

항행안전무선시설의 지리적분리간격 분석 프로그램 개발

Development of Analysis Program for Geographical Separation of Radio Navigation Aids

최재명

목원대학교 융합컴퓨터·미디어학부

Jae-Myeong Choi

Division of Computer & Media, Mokwon University, Daejeon 35349, Korea

[요 약]

항행안전무선시설은 전파를 이용하여 항공기 안전운항에 필요한 정보를 제공하는 매우 중요한 요소이다. 최근 전파를 이용하는 무선시설이 크게 늘어남으로써 인접채널에 의한 항공주파수 전파방해 가능성은 매우 커지고 있다. 뿐만 아니라, 항행안전시설을 위협하는 불규칙한 전파방해 및 인공위성을 활용하는 위성항행시스템 주파수 사용이 급증하고 있어 항공전파 안전성 확보가 시급하다. 본 논문에서는 국내 항행시스템의 종류별 특성과 주파수를 조사하였고, 분석 프로그램 개발을 위하여 국내외 지리적 분리간격 기준을 분석하였다. 또한, 항행안전시설 설치시 인접시설에 영향이 없도록 국제규정을 적용한 항행안전무선시설의 지리적 분리간격 분석 프로그램을 개발하였다. 본 분석 프로그램은 운영현황 표시 기능, 신설시 지리적 분리 시뮬레이션 기능, 미부합시 조치방안 제안 기능 등을 제공한다.

[Abstract]

Radio navigation aids are very important elements to provide information necessary for safe navigation using radio waves. Recently, the number of radio equipment using radio waves is increasing, and the air frequency interference by adjacent channels is very high. In addition, the use of irregular jamming that threatening radio navigation aids and satellite navigation system frequency is rapidly increasing. Therefore, it is urgent to ensure the safety of air waves. In this paper, we investigated the characteristics and frequency of the domestic navigation system. And we were analyzed the geographical separation standard for implementation of analysis program. Also, we implemented a program for the geographical separation distance analysis that applying international standards and recommended practices.

Key word : Radio navigation aid, Geographical separation, Separation program, Radio equipment, Separation analysis.

<https://doi.org/10.12673/jant.2017.21.1.30>



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 14 December 2016; Revised 2 February 2017

Accepted (Publication) 24 February 2017 (28 February 2017)

*Corresponding Author; Jae Myeogn Choi

Tel: +82-10-5121-1123

E-mail: jmchoi@mokwon.ac.kr

I. 서 론

항공기의 안전운항에 있어 항행안전무선시설은 전파를 이용하여 항공기운항에 필요한 정보를 제공하는 매우 중요한 요소이다. 전파를 이용하는 항행안전무선시설은 레이더, VOR/DME, 계기착륙시설 및 위성항법시설 등으로, 최근 이동통신, FM 방송국 장비 및 위성 데이터통신 등 전파를 이용하는 무선시설이 크게 늘어남으로써 인접채널에 의한 항공주파수 전파 방해 가능성은 매우 커지고 있다[1]. 뿐만 아니라 대형 기계류에 의해 발생하는 기계음도 항공주파수 전파방해를 유발할 수 있고, 군에서 사용하는 방송통신 주파수 또한 항행안전무선시설을 위협하는 불규칙한 전파방해 사례로 보고되고 있으며, 최근에는 자유비행 실현을 위한 인공위성을 활용한 위성항법시스템 주파수 사용이 급증하고 있어 이에 대한 항공전파 안전성 확보가 시급한 실정이다[2].

항행안전무선시설 설치 시 인접시설에 영향이 없도록 일정한 간격 분리가 국제적으로 규정화되어 현재 수작업으로 분석 후 설치하고 있다. 따라서 본 논문에서는 업무능률 향상과 오류 발생 가능성을 사전에 차단하여 항공안전을 확보하기 위하여 국내 항행안전무선시설의 지리적분리간격을 분석하고 지리적 분리간격 분석 프로그램을 개발한다.

II. 항행안전무선시설

항공법 시행규칙 제10조(항행안전시설), 항공법 제2조 제16호 규정에 있는 전파를 이용하여 항공기의 항행을 돕기 위한 항행안전무선시설은 무지향표지시설(NDB), 전방향표지시설(VOR), 거리측정시설(DME), 계기착륙시설 (ILS/MLS/TLS), 레이더시설 (ASR/ARSR/SSR/ARTS/ASDE/PAR), 전술항행표지시설 (TACAN), 위성항법시설 (GNSS/SBAS/GRAS/GBAS), 자동중속감시시설 (ADS, ADS-B), 위성항법감시시설 (GNSS monitoring system), 다변측정감시시설(MLAT) 등이다.

전방향표지시설 (VOR; VHF omni-directional radio range)은 1960년대부터 ICAO에서 단거리용 국제표준항행 원조시설로 채용하여 NDB와 함께 항행을 위한 주표지국으로 이용되는 시설이다[3].

계기착륙시설 (ILS; instrument landing system)은 착륙하고자 하는 항공기가 활주로에 안전하게 착륙할 수 있도록 활주로 중심선, 활공각도 및 위치정보를 제공하는 시설로서 방위각장비, 활공각장비, 내측마커, 중간마커, 외측마커 등의 시설로 구성되어 있다.

인천, 김포 등 현재 국내 17개 공항에 설치되어 운영 중인 항행안전무선시설 운용주파수는 ICAO 국제기준에 의하여 108~117.975 MHz 주파수 대역을 사용해야 한다. 인천 및 김포 공항에서는 계기착륙시설인 ILS 장비가 4기씩 운영 중이고, 주파수 분리간격은 인접채널 혼신이 발생하지 않도록 200 kHz를

유지하고 있다.

항공법시행규칙 제10조(항행안전시설), 항공법 제2조 제16호의 규정에 있는 전파를 이용하여 항공기의 항행을 돕기 위한 항공이동통신시설은 단거리이동통신시설 (VHF/UHF radio), 단파이동통신시설 (HF radio), 초단파디지털이동통신시설(VDL), 단파데이터이동통신시설(HFDL), 모드 S 데이터통신시설, 항공이동위성통신시설 (AMS(R)S), 관제사-조종사간 데이터링크통신시설(CPDLC), 범용접속데이터통신시설(UAT) 등이다.

항공이동통신시설은 HF, VHF (117.975-137 MHz) 및 UHF (225 MHz-400 MHz) 주파수 대역을 사용하여 항공기 조종사와 지상 관제사간의 음성통신을 지원하는 시설 일체를 말하며, 기본 시스템은 항공기와 직접적인 교신을 가능하게 하는 관제송·수신기를 통칭하였으나, 각종 기술의 발달로 현재는 관제사가 보다 편리하게 송·수신기를 사용할 수 있게 지원하는 각종 제어 시스템들을 포함하여 구성된다. 관제통신시설(VHF/UHF)은 항공기 관제를 위한 가장 기본적인 시설로서 국내 법규 및 국제민간항공기구(ICAO)에서 기술 및 운영기준을 제시하고 있다[1].

기본적으로 민간항공 관제통신에 사용되는 117.975~137 MHz의 VHF 주파수 대역에서 일반적인 주파수 이용은 ICAO에서 설정해 놓은 표 1의 기준에 부합하여야 한다. 특히, 136-137 MHz VHF 데이터링크 통신용 대역은 국내법령을 위반하지 않는 범위 내에서 ICAO 아태지역회의의 결정이 있을 경우에 사용할 수 있다.

항공교통관제(ATC) 통신은 각종 허가, 승낙, 지시, 응답 등을 위한 통신으로 주로 사용하고 있다.

2-1 항공전파 관리현황

우리나라는 ICAO 부속서10의 국제기준에 근거하고, 항공법 시행규칙 제260조의2의 제4항의 규정에 의하여 항행안전무선시설 및 항공정보통신시설에 이용되는 주파수의 운용은 국토교통부장관이 정하여 고시하는 항공주파수운용계획에 따라 항공주파수를 관리·운영하고 있다[3].

첫째, 108~117.975 MHz 주파수대역에 대한 이용 조건이다. 108~117.975 MHz 주파수대역은 부속서10, 제1권, 3.1.3항에서 규정한 계기착륙시설, 계기착륙시설에 대하여 유해한 인접채널 혼신을 야기하지 않고, 100 kHz 자리 수가 짝수이거나 100 kHz 자리의 수가 짝수이고 10 kHz 자리의 수가 50 kHz로 끝나는 전방향표지시설, 계기착륙시설과 전방향표지시설에 유해한 혼신을 제공하지 않는 부속서10, 제1권, 3.7.3.5항과 관련된 위성항법시설인 지상기반보정시설이 이용가능하다. 117.975~117.975 주파수대역은 전방향표지시설에 유해한 혼신을 제공하지 않는 부속서10, 제1권, 3.7.3.5항과 관련된 위성항법시설인 지상기반보정시설은 이용 가능하다.

둘째, 계기착륙시설에 이용되는 주파수, 100 kHz 자리의 수가 홀수인 방위각정보제공시설 채널과 관련된 활공각정보 제공시설, 100 kHz 자리의 수가 홀수이고 10 kHz 자리의 수가 50

표 1. 117.975~137.000 MHz의 주파수대역에서 일반적인 주파수 이용

Table 1. The essential of 117.975~137.000 MHz frequency band.

Frequency Band(MHz)	Allotment
118.000~121.450	International and national mobile services
121.500	Emergency frequency
121.550~121.9917	International and national aerodrome surface communications
122.000~123.050	National aeronautical services
123.100	International S&R(ATIS allowed in guard bands)
123.150~123.6917	National aeronautical mobile service
123.450	Air to air communications for remote and oceanic
123.700~129.6917	International and national aeronautical mobile service
129.700~130.8917	National aeronautical mobile services
130.900~136.875	International and national aeronautical mobile service
136.900~136.975	International and national aeronautical mobile service (Air to ground communications for VHF datalink)

kHz인 방위각정보제공시설 채널과 관련된 활공각정보제공시설이 이용 가능하다.

셋째, 전방향표지시설에 이용되는 주파수는 111.975~117.975 MHz 주파수대역에서 전방향표지시설 주파수를 할당할 경우에는 111.975~117.975 MHz 대역에서 100 kHz 자리의 수가 홀수로 끝나는 주파수, 111.975~117.975 MHz 대역에서 100 kHz 자리의 수가 짝수로 끝나는 주파수, 108~111.975 MHz 대역에서 100 kHz 자리의 수가 짝수로 끝나는 주파수, 111.975~117.975 MHz 대역에서 50 kHz로 끝나는 주파수, 108~111.975 MHz 대역에서 100 kHz 자리의 수가 짝수이고 10 kHz 자리의 수가 50 kHz로 끝나는 주파수의 순서로 선정되어야 한다.

넷째, 동일한 주파수 및 인접 주파수로 동작하는 시설간의 지리적 분리기준은 국토교통부장관이 정하여 고시한 항행안전 무선시설 설치 및 기술기준 제3장에서 규정하고 있는 공동 및 근접채널 이용에 관한 지리적 분리기준을 준용한다.

다섯째, 2개의 분리된 계기착륙시설이 같은 활주로의 양방향 또는 동일 공항의 각각 다른 활주로에 위치하고 있는 조건에서 주파수 할당을 최소화하기 위하여 다음 각호의 경우에는 계기착륙시설의 방위각정보제공시설과 활공각정보제공시설은 동일 주파수 쌍을 이용할 수 있다.

마지막으로 거리측정시설 주파수 운용은 부속서 10, 제1권, 제3장 표 A에서 규정한 접미어 “X” 또는 “Y”의 DME 운용채널은 일반적인 기준으로 제한없이 선택하여 운용할 수 있다.

III. 항행안전무선시설 지리적분리간격 분석 프로그램

계기착륙 시 동일한 주파수를 사용하거나 인접해 있는 근접한 주파수의 사용으로 인하여 동일채널 또는 인접채널 전파방해가 발생하여 항공사고를 초래할 수 있다. 따라서 ILS시설의 혼신을 방지하기 위해서 ILS를 설치할 때는 주파수간격과 ILS 장비의 성능을 고려하여 최소 이격거리기준에 따라 설치되어야 한다[1].

3-1 지리적분리간격 기준

국토교통부 고시 제2013-736 항행안전무선시설의 설치 및 기술기준에 따른 공동 및 근접채널 이용에 관한 지리적분리간격을 적용한다[4].

계기착륙시설(ILS)의 주파수 선정에 있어 동일 또는 근접채널로 전파를 방사하고자 하는 경우에 고시에 제시된 최소 이격거리 기준을 적용한다. 표 2는 고시에 제시된 ILS 최소 이격거리 기준 표이다. A Type은 LLZ 채널간격이 200 kHz 이고 GP는 600 kHz 채널 간격으로 설계된 수신기 일 때, B Type은 LLZ 채널간격이 100 kHz 이고 GP는 300 kHz 채널 간격으로 설계된 수신기 일 때, C Type은 LLZ 채널간격이 50 kHz 이고 GP는 150 kHz 채널 간격으로 설계된 수신기 일 때이며 국적 항공사에 해당한다.

전방향표지시설(VOR)은 유효복사전력(ERP), 시설의 서비스 거리 및 출력 등에 의하여 지리적 분리간격을 산정하여 동일 채널인 경우 고시에 제시된 지리적 분리간격을 참조하여 적용한다.

거리측정시설(DME)는 VOR 또는 ILS와 동일 또는 인접채널 분리간격에 의하여 연동되어 설치되므로 해당 DME 또는 TACAN 시설이 서비스거리 내에서 성능을 만족할 수 있는 경우에만 채널을 할당하여 적용한다.

IV. 항행안전무선시설 지리적분리간격 분석 프로그램

본 장에서는 항행안전무선시설의 지리적분리간격을 분석하였다[1].

4-1 지리적분리간격 분석 프로그램

항행안전시설 지리적 분리간격 분석 프로그램은 기존의 설치된 장비들 간의 위치(위경도), 송신출력, 주파수대역, 운영범위 등을 분석하여 유효통달범위분리간격(서비스 범위) 현시, 기존의 설치된 시설/장비들의 정보 확인(삽입, 수정 및 삭제), 위치(위경도), 해발고도(타원체고), 주파수대역(TX, RX), 대역폭, 송신출력 등의 정보를 기반으로 데이터베이스화한다. 또한,

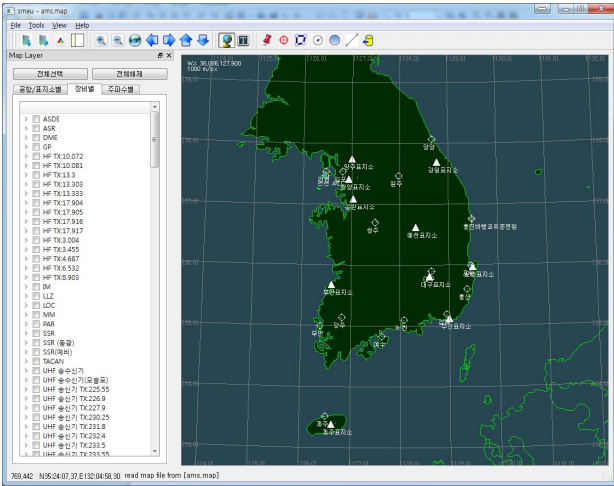


그림 1. 항행안전무선시설 지리적 분리간격 분석 프로그램
Fig. 1. A program for the geographical separation distance analysis.

신규로 시설/장비를 추가 하거나, 기존의 시설/장비와 신규로 설치될 시설/장비간의 분리간격, 즉 시설 간 최소 이격거리 계산, 최소 분리간격 거리와 분석된 정보를 기반으로 조치사항을 확인할 수 있다.

항행안전무선시설 지리적 분리간격 분석 프로그램은 그림 1과 같은 실행 화면과 인터페이스로 구성된다.

본 프로그램은 공항/표지소별, 장비별, 주파수 별로 항행안전무선시설을 볼 수 있으며, 그림 2와 같이 지도상에 해당위치 및 서비스 범위를 표시하여 준다.

항행안전무선시설 지리적 분리간격 분석 프로그램의 주요 기능은 다음과 같다.

- 현재 화면 저장
- 선택한 장비의 상세정보 저장(DB 연동)
- 선택한 장비의 서비스범위 표시
- 공항, 표지소, 시설 및 장비 관리(DB 연동)
- 장비/시설간 지리적분리간격 분석 및 조치방안 제시 등

현재 화면 저장은 현재 프로그램에 현시된 지도 및 정보를 이미지 파일로 저장하는 기능이다. 선택한 장비의 상세정보 저장은 공항/표지소별, 장비별, 주파수별 항목에서 선택한 장비들의 상세정보들을 DB를 통하여 엑셀(Excel) 파일로 저장하는 기능이다. 선택한 장비의 서비스범위 표시는 그림 2와 같이 공항/표지소별, 장비별, 주파수별 항목에서 선택한 장비들의 서비스범위를 현시하는 기능으로 서비스범위를 시각적으로 확인할 수 있다.

공항, 표지소 관리는 기존의 공항 및 표지소의 위치정보를 확인 및 수정이 가능하며, 공항, 표지소를 입력/저장할 수 있다. 시설 관리는 기존의 공항 및 표지소의 항행시설들을 관리하며, 해당 시설을 확인 및 수정이 가능하며, 신규로 항행시설을 입

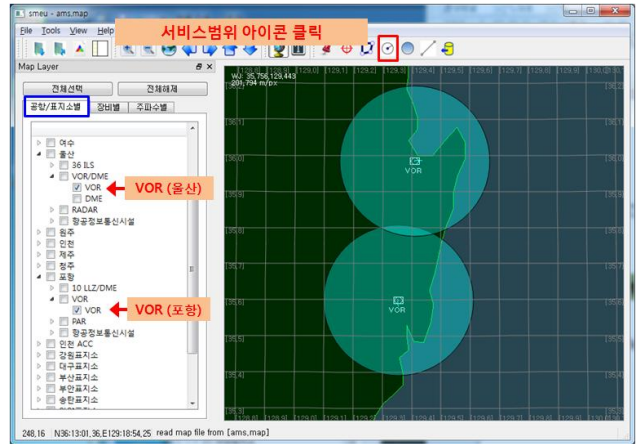


그림 2. 선택한 장비의 서비스 범위 표시
Fig. 2. Service area display of selected aid.



그림 3. 장비/시설간 지리적 분리간격 분석
Fig. 3. Analysis of geographical separation distance between aids/facilities.

력/저장할 수 있다. 장비 관리는 장비들의 상세정보를 관리하며 해당 장비의 정보에 대한 확인 및 수정이 가능하며, 신규로 항행 장비의 상세정보를 추가/저장할 수 있다.

마지막으로 장비/시설간 지리적분리간격 분석 및 조치방안 제시는 위도/경도를 기반으로 두 시설/장비 간의 이격거리와 최소분리간격거리를 계산하는 기능으로 위치좌표, 주파수(TX), 대역폭, 송신출력, 서비스거리 등의 정보를 이용해 두 시설/장비 간의 지리적 분리간격을 분석하여 최소이격 거리가 수치로 표시되며, 분석된 분리간격 정보를 기반으로 조치사항(방안)을 제시한다. 그림 3은 장비/시설 간 지리적분리간격 분석 창을 나타낸다.

4-2 두 시설/장비간의 지리적분리간격 분석

두 시설/장비간의 지리적분리간격 분석은 기존 시설/장비간 또는 신규 시설/장비간 지리적 분리간격을 분석할 수 있다. 지리적분리간격 계산은 시설/장비의 현위치 및 신규위치의 좌표 값(위도, 경도)을 이용하여 계산되며, 계기착륙시설(ILS), 전방향표지시설(VOR), 거리측정시설(DME), 단거리이동통신시설(VHF radio) 등의 시설/장비에 한하여 분석한다.

1) 로컬라이저(LLZ) 지리적분리간격 분석

LLZ의 지리적분리간격 분리기준에 의하면 동일채널인 경우 비행기 Type A, B, C 모두 148 km (80 NM)을 최소 이격거리로 규정하고 있으며, LLZ 최소 이격거리 기준은 표 2와 같다.

대구공항의 13R ILS/DME 시설의 LLZ 장비와 31L ILS 시설의 LLZ 장비간의 분리간격을 분석하면, 그림 4와 같이 시설/장비간의 이격거리, 최소분리간격거리 및 조치사항을 확인할 수 있다.

2) 전방향표지시설(VOR) 지리적분리간격 분석

VOR은 유효복사전력 (ERP; effective radiated power), 시설의 서비스 거리 및 출력 등에 의하여 지리적분리간격을 산정하며, 동일채널인 경우 고시에서 규정한 지리적분리간격 참조표에 의해 산출된다.

김해공항의 VOR과 인천공항의 VOR 장비간의 분리간격을 분석하면 그림 5와 같다. 시설간 이격거리는 339.461 km이며, 최소 분리간격은 343 km이기 때문에 두 장비는 항공기이용고도 60,000 ft 기준에서 약 4 km 더 이격을 해야 한다.

3) VOR 및 ILS 지리적분리간격 분석

공동채널의 경우 VOR의 ERP가 17 dBW (50 W)인 경우에는 ILS 보호점으로부터 최소 148 km (80 NM) 이상이 분리되어야 하고, VOR의 ERP가 23 dBW (200 W)인 경우에는 ILS 보호점으로부터 최소 250 km (135NM) 이상이 분리되어야 한다.

인접채널인 경우에는 지리적 간격이 없어도 유효하게 운용할 수 있으나, 100 kHz 채널간격으로 설계된 항공기 수신기가 이용되고 있고 항행안전무선시설 채널간격 배정이 100 kHz 간격으로 되어 있는 경우에는 VOR이 ERP가 17 dBW (50 W)이면 최소 ILS와 9.3 km(5 NM) 이상 분리되어 설치되어야 한다. 또한 100 kHz 채널간격으로 설계된 항공기 수신기가 이용되고 항행안전무선시설의 채널간격 배정이 50 kHz 간격으로 되어 있는 경우에는 VOR이 ERP가 17 dBW (50 W)이면 최소 ILS와 79.6 km(43 NM) 이상 분리되어 설치되어야 한다.

그림 6은 VOR과 LLZ 장비간의 지리적분리간격 분석 예시이다. 그림 6에서 여수 LLZ와 포항 VOR은 채널간격이 100 kHz이며, 송신출력이 50 W이므로 9.3 km 이상 이격되어야 한다. 실제 두 장비간 이격거리는 205.696 km이기 때문에 분리간격 기준에 부합함을 알 수 있다.



그림 4. LLZ간의 분리간격 분석
Fig. 4. Analysis of separation distance between LLZ.

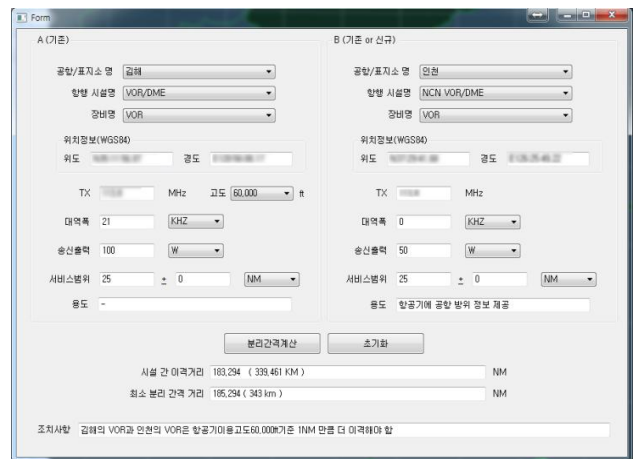


그림 5. VOR간의 분리간격 분석
Fig. 5. Analysis of separation distance between VOR.



그림 6. LLZ와 VOR간의 분리간격 분석
Fig. 6. Analysis of separation distance between LLZ to VOR.

표 2. ILS 최소 이격거리 기준

Table 2. Required distance separations for ILS.

	Frequency separation	Minimum separation between second facility and the protection point of the first facility [km(NM)]			Remark
		A Type	B Type	C Type	
Localizer (LLZ)	Co-channel	148(80)			
	50 kHz	-	37(20)	9(5)	
	100 kHz	65(35)	9(5)	0	
	150 kHz	-	0	0	
	200 kHz	11(6)	0	0	
Glide slope (GP)	Co-channel	93(50)			
	150 kHz	-	20(11)	2(1)	
	300 kHz	46(25)	2(1)	0	
	450 kHz	-	0	0	
	600 kHz	9(5)	0	0	

V. 결 론

본 논문에서 개발된 항행안전무선시설 지리적분리간격 분석 프로그램은 국내의 기준을 분석하여 운영하기 쉽도록 자동화된 프로그램으로서, 항행안전무선시설의 설치위치, 출력, 운영범위 등을 확인할 수 있고, 국내 공항 및 표지소의 시설 및 장비현황 등을 한눈에 파악할 수 있다. 또한 국내에서 운영 중인 공항/표지소의 항행안전무선시설 지리적분리간격 분리기준에 의한 부합여부를 분석하여 미부합시 조치방안을 제안하였다. LLZ의 경우 지향성 방사특성을 고려하여 설치 운용중이기 때문에 최소 이격거리를 만족하지 못하더라도 지향성 방사 특성을 통해 주파수간 간섭 영향이 없는지 여부를 검토할 필요성이 있다고 사료된다. VHF 단거리 이동통신 시설의 동일채널 분리간격은 고시기준에 근거한 규정된 주파수 범위에서 현재 운용되고 있는 주파수 운영현황만을 고려해서 분석할 경우 실제 시설환경에 적용하기 위해서는 정확한 주변환경을 고려한 주파수 간섭 분석과 함께 실제 주변환경에서의 주파수 사용현황(인접국가 또는 주변 인접대역 주파수 사용현황 등)을 검토하여 주파수 재분배가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

감사의 글

이 논문은 국토교통부(20141255495)의 연구비지원을 받은



최재명 (Jae-Myeong Choi)

2014년 8월 : 목원대학교 대학원 IT공학과 (공학박사)

2014년 3월 ~ 현재 : 목원대학교 융합컴퓨터·미디어학부 조교수

※ 관심분야 : 멀티미디어통신, 유비쿼터스, 무선통신시스템, 지능형재난시스템, WBAN, 사회안전, 재난관리 등

항행안전시설 지리적 분리간격 분석 프로그램 개발 연구용역의 결과입니다.

참고 문헌

[1] H. J. Kang, Y. S. Lee, K. H. Park, and J. M. Choi: "Development of Analysis Program for Geographical Separation of Navigation Aids", Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Sejong, Korea, Feb. 2015.

[2] J. M. Choi, K. H. Park, Y. S. Lee, and H. J. Kang, "Analysis for geographical separation of radio navigation aids," in *Proceedings of 2016 the Korea Navigation Institute Conference*, Seoul: Korea, pp. 345-347, Oct. 2015.

[3] MOLIT Notice 2013-605(2013. Oct.), Air Frequency Operation Plan, Ministry of Land, Infrastructure and Transport.

[4] MOLIT Notice 2013-736(2013. Nov.), Air Frequency Operation Plan, Ministry of Land, Infrastructure and Transport.

[5] Aeronautical Information Service [Internet]. Available : <http://ais.casa.go.kr>