값이 음수이면 코스로부터 항공기가 좌측에 있고 양수이면 우측에 있음을 말한다 (그림 4 참조).

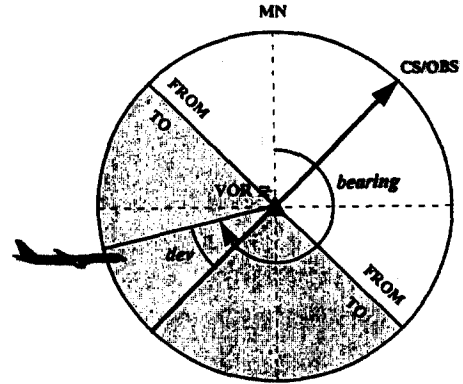


그림 4. VOR의 To/From 및 편위각 계산

Fig. 4. Calculation of deviation angle and To/From of VOR.

3-2 DME

DME는 항공기의 현재 위치로부터 선국된 DME국까지의 사거리(slant range), 지상 속도(Ground Speed: GS) 및 도달 시간을 제공한다. DME에 입력되는 정보는 항공기의 현재 위치(위도, 경도, 고도)와 선택된 DME국의 주파수이다. 출력되는 사거리 정보는 DME 장치의 판넬과 HSI계기에 나타나고, 지상 속도와 도달 시간은 DME 장치의 판넬에 디스플레이 된다. 사거리의 단위는 NM이고, 지상 속도와 도달 시간은 각각 NM/h와 minute이다.

항공기의 현재 위치로부터 선국된 DME국까지의 사거리는 VOR에서와 같은 방법으로 계산된다. 항공기의 지상 속도는 항공기의 현재 위치로부터 DME국까지의 거리(range)와 지난번 위치에서의 거리(PRE-DIST)와의 차를 경과 시간(T)로 나누면 된다. 즉,

$$GS = (range - PRE - DIST) / T \times 3600 \quad (8)$$

위 식에서 3600을 곱한 것은 시간당 속도를 구하기 위한 것이다. 이제, DME국까지의 도달 시간 (TIME)은 다음의 식으로 구한다.

$$TIME = range / GS \times 60 \quad (9)$$

위 식에서 60을 곱한 것은 도달 시간을 분으로 환산하기 위함이다.

3-3 ILS

ILS는 항공기의 착륙유도를 위한 장비로서, 로칼라이저(LLZ)로부터의 편위각(deviation)과 글라이드패스(GP)로부터의 스톱프(slope) 정보를 제공한다. 또한 항공기가 활주로에 가까워짐에 따라 Marker Beacon 수신범위 내에 들어가면 outer 마커, middle 마커, inner 마커 순으로 마커등이 점멸되고 부저가 울린다. Inner 마커등은 백색, middle 마커등은 황색, outer 마커등은 청색이다.

ILS에 입력되는 정보는 항공기의 현재위치에 대한 정보(경도, 위도, 고도)와 ILS 주파수이다. ILS로부터 출력되는 정보는 편위각, 글라이드 스톱프 및 마커신호이다. 편위각과 글라이드 스톱프는 HSI계기와 ADI계기에 나타나고, 마커신호는 ADI계기에 위치한 세개의 마커등에 나타난다. 로칼라이저의 수신범위는 18 NM이고, 글라이드 패스의 수신 범위는 10 NM이다. 마커의 수신범위는 마커의 중심으로부터 1000 feet 상공에서 폭이 2400 feet (0.4 NM), 길이가 4200 feet (0.7 NM)이다. 따라서, 항공기가 이러한 수신범위 밖에 있으면 장비의 작동이 중지된다.

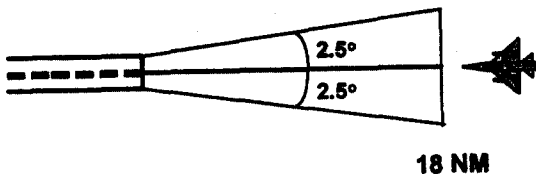


그림 5. 로칼라이저로부터의 편위각 계산
Fig. 5. Calculation of deviation angle from the LLZ.

```
double
calc_deviation(cur_psn, llz_psn,
runway_dir)
POSITION cur_psn, llz_psn;
int runway_dir;
{
double distance, bearing, deviation;

/* Calculate distance between current
position and localizer */
distance = calc_distance
(cur_psn, STN_psn);

/* Check the localizer range */
if (distance <= 18.0) {

/* Calculate the bearing between CUR
PSN and LLZ STN */
bearing = calc_bearing (cur_psn,
llz_psn);

deviation = bearing - runway_dir;

deviation = (deviation > 2.5) ?
2.5 : deviation;
deviation = (deviation < -2.5) ?
-2.5 : deviation;

return (deviation);
}
}
```

그림 6. 편위각 계산 알고리즘
Fig. 6. An algorithm for the deviation angle calculation.

3-3-1 LLZ로 부터의 편위각 계산

로칼라이저로부터의 편위각은 활주로의 중심 방향으로 부터 항공기의 현재 위치와의 각을 계산함으로써 구할 수 있다 (그림 5 참조). 단, 로칼라이저의 수신범위는 18NM 이므로 항공기의 현 위치로부터 활주로까지의 거리를 계산하여 수신범위를 확인한다. 또한 편위각의 표시 범위는 -2.5도에서 +2.5도까지 이므로 이를 확인하여 계기에 표시한다. 그림 6에 로칼라이저로부터의 편위각 계산 알

고리즘을 C code로 보인다.

3-3-2 GP로 부터의 글라이드 스톱프 계산

글라이드 패스는 활주로로 끝지점으로부터 3도 스톱프로 전파를 발사함으로 항공기의 현재 고도로 부터 활주로 끝지점까지의 각을 계산하여 3도 스톱프와의 편차를 구함으로써 글라이드 스톱프를 구할 수 있다 (그림 7 참조). 여기서, 글라이드 패스의 수신 범위는 10NM이고 스톱프 표시 범위는 -0.7도에서부터 +0.7도까지이다. 그림 8에 글라이드 스톱프 계산 알고리즘을 C code로 보인다.

3-3-3 마커의 범위 계산

마커는 활주로 전방으로 안에서부터 inner 마커, middle 마커, outer 마커의 순으로 설치되어 있어, 항공기가 각 마커의 수신 범위안에 들어오면 마커등이 점멸되고 부저가 울리도록 되어있다. 마커의 수신 범위는 마커의 중심으로부터 1000feet 상공에서 길이가 0.7NM, 폭이 0.4NM이다 (그림 9 참조). 따라서, 항공기가 마커의 수신범위 안에 위치하는지를 계산하기 위해 먼저 항공기의 현재 좌표, (x, y)를 아래의 식으로 구한다 (그림 10 참조).

$$(x, y) = (d \cos \theta, d \sin \theta) \tag{10}$$

식 (10)에서, θ 는 다음의 식으로 주어진다.

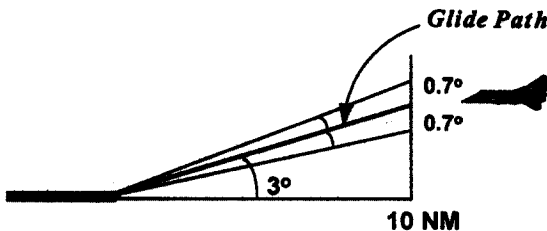


그림 7. 글라이드 패스로부터의 스톱프 계산
Fig. 7. Calculation of the slope from the glide path.

```
double
calc_glide_slope(cur_psn, gp_psn, cur_alt)
POSITION cur_psn, gp_psn;
float cur_alt;
{
    double distance, slope, glide_slope;
    double atan( );

    /* Calculate distance between current
    position and GP */
    distance = calc_distance(cur_psn,
    gp_psn);

    /* Check the GP range */
    if (distance <= 10.0) {

        /* Calculate slope */
        slope = rad2deg(atan(feet2nm
        (cur_alt) / distance));

        /* Calculate glide slope */
        glide_slope = slope - 3.0;

        glide_slope = (glide_slope > 0.7) ? 0.7 :
        glide_slope;
        glide_slope = (glide_slope < -0.7) ?
        -0.7 : glide_slope;

        return (glide_slope);
    }
}
```

그림 8. 글라이드 스톱프 계산 알고리즘
Fig. 8. An algorithm for the glide slope calculation.

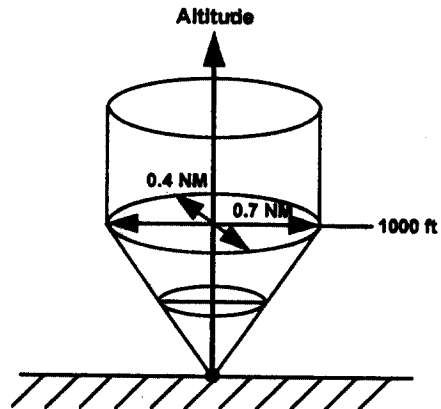


그림 9. 마커의 수신범위에 대한 측면도
Fig. 9. Side view for the marker's service area.

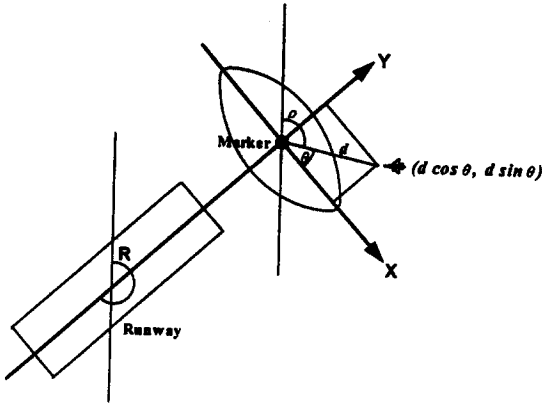


그림 10. 마커의 수신범위와 항공기 위치와의 관계도
 Fig. 10. Relationship between marker's service area and aircraft location.

$$\theta = |adjust - radial - (\rho + 180 - R) - 180| - 90 \quad (11)$$

여기서, R 은 활주로의 방향이고 ρ 는 항공기와 마커 중심으로부터의 각이다. 이제, 항공기의 (x, y) 좌표를 다음의 타원 방정식에 대입하여 그 결과 값에 따라 마커의 수신 범위 내에 있는지를 판단한다.

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} - 1 = \begin{cases} \leq 0 : \text{inside} \\ > 0 : \text{outside} \end{cases} \quad (12)$$

위 식에서 변수 a 와 b 는 다음의 식으로 정한다:

i) if $alt \leq 1000 \text{ feet}$

$$a = \frac{alt}{1000} \times 0.35$$

$$b = \frac{alt}{1000} \times 0.2$$

ii) else (13)

$$a = 0.35$$

$$b = 0.2$$

3-4 NDB

NDB는 항공기의 현재 위치로부터 NDB국으로의 방위각을 제공해 주는 장비이다. NDB에 입력되

는 정보는 NDB국의 주파수, 항공기의 위치 정보(위도, 경도), 항공기의 heading)각이다. 출력되는 정보는 ADF와 RMI에 나타나는데, RMI에는 자방위각(Magnetic Bearing: MB)이 ADF에는 항공기의 heading에 대한 상대 방위(Relative Bearing: RB)가 나타난다.

항공기의 현재 위치로부터 NDB국으로의 자방위(MB)는 VOR에서와 마찬가지로 calc-bearing() 함수에 의해 구한다. 상대방위(RB)은 항공기의 heading(HEAD)에 대한 방위각이므로 다음의 식으로 구할 수 있다. 즉,

$$RB = adjust - radial(RB - HEAD) \quad (14)$$

위 식에서 $adjust - radial()$ 은 RB와 HEAD의 차이 값을 0에서 360도 사이의 값으로 조정하는 함수이다.

IV. 시스템 구성

항법지리 데이터베이스에는 항법시설에 관한 모든 데이터들이 통합, 구성되어 있으므로 항공기 시뮬레이터 내에 구현될 각각의 항법전자장치 소프트웨어 모듈들은 자신에 관련된 지상국 및 공항 정보를 획득하기 위해 이 데이터베이스를 동시에 접근하여 사용한다.

항공기 시뮬레이터 중 항법 데이터베이스 시스템에 관련된 가장 기본적인 기능은 항법전자장치 모듈로부터 항법시설의 주파수를 입력받아 현재 항공기의 위치가 그 시설과 통신이 가능한 범위에 있는지를 검사하는 것이다. 만약 통신가능 지역이라면 그 대상 항법시설을 연결하여 주고, 필요한 경우 각도와 거리를 계산하게 된다. 이 기능을 토대로 항공기 시뮬레이터에서 항법지리 정보를 처리하는 기본 과정을 표현하면 그림 11과 같이 삼단계로 이루어진다.

본 연구에서 구현한 비행 시뮬레이터용 항법지리 데이터베이스 시스템은 데이터베이스를 구축하고 갱신할 수 있는 항법지리 데이터 관리기, 다른 항법

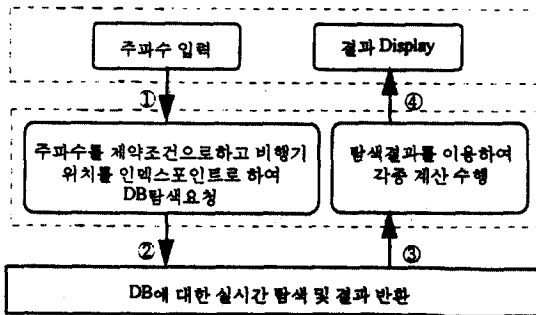


그림 11. 항법 지리 데이터베이스 시스템의 기본 기능
 Fig. 11. Basic functions of the navigational geography database system.

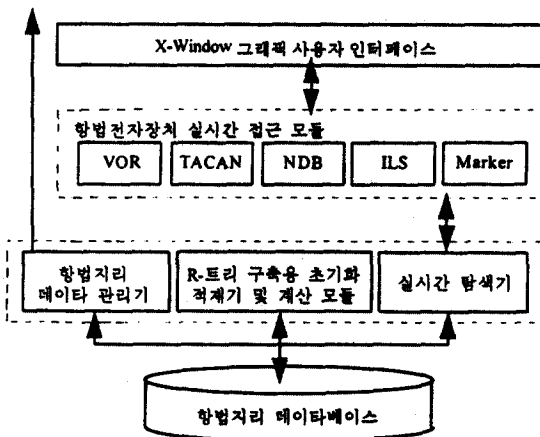


그림 12. 항법지리 데이터베이스 시스템의 구성
 Fig. 12. Construction of the navigational geography database system.

전자장치에 관련된 정보를 제공하는 실시간 탐색기, 항법지리 데이터베이스, 그리고 사용자 인터페이스로 구성되어 있다(그림 12 참조).

항법지리 데이터 관리기는 여러 공항 및 지상국에 대한 데이터를 구성, 검색, 삽입, 삭제할 수 있게 하는 유틸리티이다. 항공기 시뮬레이터 관리자는 항법지리 데이터베이스를 직접 구축하고 관리하게 된다. 이 데이터 관리기는 시뮬레이터와는 별도의 소프트웨어로서 시스템 관리시간에 실행되며 R-트

리 인덱스를 갖는 항공지리 데이터베이스를 생성하고 관리하는 일종의 DBMS이다. 데이터 관리기에서 사용하는 R-트리의 알고리즘은 실시간적인 요소를 고려하지 않은 원래의 R-트리 기법을 그대로 적용한다. 시스템 관리자는 항법지리 데이터의 공간적 특성이나 항법시설의 주파수를 키로 하여 작업을 하게 된다.

실시간 탐색기는 각 항법전자장치별로 데이터베이스에 대한 실시간 접근 요구들을 지원하는 역할을 하며 데이터베이스는 탐색용으로만 접근된다. 항공기 시뮬레이터의 실행 중에 데이터베이스에 접근할 수 있는 유일한 모듈이다. 실시간 탐색기는 여러 계산 모듈들로부터 동시에 요구되는 R-트리 참조 요청에 대해 실시간 서비스를 제공하는 모듈로서, 실시간 R-트리 탐색 기법인 RtsR-트리 기법을 사용한다. 또한 동시에 여러 모듈이 데이터베이스를 접근할 수 있도록 하기 위해 실시간 탐색기는 참조 모듈들의 고유번호에 따라 각 참조 모듈의 현재 탐색 위치를 포인터의 배열 형태로 저장 관리한다.

항법지리 데이터베이스는 화일로 구성되며 신속한 실시간 접근을 위해 다차원 공간 데이터의 처리에 효율적인 R-트리 인덱스 구조를 이용한다. 그러나 원래 R-트리의 탐색구조는 정적인 탐색 응용을 위한 것이므로 본 연구에서는 이를 개선하여 실시간 접근에 적합한 구조로 개선하였다.

사용자 인터페이스는 Motif를 이용하여 X-window로 설계하였고 전체 화면 구성은 항공기의 이동경로를 출력하는 맵 디스플레이 부분과 각 계기별 정보를 출력하는 계기 디스플레이 부분, 그리고 해당하는 기능을 실행시켜주는 실행 버튼들로 나누어져 있다. 맵 디스플레이 부분은, 프로그램 기동시 데이터베이스로부터 읽어 온 위치정보에 따라 공항의 위치와 이름을 스케일링(scaling) 된 맵 디스플레이의 좌표에 위치와 점(spot)으로 출력되며, 이 작업은 항공기의 이동 여부와 관계없이 계속적으로 반복된다. 계기 디스플레이 부분은 항공기와 관련된 정보들을 디스플레이 한다. 각 계기들은 지상국 공항으로부터 제공되는 정보들을 디스플레이 한다. 실행 버튼은 마우스로 버튼을 눌렀을 때, 등록된 실행루틴 즉, 윈도우를 생성해서 내용을 입력

받거나, 항공기의 진행방향을 변경하는 등의 처리를 담당한다.

V. 결 론

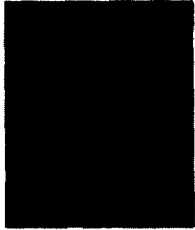
본 논문에서는 R-트리를 이용하여 항법 지리 데이터베이스를 구축하고 비행 시뮬레이터 개발에 필요한 VOR, ILS, DME, NDB 등의 항공전자 장치 소프트웨어 구현을 위한 계산 알고리즘을 개발하였다. 먼저, R-트리를 이용하여 항법지리 데이터베이스를 설계하고 각 공항의 항법시설에 대한 데이터베이스를 구축하였다. 항공전자 장치 소프트웨어 구현을 위해 VOR에서는 항공기와 VOR국 간의 거리, 방위각, 편위각 등을 계산하는 알고리즘을, ILS에서는 LLZ로 부터의 편위각, GP로 부터의 글라이드 슬로프로, 마커의 범위 등을 계산하는 알고리즘을 개발하였다. 항법 지리 데이터베이스 시스템은 데이터베이스를 구축하고 갱신할 수 있는 항법지리 데이터 관리기, 항법전자장치에 관련된 정보를 제공하는 실시간 탐색기, 항법지리 데이터베이스, 그리고 사용자 인터페이스로 구성하였다.

본 연구의 결과를 토대로 본 대학에서 비행 훈련에 사용되고 있는 훈련기인 Moony 비행기에 대해 항법계기비행 훈련용으로 사용할 수 있는 시뮬레이터를 현재 개발 중에 있다. Mooney 비행기의 cockpit 내부 및 외부를 mock-up으로 설계 제작하고 비행기에 장착된 모든 항법전자장치 및 각종 계기를 실제 항공기와 똑같이 작동하도록 소프트웨어를 개발 중에 있다.

참 고 문 헌

- [1] 백중환, 황수찬, 김철영, 황명신, 항공기 시뮬레이터용 항공 전기/전자 모의실험 소프트웨어 개발 (최종보고서), 한국항공대학교, 1994.
- [2] T. Sellis, N. Roussopoulos, and C. Faloutsos, "The R+-tree : A Dynamic Index For Multi-Dimensional Objects," *Proceedings of the 13th VLDB Conference*, Brighton, 1987.
- [3] A. Guttman, "R-tree: A Dynamic Index Structure for Spatial Searching," *Proceedings of SIGMOD '84*, pp 47-57, 1984.
- [4] 윤승중, 항공보안시설, 한국항공대학교 출판부, 1993.
- [5] 박용한, 항공전자계통, 한국항공대학교 출판부, 1989.
- [6] Department of the Air Force, *Air Navigation*, Air Force, 1983.
- [7] Donald J. Clausing, *The Aviator's Guide to Modern Navigation*, TAB Books Inc., 1987.
- [8] EHJ Palette, *Aircraft Instruments*, Longman Scientific & Technical, 1981.
- [9] DH Middleton, *Avionic Systems*, Longman Scientific & Technical, 1989.
- [10] D. H. Maling, *Coordinate Reference Systems on the Sphere and Spheroid*.
- [11] D. C. Muehrcke, and J. O. Muehrcke, *MAP USE: Reading, Analysis, Interpretation*.

백 중 환 (白 重 煥)



1981년 2월 한국항공대학교 항공통신공학과 졸업(공학사).

1987년 7월 미국 오클라호마주립대학원 전자공학과 졸업(공학석사).

1991년 7월 미국 오클라호마주립대학원 전자공학과 졸업(공학박사).

1981년 6월 ~ 1984년 10월 (주)동아엔지니어링 근무.

1991년 9월 ~ 1992년 2월 한국전자통신연구소 선임연구원.

1992년 3월 ~ 현재 한국항공대학교 항공통신정보공학과 조교수.

관심분야 : 컴퓨터비전, 영상처리, 영상압축 및 항공기 시뮬레이터 개발 등.