論文

DGPS 기준국 신호분석 소프트웨어

황호연*

Signal Analysis Software for DGPS Station

Ho-Yon Hwang*

ABSTRACT

In this research, algorithm and software for the medium frequency signal analysis of DGPS(Differential Global Positioning System) station were developed. Based on new MF(Medium Frequency) algorithm, the software of NDGPS(National DGPS) signal analysis was developed for coverage analysis. Predicted MF propagation data from this software was compared to the measurement data for the verification of a developed MF algorithm. GIS(Geographic Information System) techniques including digital map with elevation data were used because MF propagation is closely related to ground conductivity, mountains, building intensity.

Key Words : Medium Frequency wave(중파), DGPS(위성항법 보정시스템), GIS(지리정보시스템), Signal Analysis(신호분석)

Ⅰ. 서 론

위성항법 보정시스템(DGPS: Differential Global Positioning System)은 위성으로부터 발사된 신호를 육지의 고정지점에서 수신하여 이에 수반된 위치오차를 보다 정확하게 보정한 후 송신하여 이용자들에게 정밀한 위치정보를 제공하는 항법시스템으로서, 전세계의 60개국에서 약 190여개 기준국이 운영중에 있으며 해마다 증가추세에 있다.

그러나 현재 구축 중에 있는 DGPS 기준국의 입지선정 및 전기적특성에 대한 결정과정이 대부분 수작업에 의해 진행되고 있어 완벽한 측정결과 자료로서 미흡하고 미리 예측할 기능이 없어 어려운 실정이다. 따라서 국제기구(ITU-R 823, IMO, IALA-NAVGUIDE) 및 미해안경비대(USCG)에서 권고하는 요구조건을 지속적으로 만족시키고, 또한 한·중·일·러 4개국의 극동전파표지협의회(FERNS : Far East Radio Navigation Service)의 정부간협정체결('00.12.22)에서도 결의한 바와 같이, 인접국가가 설치한 DGPS기준국이 동일한 주파수대에서 운영되고 있어 상호간 전파간섭 및 혼신우려가 있으므로 이를 방지하기 위하여 철저히 신호를 분석하여야 한다고 결의하였다. 이에 대비하여 관련업무를 수행할 수 있는 소프트웨어 및 프로그램의 개발이 시급한 실정이다.

현재 국내에는 초단파대 및 극초단파대에 대한 시뮬레이션시스템이 개발되어 이용되고 있으나 DGPS 시스템에 사용되는 중파대에서는 아직 개발되지 않아 전파특성의 예측 또는 측정한 자료들의 비교·검증·관리를 할 수 없는 형편이다.

중파(283 ~ 325 KHz)를 이용하여 보정신호를 방송하는 DGPS 기준국은 적정한 지형적 이용범위를 확보하고 유지하기 위해 충분한 전계강도가 유지되는지를 확인하는 커버리지 분석이 필요하고 이 기준국들과 관련된 정보처리를 총괄할 수 있는 시스템이 필요하다. 또한 현재 구축이 완료된 해양DGPS 기준국과 구축중인 내륙 기준국 중 일부가 고장이나 오작동 시 다른 기준국으로 커버가 되는지를 확인하는 이중 커버리지 분석

† 2007년 3월 29일 접수 ~ 2007년 5월 15일 심사완료
*정회원, 세종대학교 항공우주공학과
연락저자, E-mail: hyhwang@sejong.ac.kr
서울시 광진구 군자동 98

이 필요하고 수신기에서 측정된 실측 신호 데이터와 본 소프트에서 계산되어진 전파 예측 데이터를 서로 비교 검증하는 기능이 필요하다.

많은 양의 실측데이터와 예측데이터를 저장하고 여러 가지 조건을 가지고 검색하고 분석할 수 있도록 DBMS(Database Management System)를 구축할 필요성 또한 제기되고 있다.

따라서 본 연구에서는 이러한 목적에 사용될 DGPS 기준국 신호분석 소프트웨어를 개발하였다.

II. 신호분석 S/W 시스템 구성

2.1 시스템 구성도

2.1.1 중파 알고리즘

고도의 정보화 사회로의 발전은 과거의 중·장파의 주파수 대역을 초고주파 또는 그 이상의 주파수 대역으로 이동시켰다. 따라서 현재의 모든 연구의 초점은 GHz대 이상의 주파수에 몰려 있고 그 이하의 주파수에 대한 연구는 거의 이루어지지 않고 있다. 특히 우리나라의 경우 중파 전파에 관한 연구는 1970년대 이후로는 거의 이루어지지 않고 있으며, 이전의 연구도 매우 미흡하다. 이는 우리나라의 산업 발달이 1980년대에 들어 와서 더욱 활발히 이루어 졌으며 전파에 대한 연구 또한 1980년대를 기점으로 하여 1990년, 2000년대를 거치면서 급속도로 성장하는 국가적 특성 때문이다. 하지만 현재 우리나라뿐만 아니라 전 세계적으로 중파나 저주파대역을 여러 분야에서 사용하고 있으며 미국 등 선진 국가에서는 이에 대한 연구가 현재까지 지속적이고 체계적으로 연구되어지고 있다.

현재 우리나라에서 중파 대역의 주파수를 사용하는 장비로는 항공기의 자동유도 장치인 ILS (initial localization system), AM 라디오 방송 , radio beacon system 등 여러 방면에서 다양하게 사용되고 있다. 특히 해양수산부는 98년부터 2001년까지 항로 표지법 제 3조 및 국제기구의 권고에 의거, 중파 대역을 사용하는 해양용 위성항법 보정시스템(DGPS) 기준국을 우리나라 연안 11개소에 설치하여 운영하고 있으며, 내륙의 여러 곳에 추가적인 DGPS 기준국을 설치함으로써 해상은 물론 전 내륙에서도 위성항법정보를 이용할 수 있도록 DGPS전국망(Nationwide DGPS)을 구축 중에 있다. 현재 세계 여러 나라에서 중파 대역의 주파수를 사용하는 광역 보정 위성항법을 채택하여 개발 중에 있으며 향후 동북아 여러 나라에 걸친 동북아 시스템의 구축이 이루어 질 것으로 보이며, 한국이 주도적인 역할을 할 수 있도록 기반 기술에 대한 연구가 그 어느 때보다 필요한 실정이다. 또한 국제기구(ITU-R 823, IMO. IALA-NAVGUIDE) 및 미 해안경비대(USCG)에서 권고하는 요구조건을 지속적으로 만족시키고, 한·중·일·러 4개국의 극동전파표지협의회(FERNS)의 정부 간 협정체결에서도 결의한 바와 같이, 인접국가가 설치한 DGPS 기준국이 동일한 주파수대에서 운영되고 있어 상호간 전파간섭 및 혼신우려가 있으므로 이를 방지하기 위한 보완책도 필요하다.

이에 커버리지 이중화와 효율적인 기준국 활용, 전파월경방지 및 기준국 장애 발생과 같은 비상시의 이중 커버리지에 대한 구체적인 연구를 위한 중파 대역의 전파 예측 시스템의 확보가 필수적이다.

본 프로그램에 사용된 중파 전파 알고리즘은 기존의 기초이론들을 참조하여 연세대학교에서 자체 개발하였다[1]. 즉, 중파 알고리즘은 DGPS 중파 모델링을 위한 중파의 전파특성에 관한 연구를 바탕으로 Norton의 표면파(Surface wave)와 Ronglong Li에 의해 제시된 감쇠계수(attenuation factor)를 적용하여 기본적인 중파 모델링을 제시하였으며 혼합지형에 대한 모델링을 위해 Millington법(Millington method)을 사용하였다[2]. 또한 Millington법의 적용을 위해 ITU-R에서 제시한 우리나라의 도전율 표를 도입하였다. 본 논문에서 제시된 중파 모델링의 신뢰도에 대한 검증은 기존의 논문에서 제시된 중파 모델링 식들과의 비교를 통하여 이루어졌다. 그러나 중파 모델링에 관한 내용은 양이 방대하여 본 논문에서는 생략하고 (보고서 참조 [3]), 주로 소프트웨어 개발 위주로 설명하였다.

2.1.2 S/W 구성도

NDGPS 신호 분석 프로그램 시스템의 S/W구조를 fig. 1에 나타내었다. 데이터베이스로는 지형/지물 데이터, 고도데이터, 측정 데이터와 예측 데이터 등이 사용되었고 중파알고리즘과 이들 데이터를 이용하여 분석을 수행하고 화면에 표시해 주기위해 GIS 데이터베이스 제어(DB Control), GPS 데이터베이스 제어, 신호 분석 모듈, 전파공학 모듈 등으로 구성되었다.

2.2 데이터 파일

2.2.1 지형 데이터 파일

지도데이터는 축척별로 110만대 1지도, 25만대

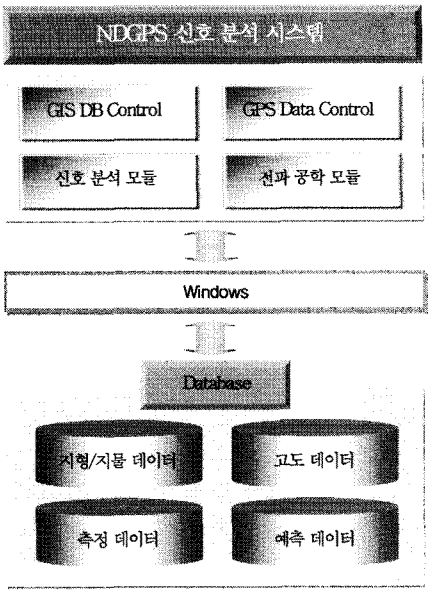


fig. 1 Software scheme

1지도, 5만대 1지도, 5천대 1지도의 4가지 종류로 구성되며, 국가기본도로 작성된 DXF 형식(Format)을 (주)지오매니아의 GEOMania 형식으로 변환하여 작성하였다.

모든 지도 데이터는 레이어(Layer)로 관리된다. fig. 2와같이 왼쪽화면에 보이는 창이 레이어 제어창이다. 이 창에서 화면에 표시되어 있는 레이어를 켜고 끌 수 있다.

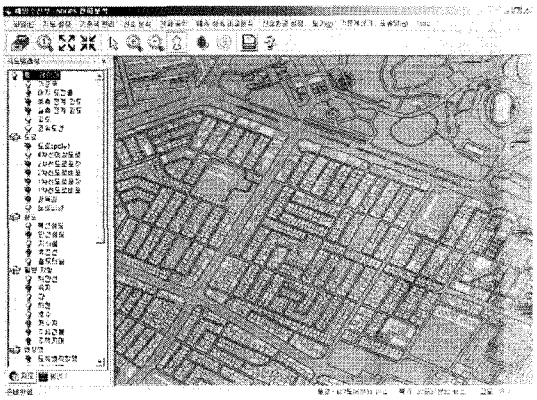


fig. 2 Layer control box

2.2.2 고도 데이터 파일

일반 고도데이터는 해수면을 제외한 남한 전 지역을 경도, 위도 1도 간격으로 나눈 25개의 도엽으로 이루어진 타일 지도로 구성함으로써 특정 지역 참조 시 전체 고도 데이터 파일이 아닌 측정지역이 속한 데이터 파일만을 참조하게 함으로서 데이터 로딩 및 처리 성능을 향상시켰다 (Table 1 참조).

파일 내부는 그물망 형태인 DEM(Digital Elevation Model) 데이터를 저장하기에 적합한 매트릭스 구조로 이루어져 있으며, 한 개의 데이터 셀은 2바이트 크기이며, 1초(약30m)의 간격을 표현하고 있다.

이러한 일반 고도 데이터 파일은 그 정밀도에 있어 본 전파분석을 위한 고도 데이터로 사용되기에는 충분하기 때문에 DGPS전파 분석용으로 사용되었다.

Table1 Composition of elevation data map

파 일 명	좌측 하단 좌표	우측 상단 좌표
124E37N.01	동경 124°0′0″ 북위 34°0′0″	동경 125°0′0″ 북위 35°0′0″
125E34N.01	동경 125°0′0″ 북위 34°0′0″	동경 126°0′0″ 북위 35°0′0″
125E35N.01	동경 125°0′0″ 북위 35°0′0″	동경 126°0′0″ 북위 36°0′0″
125E36N.01	.	.

2.2.3 분석 데이터 파일

2.2.3.1 임시 신호 분석 데이터 파일(*.LOC)

신호분석 계산 시 각도별 계산을 수행하는데 이에 대한 정보는 Output이라는 폴더에 임시로 생성되며, 파일의 확장자는 *.LOC이다. 이 데이터는 추후 격자형 신호강도 계산을 위한 임시 데이터로 Table 2와 같은 저장구조를 갖는다.
파일의 시작부분에는 헤더부분이 들어가고 각도별 신호 분석 결과값의 배열이 헤더 후 계속 들어가게 된다.

Table 2 Temporary signal analysis data file scheme

HEADER	계산배열 0	계산배열 1	...	...	계산배열 n

2.2.3.2 신호 분석 결과 파일(*.GCD)

신호분석결과는 확장자가 .GCD인 신호분석 결과 파일에 저장된다. 이 파일은 다시 불러와 사용할 수 있으며, 단위 기준국의 계산 결과값을 비롯하여 Table 3과 같이 모든 계산된 값을 저장하고 있다.

분석결과 파일의 처음은 확인자(IDENTIFIER)이고 그 다음의 기준국 개수는 분석 당시 포함된

Table 3 File scheme of signal analysis result

IDEN TIFIER	기준국 개수	Cell Part 0	Cell Part 1	Cell Part 2	.....	Cell Part n

기준국의 개수를 의미한다. 그 다음에 Cell Part가 오게 된다. Cell Part의 개수는 기준국의 개수보다 1개가 많다. 그 이유는 첫 번째 오는 Cell Part는 전체 기지국 분석의 중첩 계산된 부분을 포함하기 때문이다.

즉, fig. 3에서 만일 기준국 A와 기준국 B를 포함하는 그룹을 분석하면 기준국 A 분석 반경을 포함하는 격자형 Cell Part(나)와 기준국B 분석 반경을 포함하는 격자형 Cell Part(다), 그리고 (나), (다)를 포함하는 격자형 Cell Part(가)가 필요하다. 파일상에서는 (가), (나), (다)의 Cell Part가 저장되게 된다.

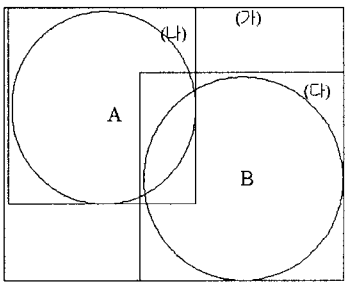


fig. 3 cell part for signal analysis

Cell Part의 구성요소는 헤더부분, 환경설정, 바디부분으로 이루어지며, 헤더는 구성요소에 대한 설명이고 환경설정부분은 전파세기의 구분에 대한 설정 부분이다. 바디는 각 격자부분의 요소가 저장된다.

Table 4, 5, 6, 7은 각각 Cell part의 헤더부분, 환경부분, 바디부분, 요소부분을 설명한 것이다.

Table 4. Cell part header

이 름	타 입	설 명
이름	String	GCD 파일 이름이 들어간다.
BaseX	Double	좌측하단의 X좌표값
BaseY	Double	좌측하단의 Y좌표값
Xdemension	Integer	X쪽 Cell 개수
Ydemension	Integer	Y쪽 Cell 개수
Unit	Double	단일 격자 크기

Table 5 Cell part environment

이 름	타 입	설 명
UnitNum	Integer	설정된 구분의 개수
UnitColor	Integer	설정된 구분의 칼라번호
UnitValue	Double	설정된 구분의 신호세기 값

Table 6 Cell part body

셀요소 (0,0)	셀요소 (0,1)	셀요소 (0,2)	셀요소 (0,3)	
				셀 요소 (Xdemension-1, Ydemension-1)

Table 7 Factor part

이 름	타 입	설 명
Level	char	전파강도의 범위가 속하는 수준
신호강도 값	short	전파 강도 값

2.2.4 기준국 데이터 파일

기준국 DB구조는 Table 8과 같다. 자료의 갱신 등은 시스템에서 수행되고 분석 시 참조되어 사용된다. 저장 및 관리는 테이블로 관리된다. 추후 영상이미지 파일도 함께 관리할 예정이다.

Table 8 Station DB scheme

필 드 명	데 이 터 타 입
기준국 이름	문자 (20)
기준국 번호	숫자 (10,0)
위도	숫자 (10,2)
경도	숫자 (10,2)
COVERAGE	숫자 (10,3)
주파수	숫자 (10,3)
BIT_RATE	숫자 (10,2)
안테나 형태	숫자 (2,0)
안테나 높이	숫자 (10,3)
고도	숫자 (10,2)
주소	문자 (60)
환경	숫자 (2,0)

2.2.5 실측 데이터 파일

GPS로부터 수신된 GPS Fix 데이터를 본 시스템의 DB에 맞게 변환하여 사용한다. 실측 데이터는 원본 GPS 데이터가 존재하는 폴더에 "실측 데이터 파일명.GDF"로 존재하며, DB구조는 Table 9와 같다.

Table 9 Measured data DB scheme

필 드 명	데 이 터 타 입
OBJ	Geometry Object
시간	문자 (6)
기준국 1_ID	문자 (10)
기준국 1_주파수	숫자 (10,4)
전계강도 1	숫자 (10,4)
SNR 1	숫자 (10,4)
기준국 2_ID	문자 (10)
기준국 1_주파수	숫자 (10,4)
전계강도 2	숫자 (10,4)
SNR 2	숫자 (10,4)

III. 신호 분석

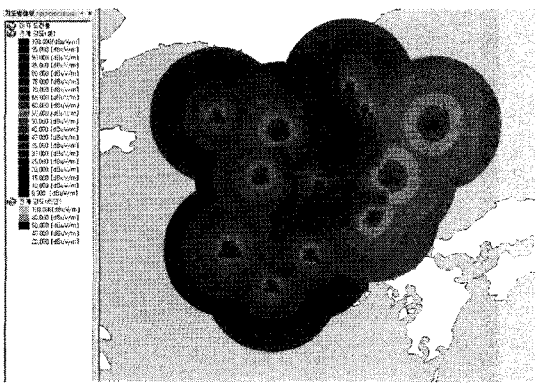
전파 신호분석 프로그램은 풀다운 메뉴와 아이콘 메뉴를 이용하여 원하는 기능에 접근할 수 있다. 최상위메뉴로 지도설정, 기준국관리, 신호분석, 전파공학, 예측-실측비교분석, 신호환경설정, 기본계산기 등이 있다.

전파분석 프로그램의 가장 중요한 기능은 신호분석 하위메뉴인 전파 전체분석, 지점 분석과 실측-예측 데이터 비교분석이라고 할 수 있다.

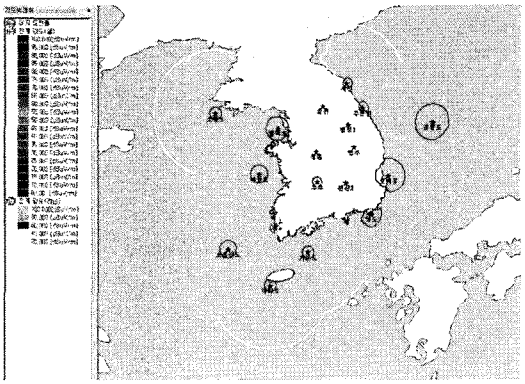
3.1 전체분석

전체분석은 원하는 기준국을 설정하여 사용자가 원하는 여러 가지 조건을 설정해준 후 분석을 실행하면 프로그램 화면에 전계강도 분석 결과값이 범례와 함께 표현되게 된다.

fig. 4는 전체 분석을 셀(cell) 형태와 등고선(contour) 형태로 나타낸 결과이다.



(a) cell type



(b) contour type

fig. 4 Overall signal analysis result

3.2 지점분석

지점분석은 원하는 기준국을 정해준 후 사용자가 원하는 위치까지의 지형 단면도와 전계강도 값을 2차원으로 표현해주는 기능도 가지고 있다 (fig. 5).

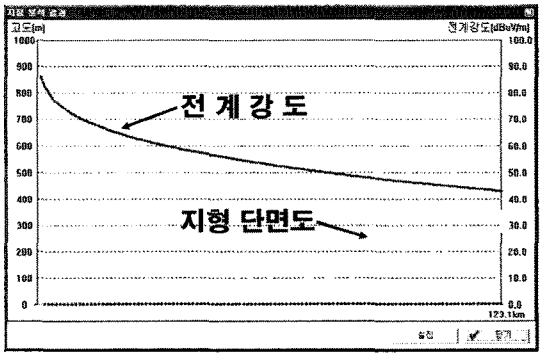


fig. 5 Straight line analysis result

fig. 6에 호미곶 기준국의 지점 분석 결과를 여러 항목으로 나누어 정리하였다. fig. 6(a)의 좌표 대화창(dialog) 항목은 지점 분석 시 위치를 정확히 파악하여 다음 결과에 적용할 시 용이하도록 고려한 부분이다. fig. 6(b)는 지형 단면도와 예측 곡선으로 표현한 지점 분석 결과이며, 사용자 편의성을 고려하여 예측 곡선에 마우스 포인터로 지정하게 되면 그 포인터의 해발고, 기준국으로부터의 거리, 예측 값이 표현되는 기능을 포함하였다.

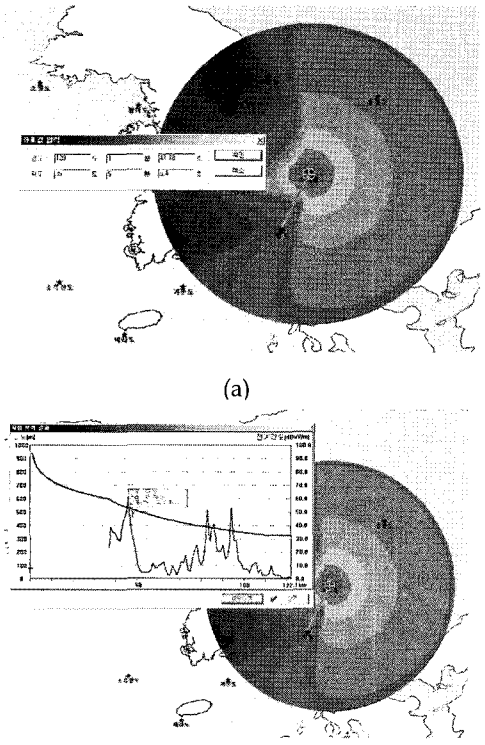


fig. 6 Homigot station analysis

또한 지점 분석과 다른 기능으로 일부 지역에 대한 예측-측정 데이터 비교 분석하여 실측, 예측 데이터와 SNR(신호대 잡음비)을 그래프로 나타낼 수 있고, 엑셀(excel) 파일이나 텍스트 파일로 저장 기능도 가지고 있다.

분석 결과는 해양방향으로는 거리에 반비례하여 전계강도 값이 작아지는 것을 볼 수 있고 육지방향으로는 해양방향과 마찬가지로 기준국으로부터 거리가 멀어짐에 따라서 전계강도가 작아지지만 지형의 영향을 많이 받아 산악지형을 통과할 때는 전계강도 값이 더욱 많이 감소하는 것을 볼 수 있다. 또한 분석 결과는 우리나라의 대지도전율에도 영향을 받아 표시가 된다.

전체분석은 분석 시 설정된 여러 가지 조건의 값들이 작을수록 분석시간이 오래 걸리게 된다.

3.3 대지도전율

중파는 지상파와 공중파로 전파되며 지상파의 경우 대지도전율이 중파 전파 시 큰 영향을 미친다. fig. 7은 각 지역의 대지도전율을 여러 색깔로 구분하여 보여주는 기능이다.

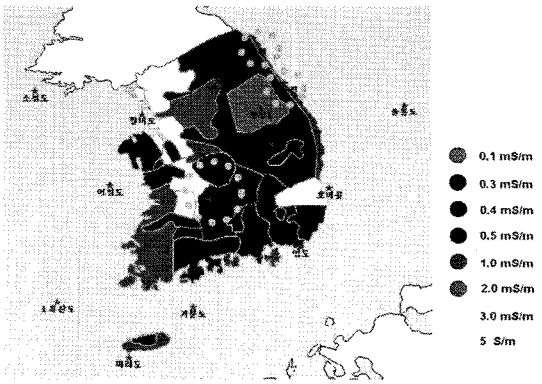


fig. 7 Ground conductivity

IV. 예측-실측 비교

4.1 기준국별 분석

예측-실측 비교분석은 fig. 8과 같이 실제로 DGPS 수신기로 측정된 전계강도 값과 본 프로그램에서 이론상으로 분석한 전계강도의 값이 어느 정도 오차가 있는지를 비교하고 분석하는 기능이다.

분석에 앞서 기준국이 설치된 시점 이후에 측정된 데이터를 전부 수집하여 정확한 중파 모델을 정립하는데 활용하였으며, 이에 대한 분석 결과는 기준국 별로 분류하였다.

fig. 8은 팔미도 기준국의 예측-실측 비교 결과이며 예측 곡선 근처에 점으로 표시된 측정 데이터가 분포함을 확인 할 수 있다. 360도 전체의 여러 방향으로 분석한 결과에서도 측정값과 예측값이 유사함을 알 수 있었다.

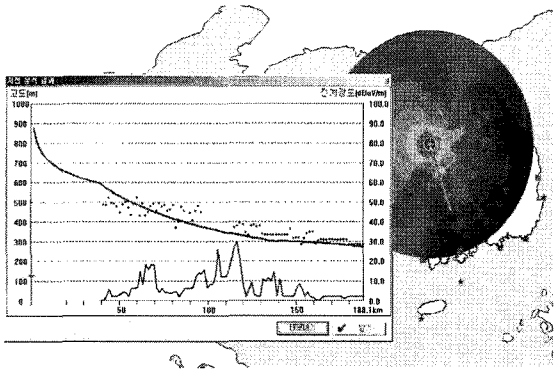


fig. 8 Comparison of predicted and measured signal of Palmi island station

4.2 해상 및 도심 분석

해상 데이터는 2000년~2003년까지 전 해상을 대상으로 총 6대의 장비로 측정한 것으로 중파 모델 정립에 사용한 데이터는 4, 5, 6번 NT300D 수신기에서 측정값을 사용하였다. 이는 육상, 해상 모두 동일한 수신기에서 측정된 데이터를 이용함으로 알고리즘의 정확성을 위함이다. 팔미도 기준국의 신호분석과 해상 측정 데이터를 fig. 9에 나타내었다. 해상 지역 예측-측정 결과는 거의 일치함을 확인할 수 있다.

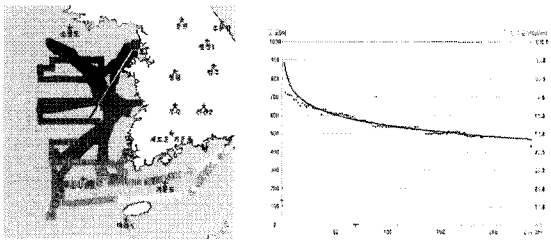
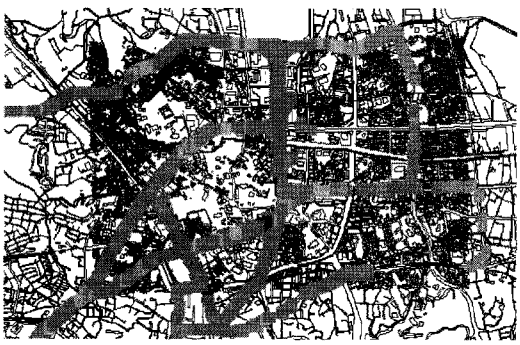
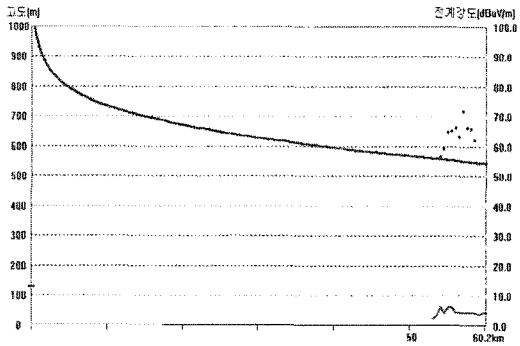


fig. 9 Comparison of predicted and measured signal over the ocean



(a) Measured path



(b) Signal strength

fig. 10 Comparison of predicted and measured signal near Seoul city hall

도심 지역은 건물의 높이, 면적이나 기타 여러 장애물에 의한 다중 경로 성분에 의한 경로 손실의 영향을 받게 되며 경로 손실 값을 중심으로 신호의 크기가 변화하기 때문에 도심에 대한 분석 방법은 다른 육지 지역과 달라야 한다.

서울 도심 지역 일부를 표본 지역으로 선정한 후 그 지역에 대한 신호 분석을 하였으며 여기에서는 자세한 기술은 생략하고 서울 시청 지역에 대해 결과를 비교하여 도시하였다.

분석하기에 앞서 선택한 지역의 건물 데이터만 추출하여 시뮬레이션 시간이 단축되고 좀 더 쉽게 도심 지역 분석이 가능 하도록 하였다.

fig. 10(a)에 서울 시청 지역에 대해 측정한 전계강도 결과를 색으로 표시하였고 모든 지역에서 50dB 이상의 전계강도를 나타내었으며 예측 데이터보다 측정 데이터가 큼을 확인 할 수 있다 (fig. 10(b)). 이는 다중 경로 성분에 의해 수신 신호와 관계없는 지연 신호가 수신되어 SNR이 나빠지며 신호의 전계강도와는 관계없이 수신기 성능을 저하시키기 때문이다.

V. 이중 커버리지 분석

5.1 기준국 서비스 커버리지

현재 해수부에서 운영 중인 11개 해상 기준국과 서비스 예정인 무주, 춘천, 영주 기준국을 포함한 총 17개(내륙의 청원, 평창1, 선산2 예정 기준국 포함) 기준국의 서비스 범위를 구하였다. Table 10처럼 각 기준국의 서비스 범위는 권고하고 있는 40dBμV/m를 기준으로 하였다.

Table 10 Analysis criteria for service coverage

구 분	서비스 기준	비 고
최대 커버리지	100NM (185km)	해상 기준
최저수신감도 레벨	40dBμV/m (100μV/m)	USCG COMDTINST M 16577.1규정
측정수신기감도레벨	20dBμV/m (10μV/m)	NT-300D

각 기준국 서비스 범위(40dBμV/m) 이상 커버리지를 전체 분석을 통해 fig. 11과 같이 나타낼 수 있다. GIS를 기반으로 한 프로그램이므로 지형에 많은 영향을 받는데 북한 지역 지도가 포함

되어 있지 않아 그 지역을 임의적으로 해상으로 표기하여 북쪽에 위치한 저진, 소청도, 팔미도 기준국은 예상 커버리지 보다 넓은 커버리지를 확인할 수 있다.

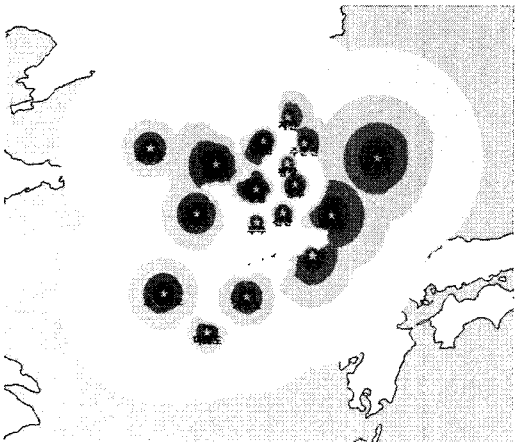


fig. 11. Coverage of current stations

5.2 이중 커버리지

기준국이 고장이나 여러 상황에 의해 서비스 되지 않을 시 주위의 기준국이 어느 정도 지역을 커버 할 수 있는지를 확인하는 이중 커버리지 분석을 수행하였다.

분석 결과가 방대하여 대부분의 내용은 본 논문에서 생략하고 팔미도 기준국이 서비스 되지 않을 시 결과만을 간단히 언급하기로 한다.

해상은 소청도와 어청도의 기준국이 충분히 팔미도 기준국 서비스 구역을 커버함을 확인 할 수 있었으며 내륙의 경우 무주기준국과 춘천 기준국

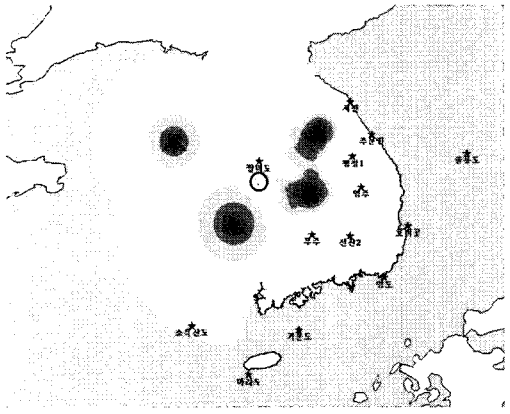


fig. 12 Dual coverage for the case of out of service at Palmi island station

을 분석한 결과를 fig. 12에 나타내었다. 팔미도 기준국의 고장 시 충남·북 일부가 음영 지역으로 나타나며, 30dB이상일 때는 음영 지역 모두 커버됨을 알 수 있었다.

VI. 결 론

본 연구에서 DGPS 중파대역 전계강도 분석과 커버리지에 대한 예측 시스템을 개발하고 실측데이터와 비교분석함으로써 DGPS 유효이용범위의 고시, 이중커버리지 확인, 상호간섭 분석 등을 통하여 추가 기준국 설치 시 시행착오를 최소화할 수 있게 되었다. 또한 인접국과의 동일 주파수 간섭에 의한 주파수 재배치 및 변경 문제와 추가 기준국 설치에 따른 중복투자에 효율적으로 대처가 가능해졌다.

DGPS 기준국 신호분석 소프트웨어는 NDGPS신호를 감시하고 있는 대전 중앙사무소에서 지속적으로 DGPS 전파신호의 특성을 비교·검증하여 개선할 수 있어 국제기구의 요구조건은 물론 DGPS 이용자들에게 신뢰성 및 편리성을 한층 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

[1] 김범창, 권세웅, 윤영중, 이용안, 고윤진, 황호연, "산악지형에 적합한 중파 전자 모델에 관한 연구", 제 10차 GNSS WORKSHOP, pp.316~319, 2003.11.21~22, 보광휘닉스파크호텔

[2] M. P. M. Hall, L. W. Barclay, M. T. Hewitt, Propagation of Radiowaves, IEEE, 1996

[3] 황호연 외, "한국형 WADGPS 구축 신호분석 및 시각동기제어방안 연구개발"과제 (세부과제 "DGPS기준국 신호분석 소프트웨어 개발"에 관한 연구) 보고서, 한국해양연구원 GNSS연구센터, 2004.05.

[4] Ralston, Bruce A., "Developing GIS Solution With Mapobjects and Visual Basic" Thomson Learning, October. 2001

[5] 이상엽, "Visual C++ Programming Bible Ver. 6.x", 영진출판사, 1998

[6] P. K. Enge and K. E Olson, "Medium Frequency Broadcast of Differential GPS Data" IEEE Trans. on Aerospace and Electronic Systems, Jul. 1990

[7] "Geomania/Geomania EasyMap" manual, (주)지오매니아, 2002