

碩士學位論文

航空交通官制 通信시스템의  
분석과 自動化 方案 研究

 제주대학교 중앙도서관  
濟州大學校 産業大學院

電子電氣工學科

컴퓨터工學 專攻

鄭 泰 伯

2003

碩士學位論文

航空交通管制 通信시스템의  
분석과 自動化 方案 研究

指導教授 宋 旺 瞰



濟州大學校 産業大學院

電子電氣工學科

鄭 泰 伯

2003

航空交通官制 通信시스템의 分析과  
自動化 方案 研究

指導教授 宋 旺 瞰

이 論文을 工學 碩士學位 論文으로 提出함

2003年 6月



濟州大學校 産業大學院  
電子電氣工學科 컴퓨터工學 專攻

鄭 泰 伯

鄭泰伯의 工學碩士學位 論文을 認准함

2003年 6月 日

審査委員長 郭 鎬 榮 印

委 員 宋 旺 瞰 印

委 員 邊 暎 哲 印

# Planning and Analysis of Automatic Communication System for Air Traffic Control

by Tae-Baek Jeong

Department of Electrical and Electronic  
Engineering Graduate School of Industry  
Cheju National University

Supervised by professor Wang-Chul Song

## Summary



Air Traffic Flow Management (ATFM) can be said as a process that allocates traffic volumes according to aircraft capacity at the approach control area, the air route and the control sector of each airport,

The Air Traffic Flow Management takes an essential part in air traffic management system along with air traffic control function to ensure that an aircraft is safely separated from the flight prohibited and restricted area.. Furthermore, the current air communication and radar system is not fully functioning in sensing and detecting at a long distance area, ocean, obstructions and mountainous area due to the limits in reach range and its limited capacity caused by the lack of frequency for ground and aircraft communication. Also it is impossible to offer a shortest route due to the lack of precision of ground

equipment and an extensive amount of money needed in facility installation, operation and managements. The lack of compatibility among air traffic control systems shows the limit in handling ever increasing air traffic volumes with current air navigation system and airspace architecture.

In this paper Air Telecommunication Network(ATN) domain structure is proposed to resolve these problems, which would consolidate 14 radar approach control into 5 control sectors within Incheon Area Control Center.

As a Communication Navigation Surveillance and Air Traffic Management System, this enables it to identify the problems in advance and warn of any congestion and delay by analyzing the realtime radar information and all possible situations on a scheduled air route. This is expected to improve the efficiency in airspace utilization during the establishment of flight arrival and departure procedures while resolving frequent frequency replacement requests from the pilots and the workload at an air traffic control agency. Also the flexible human resource management can be possible by operating the control sectors expansively and sharing the air traffic control informations.

In the future, it has to be considered to reflect Satellite Control Procedures according to the CNS/ATM, Pilot to Air Traffic Control Data Link Communication (CPDLC) system, which enables Air Traffic Control (ATC) system and aircraft to automatically receive and send air communication and develop the educational program for air traffic control based on the air traffic policies.

# 목 차

Summary .....	i
I. 서 론 .....	1
II. 항공교통관리(ATM) .....	3
1. 항공교통관리 .....	3
2. 항공통신 및 감시 .....	5
III. 항공교통의 흐름관리 및 관제 .....	8
1. 항공교통의 흐름관리 .....	8
2. 항공교통의 관제방식 .....	12
3. 항공통신시스템 기술 .....	16
IV. 항공교통관제 통신시스템의 분석과 자동화방안 .....	21
1. 항공교통관제 자동화 .....	21
2. 관제통신 정보공유화의 항공통신망 구조 .....	29
V. 결 론 .....	35
참고문헌 .....	37
약 어 .....	39

## 그림 목차

- 〈Fig 3-1〉 항공교통관제흐름도
- 〈Fig 3-2〉 관제기관의 근무좌석별 관제흐름도
- 〈Fig 3-3〉 표준계기출발절차도(SID)
- 〈Fig 3-4〉 표준계기도착(STAR) 및 접근절차도
- 〈Fig 3-5〉 한국의 접근관제구역(TMA) 및 인천 비행정보구역
- 〈Fig 3-6〉 3V1D TDMA의 프레임 구조
- 〈Fig 3-7〉 2V2D TDMA의 프레임 구조
- 〈Fig 3-8〉 S-TDMA 시스템 프레임 구조
- 〈Fig 4-1〉 현행 인천ACC와 접근관제소
- 〈Fig 4-2〉 접근관제소의 광역화(안)
- 〈Fig 4-3〉 분할도 1
- 〈Fig 4-4〉 분할도 2
- 〈Fig 4-5〉 분할도 3
- 〈Fig 4-6〉 관제책임의 분할 또는 통합도
- 〈Fig 4-7〉 다중업무공역에서 관제책임의 분할도
- 〈Fig 4-8〉 항공통신망(ATN) 도메인 구조(안)
- 〈Fig 4-9〉 항공통신망(ATN)

## Table 목차

- 〈표 3-1〉 접근관제기관별 현황
- 〈표 3-2〉 VDL Mode 2, 3, 4의 기술분석
- 〈표 3-3〉 OSI 계층모형, VDL Mode과 ATN의 관계
- 〈표 4-1〉 항공교통관제환경의 중요한 문제점 및 해결책
- 〈표 4-2〉 접근관제소의 광역화 명칭
- 〈표 4-3〉 출발관제 이양 흐름도(2)
- 〈표 4-4〉 도착관제 이양 흐름도(2)
- 〈표 4-5〉 출발관제 이양 흐름도(3)
- 〈표 4-6〉 도착관제 이양 흐름도(3)
- 〈표 4-7〉 접근관제구역에서 관제점유시간 현황
- 〈표 4-8〉 레이더 제작사 현황



# I. 서론

1903년 12월 미국의 라이트형제가 플라이어 1호기를 타고 비행을 시작한 이후 공중과 지상간 통신의 중요성은 항공기가 처음 비행을 하던 시절부터 인지되어 왔다. 초기에 항공통신은 활주로에서 주간에는 깃발을 사용하고 야간에는 불빛을 이용해서 조종사에게 이륙, 착륙, 복행 등의 신호를 보내는 것으로 이루어졌다.

1920년대 중반에 “무선”기술을 이용해서 시계가 좋지 않을 때도 신호를 따라 안전하게 비행하도록 해주는 빔(Beam) 시스템이 개발되었으며, 1930년대 초반에 첫 번째로 항공기의 비행을 무선으로 관제하기 위해 오하이오 클리블랜드에 관제탑이 세워진 후로 조종사와 관제사간 통신이 매우 향상되었다.

1947년에 ICAO가 탄생하여 항행 및 통신등 관련부분의 세계표준이 제정되었고, 관제언어로 영어를 채택하였다.(최영일 1998) (박형택, 1999)

레이더는 제2차 세계대전 중 군용으로 개발되어 1950년 초에 민 항공관제용 레이더(ARSR)에 비행정보 및 레이더 정보처리를 추가하여 관제능력을 향상시켰으며, 세계 제2차 대전 동안 일상적 운영에 대한 많은 기술들이 개발되었고, 비행 중 관제사와 조종사간의 직접적인 무선통신이 가능해졌으며, 기상 제약을 극복하면서 더 많은 비행이 요구됨에 따라 항공기의 성능이 비약적으로 발전하였다.

1960년 초반, 자동화장비 도입으로 관제사의 능력이 항공교통관제를 하기 위해 다른 관제사와 통신할 수 있는 범위까지 확장되었다. 이 자동화된 통신장비에는 무선 송·수신기(HF, UHF, VHF)와 지상 및 비행 중 항공교통관제를 지원하기 위한 집적화된 음성교환장비가 포함되었다.

마침내, 1978년에 와서는 늘어나는 수요를 충족하기 위하여 주파수 대역폭을 50kHz에서 25kHz로 협소화하여 용량을 두 배로 확대하였는데, 현재는 약 1300개 채널을 확보하고 있다. 그러나, 이도 역시 현재의 혼잡문제를 완전히 해결할 수 없어서, 새로운 해결책을 찾으려 노력하고 있다. 이의 시도로 현재의 음성통신 대신에 데이터 통신망을 구축하고 있다.(한국항공공사 1995)

또한 국제항공운송협회(IATA)는 향후 2010년까지 세계 항공수요가 연평균 3.5~4.6%씩 증가할 것으로 예상하고 있으며, 특히 아·태지역의 항공수요는 앞으로 지속적

으로 증가할 것으로 예측하고, 특히 제주국제공항의 경우 국제자유화도시로 확정된 이후 2002년도 항공교통량은 1999년도 대비 37.4%, 여객은 20.5%가 증가하였다. (제주항공관리사무소 2003)

더우기, 교통량의 증가와 함께 점차 문제가 되고 있는 현존 시스템의 결합사항인 항행안전시설, 지역항행시스템(RNAV), 수직 및 수평 분리, 항공기의 탑재장비, 운항관리시스템 등, ATM 시스템 자체가 항로비행에 적절치 못하고, 지상과 공중에서 항공기의 지연이 발생되고 때로는 최적 항로로부터의 항공기의 이탈을 불가피하게 하고 있다. 항공기의 비행안전과 경제적 운항을 보장하기 위해서는 보다 합리적인 공역관리·개선이 필요하다. 즉, 한정된 공간에서 증가하는 항공기를 수용할 때 불가피하게 야기되는 항공기의 운항지연으로 인한 경제적 손실과 좁은 공역에서 다수의 항공기가 비행하는데 항공안전의 저해요인을 해소하기 위해 비행정보구역(FIR)내에 항공교통관제소(1개), 접근관제소(14개)와 관제탑(35개)이 설치되어 있는데 이를 운영하는 기관이 <Table 3-1> 과 같이 각각 달라, 시스템간 관제통신 및 실시간 레이더 관제정보가 공유치 못하고 있고, 항공교통관제사와 조종사간에 항공통신이 비효율적으로 이루어지고 있다.(항공교통관제소 1997, 2001)

따라서 항공교통흐름관리 및 공역의 수용능력을 향상시키는 시스템에 대해 설계를 하고, 관제사와 조종사간의 데이터링크통신(CPDLC)시스템, VHF데이터링크(VDL), 항공통신망(ATN)의 연구동향을 분석하여, 항공교통의 흐름관리와 새로운 관제책임의 분할기술을 적용함으로써 안전·신속·정확한 항공교통관제업무의 자동화 방안에 대해 연구하고자 한다.

국내외의 각종 문헌 및 논문, 기관 및 업체 등에서 발췌한 자료와 기타 인터넷 등을 통하여 입수한 자료로서 본 연구자가 현재 근무하면서 겪은 경험을 바탕으로 문헌적 연구방법에 의하여 위성항행시설의 일부 기능을 이용한 항공교통관제 통신 시스템을 분석하고 이를 통한 자동화 방안에 대해 연구를 수행함으로써, 항공교통 관제 관리시스템을 보다 효율적으로 운영하기 위한 방법에 대하여 논하고자 한다.

본 논문의 구성은 5장으로 되어 있으며 제1장에서는 서론에 대하여 기술하였고, 제2장에서는 항공교통관리를, 제3장에서는 항공교통의 흐름관리 및 관제에 대하여 다루었다. 제4장에서는 항공교통관제 통신시스템의 분석과 자동화 방안에 대하여 연구를 하였으며, 제5장에서는 결론 및 향후 연구과제에 대하여 언급하였다.

## II. 항공교통관리(ATM)

### 1. 항공교통관리(ATM)

ATM 시스템이란 항공기를 비행계획에 따라 이륙시켜 안전을 유지하면서 그들이 원하는 최적 비행로로 목적지에 정해진 시간에 무사히 착륙시키기 위함이다. 즉, 항공교통의 안전과 능률성의 확보가 ATM 시스템이 존재하는 최대의 목적이라 할 수 있다.

ATM의 운영은 GNSS에 의해 항법(Navigation) 및 착륙(Landing)시스템을 이용한 보고, 공대지 데이터링크에 의한 통신(Communication), ADS와 SSR-S에 의해 수행되는 감시(Surveillance), 기상관측용 레이더를 이용한 기상자료의 분석 및 예보기능 등 중요한 부분이며, 최적의 비행로를 선호하는 비행계획의 이용, 대양지역에서 동적인 항로설정의 운용, 터미널지역과 항로상의 교통혼잡상태의 해소, 운항 효율성의 증가 등 새로운 ATM의 기술과 절차를 이용한 항공교통관리시스템의 개발은 항공교통수요의 증가와 함께 매우 시급한 현실이 되었다.

#### 1) ATM 시스템의 구성요소

##### (1) 항공기탑재 시스템

ATM의 목적달성을 위해 지상시스템과 상호 연계되는 항공기의 각 기능별 능력으로 구성되는데, 예를 들면 항공전자장비와 운항관리시스템(FMS), 위치제어기능을 위한 항행시스템, 항공기 충돌방지시스템(TCAS) 등을 말하며 공대공(Air to Air), 공대지(Air to Ground) 데이터링크 시스템들이 이를 지원한다.

##### (2) 지상시스템

공대지(Air to Ground), 지대지(Ground to Ground)데이터 통신망을 통해 항공기에 대한 정보를 수신한다. 수신된 정보를 계산하고 의사결정(Decision Making)을 한 다음 적절한 명령을 지대공(Ground to Air) 통신링크를 통해 항공기에 송출한다. 즉, 지상교통관리시스템의 주요기능은 비행계획과 비행위치와의 편차확인을 통한 분리기준의 확보, 적절한 시간분리와 공간분리를 통해 항공기의 비행순서와 통과시간을

결정(속도 및 지연도착 정보 포함)하여 안전하고 경제적인 최적의 비행로를 항공기에 명령하는 일이다. 지상시스템은 항공교통업무(ATS), 항공교통흐름관리(ATFM) 및 공역관리(ASM)로 구성된다. 지상시스템 중 항공교통업무(ATS)는 다음과 같다.

① 항공교통관제(ATC)

관제권 또는 접근관제구역에서의 이륙·착륙의 순서 및 시기와 비행방법에 관하여 항공법제70조에 따라 항공교통관제기관이 행하는 지시에 관한 업무는 항공기간의 충돌방지, 항공기와 장애물간의 충돌방지, 항공교통의 촉진 및 질서유지를 위하여 행하는 업무로서, 다음과 같이 세분화된다.(항공법 2002)

· 비행장관제업무(Aerodrome control service)

비행장안의 이동지역 및 비행장 주위에서 운항하는 항공기와 당해 비행장의 업무에 종사하는 자에 대하여 행하는 업무

· 접근관제소(Approach control)

접근관제구역에서 비행하는 항공기 및 이들 공역 안에 특별관제구역에서 비행하는 항공기에 대하여 행하는 관제업무로서 비행장관제업무 외의 관제업무

· 항공교통관제소(Area control centre)

계기비행항공기에 대하여 행하는 관제업무로서 비행장관제업무 및 접근관제업무 외의 관제업무

② 비행정보 (FIS)

안전하고 능률적인 운항을 지원하기 위한 관련정보의 제공이 주목적

③ 수색 및 구조(AL)

구조 및 수색작업이 요구되는 항공기가 있을 때 이를 관련기관에 통보하고 구조 및 수색작업을 지원

2) 항공교통흐름관리(ATFM)

항공교통이 혼잡하거나 혼잡이 예상될 때 최적의 비행소통체제를 유지하며 ATC의 효율적인 목적 달성과 항로 및 터미널지역의 수용능력을 최대한으로 신장시키고 항공기의 운항지연시간을 최소화시켜 준다.

장기적으로 보면 완벽한 상황이란 없지만, 변화하는 주변환경에 능동적인 대처로 운항소통을 원활히 해주는 것이 무엇보다 중요하다.

### 3) 공역관리(ASM)

주어진 공역 내에서 항공기의 운항시간을 배분하고 항공기간의 적절한 간격 분리를 통해 제한된 공역을 최대한으로 활용코자 ATFM과 함께 ATC의 보조수단으로 사용된다.

각 접근관제구역(TMA)은 약간의 차이는 있지만 관할하는 주 공항으로부터 반경 약 40~60NM 수평적 범위를 갖고 있으며, 경우에 따라 인접 접근관제구역과 중첩되는 부분도 있으나, 이들은 서로 수직적으로는 분리되어 중복은 피하고 있다.

어떤 TMA는 항공교통관제절차 및 항공기 입·출항 경로의 구도에 따라 다시 세분화되고 있으며, 그 세분화되는 소구역들은 고도로 분할되는 구역들이다. 이러한 소구역 분할 현상은 여러 공항이 밀집되어 있는 수도권 지역에서 특히 심하게 나타나며, 서울, 오산, 해미, 중원, 원주 등 5개의 접근관제구역은 서로 얽히는 아주 복잡한 구조를 이루고 있다. <Fig 3-4>는 인천비행정보구역 내에 설정되어 있는 14개 접근관제구역의 수평 분계선을 나타낸 그림이다.

접근관제구역의 수직범위는 지표면 700피트~FL220으로 이루어져 있으며, 하한 고도는 지표면 700피트로 동일하게 설정되어 있으나, <Table 3-1>과 같이 상한고도는 10,000피트~FL220까지 다양하게 구성되어 있다.(한국교통관제소 2001)

## 2. 항공통신 및 감시(Communication and Surveillance)

초단파대(VHF)의 전파를 사용하는 항공이동무선통신은 항공교통관제통신, 운항관리통신 등에 사용되며 중요한 항공통신으로서의 역할을 하고 있다. VHF대의 통달 거리는 비행고도에 따라 정해지며 약 400Km이다. 주파수 간격은 항공기의 교통량이 증가함에 따라 통신량의 증가에 대비하기 위한 채널 수를 확보토록 단계적으로 좁혀왔으며, 현재는 25KHz로 되어 있다. 따라서 118.000MHz~136.975MHz에서는 760개의 채널이 존재한다. 장래에는 12.5KHz (1520채널)로 되리라 예상되나 현재 추진하는 데이터링크가 실용화되면 전파의 이용효율이 향상되고 더불어 위성통신이 실현된다

면 당분간 현재의 주파수 간격은 그대로 유지될 것이다.

### 1) 항공통신

항공통신이란 항공기와 지상시설 사이, 지상시설과 지상시설 사이의 정보 전달과 교환을 의미한다. 즉, 항공기가 비행을 위한 준비단계에서 목적지 공항에 도착할 때까지 항공기를 안전하고 보다 경제적이며 효율적으로 운항시키기 위해 항공기 운항에 종사하는 관제기관 상호 간, 지상과 항공기 그리고 항공기 상호간에 각양각색의 정보교환이 필수 불가결하다. 이러한 항공운항에 관련된 정보의 전달과 교환을 우리는 항공통신이라 정의한다. 또한 전자통신기술의 발전으로 항공기를 탑승하는 승객과 지상의 민간인 사이의 통신이 가능해짐에 따라 이들도 항공이동통신의 범주에 포함될 수 있다.

VHF음성통신은 전파특성상 가시거리권내에서만 이용이 가능하기 때문에 대양지역에서의 공대지 통신수단은 주로 HF통신에 의존하고 있다. HF통신 때 전파특성으로 야기되는 혼신과 잡음은 항공기 안전운항에 저해요인이 되고 있으며, 디지털화된 공대지 시스템의 호환성 부족으로 현대화된 자동시스템을 운용하는데 주요 장애요소가 되고 있다

#### (1) VHF or HF 데이터통신(VDL, HFDDL)

대표적인 것으로 항공기사전출발허가(PDC)와 디지털공항정보자동방송(D-ATIS)이 있으며(김포, 인천공항은 운영중), 공항기상정보제공시스템(TWIS)등 음성통신에 의존하던 항공교통관제를 VHF주파수를 이용하여 항공기와 데이터통신을 함으로서 관제사 및 조종사의 업무부하 감소, 언어소통 해결, 수기(手記)로 인한 불편이 없어지는 효과가 있다.

#### (2) 항공이동위성통신(AMSS)

인공위성을 이용한 항공기와 지상국과의 데이터통신으로 운항관리통신(AOC), 항공업무통신(AAC), 항공여객통신(APC)분야에 적용되며, 통신위성을 사용하기 때문에 전 세계 어디에서나 통신이 가능하다는 장점이 있다.

통신위성의 사용료 및 지상국 구축비용이 많이 들기 때문에 아직은 많이 사용되지 않고 있으나, 신형 항공기에 있는 위성전화 등이 대표적인 시스템이며, 항공기에서 인터넷을 사용할 수 있는 시스템도 있다.

### (3) 항공종합통신망(ATN)

각국에 산재되어 있는 항공용 지상통신시스템을 국제표준화기구(ISO)의 기준에 의한 “항공통신망 프로토콜구조(ATNPA)” 로 통일하여 각 단위장비별 호환성 및 모든 항공기운항 관련 데이터를 공유할 수 있도록 표준화시스템을 구축하는 대규모 프로젝트로서 ATN의 구축이 완료되면 전 세계 모든 국가의 운항정보를 공유할 수 있는 강력한 항공네트워크가 구축된다. ATN은 위성항행시스템 통신분야의 최종 구현목표이다.

## 2) 항공감시

### (1) Mode-S 레이더(Mode-S RADAR)

현재 운영중인 2차 감시레이더 기능에 데이터통신을 위한 데이터 비트를 확장하여 기본 레이더 정보이외에 항공기정보, 관제정보 등을 주고받을 수 있도록 고안된 진보적인 레이더시스템이다. 현재는 8비트 데이터통신이나 최대 128비트까지 확장하여 항공기 운항을 위한 많은 정보제공이 가능하게 된다.

### (2) 자동항행감시(ADS)

전 세계 창공을 운항하는 항공기들을 하나의 모니터에서 볼 수 있으며, 항공기자신의 위치정보를 통신매체(VDL, HF DL, 인공위성 등)를 통하여 지상으로 보내주면 지상에서는 항공기에서 보내준 좌표정보를 기존의 레이더와 같이 모니터 상에 표출하는 시스템이다.

ADS와 레이더와의 가장 큰 구분은 레이더는 전파를 발사하여 반사되어 오는 물체를 레이더스코프에 표시하는 반면, ADS는 항공기에서 보내주는 위치정보를 이용하여 세계지도에 표시하는 원리로서 정밀도의 향상과 전 세계에서 운항하는 항공기를 볼 수 있다는 장점이 있다. (항공교통관제소, 1997), (교통개발연구원, 2003), (한국항공공사, 1995, 2002)

### Ⅲ. 항공교통의 흐름관리 및 관제

항공교통흐름관리(ATFM)는 항공교통관제(ATC)의 보조역할로서 공역과 공항수용 능력을 최대한으로 이용할 수 있도록 해야 한다. 터미널 지역에서의 대기(Holding)나 지연상태는 바람직하지 못하나 공항지역과 공항의 수용능력을 극대화시키기 위한 약간의 대기나 지연사태는 어쩔 수 없을 것이다.

미래의 시스템을 이용해서 운항관리를 하는데는 실시간(Real Time) 관리를 위한 자동화 수단이 필요하고, 자동화를 통해 많은 양의 정보를 처리하고 상황변화에 즉각 대처할 수 있도록 운항정보를 전술적으로 주고받을 수 있어야 한다.

공항의 수용능력은 환경적인 요소들 즉, 활주로 상태, 가용시설들의 작동상태, 사용활주로 선택, 소음관계, 항공기의 요란(Wake Turbulence)에 따른 분리, 유도로 및 주기장의 가용상태 등에 의해 좌우된다. 미래의 시스템은 현 상황은 물론 예견되는 인접공역이나 공항 수용능력에 대한 관련 데이터들도 실시간으로 최대한 이용할 수 있도록 해야 한다. (Eurocontrol 1997)

#### 1. 항공교통의 흐름관리

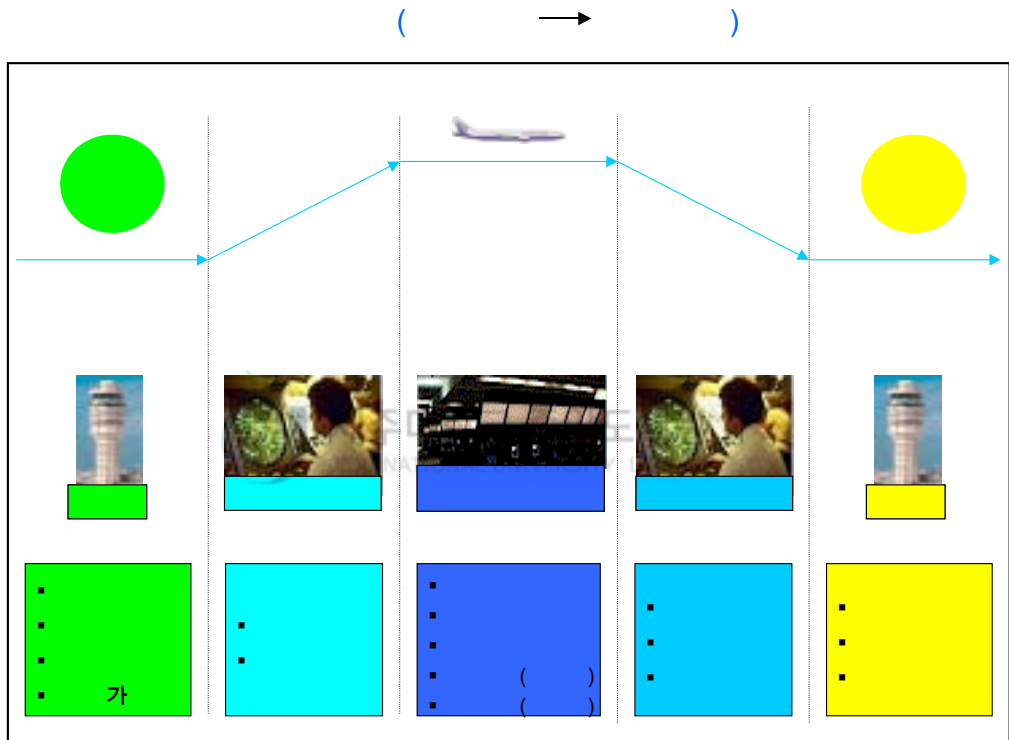
##### 1) 항공교통의 관제 흐름도

항공기가 출발공항에서 이륙하여 도착공항에 착륙하기까지의 항공교통관제의 흐름을 <Fig 3-1>에서 보여준다.

예를 들어 조종사가 제주공항에서 김포공항까지 비행하는데 호출해야 하는 관제 흐름을 살펴보면 제주관제탑의 비행허가증계석, 지상관제석, 비행장관제석을 거쳐 제주접근관제소의 출발관제석을 경유 인천ACC의 관제섹터에서 도착공항의 서울접근 관제소내 도착관제석, 접근관제석을 거쳐 김포관제탑의 비행장관제석, 지상관제석에서



마지막 관제서비스인 계류장관제석에서 끝난다. 출발공항에서 이륙하여 도착공항에 착륙할 때까지 5개의 관제기관(출발공항의 관제탑, 접근 관제소 경유, 인천ACC에서 도착공항의 접근관제소 경유 관제탑)과 10개의 관제석의 관제지시를 받아야 안전하고 질서 있고 신속하게 비행할 수가 있다. 조종사는 최소한 5번에서 최대 12번까지도 관제서비스를 받기 위해 호출을 해야한다.

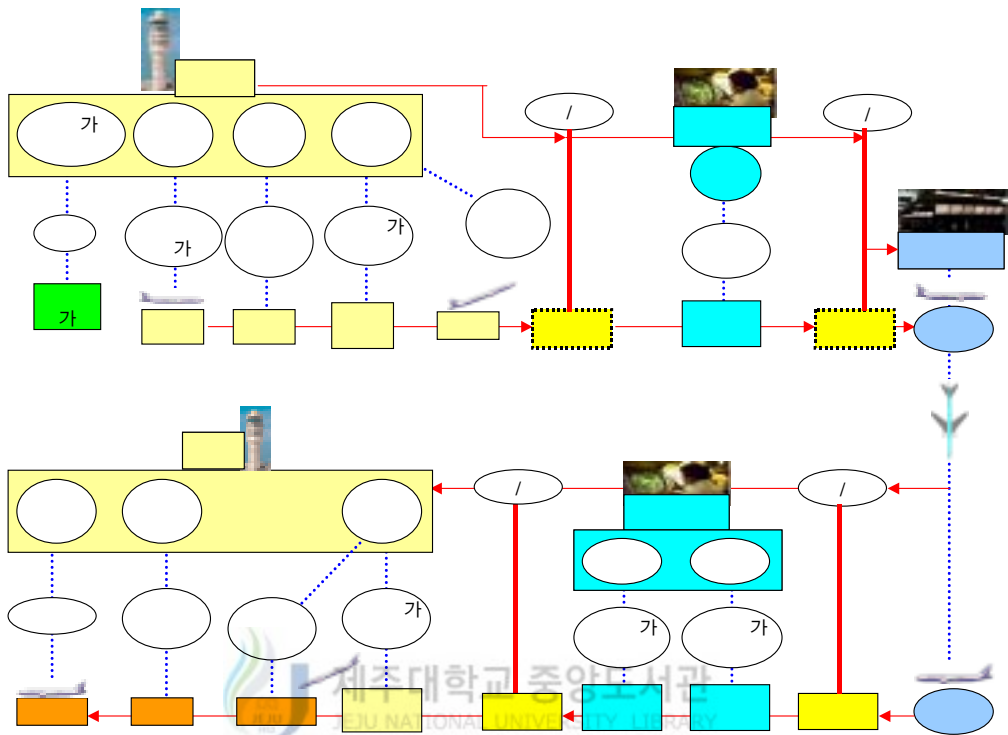


〈Fig 3-1〉 항공교통관제 흐름도

2) 관제기관의 근무좌석별 관제흐름도

〈Fig 3-2〉는 보다 자세한 관제서비스의 흐름을 나타내고 있으며, 관제사는 계류장에서 보통 출발예정 시간 10분전에 조종사의 요구에 의해 비행허가서를 발부하고 가고자 하는 방향으로 비행기수를 정하여 엔진시동 후 사용활주로까지 지상관제사가 지시하면 조종사는 지상활주를 시작한다. 이륙활주로 입구 근처에 도달하면, 조종사의 이륙요청에 의해 기상정보와 함께 이륙을 허가한다. 안전하게 활주로에서 이륙한

후에 비행장관제사의 지시에 따라 접근관제소의 출발관제석으로 관제이양을 한다.



〈Fig 3-2〉 관제기관의 근무좌석별 관제흐름도

출발관제사는 표준계기출발절차(SID)를 발부하여 도착공항의 항로와 최종 비행고도의 정보를 조종사에게 제공한다. 레이더에 의해 타 항공기와 분리를 취하면서 접근관제소의 경계선(이양지점)까지 관제서비스를 하고 인천ACC로 항공기를 넘긴다.

인천ACC에서는 전국공항에서 이륙한 항공기와 착륙하려는 항공기간에 적절한 분리를 취하면서 안전한 항로비행이 되도록 레이더 감시가 지속된다. 이후에 도착공항의 접근관제소 경계선 근처에 도달하면 도착관제사에게 관제권한을 이양한다.

도착관제사는 항공기를 첫접근지점 또는 최종접근로를 향하여 순서있게 레이더 유도내지 표준계기도착절차(STAR)에 따라 접근관제사에게 이양한다.

접근관제사는 계기접근절차를 발부하여 관제탑과 정보를 주고 받은 후에 최종접근로 상에서 항공기를 관제탑에 이양한다.

비행장관제사는 활주로 및 기상상태, 출발 항공기와 분리 간격을 고려하면서 착륙

허가를 발부한다. 착륙활주로에서 벗어나도록 한 후에, 지상관제사는 계류장 입구까지 지상유도를 하여 계류장관제사에게 관제·이양한다. 계류지점까지 계류장관제사가 서비스를 제공하는 등 조종사는 최소한 5개 근무좌석의 관제주파수, 최대 12개 관제주파수로 교체하여 관제사 또는 자동화시스템과 교신해야 하는 번거로움이 있다.

### 3) 항공교통흐름의 관리절차

최초 비행계획 통합처리시스템은 교통흐름관리 계획과 감시 및 slot 배정을 위하여 모든 비행계획과 레이더 자료는 이 시스템에 접수되고 저장한다.

각 항공교통흐름 담당업무기관(항로관제소, 접근관제소, 공항관제탑 등)은 각 섹터, 비행로 또는 항로의 수용가능 자료(Capacity data)를 시간당 특정 위치보고지점이나 항로의 통과수용 가능한 항공기의 수로 알려주고 시간 당 몇 대라는 형식으로 표현되며, 또한 경우에 따라 10분당 몇 대 이상의 항공기를 진입시켜서는 안 된다는 부가적인 제한사항을 첨가하기도 한다. 교통상황이나 기상상태(안개, 뇌우, 활주로 폐쇄, 근무요원의 부족, 장비 고장)의 변화에 따라 변경될 수도 있으며, 이 모든 요인들은 교통흐름의 비율변화에 영향을 미친다. 교통흐름의 비율이 결코 초과되는 상황이 발생하지 않도록 교통흐름을 관리하기 위해 slot시간 5분전부터 10분 후까지의 시간 안에 항공기는 이륙해야 하고, 이륙할 수 없는 항공기의 경우에는 반드시 새로운 slot 시간을 배정 받아야 한다.

계류장에서 후진(gate pushback)시간으로부터 30분 이내의 시간동안에 항공기 지상처리 문제로 인하여 새로운 slot시간을 필요로 하는 이륙지연 상황인 경우에는 항공관제기관에서 처리하며, 그 이외의 경우, 사전에 인지되는 지연상황들은 소속 항공사에서 처리한다. 이러한 상황들을 처리하는 단계는 다음과 같다.

#### (1) 전략(strategic) 단계

전략 단계에서의 교통흐름관리(Traffic Flow Management) 활동은 운항 계획일 이전의 수개월 전부터 2일 이전까지의 기간 중에 이루어지는 활동.

#### (2) 예비 전술(pre-tactical) 단계

운항 계획일 2일 전부터 운항 당일까지의 기간 동안에 이루어지는 활동

#### (3) 전술(tactical) 단계

운항 당일 이루어지며, Slot 배정과 항공로 재 계획과 같은 활동이 이루어진다. Slot 배정은 반드시 비행계획서가 있는 경우를 제외하고는 배정을 금지하고 slot 배정 컴퓨터를 통하여 완전히 자동 처리한다.(EUROCONTROL CFMU, 1996)

## 2. 항공교통의 관제방식

### 1) 도착·접근 및 출발 계기비행 절차도(STAR, ILS/DME App, SID)

대부분의 공항에서는 표준계기출발절차(SID)에 따라 비행하고 있으며, 또한 공항에 착륙할 때에도 표준계기도착절차(STAR)를 경유하여 계기비행절차 또는 관제사의 의도에 따라 레이더 유도에 의한 방법으로 착륙하고 있다.

〈Fig 3-3〉은 표준계기 출발절차도를 나타내고 있고, 〈Fig 3-4〉는 표준계기도착 절차 및 접근절차를 활주로별로 도시하여 정형화된 절차도이다.



〈Fig 3-3〉 표준계기 출발절차도(제주국제공항)

그러나, 레이더 유도에 의한 착륙방법은 표준화된 절차가 없으며, 관제사의 재량 및 능력에 따라 항공기의 분리 기준의 정해지는 등 관제서비스가 천차만별이다. 앞으로는 첫접근픽스(IAF) 또는 최종접근픽스(FAF)까지 STAR처럼 정형화된 위성 항행절차를 개발하여 관제기술 및 분리 기준의 통일을 기하여 비행안전에 만전을 기하여야 할 것이다.



〈Fig 3-4〉 표준계기 도착 및 접근절차도(제주국제공항)

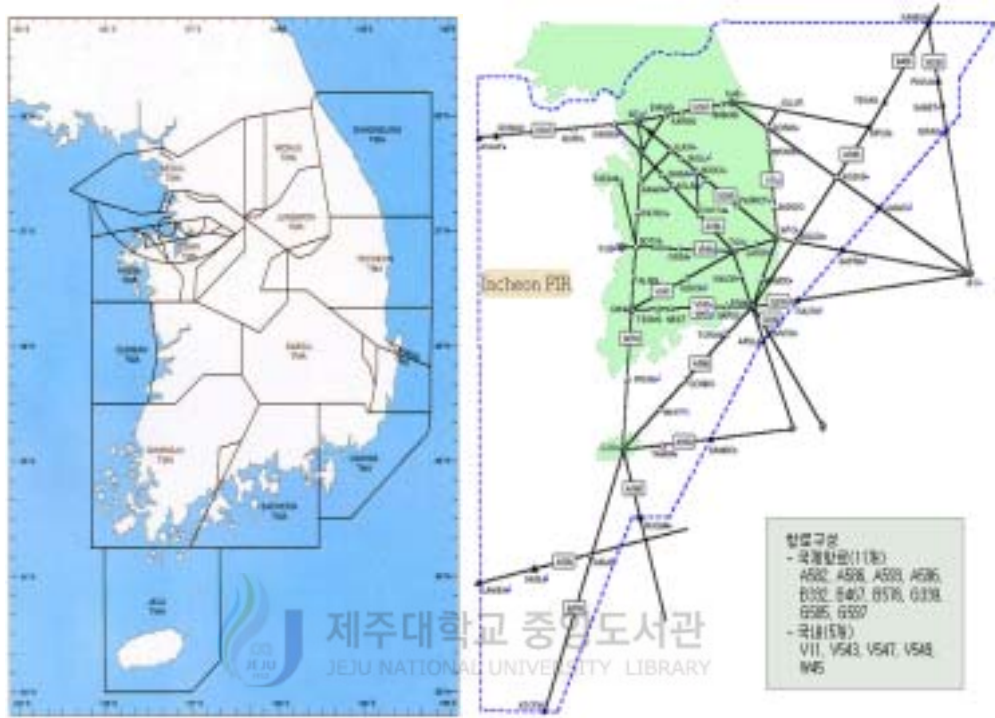
## 2) 접근관제기관별 공역현황

〈Table 3-1〉과 같이 접근관제구역별로 관할 고도 및 구역이 서로 상이할 뿐만 아니라 특히, 수도권은 5개의 접근관제구역이 중첩되어 복잡하게 되어 있다.

〈Fig 3-5〉는 2003년 5월 현재 인천 비행정보구역(FIR) 및 항로와 접근관제구역(TMA) 14개소를 표시한 그림이다.

이들 접근관제구역의 관할기관은 접근관제소이며, 서울 및 제주는 건설교통부,

강릉, 원주 등 9개소는 한국공군, 포항은 한국해군, 오산 및 군산은 미국공군이 각각 운영하고 있다.



〈Fig 3-5〉 한국의 접근관제구역(TMA)과 인천 비행정보구역(FIR) 및 항로

각 접근관제소는 대부분 2~3개 공항을 관할하며, 1개 공항만을 관할하는 접근관제소도 6개소에 달한다.

즉, 한국공역 내의 접근관제소는 “1 공항 1 접근관제소 운영” 이란 형태로 한국의 접근관제공역(14개)은 세분화되어 있는 실정이다.

계기비행규칙(IFR)으로 이·착륙하고 있는 공항은 25개 공항이며, 민영항공 여객기가 운항하는 공항은<Table 3-1>로 정리한 바와 같이 18개 공항에 이르며, 그 중 11개 공항은 군 비행장을 이용하고 있는 실정이다.

접근관제구역으로 설정된 공역의 상한고도 이하에 위치한 항로의 관할권은 2가지 형태로 나뉘어져 있다. 서울, 오산, 군산, 제주 및 중원 등 5개 접근관제소는 해당 공역내의 항공로 관할권을 갖고 있으며 대구, 사천 등 9개 접근관제소는 항공로 관할

권을 갖고 있지 않고 인천 ACC가 관할하고 있다.(교통개발연구원 2003)

<Table 3-1> 접근관제기관별 현황(2003년5월)

권역별	TMA 명칭	운영기관	상한 고도	관할 공항			
				민	군(민운항)	군	계
북부	서울	건교부	FL220	인천, 김포		서울	3
	오산	미공군	FL140			오산, 수원, 평택	3
	해미	한국공군	FL140			해미	1
	중원	한국공군	FL170		청주	중원	2
	원주	한국공군	FL170		원주		1
동부	강릉	한국공군	FL220	양양	강릉	속초	3
	예천	한국공군	FL220		예천		1
중부 저고도, 고고도	대구	한국공군	FL220		대구		1
	포항	한국해군	10,000'	울산	포항		2
	김해	한국공군 건교부	FL220		김해		1
	사천	한국공군	FL190	여수	사천		2
서부	광주	한국공군	FL220	(무안:예정)	광주,목포		2
	군산	미공군	FL140		군산		1
남부	제주	건교부	FL140	제주, 정석			2
계	14			7	11	7	25

### 3) 터미널 공역의 책임분할

관제탑과 접근관제소간, 접근관제소와 항공교통관제소 간 책임의 분할은 지역마다 다양한 국지조건에 따른 책임 때문에 고정되게 정의할 수 없으며, 항공교통의 구성, 공역 배치, 기상조건과 상대적인 과중업무 등 교통환경 조건에 따라 결정된다. 그러나, 이런 요인들 때문에 공역배치의 책임분할을 통제하는 문제와 협조 사항이 증가하는 결과가 되지 않게 하거나 또는 불필요한 관제이양 및 무선통신 접속 때문에 조종사의 과중업무가 되지 않게 하여야 한다.

항공교통관제소(ACC)와 접근관제소(APP)사이 에 항공교통업무에 대한 책임분할은 터미널공역의 수용력 및 효율성에 영향을 주는 중요한 요인이 된다.

특히, 협조사항이 많은 고밀도 교통지역에서는 관제사와 조종사에게 광범위하게

과중업무를 강요당한다. 어떤 지역에서는 접근관제기관이 항로관제기능을 수행하는 반면에, 또 다른 지역에서는 항공교통관제소(ACC)가 접근관제기능을 수행한다.

따라서, ICAO는 ACC와 접근관제소(APP)의 책임분할을 명확하게 정의하지 않는다. (ICAO. Doc9689 2000)

### 3. 항공통신시스템 기술

현재 각 공항마다 VHF/UHF를 이용하여 조종사/관제사 간에 정보통신을 주고받고 있으며, 단방향통신 즉, 관제사가 하나의 주파수로 조종사와 통신하고자 하면 방송(Broadcasting) 방식으로 전파되고, 역으로 조종사가 관제사와 통신하고자 할 경우에도 같다.

현재 항공용 VHF 통신에 할당된 주파수 대역은 118~137MHz이고, 통신채널 또한 100kHz에서 50kHz로 가용주파수를 2배로 늘려 운영해 왔으며, 90년대에 와서는 다시 25kHz로 2배로 늘려 운영하였다. 이처럼 점진적으로 증가하고 있는 항공교통수요의 증가에 대처하기 위하여 대역폭을 늘려 운영하고 있는 실정이며, 이미 항공교통 관제의 한계에 도달하고 있는 유럽에서는 음성채널의 경우 25kHz에서 8.33kHz로 다시 늘려 운영하고 데이터 채널의 경우 25kHz의 코드센서다중접속방식(CSMA)으로 시험·운영하고 있다. 이에 반하여, 미국에서 연구·시험 운영중인 시분할다중 접속(TDMA) 방식의 경우 음성과 데이터를 한 채널로 통합할 수 있으며 기존의 25kHz 주파수 대역폭을 그대로 유지하면서 4개의 시간슬롯(time slot)으로 나누어 4배의 채널 증가 효과를 얻을 수 있는 방안을 실험·운영 중에 있다. 또한, ADS-B의 기능을 겸비한 자체조직 시분할다중접속(S-TDMA) 방식이 유로관제(EURO Control)에서 연구·실험 중에 있다. (김종철 1999), (박효달 2000)

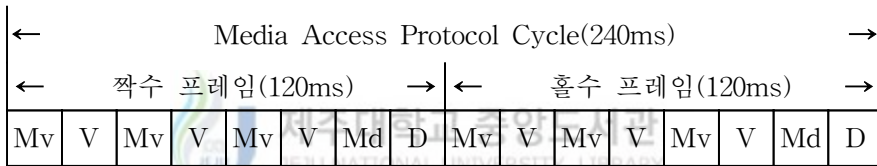


1) 시분할다중접속(TDMA) 시스템

앞에서 항공용 주파수 개선방안으로 대역폭을 8.33kHz로 늘리는 방안은 장기적인 안목으로 볼 때, 미래의 항공교통관제의 모든 기능을 수용하는데 어려움이 있다. 현재의 25kHz 주파수 대역폭을 그대로 유지하면서, 4개의 시간슬롯으로 나누어진 TDMA 디지털 음성/데이터 방식을 사용하는 방안이 연구되고 있다. 음성 및 데이터 채널을 통합하기 위한 시간슬롯 할당방법에 따라 다음과 같이 크게 3가지의 대표적인 시스템 구조를 정의할 수 있다.

(1) 3V(Voice)1D(Data) 구조

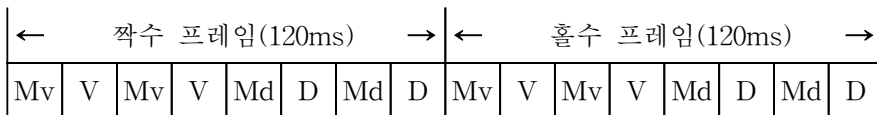
음성회선 용량 증가의 필요성과 함께 제한적으로 데이터 링크 사용이 요구될 때 사용되며 전용음성 슬롯으로 각각 3개의 사용자 그룹을 지원하지만 하나의 데이터 슬롯을 공유하게 된다.



〈Fig 3-5〉 3V1D TDMA의 프레임 구조

(2) 2V(Voice)2D(Data) 구조

음성회선 및 데이터 링크 용량 증가가 동시에 요구될 때 사용되며 각각 전용 Voice/Data 슬롯을 2개의 사용자 그룹에 할당하게 된다.



〈Fig 3-6〉 2V2D TDMA의 프레임 구조

2) S-TDMA 시스템

VDL Mode 4 시스템은 향후의 CNS/ATM 시스템 핵심에 해당된다. VDL Mode 4는 모든 종류의 항공, 해상 및 육상 이동통신에 응용할 수 있기 위한 디지털 통신 시스템

이다. VDL Mode 4는 S-TDMA 기술을 토대로 한다. VDL Mode 4는 두 가지 다른 통신서비스를 지원한다.

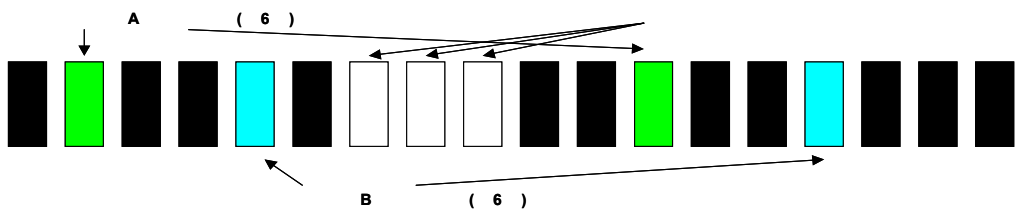
첫째, 특정 VDL Mode 4 서비스는 최종 사용자 와 중요한 데이터 교환에 있어서 시간에 대한 최소 오버헤드 정보를 갖는 단대단 (End-to-end) 통신과 광역통신을 포함한다. 둘째, VDL Mode 4 항공통신망 서비스는 전적으로 ATN에 의존한다. 또한 이들 서비스는 광역통신과 단대단 통신서비스도 지원한다.

광역 데이터 전송은 별도의 CNS/ATM 응용분야에서 사용되어 진다. 응용분야에 따라서 지상국 및 이동국으로부터 광역전송이 모두 가능하며, 특정 VDL Mode 4 서비스는 광역 데이터 응용분야에도 적용되어 진다. VDL Mode 4에서 단대단 통신의 경우, 특정 VDL Mode 4 서비스를 이용하거나, 또는 완전한 ATN프로토콜 스택을 이용함으로써 구현될 수 있다.

대부분의 ATN 통신에서는 ADS-B 시스템과 마찬가지로 짧은 위치정보 대신 임의의 다른 주파수를 사용하게 될 것이다. 서비스는 항공기 탑재 장비, 지상 인프라 구조의 형태, 시간적 중요도, 경제적 측면, 채널 부하량 등에 따라 선택되어 질 수 있다.

ADS-B 구축을 위해 VDL Mode 4를 사용할 때, 항공기의 항법 데이터는 데이터 링크 상에서 사용 가능한 시간 슬롯(time-slot)을 통해서 전송이 이루어진다.

<Fig 3-7>은 데이터 링크의 사용 예를 보여준다. 각 항공기들은 자체적인 시간 간격을 설정하여 해당 time-slot이 유용하면, 해당 time-slot을 점유하여 사용하게 된다.



<Fig 3-7> S-TDMA 시스템 프레임 구조

VDL Mode 4의 몇 가지 핵심사항은 지상의 인프라 구조에 관계없이 동작할 수 있다는 점과 분산형 통신시스템이며, 다른 무선통신기술보다 대역폭 당 수용용량이 크다는 점이 특징이다.

VDL Mode 2 데이터 링크 시스템과 비교해 볼 때, VDL Mode 4의 수용용량은 약 15배 정도의 스펙트럼 효율성이 개선되었다. 수용용량과 스펙트럼 효율성 측면에서 다른 경쟁기술들과 비교해 보기 위해서는 위치정보나 256 비트로 이루어진 다른 유형의 메시지가 대역폭 당 매분 또는 매초에 얼마나 많이 전송될 수 있는지 여부가 매우 중요하다.(박효달 2000)

### 3) VDL mode 2, 3, 4 기술 분석

데이터링크 층에서 필요한 에러제어, 흐름제어와 동기화를 포함, VHF 채널을 통하여 자료의 집단(프레임)으로 전송하며, VDL mode 2, 3, 4의 기술 비교분석은 <Table 3-2>와 같다.(ICAO Doc9694 2002) (ICAO AMCP WG-M2 meeting Draft 2002)

<Table 3-2> VDL mode 2, 3, 4의 기술분석

VDL	음성	자료	data rate	sub network	다중접근 분류방식	채널마다 통신연결 수
mode 2	no	yes	31.5 kbps	air to ground	Random CSMA	1개로 제한
mode 3	yes	yes	31.5 kbps	"	Random CSMA	4개로 제한 3음성/1자료 = 4 2음성/2자료 = 4
mode 4	no	yes	19.2 kbps	" air to air	Organized STDMA	확장성

### 4) ATN(Aeronautical Telecommunication Network)

현재는 주로 공대지 음성통신으로 항공교통관리(ATM)를 수행하고 있다. 이러한 통신방법은 통달거리가 짧고 전파의 질이 떨어지는 등의 문제점이 있고 조종사와 관제사간의 언어장벽에 대한 문제는 물론 컴퓨터의 데이터베이스를 이용하지 못하는 결점이 있다. 또한 대양지역과 원격지 항행에서는 HF를 사용하는 장거리통신에 의존하고 있는데 HF통신은 신뢰성이 없고 위성항행시스템 특별위원회에서 추진하고 있는 인공위성을 이용한 통신방식이 도입되면 위도가 75도 이상인 극지방을 제외하고는 더 이상 사용되지 않을 전망이다.

항공종합통신망은 항공이동위성서비스(AMSS)를 비롯한 위성항행시스템의 대부분의

구축이 이루어지는 시점에서 전체적인 통신망이 완성되기 때문에 대단히 방대하고 장기적인 사업이 될 것이다. 그러나, 지상에서 업무용 데이터를 이용할 때에는 컴퓨터 통신망을 통한 전송이 이루어지고 점차 확장시켜 나가는 형태로 발전될 것이다.

항공통신망은 위성항행시스템을 구성하는 하드웨어를 통합하여 전체 시스템으로 묶는 소프트웨어 작업이다. 따라서 종단시스템인 항공기의 탑재용 컴퓨터와 지상의 호스트용 컴퓨터가 어떻게 구성되느냐에 따라 크게 달라질 수밖에 없다. 항공통신망은 이동위성서비스를 비롯한 위성항행시스템이 구축되는 시점에서 전체 통신망이 완성되지만, 국제민간항공기구(ICAO)에서 권장하고 있는 프로토콜 방식이 지상에서 업무용 데이터 통신망에 부분적으로 적용되기 시작하였다.

현재 항공통신망 프로토콜로 추천되고 있는 개방형 상호접속 프로토콜이 점점 구체적인 부분까지 확장되고 있다. 이차감시레이더의 Mode-S시스템을 이용한 데이터 통신을 개발하고 있는 ICAO의 이차감시레이더 및 공중충돌방지위원회에서 공대지 데이터통신 시스템에도 <Table 3-5> 와 같이 개방형상호접속 방식을 채택하도록 권고하고 있다. (ICAO Doc9739), (한국공항공사 2002)

<Table 3-4> OSI 계층모형, VDL mode과 ATN의 관계

LAN	OSI 모형	ATN	VDL mode 2, 3, 4
Web browser	Application	User Interface	CDTI, CDW, CPDLC
HTTP, FTP	Presentation	Transform/Translate	Data link service
"	Session	Process	"
TCP	Transport	Data delivery	"
IP	Network	Packets	"
Ethernet, ATM	Datalink	Frames	CSMA, TDMA, STDMA
Twisted pair	Physical	Raw bits	VHF Channel

## IV. 항공교통관제 통신시스템의 분석과 자동화

### 1. 항공교통관제 자동화

#### 1) 항공교통관제의 환경 해결

현재의 공역구조는 공역설정 및 관리가 적정치 못하여 효율적인 공역의 활용이 이루어지지 못하고 있는 실정이며, 과거에 정해진 공역분할과 수직분리 경계층에 의존함으로써 제약을 받고 있으며, 대부분의 지역에서 지역항법(RNAV)개념이 도입되지 못하고 있다.

운영상의 비효율적인 절차가 신속한 항공교통처리를 저해하고 있는데 가장 큰 원인은 새로운 위성항행기술에 보조를 맞추어 현대화된 운영절차를 적재적소에 마련하지 못하고 있는 현실 즉, 협소한 접근관제구역, TMA내에 수많은 혼련공역, 비좁은 항로, VOR로 구성된 구부러진 항로, 일원화된 관제교육 부재 등 항공관제를 담당하는 기관이 각양각색으로 다르다보니 규정 및 절차도 천차만별이니 항공기에 적합한 비행정보를 동적으로 제공할 수 있어야 하는데 다양한 관제절차가 이를 저해하고 있는 실정이다.

또한, 지상시스템과 운항관리시스템간 또는 항공교통관제소와 접근관제소간, 접근관제소간에 효율적인 협력관계가 이루어지지 못하고 있기 때문이다.

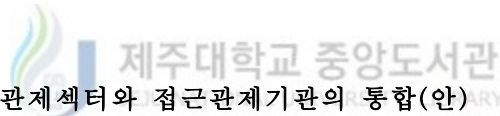
시설운영에 따른 기술개발 수준은 아직도 충분치 못하며 각 분야에서 기존의 기술도 제대로 활용되지 못하고 있다. 항공교통관리시스템에 대한 자동화의 취약성은 기술상의 장점을 충분히 활용하지 못하고 있으며, 또한 시스템간의 공대지/지대지간 데이터정보 교환의 경우, 상호호환성 부족으로 최첨단의 항공기 탑재장비 및 지상장비간에 유기적인 관계를 유지하지 못하고 있는 실정이다.

앞으로, 세계각국들은 각종 시스템간의 상호 호환성을 유지시키기 위해 하드웨어나 소프트웨어적으로 문제점을 해결하려 하고 있으며, 이에 한국도 접근관제구역을 재조정하여 시스템간 호환이 되도록 경제적 측면에서 검토가 필요하며 하드웨어 및 소프

트웨어적으로도 <Table 4-1>에 나타난 문제점을 데이터링크 층에서 에러제어, 흐름 제어와 동기화하여 자료전송시, VHF채널을 통하여 프레임 단위로 전송하여 해결하는 기술의 연구가 이루어져야 한다.(Melwyn Savio Peresia 2002)

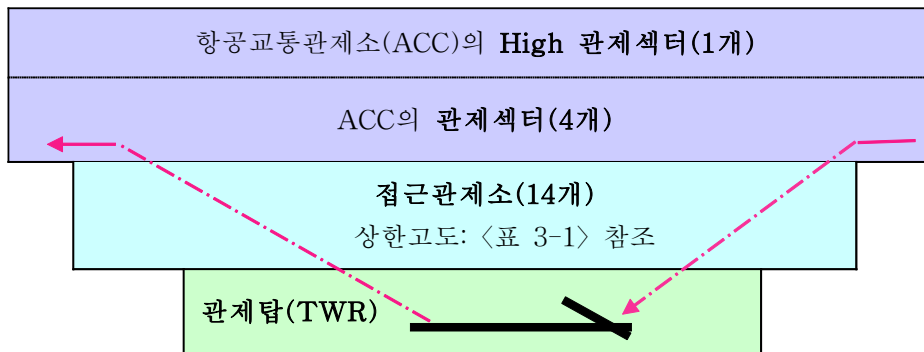
<Table 4-1> 항공교통관제 환경의 중요한 문제점 및 해결책

문제점	Data link 응용 해결책	제공업무	Data link 기술요구사항
항공무선 혼잡	관제사/조종사 데이터 링크 통신(CPDLC)	데이터 메시지를 이용 항공관제통신으로 조종사에 제공	VDL mode 2 VDL mode 3 VDL mode 4
활주로 무단침입	조종석 감시화면 교통정보장치(CDTI)	항로와 터미널지역에서 조종사의 항공기 교통인식	VDL mode 4
기상예보 예측불가	그래픽 기상업무 통신	항로기상 모니터용 칼라그래픽 기상화면	VDL mode 2 VDL mode 4
금지구역위반	수색·구조 감시	항공기의 위치보고	VDL mode 4



## 2) 인천ACC의 관제섹터와 접근관제기관의 통합(안)

현재 관제기관은 한국의 공역을 총괄하는 인천항공교통관제소가 있고 내부에는 관제실을 5개의 섹터로 분할하여 1개의 섹터에서 <Fig 4-1>와 같이 해당 접근관제소의 책임한계를 공역 및 고도별로 나누어 담당하고 있으며, 접근관제소 14개와 관제탑이 35개가 있다.



<Fig 4-1> 현행 인천ACC와 접근관제소

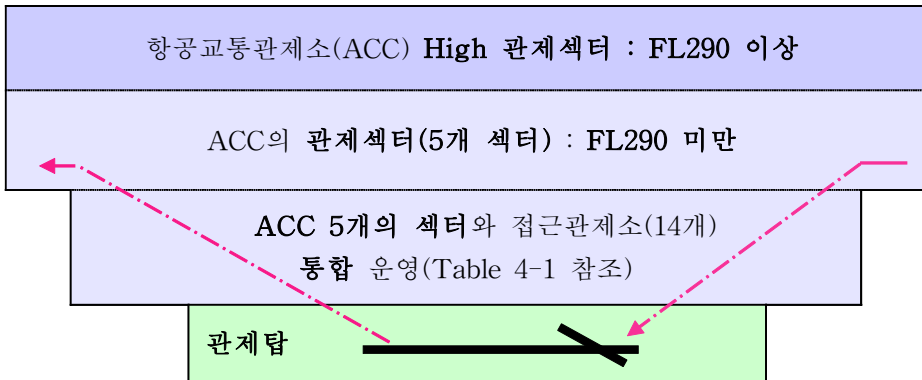
현재 전국적으로 공통적인 항공교통관제환경은 제3장 제2절에서 살펴본 바와 같이 비좁은 한국공역 내에 접근관제구역은 14개 구역으로 세분화되어 있고, 1개의 접근관제구역은 또다시 소구역으로 분할되어 아주 복잡·다양한 구조이다. 접근관제구역의 경계선 부근에서 소구역으로 세분된 구조는 항공교통안전 및 국가 공역의 효율적 활용도 측면에서 장애요인이 된다.

서울과 오산 접근관제구역을 예로 들어 설명하면 <Fig 3-5>에 도시한 바와 같이 수평적으로 서로 중첩되는 부분이 10개소 이상이며, 이를 조종사, 관제사 및 항공종사자들이 숙지하기는 용이하지 않으며, 최적의 비행로 설정에도 저해요인으로 작용한다. 인근 접근관제구역은 고도에 따라 분리되지만 수평적으로 중첩되는 수도권 지역에 설정된 해미, 중원, 원주 접근관제구역에서도 유사하게 나타나고 있으며, 예천, 중원 및 원주 접근관제구역 간, 대구와 포항접근관제구역 간 그리고 사천과 광주 접근관제구역 사이에도 발견되는 현상이다.

위와 같은 구역의 세분화된 공항이 서로 밀집 또는 인접되는 곳에서 독자적인 접근관제기관을 운영하는 경우에 불가피하게 나타나는 현상이며, 이런 관점에서 공역 활용의 효율성 저하, 양질의 이착륙 비행절차 수립의 문제점이 있는데 이를 해결할 수 있는 방법은 <Table 4-2>와 <Fig 4-2>와 같이 인천 항공교통관제소 관제실내에 5개의 관제섹터와 통합하여 시험 운영하면서, 다가오는 위성항행시설의 운영에 대비하는 것이 바람직하다.

<Table 4-2> 접근관제소의 광역화 명칭(안)

광역화 명칭	TMA 명칭	광역화 명칭	TMA 명칭
서부 SECTOR	서울 APP	동부 SECTOR	대구 APP
	오산 APP		포항 APP
	해미 APP		김해 APP
	중원 APP		사천 APP
	원주 APP	남부 SECTOR	광주 APP
북부 SECTOR	강릉 APP		군산 APP
	예천 APP	제주 SECTOR	제주 APP



〈Fig 4-2〉 접근관제소의 광역화(안)

3) 터미널 공역에서 관제책임의 3가지 분할방법

터미널 공역에서 관제 책임을 아래와 같은 방법들로 분할하여, 인천 항공교통관제소(ACC)나 각각의 접근관제소(APP)에서 접근관제 업무를 수행해야 한다.

(1) 분할방법-1

접근관제기관의 APP 업무를 인천ACC에서 수행하는 방법이며, 협조절차는 기존의 전용선으로 공항의 관제탑과 이루어지는 반면에, 인천ACC내에서는 통신에 관계없이 바로 옆에서 (음성 또는 손으로 지적하는 등) 이루어진다는 장점이 있다.

단, 14개소의 레이더 기능은 〈Fig 4-8〉 과 같이 항공통신망의 도메인 구조로 인천 항공교통관제소(ACC)와 연결하는 것이 필요하다.

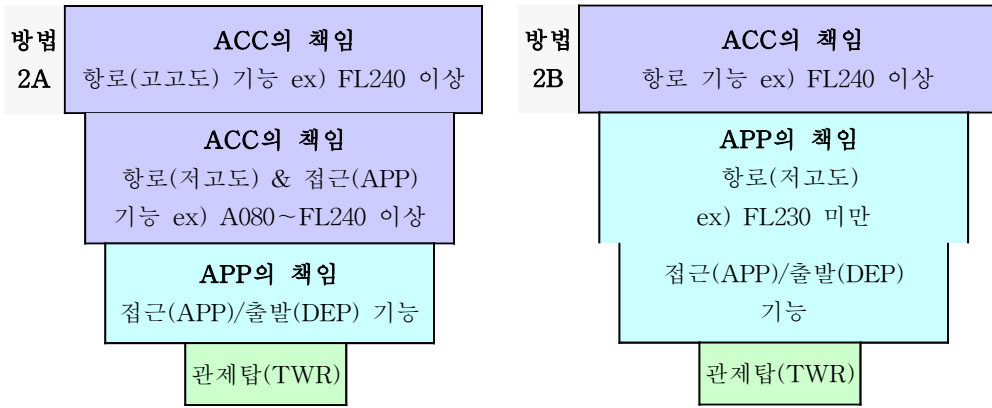


〈Fig 4-3〉 분할도-1



(2) 분할 방법-2

비행고도에 따라 관제책임을 분할하고, 지역환경에 따라서 효율적으로 대체할 수 있는 방법이다. 저밀도 교통량일 경우에는, 인천 ACC와 각 접근관제소간에 책임을 아래와 같이 두가지 방법으로 나눈다.

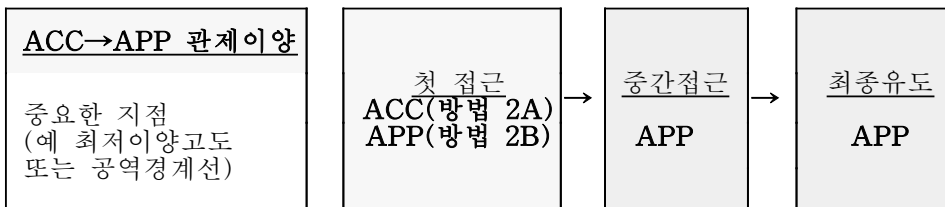


<Fig 4-4> 분할도-2

제주대학교 중앙도서관  
<Table 4-3> 출발관제 이양 흐름도(2)



<Table 4-4> 도착관제 이양 흐름도(2)

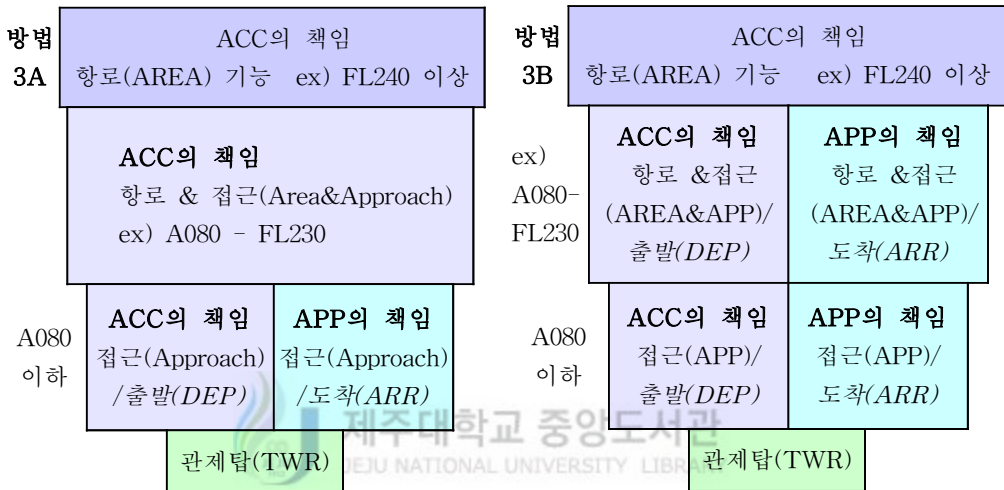


※ 협조절차는 항공기마다 동적인 협조 또는 합의된 표준관제이양 절차에 따라 운영한다.

(3) 분할 방법-3

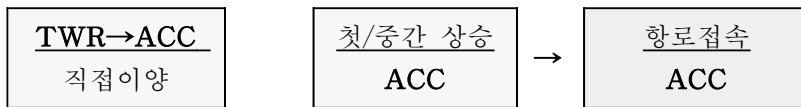
고밀도 교통량에서는 도착과 출발 기능을 지리적으로 분리한다. 관련 공역 안에서 국지조건 및 운영 경험에 의해 결정하고 책임은 3A, 3B로 나눈다.

협조절차는 각각 항공기마다 동적인 협조 또는 합의된 표준관제이양절차에 따라 운영한다. 그러나, 방법 3B는 협조절차가 복잡하기 때문에 표준합의서가 필요하다.

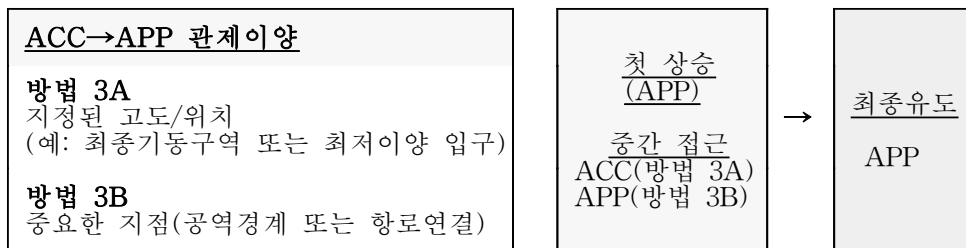


<Fig 4-5> 분할도-3

<Table 4-5> 출발관제 이양 흐름도(3)



<Table 4-6> 도착관제 이양 흐름도(3)



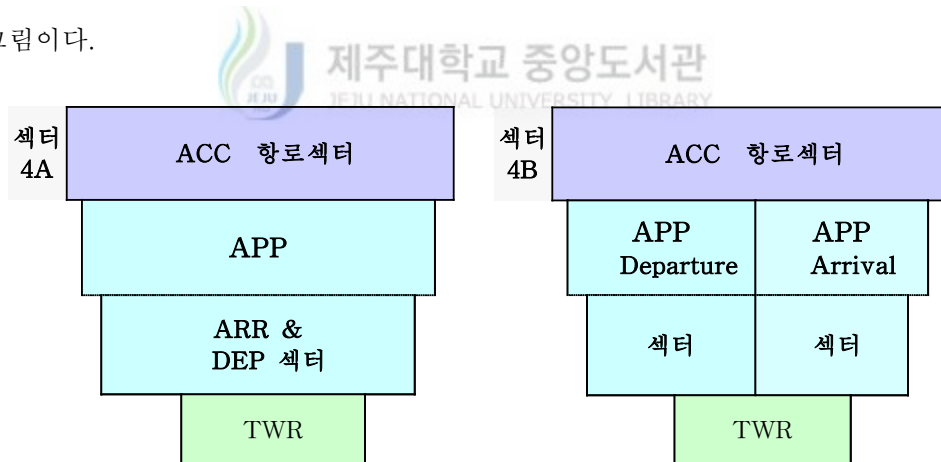
#### 4) 관제책임의 분할 또는 통합방법

터미널 구역의 분할 또는 통합은 접근관제기관 자체 내 또는 접근관제소와 인천 항공교통관제소(ACC)사이에 책임분할에 관한 것이고, 관제섹터 사이에 책임분할은 적당한 항공교통관제 수용능력을 평가해서 분할한다. 두 개 이상의 섹터를 하나로 통합하도록 교통량이 감소되는 기간 동안에는 잠재적으로 섹터를 합친다.

교통량과 관련하여 관제사의 업무능력에 따라, 교통량이 적은 지역은 하나의 접근 관제소 기능으로 <Fig 4-6> 4A와 같이 운영가능하고, 교통량이 증가하면 섹터를 <Fig 4-6> 4B와 같이 분할하여 운영한다.

도착 항공기가 많을 경우에는 <Fig 4-6> 4B의 Arrival 섹터에서 최종접근 관제석을 설정하여 관제책임을 분할하여 운영할 수도 있다.

도착과 출발섹터를 지역적 또는 활주로별로 분할하는 것이 고도별로 분할하는 것보다 더 합리적이다. <Fig 4-6>은 터미널 지역에서 관제책임을 분할 또는 통합에 관한 그림이다.



<Fig 4-6> 관제책임의 분할 또는 통합도

#### 5) 다중업무구역에서 관제책임의 분할

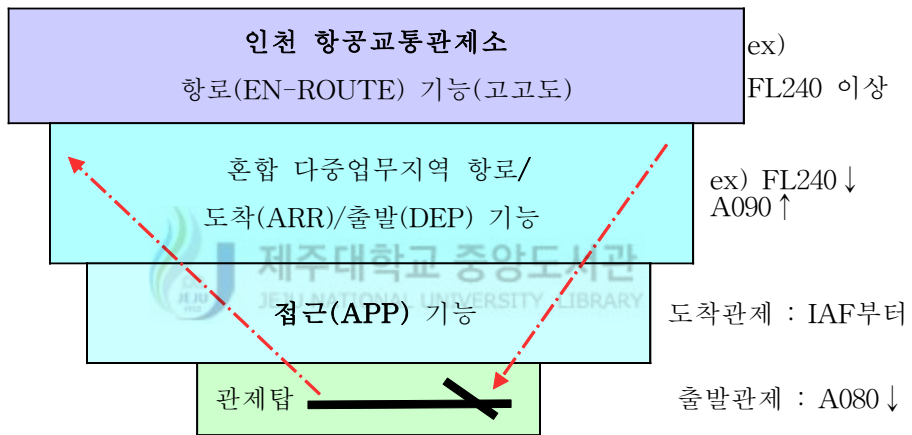
인천 ACC와 14개의 접근관제소간에 항로와 터미널 구역은 <Fig 4-7>과 같이 중간 구역(Middle) 개념을 활용하여 아래와 같이 관제책임을 동적으로 분할한다.

(1) 출발단계에서 향로단계

- 고도 A80 이하 : 관제탑의 책임(APP기능 상실시)
- 고도 A90이상 : 항공교통관제소의 책임(APP기능 상실시)
- FL240 이하(제주반경 120NM 이하) : 접근관제소의 책임(ACC기능 상실시)

(2) 향로단계에서 도착단계

- 첫 접근지점(IAF)까지 : ACC의 책임(APP기능 상실시)
- 첫 접근지점(IAF) ~ 착륙까지 : 관제탑의 책임
- FL240 이하(제주반경 120NM 이하) : 접근관제소의 책임(ACC기능 상실시)



<Fig 4-7> 다중업무공역에서 관제책임의 분할도

6) 관제점유시간에 의한 관제책임의 분할

접근관제기관 내에 출발 및 접근관제시간은 <Table 4-7>과 같이 김포, 인천을 제외하고는 출발관제는 3~7분, 대부분의 접근관제는 8분~18분이 소요되고 있으므로 <Fig 4-7>과 같이 접근관제는 이양지점에서 공항까지 공항마다 다소 차이가 있지만, 출발관제는 이륙 후부터 8,000피트까지만 관제탑에서 관제책임을 진다.

이후에는 인천ACC에서 고도별 또는 관제섹터별로 전담하여 관제환경 변화에 따라 동적으로 관제책임을 분할하는 방법이다.

〈Table 4-7〉 접근관제구역에서 관제점유시간 현황(2003. 5. 4. 기준)

비행구간	출발관제	항로관제	접근관제
	출발공항→이양지점 거리/시간/실 관제시간	항로간 이양지점 거리/시간/실 관제시간	이양지점→도착공항 거리/시간/실 관제시간
제주-김포	52NM/12.5분/4~7분	148NM/21.1분/23~25분	50NM/10분/10~14분
김포-제주	50NM/10분/7~10분		52NM/12.5분/13~18분
제주-김해	47NM/11.3분/6~7분	77NM/11분/11~15분	33NM/4.7분/8~9분
김해-제주	33NM/4.7분/3~4분		47NM/11.3분/13~17분
제주-대구	52NM/12.5분/4~7분	108NM/15.4분/18~21분	41NM/9.8분/약14분
대구-제주	41NM/9.8분/약5분		52NM/12.5분/13~18분
제주-청주	52NM/12.5분/4~7분	148NM/21.1분/20~26분	22NM/5.3분/약10분
청주-제주	22NM/5.3분/약5분		52NM/12.5분/13~18분
제주-포항	47NM/11.3분/6~7분	177NM/25.3분/약29분	37NM/8.9분/약9분
포항-제주	37NM/8.9분/약2분		47NM/11.3분/13~17분
제주-울산	47NM/11.3분/6~7분	177NM/25.3분/약23분	15NM/3.6분/약3분
울산-제주	15NM/3.6분/약2분		47NM/11.3분/13~17분
제주-사천	47NM/11.3분/6~7분	77NM/11분/9~10분	28NM/6.7분/약16분
사천-제주	28NM/6.7분/약6분		47NM/11.3분/13~17분
제주-광주	52NM/12.5분/4~7분	약5~6분	52NM/12.5분/약15분
광주-제주	52NM/12.5분/약4분		52NM/12.5분/13~18분
제주-목포	52NM/12.5분/4~7분	약 4~5분	28NM/6.7분/약7분
목포-제주	52NM/12.5분/약4분		52NM/12.5분/13~18분
제주-여수	47NM/11.3분/6~7분	30NM/4.3분	26NM/6.2분/약14분
여수-제주	26NM/6.2분/4~5분		47NM/11.3분/13~17분

## 2. 관제통신 정보공유화의 항공통신망 구조

오늘날 항공교통관제업무는 주로 두 가지의 감시방법을 이용하고 있다. 하나는 레이더를 이용한 직접적인 공역감시이고, 다른 하나는 조종사의 보고에 의한 간접적인 공역 감시이다. 항공교통이 혼잡한 공항 터미널지역과 내륙공역의 항공로에 대한 감시시스템은 VHF통신과 1차, 2차 감시레이더의 Mode A/C를 이용하여 양질의 서비스가 제공되고 있다.

국제민간항공기구(ICAO)에서는 1983년부터 수동조작 없이 시스템에 의해 자동으로 위치정보의 송출이 가능한 ADS(Automatic Dependent Surveillance)시스템을 개발하게 되었다.

ADS의 개념은 레이더와 같이 정확하고 효율적인 감시수단이 없는 지역에서 항공 교통관제용 감시시스템으로 사용될 수 있는 시스템으로 평가되었다. 또한 ADS는 레이더에 의한 감시개념의 보조적인 역할로도 사용될 예정이다.

#### 1) 현행 감시시스템 및 문제점

##### (1) 전파의 통달거리 제한(항로용 레이더 200NM, 터미널용 60NM 정도)

- 대양지역을 횡단하는 항공기 감시불능으로 인한 항공기 충돌사고 우려
- 인접 접근관제구역간에 항공기 항적 탐지 불능으로 사전 분리 불가
- 항공교통관제업무의 효율성 저하
- 항공기 분리기준 감소 불가(FL290이상에서 2,000피트 → 1,000피트)

##### (2) 증가하는 항공교통량을 처리하기에는 정밀도의 결여

- 4~5초마다 파악하는 항공기 위치의 신뢰도 결여
- 지형지물에 의한 반사현상

##### (3) 공항이 밀집되어 있는 지역 등에서 전파간섭현상

##### (4) 항공기 식별코드(SSR Code)의 포화상태

현 레이더시스템은 4,096개의 항공기의 식별 부호를 사용할 수 있으나 전세계적으로 항공기의 증가 및 운항수요의 증가로 항공기 식별코드 배정의 한계점에 도달했다.

#### 2) 접근관제소별 레이더장비 현황

공항별 또는 지역별로 이기종의 레이더장비 및 운영주체가 <Table 4-8>과 같이 서로 다르기 때문에 관제정보의 공유가 불가할 뿐만 아니라, 레이더장비가 있음에도 불구하고 이웃 접근관제소간에 NON-RADAR에 의한 항공기의 관제이양 및 분리를 하고 있는 실정이다.

〈Table 4-8〉 레이더 제작사 현황(2003. 5. 15 현재)

APP	레이더 제작사 또는 명칭	APP	레이더 제작사 또는 명칭
제주	이탈리아등 ALENIA사	김해	일본 NEC사
서울	호주 Air SYS-ATM	포항	미국 ITT사
오산 군산	미국 GPN12	ACC	미국 록히드-마틴 SKYLINE
기타	캐나다 ANTPN 24		

### 3) 항공통신망(ATN) 도메인 구조

1990년대까지의 항공교통관제 목표는 항공기간의 분리 즉 안전 운항의 극대화를 목표로 하였다. 그러나 항공 수요가 급증하고 그에 따라 항공교통량이 점진적으로 증가함에 따라 항공교통의 지연사례를 최소화하고, 경제적 비행로의 개발과 방안에 관한 연구도 중요시되었다.

〈Fig 4-8〉는 항공통신망(ATN) 도메인 구조(안)는 일종의 대형 종합컴퓨터처리 시스템이다. 운항하는 항공기 위치를 실시간으로 파악하기 위해 모든 가용 지상 레이더 탐색 자료가 수집되고 전산 처리된다. 모든 공항, 항공사 및 관련 기관으로부터 모든 비행계획서 자료와 비행자료가 수집되고 전산 처리된다. 모든 항행안전시설의 현황 자료가 실시간으로 수집되고 관리된다. 모든 기상레이더 및 기상 기구로부터 현 기상 및 예보 기상자료가 수집되고 전산 처리된다. 이상과 같은 정보 처리를 위하여 이 시스템은 최첨단의 다양한 자동화 도구를 이용한다.

현재 1개의 인천항공교통관제소, 14개의 접근관제소, 여객기가 입·출항하는 35개의 관제탑, 한국공항공사, 인천공항공사, 공항기상대, 여객 운송업무에 참여하는 모든 항공사 등 비행계획서와 관련된 비행정보는 ACC 중심으로 연결되어 운영되고 있으나, 항공종합정보(항공사관련 정보, 공항별 기상, 항공관제 현황 등 공항의 정보)는 각각 독자적으로 운영되고 있어, 이를 〈Fig 4-8〉과 같이 공항별로 구성한 후, 중계역할로서 5개의 구역(Table 4-2 참조)으로 광역화(각 공항별 또는 ACC의 기능 상실에 대비한 비상대책의 기능 역할)하여 하나의 인천 항공교통관제소(중앙집중식 관제센터) 내에 ATN 통신망으로 상호 연결함으로써, 전국적인 항공교통흐름을 통제하고 관리

하도록 구축한다.

#### 4) 항공통신망을 이용한 관제통신시스템 분석

VHF 데이터 통신시스템은 유한 자원인 주파수의 채널을 증가시키지 않고도 항공기들과 지상국들 간에 각각의 주어진 목적지로 통신하는 데이터 링크를 제공함으로써 통신의 혼잡문제를 자동적으로 해결한다. 통신채널의 유용한 이용 외에도 조종실내의 모니터 및 프린터에 데이터 정보가 자동으로 실행됨으로써 이·착륙시 조종사의 업무량 감소에도 기여하며, 음성통화시 발생될 수 있는 용어상의 혼란을 방지함은 물론, 항공기 탑재시스템에 의한 지상의 ATC 허가서의 자동 획득으로 관제사의 업무량 또한 경감시킬 수가 있다.

미래의 항공교통관제 통신시스템 및 자동화의 최대목표는 항공교통관리(ATM)의 운영에 여러 가지 제한사항들을 감소시키거나 제거시켜 주는 일이다. 또한 실시간의 비행상태와 예정된 비행경로상의 모든 상황을 DB화하여 혼잡과 지연을 예고해 줄 수 있는 실시간의 관리를 효과적으로 한다.

항공교통관제(ATC) 시스템은 비행계획정보의 정확성 즉, 3차원 4차원적 비행경로를 설정하기 위해 항공기에 탑재된 운항관리시스템의 계산된 자료들에 의해 그 기능이 향상된다. 그리고 비행경로에 대한 계산기능과 비행경로의 유지기능 또한 운항관리시스템과 ATC 시스템에 의해 공동 처리되며, 항적의 지속적인 감시 및 비행경로를 이탈하면 지상의 ATC 시스템에 자동적으로 통보되도록 실행된다.

<Table 4-9>와 같이 항공통신망을 이용한 시스템의 기대효과는 크다고 할 수가 있다.

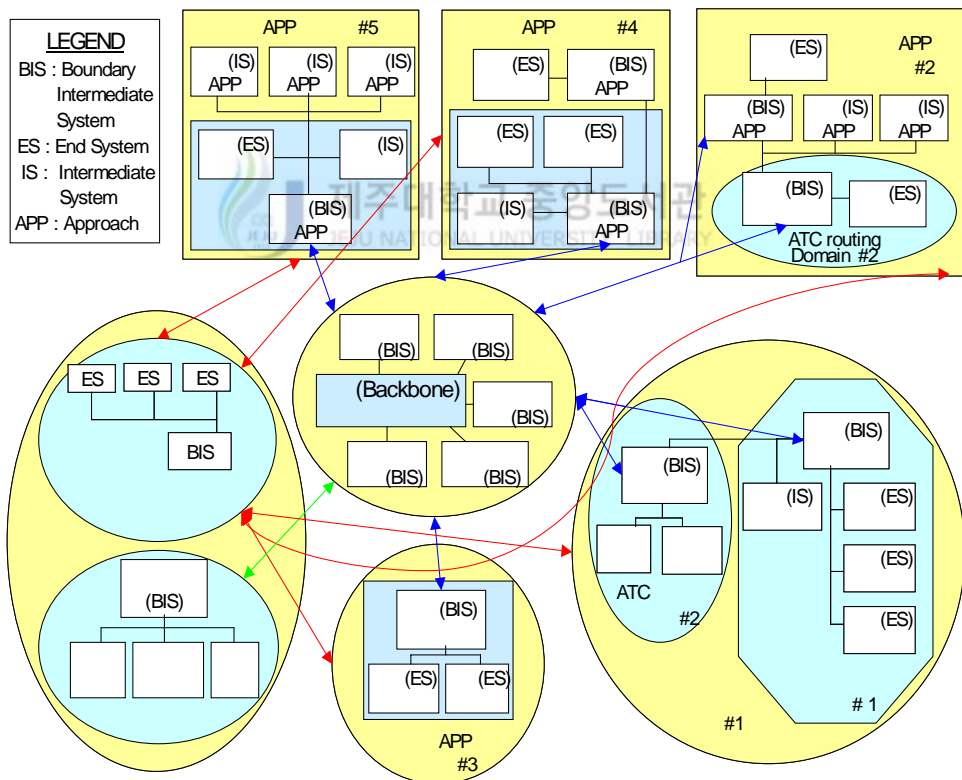
<Table 4-9> 기대효과

안정성 향상	운항 및 관제능력 향상	경제성 향상
<ul style="list-style-type: none"> <li>· 조종사/관제사의 과중업무량 감소</li> <li>· 통신의 품질, 속도 향상</li> <li>· 음성주파수 감소</li> <li>· 실시간 원격 감시</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 신속 정확한 보고 향상</li> <li>· 데이터의 정확성 (언어소통문제 해소)</li> <li>· 최적 통신경로 설정 용이</li> <li>· 수동조작절차 감소</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 절차의 단순화로 지연 감소</li> <li>· 2명의 승무원 감소</li> <li>· 조정 가능성</li> <li>· 대 여객서비스 향상</li> </ul>



2010년에 전세계적으로 운영예정인 위성항행시스템(CNS/ATM)을 이용한 항공 교통관리시스템은 지금부터 서서히 연구·실험을 해야 하고, 당장은 관제책임 부서가 각각 다르기 때문에(Table 3-1 참조) 동적으로 합의가 가능한 다중업무공역에서 관제책임의 분할(Fig 4-7 참조)에 대한 검토가 필요하다.

또한 장기적으로는 항공종합통신망사업과 관련하여 레이더 관제정보(실시간 항적)를 <Fig 4-8>과 같은 도메인 구조를 이용하여 14개의 레이더접근관제소를 5개의 광역접근관제소(가칭 : 서울, 김해, 제주, 양양, 무안)로 통합하여 인천 항공교통관제소 내에 5개의 관제섹터로 흡수하는 항공통신망(ATN) 도메인 구조(Fig 4-8 참조)가 바람직하다.

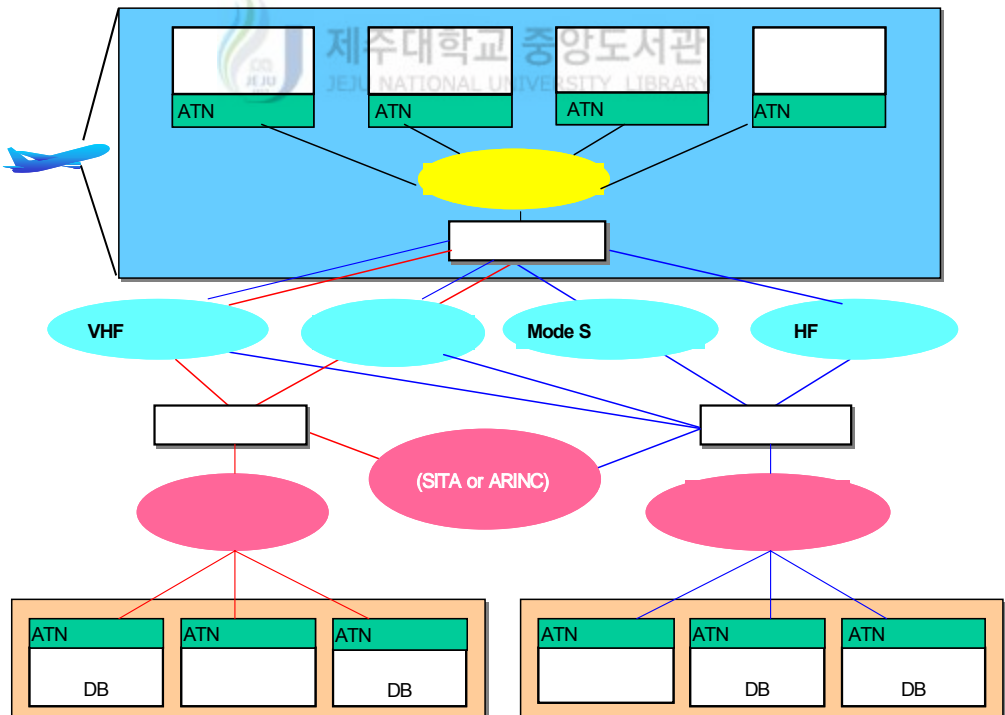


<Fig 4-8> 항공통신망(ATN) 도메인 구조(안)

14개의 접근관제구역과 5개의 관제섹터구역을 재조정하여 광역접근관제소의 관제 환경에 적절하게 조화되도록 하여야 하며 가능하면 위도 경도별 사각형에 가까운 모양이 되기 위해 관련부처와 합의가 중요하다고 본다. 항공교통관제소의 관제기능 상실에 대비하기 위한 비상대책의 기능을 갖는 5개의 광역APP가 필요하다.

앞으로 위성항행시스템(CNS/ATM)의 통신기술인 VDL mode 4의 기술을 미리 적용하여 문제점을 사전에 파악하고, 지상의 항공교통관제(ATC) 시스템과 항공기 탑재시스템간에 자동적으로 항공무선통신을 주고받을 수 있는 조종사/관제사 Data Link 통신(CPDLC)시스템 개발도 병행하여 최종적으로는 <Fig 4-9>와 같은 종합적인 항공통신망이 연결되도록 관련분야의 연구가 이루어져야 한다.

그리고, 실시간 항적정보의 공유가 불가능할 경우에는 현재 운영중인 인천 ACC와 서울접근관제소간에 SSR 모드를 이용한 관제이양절차가 전국적으로 시행되면 다소나마 관제의 자동화가 이루어져 비행안전에 기여를 할 것이다.



<Fig 4-9> 항공통신망(ATN)

## IV. 결 론

항공교통흐름관리(ATFM)란 각 공항, 접근관제구역, 항로, 관제섹터에서 항공기의 처리능력(Capacity)의 한계에 따라 항공교통량을 할당해주는 처리과정이라고 할 수 있다.

항공기들 간에 뿐만 아니라 비행금지/비행제한구역으로부터 항공기를 안전하게 분리 되도록 하는 관제기능과 함께 항공교통흐름관리 기능은 항공교통관리시스템의 핵심 요소로서 담당하고 있다.

또한, 현재의 항공통신과 레이더는 성능부족으로 감지 및 탐지가 불가능한 지역이 많으며, 관제주파수의 부족으로 수용량의 한계점에 도달하고, 지상장비의 정밀도 부족으로 최단거리의 항로제공이 어려우며, 이기종 관제장비간의 호환성부족으로 항공교통관제시스템의 자동화 구축 문제점 등 현행 항행안전시설 및 공역의 구조로는 증가하는 항공교통량을 처리하기에는 한계가 있다.

이를 해결하기 위한 방안으로는 미국 뉴욕, 캘리포니아, 케네디, 로스엔젤스, 샌디에이고 등 공항별로 독자적인 접근관제기관을 운영하다 교통량이 점점 증가함에 따라 하나의 기관으로 통합하였고, 일본의 경우도 광역화하여 관제 및 공역의 효율성을 극대화하였다. 한국에서도 14개의 레이더접근관제소를 5개의 광역접근관제소(서울, 김해, 제주, 양양, 무안)로 통합하여 인천 항공교통관제소 내에 5개의 관제섹터로 흡수하는 항공통신망(ATN) 도메인 구조가 바람직하다.

이를 통하여 위성항행시스템의 일부기술을 미리 적용하여 문제점을 사전에 파악하고 개선하면, 실시간의 레이더관제정보와 예정된 비행로상의 모든 상황을 자동으로 처리하여 혼잡과 지연을 예고해 줄 수 있는 시스템의 관리를 가능케 할 수 있다.

따라서 효율적인 공역이용의 극대화, 이·착륙비행절차 수립의 용이성, 조종사의 잦은 주파수 교체 해결, 관제기관의 과중업무량 해소, 관제정보의 공유화로 사전 비행정보 획득, 교통량에 따른 신축적인 관제섹터의 운영으로 인한 인적관리의 유연성

확보 등 항공교통관제흐름을 관리하는데 기대효과가 크다 하겠다.

앞으로는 지상의 항공교통관제(ATC) 시스템과 항공기간에 자동적으로 항공무선 통신을 주고받을 수 있는 조종사/관제사 Data Link 통신(CPDLC)시스템, 위성항행 시스템 운영에 따른 관련 위성관제절차의 연구가 이루어져야 하며 그에 따르는 관제 시스템 교육 프로그램의 개발과 항공교통정책에의 반영이 이루어져야 할 것이다.



## 참고문헌

1. 강상준, 「차세대 항공안전에 관한 연구」, 단국대학교 대학원 석사학위논문, 2000
2. 김종철, 「일본전자항법 연구현황」, 한국항공우주연구소, 1999
3. 교통개발연구원 「항공로 혼잡해소를 위한 연구용역」, 2003
4. 건설교통부 「교통안전 시행계획」, 2003
5. 박강희, 「공항의 항공교통흐름에 관한 연구」, 항공대학교 대학원 석사학위논문, 1992
6. 박형택, 「항공교통관제시스템의 효율적 운영에 관한 연구」 인하대학교 대학원 석사 학위논문, 1999
7. 박효달, 「항공이동통신시스템의 발전방향 및 기술동향」, 전파통권 93호, 2000
8. 박영근 「고속네트워크」, 인터비전출판사, 2001
9. 최영일, 「항공기 공중충돌사고 예방 방안」, 항공안전본부, 1998
10. 제주항공관리사무소 「통계」, 2003
11. 한국공항공사 「항공통계」, 2003
12. 한국공항공사 「VDL 운용평가 및 국내 구축방안」, 1995
13. 한국공항공사 「위성항행시스템」, 2002
14. 항공교통관제소 「자동항행감시시스템(ADS) 연구용역 제안서」, 1997
15. 차동완 외2 「인터넷 기술세계」, 교보문고, 2001
16. 항공교통관제소 「한국공역체계 개선 연구」, 2001
17. ICAO, ANNEX2 「The rule of Air」, 2002
18. ICAO, ANNEX10 「Aeronautical Communication」, 2002
19. ICAO, ANNEX11 「Air Traffic Services」, 2002
20. ICAO, Doc.4444 「Rules of the Air and Air Traffic Services」, 2002
21. ICAO, Doc.8991 「Manual on Air Traffic Forecasting」, 2000
22. ICAO, Doc.9426 「Air Traffic Services Planning Manual」, 2000
23. ICAO, Doc.9694 「Manual of Air Traffic Services Data Link Application」, 2002
24. ICAO, Doc.9684 「Manual of the Secondary Surveillance radar(SSR) System」, 2002

25. ICAO, Doc.9689 「Manual on Airspace planning methodology for the determination of separation minima」, 2000
26. ICAO, Doc.9739 「Comprehensive aeronautical telecommunication network(ATN) manual」 2000
27. ICAO, Doc.9805 「Manual on VHF Digital Link(VDL) Mode 3」 2002
28. ICAO, AMCP WG-M2 meeting Draft 「Manual on detailed technical specifications for the VDL Mode 4 digital link」, 2002
29. Eurocontrol, 「Airport Capacity Enhancement Interior Report」, 1997
30. Eurocontrol, 「Terminal Airspace Design」, 1998
31. Melwyn Savio Percia 「Choosing the right VHF data link technology for commercial aviation air traffic services」, 콜로라도대학 석사학위논문, 2002
32. Anna Hac ' 「Multimedia Applications Support for Wireless ATM Networks」, Prentice-Hall Inc, 2000
33. Rikard Kjellberg 「Capacity and Throughput using a Self Organized Time Division Multiple Access VHF Data Link in Surveillance Applications」, 스웨덴 스톡홀름대학 석사학위논문, 1998
34. Chris Wargo 「Aviation Wireless Communications」, IAB Workshop on Wireless Internetworking, 2000

## 약 어

AAC : Aeronautical Administrative Communication  
ACC : Area control centre  
ADS(B) : Automatic Dependence Surveillance(Broadcast)  
AL : Alerting Service  
AMSS : Aeronautical Mobile Satellite Service  
AOC : Aeronautical Operation Control  
APC : Aeronautical Passenger Communication  
ARR : Arrival  
ARSR : Air Route Surveillance Radar  
ASM : Air Space Management  
ATC : Air Traffic Control  
ATM : Asynchronous Transfer Mode  
ATM : Air Traffic Management  
ATFM : Air Traffic Flow Management  
ATNPA : Aeronautical Telecommunication Network Protocol Architecture  
ATN : Aeronautical Telecommunication Network  
ATS : Air Traffic Service  
CDTI : Cockpit Display of Traffic Information  
CDW : Cockpit Display of Weather  
CFMU : Central Flow Management Unit  
CNS/ATM : Communication Navigation Surveillance/ Air Traffic Management  
CPDLC : Controller Pilot Data Link Communication  
CSMA : Carrier Sensing Multiple Access  
D-ATIS : Digital-Automatic Terminal Information System  
DB : DataBase  
DEP : Departure  
FAF : Final Approach Fix  
FIR : Flight Information Region

FIS : Flight Information Service  
FMS : Flight Management System  
FTP : File Transfer Protocol  
HTTP : Hyper Text Transfer Protocol  
HF : High Frequency  
HFDL : High Frequency Data Link  
IATA : International Air Transport Association  
IAF : Initial Approach Fix  
ICAO : International Civil Aviation Organization  
IFR : Instrument Flight Rules  
ILS/DME : Instrument Landing System/ distance measuring equipment  
ISO : International Standardization Organization  
IP : Internet Protocol  
LAN : Local Area Network  
OSI : Open Systems Interconnection  
PDC : Pre-Departure Clearance  
RNAV : Area Navigation  
SID : Standard Instrument Departure  
STAR : Standard Instrument Arrival  
SSR : Secondary Surveillance Radar  
S-TDMA : Self-organized Time Division Multiple Access  
TDMA : Time Division Multiple Access  
TCP : Transmission Control Protocol  
TCAS : Terminal collision avoidance system  
TMA : Terminal area  
TWIS : Terminal Weather Information System  
TWR : Tower  
UHF : Ultra High Frequency  
VDL : VHF(Very High Frequency) Data Link or VHF Digital Link



## 감사의 글

아니 벌써 2년 6개월이란 세월이..... 돌이켜보면 참으로 다사다난했던 시절이 눈에 선합니다. 만학의 꿈을 품고 직장의 전문적인 관제업무와 컴퓨터공학과 의 만남을 어떻게 연구를 해야 할지를 고민, 또 좌절, 포기를 대학원 동기들과 수없이 했던 기억들이 주마등처럼 스쳐 지나갑니다.

이 논문이 완성되기까지 캐나다 오타와대학에서 이메일로 아낌없이 지도편달을 해주신 안기중 교수님께 먼저 진심으로 감사드리고, 본 논문 심사과정에서 관심과 세심한 배려를 해주신 김장형 교수님, 변상용 교수님, 곽호영 교수님, 이상준 교수님, 송왕철 교수님, 변영철 교수님께도 감사드립니다.

또한 그동안 학업에 열중할 수 있도록 지원해주시고 격려해주신 건설교통부 제주항공관리사무소의 서병두 소장님을 비롯하여 운영과장님과 상사, 선배, 동료직원, 그리고 같은 연구실 박사과정 김동춘, 김대영씨, 석사과정 김은범, 김은수씨에게 감사의 글을 전합니다.

그리고 언제 어디서나 희로애락을 같이하던 대학원 동기인 김희삼, 문남원, 현병철씨에게도 이 지면을 빌어 고마움을 전합니다.

끝으로, 여러모로 우리가족을 보살피 주신 부모님과 어려운 여건 속에서도 밤늦도록 함께 노력하며 인내와 웃음으로 대해주던 사랑스런 아내 연화에게 이 영광을 돌리고 싶으며, 사랑스런 아들 다운에게는 하나의 교훈으로 기억되고, 늘 마음속으로 격려를 해주시던 형님내외분, 동서네 가족, 동생들 가족, 그리고 친구들 모두에게 이 논문을 드립니다.