군 탐색구조 시스템 M&S 소프트웨어 개발 현황

김재현*, 이상욱*, 김재훈*, 안우근** 정회원

Development Status of Military Search and Rescue System M&S Software

Jaehyun Kim*, Sanguk Lee*, Jaehoon Kim*, and Woo-Geun Ahn** *Regular Members*

요 약

한국전자통신연구원에서는 2010년 하반기부터 방위사업청과 국방과학연구소에서 주관하는 국방위성항법 특화연구센터 사업에 참가하여 군 탐색구조 시스템 기술연구 과제를 수행 중에 있다. 1차년도에 기존 군 탐색구조 개념과 민간 탐색구조 시스템에 대하여 분석한 결과를 토대로 M&S(Modeling and Simulation)를 수행하여, 군 탐색구조 시스템 구성시 탐색구조의 정확성, 신뢰성, 가용성을 향상시킬 수 있는 방안을 분석할 수 있는 툴을 목표로 개발하였다.

이를 위하여 군 탐색구조 시스템을 크게 사용자, 통신링크, 지상국, 운용환경 분야로 나누어 모델링 하였으며, 실제와 유사한 성능분석을 위하여 GIS 고도정보를 이용하여 사용자와 지상국 안테나 간의 Path Profile을 분석한 후 신호감쇄량을 결정한다. 여기서 사용자의 단말기 송출신호를 송수신하는 링크는 크게 지상망과 위성망으로 나누어 모델링하여 시뮬레이션하고, 근래에 북한의 재밍 사태에 따라 이슈가 되고 있는 재밍 항목을 추가하였다.

본 논문에서는 군 탐색구조 시스템 M&S 소프트웨어를 소개하고, 소프트웨어 설계와 기능 및 성능분석 결과를 나타낸다.

Key Words : COSPAS, SARSAT, SAR, MSAR

ABSTRACT

ETRI(Electronics and Telecommunication Research Institute) has joined National GNSS Research Center program of Defense Acquisition Program Administration and Agency for Defense Development in 2010. The research subject is technology for MSAR(Military Search and Rescue) system configuration. In this project, we analyses the ways in order to improve the accuracy, reliability, availability for MSAR system from M&S(Modeling and Simulation). The MSAR System M&S Software can be used for performance analysis of new elements, such as ground elements and satellite elements without any hardware development. In this paper, after introduction of the architecture design and functional scope of the simulator, the performance analysis result for MSAR M&S software is presented.

I. 서 론

국제적으로 운용되고 있는 민간용 탐색구조 시스템(Search and Rescue, SAR)은 우리나라를 포함한 세계 어디서든지 육상, 해상 및 항공기 조난사고가 발생하면 조난 위치를 탐색하고 구조하는 시스템을 말한다. COSPAS-SARSAT 시스템은 탐색 및 구조 조난 경보를 위한 민간 국제 위성 시스템으로 1979년 캐나다, 프랑스, 미국, 구 소련에 의해 창립되어 COSPAS-SARSAT 프로그램 개시 이후부터 지금까지 지속적으로 확장 발전하여 왔으며 2012년까지 43개국 및 여러 조직들이 참여하여 그 관리를 분장하는 시스템으로 성장하기에 이르고 있다[1].

COSPAS-SARSAT 시스템은 크게 탐색구조 단말기와 위성 시스템, 그리고 지상 시스템으로 나눌 수 있다. 위성 시스템은 저궤도 위성 시스템(LEOSAR)과 정지궤도 위성 시스템(GEOSAR)으로 나누어지며, 2세대 탐색구조 시스템으로 중궤도 위성 시스템(MEOSAR)을 구현 및 시험 중이다. 지상 시스템은 지역 수신지구국(LUT)과 임무통제본부(MCC)로 나누어진다. 선박/비행기, 개인 조난시에 자동 또는 수동으로 탐색구조 단말기의 조난 경보신호가 발사되면

※ 본 연구는 방위사업청과 국방과학연구소가 지원하는 국방위성항법 특화연구센터 사업의 일환으로 수행되었음.
*한국전자통신연구원 위성무선융합연구부 위성항법연구실(longinus@etri.re.kr), **국방과학연구소 제3기술연구본부(wgahn@add.re.kr)
접수일자 : 2014년 9월 16일, 수정완료일자 : 2014년 9월 21일, 최종게재확정일자 : 2014년 9월 21일

위성에서 이를 수신하고, 지상 시스템의 수신지구국으로 중계된다. 수신지구국은 탐색구조 단말기의 위치를 계산 또는 획득하여 그 결과에 대한 정보를 임무통제본부를 통하여 구조조정본부(RCC)로 전송하여 구조활동을 펴는데 필요한 정보를 제공한다[2].

군 탐색구조 시스템(Military Search and Rescue, MSAR)은 유사시 병사 및 군 장비의 신속한 위치정보 및 조난신호 식별을 통한 탐색구조를 위한 시스템으로, 탐색구조 단말기, 군 탐색구조 위성, 군 탐색구조 지상국 및 탐색구조대로 구성된다. 조난상황 발생시 단말기는 조난신호를 송출하고 이를 위성망 혹은 지상망을 통하여 군 탐색구조 지상국으로 전달한 후 군 탐색구조 사령부에서 탐색구조대를 출동시킨다. 이 때 탐색구조대는 조난자의 위치정보를 바탕으로 조난 탐색구조를 신속하게 수행하여 군 전력 손실을 최소화되도록 한다.

국외의 경우 미국/캐나다, 유럽 등의 국가에서 군 탐색구조를 COSPAS-SARSAT 시스템과 연계하여 운용하고 있으며, 개인용 PLB(Personal Location Beacon), 해상용 EPIRB(Emergency Position Indicating Radio Beacon) 및 항공용 ELT(Emergency Location Transmitter) 등 용도에 맞게 COSPAS-SATSAT 시스템과 호환되는 단말기를 군용으로 운용 중에 있다. 군용 탐색구조 단말기는 비화 무선통신장비 기능을 탑재하여 전쟁 또는 훈련 중 사고가 발생할 경우, 조난자는 조난상황에 따라 비화 무선통신을 통하여 조난신호를 전송한다. 이 때 조난자의 위치에 따라서 지상망 혹은 위성망으로 통신이 안될 경우 COSPAS-SARSAT 시스템을 통하여 조난신호를 전달한다[3].

본 논문에서는 기존 군 탐색구조 개념과 민간 탐색구조 시스템에 대하여 분석한 결과를 토대로 M&S를 수행하여 군 탐색구조 시스템 구성 시 탐색구조의 정확성, 신뢰성, 가용성을 분석할 수 있는 군 탐색구조 시스템 M&S 소프트웨어를 소개하고, 탐색구조 시뮬레이션 결과에 대하여 살펴본다[4].

그림 1. 군 탐색구조 개념도

Ⅱ. 시스템 개요

1. 시스템 구성

군 탐색구조 시스템 M&S 소프트웨어에서 사용자, 통신링크, 지상국, 운용환경 모델은 군 탐색구조 시스템을 구성하는 핵심 구성요소로 각 모델을 구성하는 유닛으로 이루어져 있다. 상위 모델은 유닛의 추가 및 제거와 파라미터 조정으로 각 모델의 동작을 제어할 수 있으며, 이 때 각 모델을 이용한 M&S 소프트웨어의 구성은 아래의 그림 2와 같다.

사용자 모델은 조난상황 시 자동적으로 조난신호가 송출되는 기능을 가지며, 여기에서는 조난신호에 군을 위한 비화

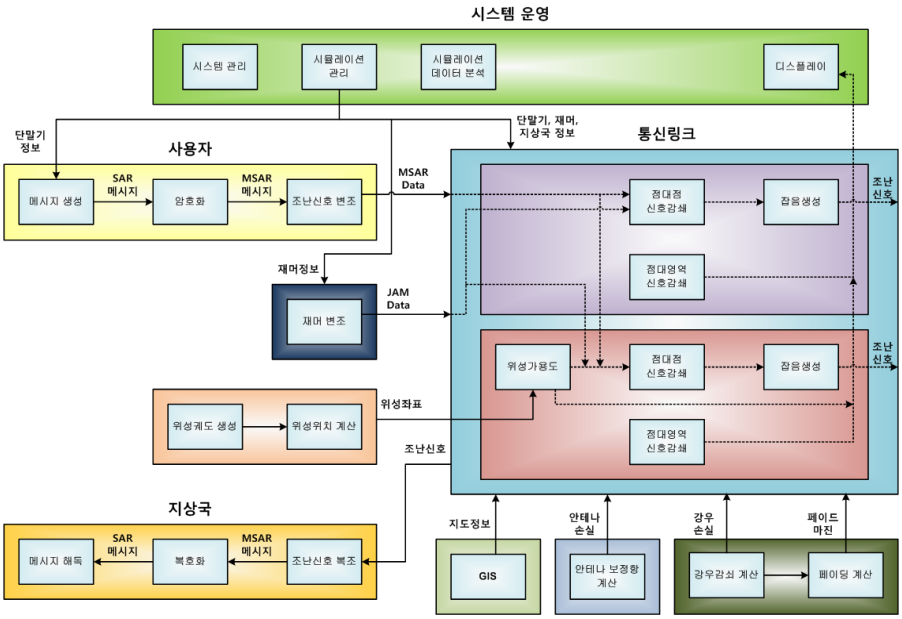


그림 2. 군 탐색구조 소프트웨어 구성도

기능 및 지상국의 호출신호에 따라 조난신호를 송출하는 호출 기능을 추가하여 모델링하였다. 운용환경 모델은 지상신호와 위성신호에 대한 전파전달 감쇄를 계산하기 위해 필요한 GIS(Geographic Information System), 기상정보, 안테나 정보, 위성정보 등을 모델링하였으며, 군 특수성을 고려하여 재밍 상황에서의 성능을 볼 수 있도록 재밍 유닛을 추가하였다. 통신링크 모델은 크게 지상망과 위성망으로 나뉘어 입력 송신신호의 전파전달 감쇄가 계산되며, 단말기와 지상국 유닛 간의 거리에 대하여 운용환경 모델의 감쇄변수를 반영하여 적용된다. 지상국은 탐색구조를 총괄하는 임무제어국과 탐색구조를 수행하는 탐색구조대, 그리고 원활한 지상통신을 위한 지상수신국으로 나뉘며, 기본 기능은 세 유닛 모두 비슷하나 지상수신국은 단순히 입력 송신신호를 임무제어국으로 전달하는 기능을 수행한다[5].

2. 인터페이스

군 탐색구조 시스템 M&S 소프트웨어는 크게 군 탐색구조 시뮬레이션을 위한 모델 분야와 시뮬레이션 통제 및 디스플레이를 위한 사용자 인터페이스 분야로 나누어진다. 각 모델은 시스템 관리 유닛의 시뮬레이션 제어신호를 통하여 동작을 시작하며, 시뮬레이션 결과는 데이터 관리 유닛에서 정해진 시나리오에 맞추어 다른 모델과 인터페이스 된다.

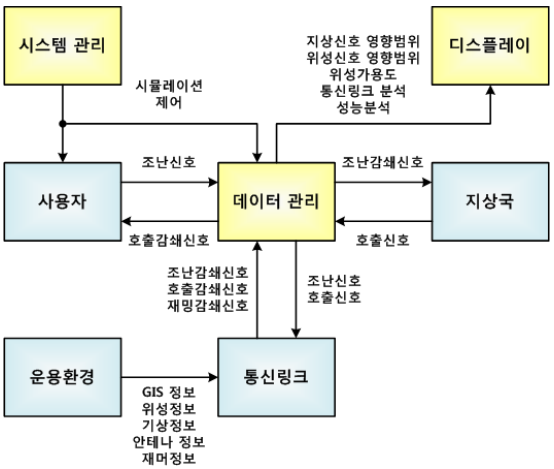


그림 3. 내부 인터페이스

군 탐색구조 시스템 M&S 소프트웨어에서 조난신호의 감쇄 정도를 알기 위해서는 GIS 정보와 기상정보가 필요하다. GIS 정보는 대용량의 지리정보 데이터로 일반적인 위치에서의 시뮬레이션은 구글맵과 같은 적절한 외부 GIS 정보를 이용하여 수행하고, 국내와 같은 정밀한 분석이 요구되는 경우에는 자체 GIS 정보를 이용하여 수행된다. 기상정보는 단말기와 지상국 간의 정확한 전파전달 손실을 모델링하는데 있어 중요한 변수 항목이며, 기후 및 기온 데이터를 이용하여 전파전달 경로상의 손실량을 분석하고, 신호 수신레벨을 계산할 수 있게 한다. 기상정보는 외부의 기상 DB를 이용하여 실시간 반영할 수 있으나, 실시간 반영은 추후에 적용할 계획이다.

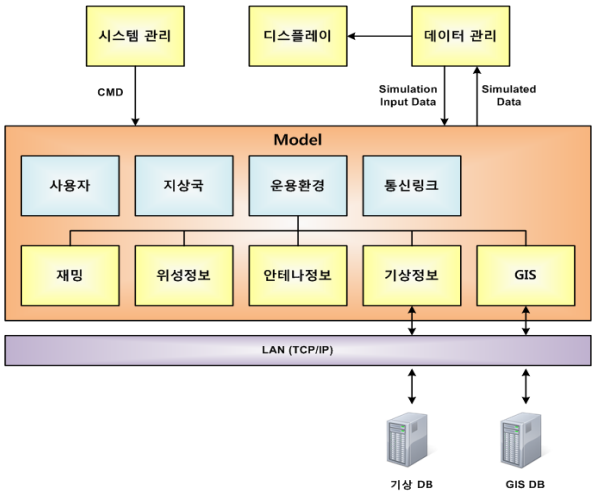


그림 4. 외부 인터페이스

3. 물리적 조건

군 탐색구조 시스템 M&S 소프트웨어는 Windows 7 환경에서 C++ 및 C# 프로그래밍 기법을 적용하여 구현되며, 이는 아래의 표 1과 같은 하드웨어 구성을 가진 PC에서 실행된다.

표 1. 하드웨어 구성

Item	Description
OS	Windows 7
Processors	Intel Core i7-3770 3.4 GHz
RAM	16GB
HDD	1TB HDD
Monitors	27'
Programming language	C++ and C#

Ⅲ. 시스템 기능

군 탐색구조 시스템 M&S 소프트웨어에서 제공하는 기능은 크게 TLE(Two-Line Element set) 정보를 이용한 위성궤도 생성, 지형을 고려한 비컨-지상 및 비컨-위성간 통신가용도 분석, 조난시 구조시간 및 비컨 운용시간 분석, 지상신호 및 위성신호 도달범위 분석, 재밍신호 생성 및 영향 분석 기능 등이 있다. 또한 모듈단위 설계를 통하여 다양한 상황에 대한 탐색구조 성능평가가 가능하며, GIS 정보를 이용하여 실제 상황과 유사한 군 탐색구조 시뮬레이션이 가능하다.

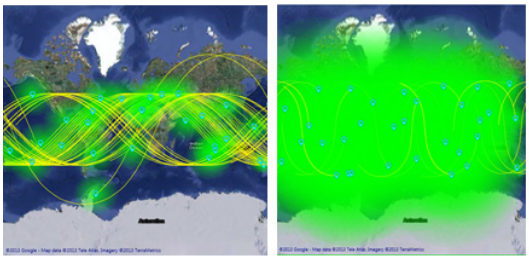
1. 위성 궤도 생성

아래의 그림은 군 탐색구조 시스템 M&S 소프트웨어 구현에 따른 실시 예이다. 비컨, 재머, 지상국과 같은 유닛들은

드래그를 통하여 원하는 숫자만큼 생성할 수 있으며, 유닛 이름, 송출 주파수, 송신 파워, 안테나 높이, 안테나 이득 및 X, Y, Z 위치와 같은 파라미터를 유닛별로 설정하여 운용가능하다. 위성의 경우 다른 유닛과 다르게 위성의 위치는 입력된 궤도 정보에 따르며, 이 때 위성을 생성하는 방식은 2가지 모드를 지원하며, 수동으로 각 위성별 궤도정보를 입력하여 개별 위성 유닛을 생성하는 방식과 북미방공사령부(NORAD)에서 제공하는 TLE 궤도 정보를 이용하여 생성하는 방식을 지원한다[6].

그림 5. 군 탐색구조 시스템 M&S SW 형상

아래의 그림은 TLE 궤도 정보를 이용하여 생성한 위성의 궤적을 표시한 것이다. 궤도 정보에 날짜를 입력하면 특정 순간에서의 위성 위치가 표시되며, 초록색 원은 위성의 커버리지를 나타낸다.



<ORBCOMM 위성 궤적> <COSPAS-SARSAT GPS위성 궤적>

그림 6. TLE 위성궤도 생성 예

각 유닛에 대한 설정이 마무리되면 이를 바탕으로 원하는 시간 간격으로 시뮬레이션 수행이 가능하며, 시뮬레이션에 필요한 정보들은 시나리오 파일로 저장하여 반복 시험이 가능하도록 하였다.

2. 통신 가용도 분석

통신 가용도 분석은 GIS 고도 정보를 이용하여 비컨-지상 및 비컨-위성 간의 Path Profile, 공간손실, 회절손실 및 산란손실을 분석하여 링크버짓(Link Budget)에 따라 수신신호 세기를 계산하여 이루어진다. 이 때 필요한 파라미터는 송수신기 위치, 안테나 높이, 주파수, 출력, 편광, 유전율, 전도율 등이 있으며, 이를 이용한 수신레벨 계산은 Longley-Rice 모델을 바탕으로 구현하였다. 세부 동작 알고리즘은 아래의 그림과 같다.

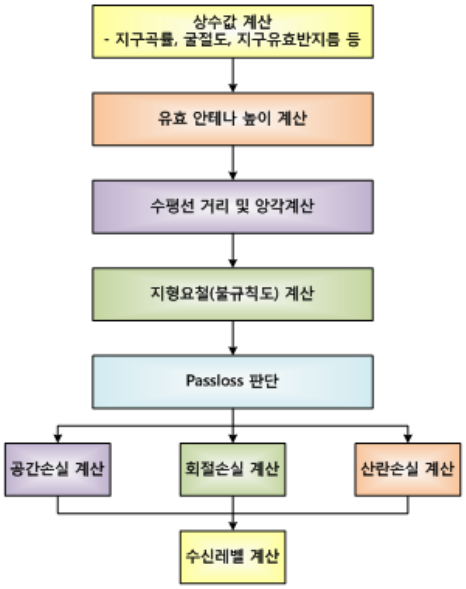


그림 7. 지상 경로손실 흐름도

비컨-위성 간 경로손실(Pathloss)는 지형 정보, 안테나 높이를 고려하여 두 지점 간의 LOS(Line Of Sight)를 확인하고, 자유공간손실(Free Space Loss) 혹은 ITU-R P.619 모델을 이용하여 계산된다[7].

위의 과정에 따른 비컨-위성간 통신 가용도 분석은 고도 정보 반영 유무에 따라 실제 조난상황을 반영하지 못할 수 있다. COSPAS-SARSAT 시스템의 경우, 한반도 상공에는 COSPAS-SARSAT 정지궤도 위성인 INSAT-3A 위성이 존재한다. INSAT-3A 위성은 24시간 한반도를 향하고 있으며, 한반도 전역에서 비컨-위성간 앙각은 최저 28도에서 최고 37도를 가진다. 이는 산악 지형에서 조난이 발생할 경우 남쪽 방향에 있는 장애물의 높이가 37도 이상의 앙각을 가진다면 통신링크 연결이 어려운 문제를 발생시킨다. 따라서 M&S 시뮬레이터에서는 지형정보 반영 여부를 파라미터로 주어 시뮬레이션 중 지형에 따른 영향을 실시간으로 볼 수 있도록 하였다.

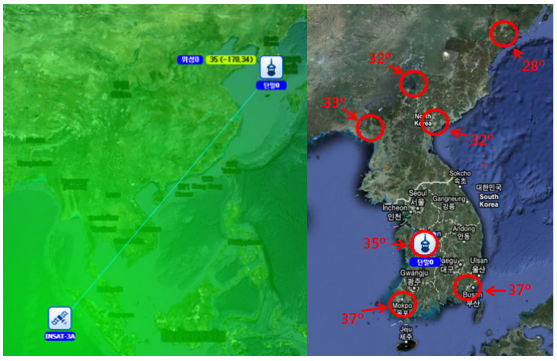


그림 8. INSAT-3A 위성에 대한 비컨 앙각

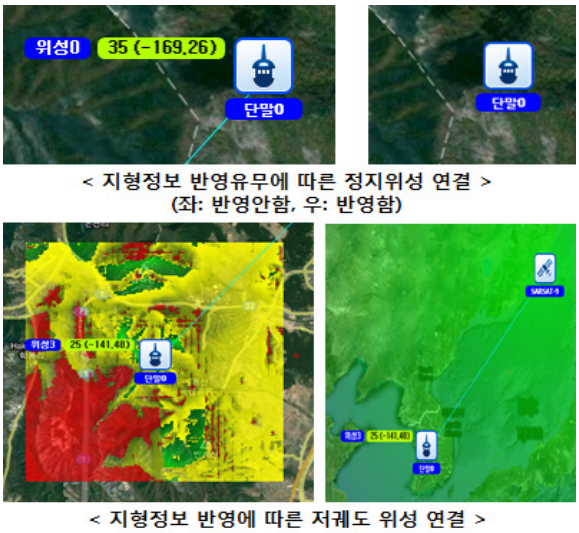


그림 9. 지형정보 반영에 따른 통신링크 연결

3. 위성 서비스 연결시간 분석

COSPAS-SARSAT 위성의 경우 저궤도, 정지궤도, 중궤도 위성 군이 존재한다. 시뮬레이터에서는 비컨에 대한 위성의 연결시간을 로그와 그래프로 나타낼 수 있으며, 조난 발생시 조난 인지 및 구조대에서 조난 위치에 도착할 때까지의 구조시간을 표시할 수 있다. 이 때 그래프로 분석가능한 정보는 위성 고도, 앙각, 신호세기, 구조시간, SINR(Signal to Interference Ratio) 등이 있다.

아래의 그림에서는 기능들 중 COSPAS-SARSAT 위성 궤도에 따른 연결시간을 나타낸다. 저궤도 위성의 경우 한반도 상공에 위성이 없는 시간이 최대 2시간이 존재하여 빠른 구조에 영향을 주며, 정지궤도 위성의 경우 항상 연결가능하지만 낮은 앙각으로 인하여 연결이 안되는 경우가 발생한다. 이를 해결하기 위하여 도입되는 중궤도 위성의 경우 동시에 최소 4개 이상의 위성이 존재하므로 연결이 끊어지는 일 없이 조난 신호 전달이 가능하다.

M&S 시뮬레이터에서는 군 항법위성 시스템에 탐색구조 탑재체가 탑재되는 것을 가정하여 시뮬레이션하며, 이에 대한 탐색구조 성능은 그래프와 로그를 통하여 분석된다.

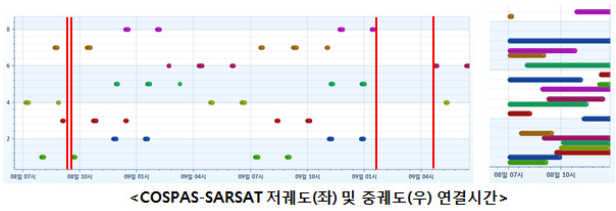


그림 10. COSPAS-SARSAT 위성별 연결시간

4. 영향범위 분석

비컨 또는 재머에 대한 영향범위 분석은 주파수, 출력, 안테나 높이, 안테나 이득 등의 파라미터를 바탕으로 분석 반경과 분석 간격에 따라 수행된다. M&S 시뮬레이터에서는 각 지점에 대한 도달 신호세기를 지도상에 매핑하여 송출 신호에 대한 영향 범위를 나타낼 수 있다.

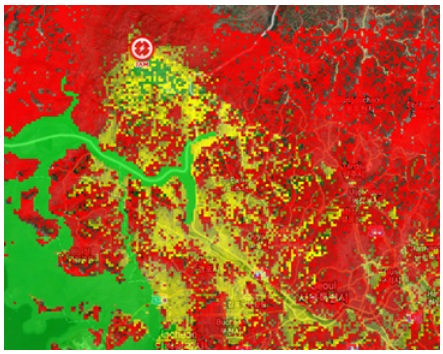


그림 11. 재머 지상영향 범위(50W)

위의 그림은 북한의 개성지역에서 50W 재머 발생을 가정할 경우에 대한 지상신호 영향 범위를 도시한 것이다. 녹색은 전파전달에 따른 도달 신호세기가 큰 것을 의미하며, 빨간색은 도달 신호세기가 낮은 것을 의미한다. 따라서 옴니안테나로 재밍신호를 송출할 경우 동쪽, 서쪽 및 북쪽은 산에 막혀서 신호감쇄가 크고 남쪽으로 신호가 잘 전달되는 것을 볼 수 있다.

Ⅳ. 결론

본 논문에서는 기존 군 탐색구조 개념과 민간 탐색구조 시스템에 대하여 분석한 결과를 토대로 M&S를 수행하여 군 탐색구조 시스템 구성 시 탐색구조의 정확성, 신뢰성, 가용성을 분석할 수 있는 군 탐색구조 시스템 M&S 소프트웨어를 소개하고, 탐색구조 시뮬레이션 결과에 대하여 살펴보았다. 개발된 시뮬레이터는 실제와 유사한 성능분석을 위하여 GIS 고도정보를 반영하였으며, 지상 경로와 위성 경로에 대하여 서로 다른 경로손실을 계산할 수 있다.

또한 모듈단위 설계를 통하여 다양한 조난 상황에 대한 실제 조난구조 과정을 시뮬레이션 할 수 있으며, 많은 비컨을 가정하여 임의의 시점에서 동시에 조난신호를 송출할 경우에 대한 성능 분석 등 탐색구조 전반에 대한 분석이 가능하도록 개발하였다.

향후에는 중궤도 탐색구조 도입에 따라 M&S 시뮬레이터의 지상국에서 위성을 통한 비컨 위치결정 기능을 수행할 수 있도록 연구를 진행 중에 있다.

참 고 문 헌

[1] 김재현, 이점훈, 이상욱, 허문범, 안우근, “민간 탐색구조 시스

템 기술 발전 방향" 한국통신학회 2011년 하계 종합학술발표회, 2011년 6월
[2] COSPAS-SARSAT Document C/S G.003, "Introduction to the COSPAS-SARSAT System".
[3] US NAVY, "NAVY TRAINING SYSTEM PLAN FOR THE COMBAT SURVIVOR/ EVADER LOCATOR", N88-NTSP-A-50-0018/A, Feb. 2002.
[4] 김재현, 이점훈, 이상욱, 안우근, 유명종,"군 탐색구조 시스템 M&S 소프트웨어 개발" KGS 2012, pp. 179-180, 2012년 11월
[5] Jaehyun Kim, Jeom-hun Lee, Sanguk Lee, Woogeun Ahn, and Myeong-Jong Yu, "Architecture Design of Modeling & Simulation Software for Military Search and Rescue System", ISRS 2012 ICSANE, pp. 27-30, Oct. 2012.
[6] Chan, J. C., Navarro, D., "Comparisons of NORAD two-line elements with INTELSAT orbital elements", Proceedings of the Third European Conference on Space Debris, pp. 771-779, Mar. 2001.
[7] Christian Ho, "Modeling and Simulation for Realistic Propagation Environments of Communications Signals at SHF Band", 2005 Annual ITEA Tech Review, July 2005.

저자

김 재 현(Jaehyun Kim)

・2005년 2월 : 한양대학교 전자전기컴퓨터공학부 학사졸업
・2007년 2월 : 한양대학교 전자통신컴퓨터공학과 석사졸업
・2007년 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 선임연구원

<관심분야> : 위성항법, 신호처리, 무선측위 및 무선통신

이 상 욱(Sanguk Lee) **정회원**

・1988년 2월 : 연세대학교 천문기상학과 학사졸업
・1991년 2월 : Auburn대학교 항공우주학과 석사졸업
・1994년 2월 : Auburn대학교 항공우주학과 박사졸업
・1993년~현재 : 한국전자통신연구원 책임연구원

<관심분야> : 위성시스템 및 제어, 위성항법, 탐색구조시스템

김 재 훈(Jaehoon Kim)

・2001년 2월 : 충북대학교 컴퓨터공학 박사졸업
・1990년 8월 : 정보처리기술사
・1983년 3월~현재 : 한국전자통신연구원 위성항법연구실장

<관심분야> : 위성시스템, 위성항법, 위성관제

안 우 근(Woo-Geun Ahn)

・2001년 2월 : 고려대학교 전기전자전파공학부 학사졸업
・2003년 2월 : KAIST 전기 및 전자공학과 석사졸업
・2010년 2월 : KAIST 전기 및 전자공학과 박사졸업
・2011년~현재 : 국방과학연구소 항법기술부 선임연구원

<관심분야> : 위성항법, 재밍대응 신호처리