효율적인 항공교통흐름을 위한 항로 연산 알고리즘 연구

A Study On Route Calculation Algorithm For Effective Air Traffic Flow Management

김용균*, 조윤현*, 윤진원*, 박동화*, 최상방*, 박효달*

Yong-Kyun Kim*, Yun-Hyun Jo*, Jin-Won Yun*, Dong-Hwa Park*, Sang-Bang Choi* and Hyo-Dal Park*

요 약

최근 항공교통량의 증가에 따라 보다 효율적인 항공교통흐름제어가 요구되고 있다. 이에 본 논문에서는 효율적인 항공관제를 위하여 항공기의 흐름을 유연하게 하기 위한 알고리즘 기법을 연구하였다. 항공교통 환경은 일반 교통 환경과는 다르게 항공기 기종에 따른 수평 및 수직 분리 간격이 존재한다. 빈센티 공식을 이용하여 항로의 거리를 산출하고 다익스트라 알고리즘을 이용하여 항로의 거리에 교통량을 적용하여 가중치를 생성하고 이를 이용하여 항공기가 연료 및 시간의 낭비를 최소화하는 항로를 선택하도록 하였다. 성능평가 결과 기존의 항로 연산 알고리즘의 단순한 최단항로 산출과는 달리 제안된 알고리즘은 교통량 파악을 통한 최적항로를 선택함으로써 효율적으로 항공교통관제를 할 수 있음을 확인하였다.

Abstract

According to the recent increase in air traffic more efficient air traffic control is required. This paper proposes the algorithm for efficient air traffic flow management. Aeronautical traffic environment is different from the common traffic environment since it needs vertical and horizontal separation deviation. In this paper used vincenty's fomula, we calculated distance of route for produced weight that was applied air traffic volume in distance of route using dijkstra algorithm. Then we let aircraft selects a course that minimize to wasting of fuel and time. As a simulation result, so unlilke simply shortest course calculation of existing course calculation algorithm, we confirmed that proposed algorithm in this paper can do air traffic control more efficiently by selecting optimized route.

Key words : ATC, ATM, Route Calculation, ATFM, Flow Management

I. 서 론

항공교통관제는 항공기 운항지역에서 항공기 간의 충돌과 항공기와 장애물 간의 충돌을 사전에 방지함과 동시에 항공기들의 운항 효율을 촉진시키고 항공 교통의 질서를 유지하기 위해 항공기를 관제하는 활동이다. 항공교통관제는 항공기의 비행 준비 단계에서 목적지 도착까지 안전하고 효율적이며 보다 경제적인 운항을 위해 필수적이다. 각종 첨단 전자장비가 도입되어 전천후 운항이 가능해지고, 경제의 급속

* 인하대학교 전자공학과 (Electronic Eng, Inha University)
· 제1저자(First Author) : 김용균 · 교신저자(Corresponding Author) : 박효달
· 투고일자 : 2010년 4월 9일
· 심사(수정)일자 : 2010년 4월 12일 (수정일자 : 2010년 4월 21일)
· 게재일자 : 2010년 4월 30일

한 성장에 따른 항공교통수단의 국제화 및 보편화, 그리고 항공운행의 안전성 및 서비스 향상에 대한 요구의 증가로 인하여 항공기의 효율적인 관제에 대한 중요성이 증대되고 있다[1][2][3][4].

항공기의 효율적인 관제는 항공기의 사고 가능성을 줄이는 것 뿐만 아니라 연료와 스케쥴링의 관점에서 상당히 중요하다. 항공기는 관제에 의존하여 운항을 하기 때문에 비효율적인 관제는 연료 소비 문제 및 스케쥴링 관점에 비효율적인 영향을 끼치며 항공사에 연간 1조원 이상의 손실을 가져다 준다[5].

지속적으로 증가하는 항공 교통량에 대비하기 위하여 ICAO (International Civil Aviation Organization, 국제민간항공기구)에서는 FANS(Future Air Navigation System) 특별위원회를 설치하여 새로운 개념의 항행시스템인 CNS/ATM(Communication, Navigation, Surveillance / Air Traffic Management)을 연구하기 시작하였다.

따라서 본 논문에서는 안전하고 효율적인 항공교통관제를 위하여 비행계획에 따른 항공기의 경로 및 거리, 시간을 고려하여 항공교통 흐름을 원활하게 할 수 있는 경로 연산 알고리즘을 구현하였다. 제안된 알고리즘은 WGS-84를 기반으로 한 빈센티 공식(vincenty fomula)를 이용하여 거리 연산 및 포인트간 가중치를 계산하였으며, 다익스트라 알고리즘(dijkstra Algorithm)을 이용하여 최적경로를 산출하였다.

본문의 구성은 다음과 같다. Ⅱ장에서는 제안하고 있는 알고리즘에 소요되는 기본 이론에 대하여 소개하고, 제 Ⅲ장에서는 제안된 알고리즘을 이용하여 경로연산을 위한 프로그램 설계 구성 방법을 설명하고 시뮬레이션을 통해 설계된 프로그램에 대한 성능평가를 하였다. 마지막으로 Ⅳ장에서는 결론 및 향후 연구 방향을 제시함으로써 끝을 맺는다.

Ⅱ. 기본 이론

2-1 WGS-84 좌표 및 빈센티 공식

항공교통관제를 위한 경로 연산은 기본적으로 비행계획에 따라 각 웨이포인트(waypoint)를 추출하여, 포인트간의 거리를 계산을 하여야 한다.

정확한 계산을 위해서는 지구를 일정한 기준 하에 두어야 하는데, 정확히 지구는 완벽한 원형이거나 완벽한 타원형이 아니라 실제로는 아주 불규칙적으로 울퉁불퉁한 표면을 가지고 있다. 이를 수학적으로 완벽히 구현하기에는 많은 무리가 따르며, 수학적으로 쉽게 계산하기 위하여 그림 1과 같은 지구와 유사한 타원체(지오이드, geoid)가 만들어졌다.

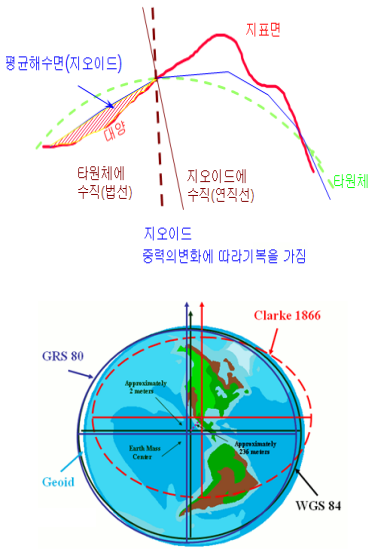


그림 1. WGS-84 회전 타원체
Fig. 1. WGS-84 ellipsoid

WGS-84는 World Geodetic System 1984의 약어로서 WGS 좌표체계는 지도, 챠트, 측지 등 군사용으로 GPS 시스템을 이용하면서 만든 미국 국방성에서 개발한 지구 중심좌표계이다. 1986년 이후 사용되는 것으로 WGS72 좌표를 보완, 대체한 좌표체계이며, 지구를 편평한 회전타원체(ellipsoid)라고 가정하고, 지구의 질량중심(지심)을 원점으로 한 좌표계로 Z축은 WGS-84 타원체의 회전축이다.

이 좌표계는 국제지구자전협회에서 정의한 바와 같이 전통적인 지구중심좌표이며, 그림 2와 같이 표현되며, 좌표계의 제원은 다음과 같다[6].

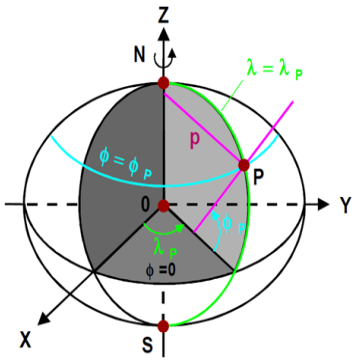


그림 2. WGS-84 좌표계의 제원
Fig. 2. Specification of WGS-84 coordinate system

WGS-84좌표계에서 편평율과 이심률, 평균 지오이드 굴곡률은 다음과 같다.

$$\text{편평율} : f = \frac{b}{a-b} \quad (1)$$

$$\text{이심률} : e = \sqrt{f(2-f)} \quad (2)$$

$$\text{평균 굴곡률} N(\lambda) = \frac{a}{\sqrt{1-e^2 \sin 2(\lambda)}} \quad (3)$$

평평율과 이심률, 평균 굴곡률을 구하기 위하여는 표1의 WGS-84 좌표계의 상수를 이용하여야 한다.

표 1. WGS-84 좌표계의 상수
Table 1. Constants of WGS-84 coordinate system

단위명	제 원
장반경(a)	6,378,137 m
단반경(b)	6,356,752.3142 m
평편율(f)	1/298.257223563

지구를 타원으로 가정한 WGS-84좌표계를 이용하여 거리를 계산하는 방법이 빈센티 공식이며, 이 공식을 이용하면 타원상에서의 거리, 방위각, 위치 오차가 1m 정도로 정확하게 계산할 수 있어 현대에 가장 정확하다고 알려진 경위도 계산식이다.

두점의 위도와 경도(Φ_1, λ_1, Φ_2, λ_2)가 주어졌을 때 두점에서의 방위각(a_1, a_2)과 타원상에서의 거리(S)를 구한다. 빈센티 공식에 사용되는 변수는 표 2와 같다.

표 2. Variable 빈센티 공식에 사용되는 변수
Table 2. Variable for vincenty fomula

변 수	의 미
Φ_1, Φ_2	두 지점의 위도
λ_1, λ_2	두 지점의 경도
L	경도 차이(λ_2-λ_1)
U_1	$\mathrm{Arctan}((1-f)\tan\Phi_1)$
U_2	$\mathrm{Arctan}((1-f)\tan\Phi_2)$
a_1, a_2	최단거리와 방위각
S	타원에서의 두 점 사이의 거리

주어진 두 지점의 좌표에 대해 빈센티의 역해석 기법(inverse method)을 이용하여 거리를 계산한다.

$$\sin\sigma = \sqrt{(\cos U_2 \sin\lambda)2 + (\cos U_1 \sin U_2 \cos\lambda)^2} \quad (4)$$

$$\cos\sigma = \sin U_1 \sin U_2 + \cos U_1 \cos U_2 \cos\lambda \quad (5)$$

$$\sigma = \arctan\frac{\sin\sigma}{\cos\sigma} \quad (6)$$

$$\sin\alpha = \frac{\cos U_1 \cos U_2 \sin\lambda}{\sin\sigma} \quad (7)$$

$$\cos^2\alpha = 1 - \sin^2\alpha \quad (8)$$

$$\cos(2\sigma_m) = \cos\alpha - \frac{2\sin U_1 \sin U_2}{\cos^2\alpha} \quad (9)$$

$$C = \frac{f}{16}\cos^2\alpha[4 + f(4 - 3\cos^2\alpha)] \quad (10)$$

$$\lambda = L + (1-C)f\sin\alpha[\sigma + C\sin\alpha(\cos 2\sigma_m) + C\cos\sigma(-1 + 2\cos^2(2\sigma_m))] \quad (11)$$

식 11에서 λ가 수렴을 하게 되면 식 12-17을 이용하여 거리(S)를 계산한다.

$$u^2 = \cos^2\alpha\frac{a^2 - b^2}{b^2} \quad (12)$$

$$A = 1 + \frac{u^2}{16384}4096 + u^2[-768 + u^2(320 - 175u^2)] \quad (13)$$

$$B = \frac{u^2}{1024}256 + u^2[128 + u^2(74 - 47u^2)] \quad (14)$$

$$\Delta\sigma = B\sin\sigma[\cos(2\sigma_m) + \frac{1}{4}B(\cos\sigma(-1 + 2\cos(2\sigma_m)) - \frac{1}{6}B\cos(2\sigma_m)(-3 + 4\sin^2\sigma)(-3 + 4\cos(2\sigma_m)))] \quad (15)$$

$$\alpha_1 = \arctan\left(\frac{\cos U_2 \sin\lambda}{\cos U_1 \sin U_2 - \sin U_1 \cos U_2 \cos\lambda}\right) \quad (16)$$

$$\alpha_2 = \arctan\left(\frac{\cos U_1 \sin\lambda}{-\sin U_1 \cos U_2 + \cos U_1 \sin U_2 \cos\lambda}\right) \quad (17)$$

위의 수식을 이용하여 두 점 사이의 거리를 계산하게 되면 거리 $S = bA(\sigma - \Delta\sigma)$가 된다.

2-2 다익스트라 알고리즘

다익스트라 알고리즘은 어떤 간선도 음수 값을 갖지 않는 방향 그래프에서 주어진 출발점과 도착점 사이의 최단 경로 문제를 푸는 알고리즘으로 자동차 네비게이션, 네트워크 라우팅 알고리즘으로 가장 일반적으로 사용된다. 이 알고리즘은 간선 경감(edge relaxation)이라고 불리는 기본 연산을 바탕으로 한다. 해당지점에서 연결된 간선을 선택하면서 분기해 나가므로 복잡도 및 수행과정이 간단한 알고리즘이다. 방향이 주어진 가중 그래프(weighted graph) G와 출발점 s를 입력받아 그래프 G의 모든 노드들의 집합을 V라 하고, 그래프의 링크를 노드의 출발점 u와 도착점 v의 쌍(u, v)로 표현한다. G의 모든 링크들의 집합은 E라 하고, 링크들의 가중치는 함수 $w : E \rightarrow [0, \infty]$로 표현한다. 이때 가중치 $w(u, v)$는 점 u에서 점 v로 이동하는데 드는 비용(시간, 거리 등)이 된다. 경로의 비용은 경로 사이의 모든 링크들의 가중치 합이 되고 다익스트라 알고리즘은 임의의 두 점 s, v가 있을 때, s에서 v로 가는 가장 적은 비용이 드는 경로를 찾는다.

다익스트라 알고리즘의 초기 수행은 s에서부터 시작하여 x 까지의 최단경로를 탐색한다. 그림 3의 (a)에서 s는 시작점이므로 s는 0으로 초기화를 하고 나머지 노드는 무한대로 설정한다. s와 연결된 이웃 노드 y와 t에 대하여 가중치를 구한다. 이웃 노드 y와 t로 연결된 경로의 가중치는 각각 5와 10이므로 그림3의 (b)와 같이 y와 t는 각각 5와 10의 값을 갖는다.

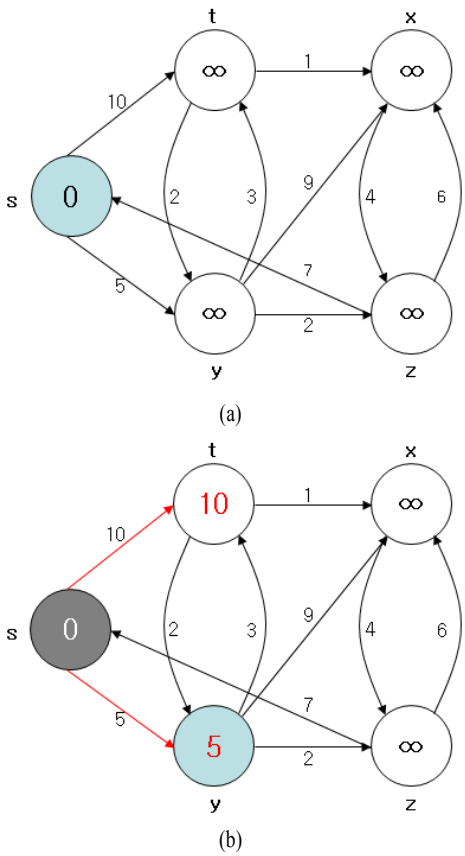
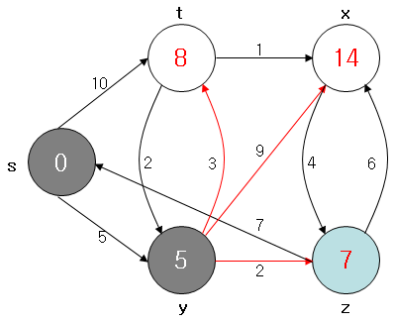
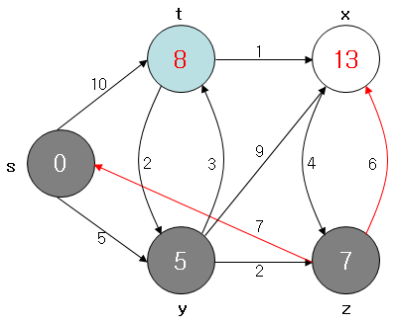


그림 3. 다익스트라 알고리즘의 초기 수행과정
Fig. 3. Initial processing of dijkstra algorithm

그림 4의 (c)와 같이 y와 연결된 이웃 노드 t와 z, x에 대하여 가중치를 구하게 되면 $s \rightarrow t$의 가중치는 8로 는 것을 보이고 있다. 수행 이후 다익스트라 알고리즘에 따라 각각의 이웃 노드의 가중치를 업데이트를 수행하면 $s \rightarrow t$로의 가중치가 10이였던 t가 경감 연산이 발생하여 $s \rightarrow y \rightarrow t$로 경로가 수정되고 가중치는 8이 된다. x에 대한 연산은 $s \rightarrow y \rightarrow x$로 가중치가 14이며 (d)에서 x의 경감 연산의 수행으로 $s \rightarrow y \rightarrow z \rightarrow x$로 경로가 수정되고 가중치는 13으로 바뀌게 된다. z는 $s \rightarrow y \rightarrow z$로 7의 가중치를 갖는다.



(c)



(d)

그림 4. 다익스트라 알고리즘의 경감 연산 수행과정
Fig. 4. Relaxation processing of dijkstra algorithm

마지막으로 t의 이웃 노드 연산에서 x는 가중치가 13에서 경감 연산을 통해 $s \rightarrow y \rightarrow t \rightarrow x$로 경로가 수정되고 9로 바꾸면서 최단 경로가 산출된다. 즉 그림 5에서와 같이 s에서부터 x까지의 최단 경로는 $s \rightarrow y \rightarrow t \rightarrow x$ 가 된다.

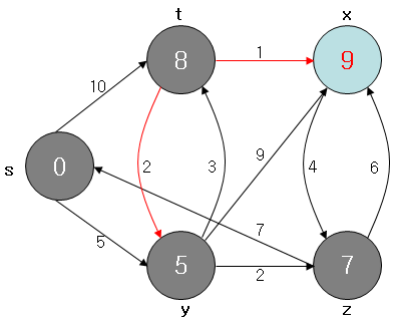


그림 5. 최단 경로 산출
Fig. 5. Computing Shortest Path

각 노드에 대하여 가중치의 변화를 정리하면 표3과 같다.

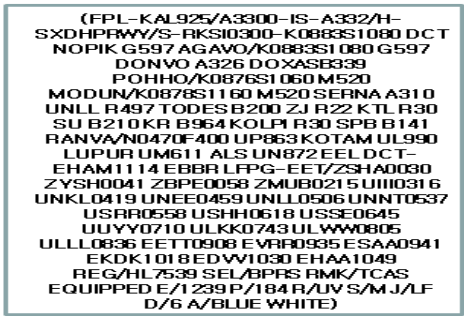
표 3 노드의 가중치 변화
Table 3. A change of node weight

	s	y	t	z	x
(a)연산	0	∞	∞	∞	∞
경로					
(b)연산	0	5	10	∞	∞
경로		s-y	s-t		
(c)연산	0	5	8	7	14
경로		s-y	s-y-t	s-y-z	s-y-x
(d)연산	0	5	8	7	13
경로		s-y	s-y-t	s-y-z	s-y-z-x
최종	0	5	8	7	9
		s-y	s-y-t	s-y-z	s-y-t-x

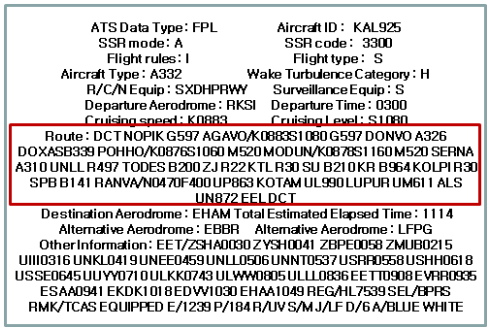
Ⅲ. 프로그램 구현 및 성능평가

3-1 프로그램 구현

효율적인 항공 관제를 위한 경로 연산 프로그램은 그림 6의 (a)의 ICAO ATS의 경로 정보를 처리하여 (b)와 같이 구문을 분석하고 항공기의 비행 경로를 추출한다.



(a)



(b)

그림 6. ICAO ATS 메시지 처리
Fig. 6. ICAO ATS message processing

추출된 비행 경로 중 국내 관제권인 인천 비행정보구역(FIR : Flight Information Region)에서 그림 7과 같이 구성된 루트 정보를 읽어서 각 지점의 위·경도 좌표를 처리한다.

SEL	A582	372449N	1265542E	1
BELMI	A582	371249N	1265929E	2
OSN	A582	370531N	1270147E	3
SINSA	A582	365008N	1272052E	4
AKLAS	A582	364247N	1272956E	5
VAPKA	A582	362710N	1274909E	6
PATLA	A582	361642N	1280144E	7
TGU	A582	354835N	1283527E	8
KALOD	A582	353012N	1284626E	9
PSN	A582	350721N	1285958E	10
APELA	A582	344323N	1291400E	11
INTOS	A586	372200N	1312000E	1
AGSUS	A586	364521N	1304044E	2
BULGA	A586	355609N	1294924E	3

그림 7. 루트정보 데이터 구조
Fig. 7. Route information data structure

루트 정보는 웨이포인트 이름, 포인트가 소속된 비행경로(route)명, 위도, 경도, 비행경로에서의 순번으로 구성된다. 루트 정보를 처리한 후 최적경로를 구하기 위해 이웃 지점간의 거리 및 가중치(항공교통량)를 계산하게 된다. 가중치 계산 후 최적경로 산출 알고리즘을 이용하여 최종적으로 항공기의 효율적 관제를 위한 항로를 결정하게 된다.

.

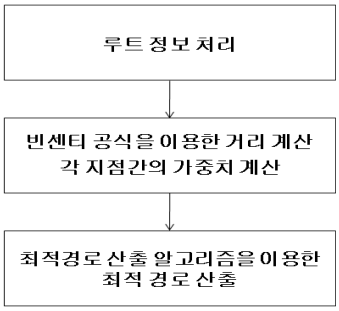


그림 8. 최단 경로 산출 프로그램 구성
Fig. 8. Configuration of Shortest path computing program

그림 8의 최적 경로 산출 프로그램 구성을 이용하고 그림 9의 최단 경로 산출 절차에 따라 최적 경로 산출 프로그램을 구현하였다.

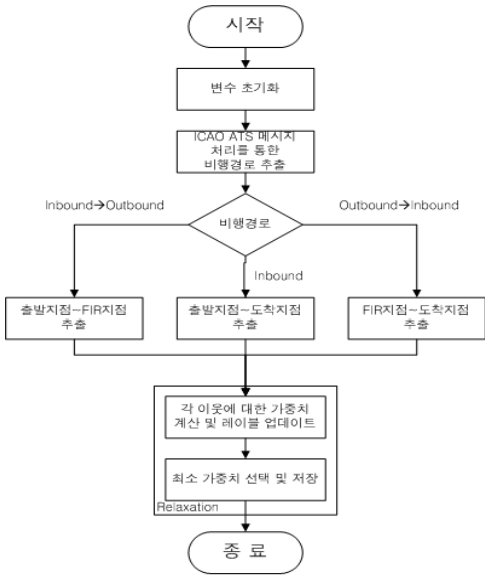


그림 9. 최단 경로 산출 절차도
Fig. 9. Shortest path computing flow chart

3-2 성능평가

항로 연산 프로그램의 성능 평가를 위해 3가지의 시나리오를 구성하였다. 첫 번째, 국내로 들어와서 국내 공항에 도착하는 경우, 두 번째, 국내 출발 국내 도착, 그리고 세 번째로 국내를 경유하는 항공기에 대해 평가를 하였다.

첫 번째는 국외에서 들어오는 항공기에 대한 경로 연산을 수행하였다. 중국과 한국의 관제구역이 만나는 AGAVO지점에서 PSN(부산)까지의 경로 연산을 하였다.

그림 10의 (a)와 같이 연산 결과를 얻을 수 있으며, AGAVO에서 PSN까지의 가중치 중 가장 적은 가중치를 선택을 하고, 해당 경로의 세부 경로를 출력하였다. 총 7가지의 경로 중 가중치를 고려하여 가중 가중치가 적은 경로를 선택하고, 그 경로에 대한 세부경로를 출력하였다. 그림 10의 (b)는 (a)에서의 세부 경로를 ICAO 표준 차트를 이용하여 선으로 나타낸 결과이다.

```
Enter the origin waypoint : AGAVO
Origin : AGAVO
Enter the destination waypoint : PSN
Destination : PSN

PSN까지 모든 경로 가중치 출력 : 564.077
PSN까지 모든 경로 가중치 출력 : 656.265
PSN까지 모든 경로 가중치 출력 : 726.304
PSN까지 모든 경로 가중치 출력 : 658.989
PSN까지 모든 경로 가중치 출력 : 634.662
PSN까지 모든 경로 가중치 출력 : 655.411
PSN까지 모든 경로 가중치 출력 : 655.409

AGAVO(68) -> GONAV(125) -> ARIVA(126) ->
BOGAN(127) -> BELMI(128) -> OSN(105) ->
SINSA(4) -> AKLAS(5) -> VAPKA(6) ->
PATLA(120) -> TGU(8) -> KALOD(9) ->
PSN(10)

AGAVO에서 PSN까지의 최적 거리 : 564.077
```

(a)

(b)

그림 10. AGAVO와 PSN사이의 경로 연산
Fig. 10. Route calculation from AGAVO to PSN

두 번째는 국내선에 대한 경로 연산을 수행하였다. 대구공항을 출발하여, 김포공항 까지의 경로 연산을 한 결과이다.

그림 11의 (a)와 같이 연산 결과를 얻을 수 있으며, TGU에서 SEL까지의 가중치 중 가장 적은 가중치를 선택을 하고, 해당 경로의 세부 경로를 출력하였다. 총 4가지의 경로 중 가중치를 고려하여 가중치가 적은 경로를 선택하고, 그 경로에 대한 세부경로를 출력하였다. 그림 11의 (b)는 (a)에서의 세부 경로를 ICAO 표준 챠트를 이용하여 선으로 나타낸 결과이다.

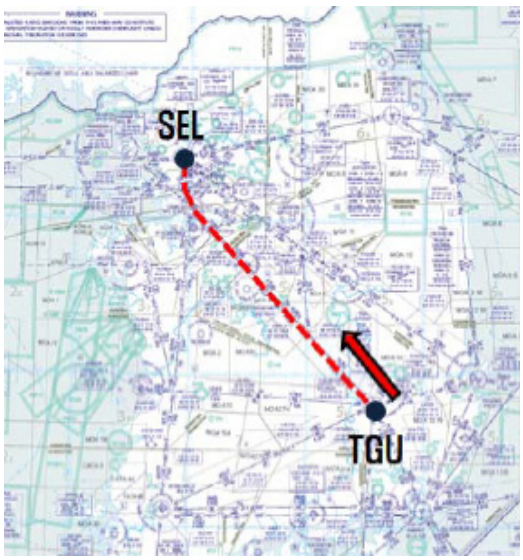
```
Enter the origin waypoint : TGU
Origin : TGU
Enter the destination waypoint : SEL
Destination : SEL

SEL까지 모든 경로 가중치 출력 : 236.634
SEL까지 모든 경로 가중치 출력 : 236.634
SEL까지 모든 경로 가중치 출력 : 246.764
SEL까지 모든 경로 가중치 출력 : 294.243

TGU(109) -> PATLA(7) -> VAPKA(6) ->
AKLAS(5) -> SINSA(4) -> OSN(3) ->
BELMI(39) -> SEL(1)

TGU에서 SEL까지의 최적 거리 : 236.634
```

(a)



(b)

그림 11. TGU와 SEL사이의 경로 연산
Fig. 11. Route calculation from TGU to SEL

마지막으로 세 번째는 대한민국 공역을 통과하는 항공기에 대한 경로 연산을 수행하였다. 중국과 한국

의 관제구역이 교차하는 AGAVO에서 일본의 관제구역과 교차하는 IGRAS까지의 경로 연산 결과이다

그림 12의 (a)와 같이 연산 결과를 얻을 수 있으며, AGAVO에서 IGRAS까지의 경로 중 가중치가 가장 적은 경로를 선택을 하고, 해당 경로의 세부 경로를 출력하였다. 그림 12의 (b)는 (a)에서의 세부 경로를 ICAO 표준 챠트를 이용하여 선으로 나타낸 결과이다.

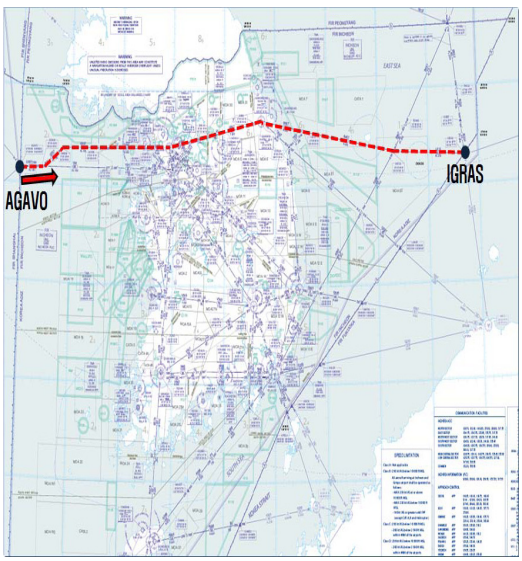
```
Enter the origin waypoint : AGAVO
Origin : AGAVO
Enter the destination waypoint : IGRAS
Destination : IGRAS

IGRAS까지 모든 경로 가중치 출력 : 784.377
IGRAS까지 모든 경로 가중치 출력 : 844.284

AGAVO(68) -> GONAV(125) -> ANSIM(70) ->
NOPIK(71) -> DAPTO(72) -> SEL(57) ->
ENKAS(129) -> KARBU(75) -> JINBU(76) ->
KAE(33) -> IGRAS(32)

AGAVO에서 IGRAS까지의 최적 거리 : 784.377
```

(a)



(b)

그림 12. TGU와 SEL사이의 경로 연산
Fig. 12. Route calculation from TGU to SEL

Ⅳ. 결 론

본 논문은 비행계획 기반의 효율적인 항공교통관제를 위한 최단거리 산출 알고리즘을 구현하였다. 기존의 항로간의 거리에 대한 가중치를 고려하여 이에 대한 최단 경로를 탐색하는 알고리즘과는 달리 거리 및 항공교통량에 대한 가중치를 고려하여 이에 대한 최적 경로를 탐색함으로써 연료 및 스케줄링의 관점에서 매우 효율적으로 항공교통관제가 이루어지도록 하였다.

본 연구는 증가하는 항공교통량에 대해 효율적인 항공교통흐름을 위한 알고리즘 연구 및 항공기 궤도 모델링의 기초 자료로 활용 될 수 있다고 판단된다.

감사의 글

본 논문은 국토해양부 항공선진화사업의 연구비 지원(과제번호 #07 항공-항행-03)에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

[1] RTCA, Inc, “VHF Air-Ground Communications System Improvements Alternatives Study and Selection of Proposals for Future Action,” *RTCA /DO-255*, 1994.

[2] RTCA, Inc, “Signal-in-space Minimum Aviation System Performance Standards(MASPS) for Advanced VHF Digital Data Communications Including Compatibility with Digital Voice Techniques,” *RTCA/DO-224*, 1994.

[3] ICAO “Aeronautical Telecommunications,” *ICAO Annex10*, 1997.

[4] Hojong Baik, Hanif D. Sherali, and Antonio A. Trani “Time-Dependent Network Assignment Strategy for Taxiway Routing at Airports,” *Transportation Research Record 1788*, pp. 70-75, 2002.

[5] RTCA, Inc, "RTCA Task Force 3 on Free Flight Implementation", 1995

[6] Geodetic calculations, "www.ga.gov.au/nmd/geodesy/datums/calc.jsp", 2003

김 용 균 (金龍均)

2004년 2월 : 금오공과대학교 전자공학과(공학사)
2006년 2월 : 인하대학교 전자공학과 (공학석사)
2006년 3월~현재 : 인하대학교 전자공학과 박사과정
관심분야 : 항공전자시스템, 항공교통관제시스템, 4D 궤도 모델링

조 윤 현 (曺侖鉉)

2007년 2월 : 인하대학교 전자공학과(공학사)
2009년 2월 : 인하대학교 전자공학과(공학석사)
2009년 3월~현재 : 인하대학교 전자공학과 박사과정
관심분야: 항공전자시스템, 레이더 시스템

윤 진 원 (尹珍元)

2004년 2월 : 금오공과대학교 전자공학과(공학사)
2006년 2월 : 인하대학교 전자공학과(공학석사)
2006년 3월~현재 : 인하대학교 전자공학과 박사과정
관심분야 : 컴퓨터 네트워크, fault-tolerant system, 병렬 및 분산 처리 시스템

박 동 화 (朴東和)

2006년 2월 : 성결대학교 정보통신 공학과(공학사)
2010년 3월~현재 : 인하대학교 전자공학과 석사과정
관심분야 : 무선통신시스템, 항공 전자통신시스템

최 상 방 (崔相昉)

1981년 2월 : 한양대학교 전자공학과(공학사)
1988년 : University of washington (공학석사)
1990년 : University of washington (공학박사)
관심분야 : 컴퓨터 구조, 컴퓨터 네트워크, 무선통신, 병렬 및 분산 처리 시스템, Fault-tolerant computing

박 효 달 (朴孝達)

2004년 2월 : 금오공과대학교 전자공학과(공학사)
2006년 2월 : 인하대학교 전자공학과(공학석사)
2006년 3월~현재 : 인하대학교 전자공학과 박사과정
관심분야 : 초고주파 및 항공전자통신 (초고주파회로 레이더, 인공위성, 항공통신장비)