

LEOSAR 및 MEOSAR 시스템의 조난신호 탐지시간 해석

Analysis of the Detection Time of Distress Signal for LEOSAR and MEOSAR Systems

임상석*

Sang-Seok Lim*

요 약

본 논문에서는 선박이나 항공기 조난에 대비하여 운용 중인 인공위성을 기반으로 하는 수색 및 구조 시스템의 조난신호 탐지시간에 관한 문제를 고려한다. 현재 운용 중인 LEOSAR 시스템은 저궤도 위성을 사용하며 시스템에 속한 위성의 수가 적고 커버리지는 지구전체가 아닌 국지이다. 따라서 조난자의 비컨 신호가 탐지되어 구조본부까지 전달되려면 장시간이 소요된다. 이와 대조적으로 새로 제안된 중궤도 항행위성시스템에 기반한 MEOSAR 시스템을 추가로 도입하는 경우를 가정하면 커버리지가 지구전역으로 확대되고 시스템의 안정도가 개선되어 조난신호 검출 또는 탐지시간이 크게 감소하므로 수색구조 효율이 크게 개선된 결과를 얻는다. 본 논문에서는 비컨에 대한 장애물의 영향을 고려했을 경우에 대하여 LEOSAR 및 MEOSAR 시스템에 대한 조난신호 탐지시간을 시뮬레이션을 통하여 계산하고 그 결과를 비교 해석한다.

Abstract

In this paper the detection time of the distress signal for the satellite-based search and rescue (SAR) system is evaluated. Present LEOSAR system in operation employs a few Low-altitude Earth Orbit (LEO) satellites and hence provides poor and local coverage availability. This results in a considerably long waiting time for a distress beacon to be detected by a rescue mission control center. One can expect that the detection time of the distress signal will be significantly reduced if the proposed MEOSAR system, which is based on the Medium-altitude Earth Orbit (MEO) satellites, is implemented. Taking into account the influence of the obstacles on the beacon signal, simulations are carried out to evaluate the detection time of distress signals for the LEOSAR and MEOSAR systems and the corresponding results are analyzed.

Key words : Search and Rescue, LEOSAR, MEOSAR, 406 MHz beacon, detection time, SARSAT

I. 서 론

현재의 LEOSAR (즉, COSPAS-SARSAT) 시스템은 1982년에 도입된 이래로 지금까지 4851회의 조난상황에서 17,117명 이상의 인명을 구조하는데 결정적인 도움을 제공하였다. 현재 운용 중인 LEOSAR는 7

개의 저궤도 위성을 기반으로 운용되고 있으며 4개의 위성이 정상적으로 서비스를 제공하고 있다. 이 시스템은 7개의 저궤도 위성을 기반으로 구성되어 어느 한 순간 지표 커버리지가 제한되는 약점을 갖고 있다. 또 비컨 메시지를 처리하는 위성탑재 메모리 용량 또한 제한되어 있으므로 조난자로부터 송출된

* 한국항공대학교 항공전자 및 정보통신공학부(School of Avionics, Telecommunication and Computer Eng., Hankuk Aviation University)

· 제1저자 (First Author) : 임상석

· 접수일자 : 2006년 10월 27일

조난신호가 LEOSAR 위성에 의해 즉각 검출되지 못하고 상당한 시간이 경과할 수 밖에 없다. 조난신호가 송출된 이후 LEOSAR 위성에 의해 처음 검출되기 까지 길게는 2시간 정도 소요되어야 한다. 더구나 조난자의 비컨 송출기가 주변의 산악이나 깊은 계곡 같은 지형지물로 인하여 위성에 대한 시야가 제한받게 되는 경우에는 상황이 더 악화되므로 상당히 긴 시간을 기다려야 LEOSAR 위성을 볼 수 있는 것이 현실이다.

한편 새로 도입될 예정인 MEOSAR는 GPS나 Galileo 같은 항행위성을 기반으로 하기 때문에 많은 수의 중궤도 위성으로 지구 전역을 커버할 수 있다. 또, MEOSAR 위성은 궤도가 LEOSAR 보다 높으므로 한 개의 위성의 커버리지가 훨씬 크기 때문에 조난신호가 송출되면 기다리는 시간이 거의 없을 정도로 즉각 위성에서 이 신호를 검출하여 조난자 위치 파악 및 구조팀 파송을 위한 정보를 지상국으로 보내 줄 수 있다. 예를 들면 GPS는 27개의 MEO 위성을 6개의 궤도에 배치하였고, Galileo는 3개의 궤도에 27개의 위성을 배치할 예정이다. 이러한 MEO 위성이 서비스를 개시하면 현재 장애물에 의하여 증가된 조난비컨 신호의 검출에 소요되는 긴 대기시간을 크게 감소시킬 수 있을 것으로 예상된다. 이와 같이 대기시간을 크게 감소시키거나 또는 즉시 검출할 수 있게 되면 SARSAT 시스템의 인명구조 효율은 크게 개선될 것으로 예상된다. 이러한 잠재적인 장점을 인식하여 미국, 유럽연합 및 러시아는 현 Cospas-Sarsat 시스템의 보완으로 그들의 MEOSAR 시스템에 406 MHz SAR 장비를 탑재하여 운용하기로 합의하였다. 미국의 MEOSAR 프로그램은 DASS, 유럽의 시스템은 SAR/Galileo, 러시아의 프로그램은 SAR/Glonass라고 불린다. 이들의 도입 계획은 문서 [5]에 기술되어 있다. 이들 문서는 위성 payload, 지상 시설, 설치일정표, 샘플 링크예산 및 기타 필요한 사항을 기술한다. 그러나 지금까지 이들 시스템의 도입과 관련하여 이들 SAR 시스템에 대한 신호 탐지시간은 깊이 있게 검토된 바 없다.

이 논문에서는 비컨의 시야가 주변 장애물로 인하여 제한을 받는 상황에서 LEOSAR 및 MEOSAR 시스템의 신호탐지에 필요한 소요시간을 평가하는 문제

를 고려한다. 먼저 시스템의 커버리지 이용성 또는 조난신호 탐지 소요시간을 계산하는데 필요한 SAR 시스템의 모델을 개발한다. 이 모델을 캐나다 지역에 적용하여 비컨의 시야가 장애물의 영향으로 크게 제한 받을 때 LEOSAR 시스템과 MEOSAR 시스템의 커버리지 이용성을 평가한다. 시뮬레이션을 통해서 평가할 시나리오는 조난 비컨이 개방된 바다에 있는 경우, 깊은 계곡에 있는 경우, 별로 장애가 없는 개방된 곳에 있는 경우 등을 포함한다. 시뮬레이션을 통해 총링크접속시간, 상대접속시간 및 평균대기시간을 시뮬레이션으로 계산하고 이를 기반으로 시스템의 커버리지 이용성을 평가한다. 시뮬레이션 결과를 보면 MEOSAR 시스템의 커버리지 이용성은 LEOSAR에 비하여 5배에서 10배 정도 높기 때문에 현재의 LEOSAR 시스템의 취약점을 크게 보완할 수 있음을 확인할 수 있다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 다음 절에서는 SAR 시스템의 주요 시스템의 특성 파라미터를 간단히 기술한다. 제 3절은 SAR 시스템 커버리지 이용성을 평가하는데 필요한 3개의 파라미터를 새로 정의한다. 이 파라미터를 사용하여 제 4절에서는 시뮬레이션 결과를 토대로 LEOSAR 시스템과 MEOSAR 시스템의 조난신호 탐지 소요시간을 해석한다. 마지막으로 제 5절에서 결론을 내린다.

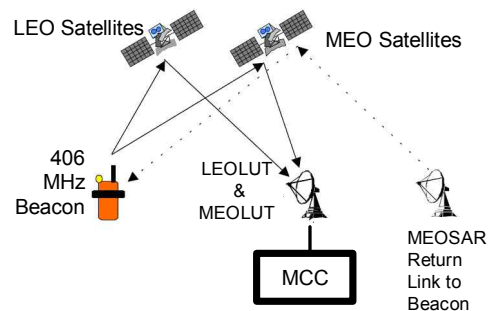


그림 1. SAR 시스템 구성

Fig. 1. The SAR system configuration.

II. 위성기반의 수색구조 시스템

여기서는 LEOSAR 및 MEOSAR 시스템 구성에 대해 약술하고 조난신호 송출에 사용하는 406MHz 비컨의 모델링 문제를 기술한다.

2-1 SAR 시스템의 구성

LEOSAR/MEOSAR 시스템은 그림 1과 같이 406 MHz 비컨, LEO/MEO 위성, LEOLUT/MEOLUT 및 Cospas-Sarsat MCC(임무통제센터)로 구성되어 있다. LUT는 각 지역에 분포된 지상국의 수신시스템을 나타내며, 비컨으로부터 조난신호를 수신하여 비컨의 위치를 계산하려면 LEOSAR 시스템은 406MHz 비컨 - LEO 위성(1개) - LEOLUT(1개) - MCC로 구성되는 단일 링크가 수차례 연속적으로 구성되어야 한다. 반면에 MEOSAR 시스템은 406MHz 비컨 - MEO 위성(3개) - MEOLUT(1개) - MCC로 구성되는 최소 3개의 동시 링크를 필요로 한다.

2-2 SAR 시스템의 주요 구성 요소

2-2-1 406 MHz 비컨

406 MHz 비컨을 사용하면 기존의 초단파를 사용하던 비컨에 비해 정확도가 높고 더 신속하고 안정적으로 조난자 위치정보를 위성을 통해 임무통제센터로 중계할 수 있다. 이 비컨은 RF 버스트를 약 0.5초 동안 매 50초 간격으로 발송하며 전력은 5W 이다.

반송주파수는 Cospas-Sarsat 406 MHz 채널 분배표 [10]에 따라 중심주파수±1kHz로 설정 (406.025 MHz 및 406.028 MHz는 예외)하며 5년간 ±5kHz 이상 변화하지 않도록 유지되어야 한다.

송신전력은 50Ω 부하에 대해 5W±2dB (35~39 dBm) 이내로 출력되어야 하고 규정된 동작 온도 범위 내에서는 24시간동안 유지되어야 한다.

안테나 특성은 비컨규격[1]에 명시되어 있듯이 양각 5°~ 60°에 대해 hemispherical pattern, 원형편파 (RHCP) 또는 선형편파 특성을 가져야 하고 이득은 -3dBi~4dBi이며 이득변동범위(azimuth)는 3dB이고 VSWR은 1.5:1이하여야 한다.

2-2-2 우주 부분

LEOSAR Payload: Cospas-Sarsat payload는 각각 SAR repeater(SARR), SAR processor(SARP) 및 Up/Down 링크 안테나로 구성된다. 이들에 대한 페이

로드 장치는 문서 [2]에 요약되어 있다. SARP는 406 MHz 대역에서 로컬모드와 글로벌모드 커버리지를 제공하며 처리된 데이터는 SARR 다운 링크 송신기를 통해 지상국으로 전송된다. LEOSAR 위성에 대한 기본적인 궤도 파라미터를 요약하면 표 1과 같다. Cospas-Sarsat 입력 및 안테나 파라미터는 문서 [3]에 기술되어 있다.

표 1. Cospas와 Sarsat 위성 궤도의 주요 파라미터
Table 1. Cospas and Sarsat satellites orbital parameters.

파라미터	단위	Cospas	Sarsat
궤도 형태	-	Circular, Near-Polar	Circular, Sun-synchronous
고도	Km	987 ~ 1022	833 ~ 870
궤도 각	도	82.88~ 83.02	98.7 ~ 98.86
주기	분	104.6 ~ 105.2	101.35 ~ 102.12
이심률	-	< 0.02	< 0.001

MEOSAR Payload: MEOSAR 우주부분은 미국의 DASS, 유럽의 SAR/Galileo 및 러시아의 SAR/Glonass 위성으로 구성된다. 현재는 DASS (또는 GPS) 위성이 궤도에서 운용 중이므로 24개의 위성[4]을 본 연구의 시뮬레이션에 고려하였다. 시스템의 효율을 획기적으로 향상시키기 위해서 제안된 리턴 링크 서비스는 아직 결정되지 않았으며 DASS SAR 페이로드에는 406 MHz 조난 비컨 신호를 중계할 응답기를 탑재할 예정이다. MEOSAR에 대한 단일 경로 링크예산은 SAR 문서 [5]에 기술되어 있으며 이는 정상적인 상태에서의 탑재 응답기가 만족해야하는 설계기준을 나타낸다. DASS (또는 GPS) 위성은 고도 20,182 km 를 갖는 6개의 궤도평면에 각각 4개의 위성을 균일한 간격으로 배치하여 양각 5도 이상일 때 지구상의 어느 지점에서든지 적어도 4개의 위성을 볼 수 있게 운용되고 있다.

2-2-3 SAR 지상 부분

LEOLUT: Cospas-Sarsat (LEOSAR) 시스템의 지상국이며 조난 비컨에서 송출된 신호를 탐지하고, 그 위치를 추정하여 임무통제센터 (MCC)로 필요한 정보를 넘겨주는 기능을 담당한다. 이 지상국은 반송주파수 1544.4 MHz로 변조된 LEOSAR 다운링크 1개

이상의 채널을 처리할 수 있다. 최소 구성요소 및 인터페이스로는 안테나, 무선 시스템, 신호처리기, 시간 및 주파수 기준 시스템, 궤도 유지 시스템 및 MCC 인터페이스 시스템이다. SARR 처리기는 Cospas-Sarsat 406 MHz 비컨에서 신호를 탐지하면 수신 시간과 수신 주파수를 측정하여 수신된 비컨 메시지 데이터와 함께 1544.5 MHz 다운링크 채널을 통해 지상국으로 전송한다. LEOLUT는 위성의 406 MHz SARP로부터 수신된 데이터를 처리할 수 있는 신호 처리기를 갖추고 있어야 한다[6].

MEOLUT: MEOSAR 지상부분은 Cospas-Sarsat MCC, 지상국인 MEOLUT 및 리턴 링크(예정)용 지상 제어국으로 구성된다. 이 MCC에 대한 기준은 Cospas-Sarsat 문서 C/S A.005에 규정되어 있다. MEOSAR 시스템을 위한 요구조건을 만족시키기 위해 필요한 사항은 별도로 개정되어야 할 부분이다. 이와 관련된 MEOLUT 요구조건은 DASS, SAR/Galileo, SAR/Glonass 프로그램 개념 확립 및 개발 단계에서 개발될 예정이다. 프로그램 운용 측면에서 MEOLUT의 설치 운용의 책임은 당해 국가에 귀속된다. MEOSAR 위성 설계자는 Cospas-Sarsat 지상 운영자가 통제하는 MEOLUT에서 무리없이 이용 가능한 다운링크를 전 세계적으로 제공할 예정이다. 앞으로 3개의 MEOSAR 위성 시스템이 서비스를 제공할 예정이므로 MEOLUT는 이들 시스템의 신호를 모두 수신해서 처리할 수 있는 성능을 갖추어야만 한다. MEOLUT의 주요 기능은 MEOSAR 위성을 추적하여 이 위성에서 중계하는 비컨 버스트의 시간과 주파수를 측정하고, 이를 기반으로 신호를 송출한 406 MHz 비컨의 위치를 계산하여, 인터페이스를 통해 조난 정보와 메시지를 소속 MCC로 보내주는 일이다. MEOLUT 설계 방향은 [5]에 안내되어 있다.

III. 조난신호 탐지시간과 시스템 이용성

SAR 시스템의 예상 이용성을 평가하기 위하여 비컨에서 위성을 바라보는 LOS (line-of-sight) 가시성이 다양한 국지적인 장애물이나 지형지물로 인하여 제한받는 상황에서 LEOSAR와 MEOSAR의 링크 접속 시간을 계산하고, 이를 통해 시스템 커버리지 이용성

파라미터를 산출한다.

3-1 장애물로 인한 비컨 시야의 축소 문제

여기서는 SAR 시스템의 커버리지 이용성에 영향을 미치는 여러 가지 요인 중에서 인접한 장애물이 비컨 신호의 송출을 방해함으로써 시스템 이용성에 미치는 영향을 고려한다. 비컨의 위성에 대한 시야를 제한하게 되는 인근 장애물은 높은 언덕, 산, 파도, 추락 항공기 잔해 등을 들 수 있다. 다양한 장애물을 개별적으로 모델링하여 그 영향을 평가한다는 것은 사실상 불가능하다. 대신에 이들의 영향은 비컨의 모델을 신호 송출 안테나에서 송출되는 빔의 고도각 (elevation)을 제한함으로써 평가할 수 있다. 이런 관점에서 보면 고도각이 크면 클수록 장애물의 영향이 더욱 큰 상황을 나타내게 된다. 이러한 장애물의 영향을 정량적으로 평가하기 위해 5도에서 85도까지 5도 간격으로 구분한 경우에 대해 *비컨-SAR 위성-LUT 링크*에 대한 접속 시간을 계산하고 이를 기반으로 시스템 이용성을 평가하기로 한다. 장애물은 비컨의 위성에 대한 시야를 제한할 뿐만 아니라 수신 전력도 감소시키는 효과가 있는데 이에 대한 영향은 본 논문에서는 고려하지 않는다.

3-2 시스템 이용성 파라미터

비컨 신호의 위성에 대한 고도각 14개에 대하여 체인 접속시간 (커버리지 이용성)을 시뮬레이션을 통하여 평가한다. 이를 기반으로 장애물로 인한 영향을 고려한 SAR 시스템의 이용성에 대한 평가를 정량적으로 수행하기 위하여 다음과 같이 3개의 파라미터를 정의한다.

총접속시간(TAT): 커버리지 이용성을 산출하기 위하여 각 *beacon-SARSAT-LUT 링크*가 성공적으로 이루어진 경우에 대한 각각의 체인 접속 시간을 시뮬레이션을 통하여 계산한다. 이들 개개의 접속시간을 모두 합하면 총접속시간 (Total Access Time)을 얻는다.

상대접속시간(RAT): 상대접속시간은 전체운용시

간 (EOT)에 대한 총접속시간의 백분율: $(TAT/EOT) \times 100$ 로 정의한다. 이 상대접속시간 ((Relative access time)은 전체 시스템 운용 시간에 대한 실제 조난 신호의 접속시간의 상대적인 측정치이고 반면에 총접속시간은 접속시간의 절대적인 총합을 나타낸다.

평균대기시간(AWT): 어떤 비컨이 조난 신호를 보낸 후에 얼마나 빨리 임무통제센터에 검출이 되는지를 보기 위해서는 접속시간이 아닌 예상 대기시간 (또는 지연시간)을 계산할 필요가 있다. 예상 평균대기시간 (Average Waiting Time)은 전체 대기시간 TWT (total Waiting Time)을 전체 대기 횟수 N_{WT} 로 나누어서 계산된다. 그런데 $N_{WT} = N_{acc}$ 이고 $TWT = EOT - TAT$ 인 점을 감안하면 평균대기시간은 다음과 같이 얻어진다.

$$AWT = TWT / N_{WT} = (EOT - TAT) / N_{acc}$$

여기서 N_{acc} 는 총 접속 횟수를 나타낸다. 따라서 AWT는 어떤 조난 신호가 다음 SAR 링크를 통해 어떤 LUT에서 검출되기까지 기다려야 하는 평균대기시간을 나타낸다.

IV. 시뮬레이션

여기서는 Sarsat 커버리지 이용성을 시뮬레이션을 통해 평가한다. 시뮬레이션에는 STK Pro 버전 4.3 (COMM 모듈 추가) [7]을 사용하였다. 시스템 파라미터를 기술한 후에 시뮬레이션 결과를 분석한다.

4-1 시스템 파라미터

대상 지역: 분석의 편의를 위해 비컨 및 지상국 LUT의 위치는 캐나다 전 지역으로 선택하였으나 필요하다면 지구 전역에 대한 커버리지도 동일한 방법으로 평가할 수 있다.

시뮬레이션 기간: 비컨은 24시간 동안 쉬지 않고 조난 신호를 송출한다고 가정한다.

주파수: LEOSAR 및 MEOSAR에 대한 업링크(비컨-위성)에는 406 MHz를 사용하고 다운링크(위성-MEOLUT)에는 1544 MHz를 사용하였다.

장애물에 의한 시야 제한: 장애물로 인한 비컨 시야각의 제한으로 영향을 받게 되는 커버리지 이용성을 평가하기 위하여 5°에서 85°까지 고도각을 5°간격으로 변경하면서 이에 대응한 각 LUT의 비컨 신호 접속시간을 계산한다.

SAR 시설: 시뮬레이션에 사용할 4개의 비컨 송신기의 위치, 5개의 LEOSAR 위성, 4개의 LEOLUT 및 24개의 MEOSAR 위성과 4개의 MEOLUT에 대해 기술한다.

비컨 송신기 위치: 조난 신호를 송출하는 비컨의 위치는 캐나다 전역에 걸쳐 4개의 장소를 선택하였으며 그 좌표는 표 2와 같다.

표 2. 비컨 송신기의 위치

Table 2. The beacon Transmitter locations.

	Moosonee Ontario	Yellowknife NWT	Schefferville Quebec	Whitehorse Yukon
Longitude (deg.)	-80.730003	-100.563000	-67.010002	-135.009995
Latitude (deg.)	51.330002	62.568000	54.860001	60.650002
Altitude (km)	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000

LEOSAR/MEOSAR 위성: 7개의 LEOSAR 위성 중에서 406 MHz 페이로드를 탑재하고 있는 Sarsat-6, Sarsat-7, Sarsat-8, Sarsat-9을 시뮬레이션에 사용한다. 최근에 Sarsat-10도 서비스를 시작했으나 본 연구에는 고려하지 않았다. MEOSAR 위성으로는 현재 서비스 중인 DASS (즉, GPS 위성)만 고려하였다.

LEOLUT/MEOLUT 위치: 캐나다에서 운용 중인 LEOSAR 지상국은 4개이며 각각 Churchill, Edmonton, Goose Bay 및 Trenton (MCC)에 설치되어 있으므로 시뮬레이션에 고려하였다. MEOLUT 위치는 아직 확정되지 않아서 시뮬레이션을 위해 4개의 장소로는 Ottawa, Edmonton, Goose Bay, Prince Rupert를 임의로 선택하여 MEOSAR 링크를 구성하였다.

4-2 결과 분석

비컨의 시야가 제한됨으로 발생하는 체인 접속 시

간 (커버리지 이용성)의 감소를 평가하기 위하여 14개의 고도각에 대하여 시뮬레이션을 수행하였으며 그 결과는 다음과 같다.

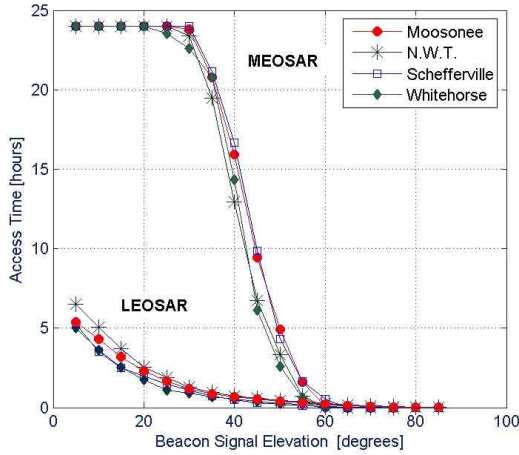


그림 2. 비컨 신호 고도각에 대한 총접속시간
Fig. 2. The TAT versus beacon elevation angle.

총접속시간 (TAT): 그림 2는 LEOSAR 체인 4개 및 MEOSAR 체인 4개에 대한 총접속시간을 나타낸다. 수평축은 비컨 신호의 고도각(θ)을 나타내며 범례는 각 체인의 비컨 위치를 표시한다. 그림 2로부터 다음의 사실을 확인할 수 있다.

- LEOSAR 및 MEOSAR 모두 커버리지 이용성은 비컨 고도각이 증가하면 급격히 감소한다. 이것은 사실상 예측된 결과이며 비컨 신호의 고도각 증가가 장애물로 인한 SAR 위성의 정상적인 신호수신을 저지하므로 결국 SAR 위성이 비컨 신호를 검출하지 못하게 비컨의 시야를 제한하는 효과가 발생하기 때문이다.

- 고도각 $\theta \leq 30^\circ$ 에 대해 MEOSAR TAT는 24 시간을 유지하는데 비하여 LEOSAR의 경우 TAT는 6.5 시간에서 1시간까지 감소한다.

- 고도각 $\theta \geq 30^\circ$ 이면, MEOSAR의 TAT는 급격히 감소하여 $\theta = 60^\circ$ 부근에서 거의 0으로 된다. LEOSAR의 경우도 부근에서 영으로 감소한다. $\theta \geq 60^\circ$ 이면, 두 시스템 모두 TAT는 영으로 된다.

- 정상동작 상태 즉, 장애물이 비컨 신호를 제한하지 않는 경우, 작은 θ 에 대한 MEOSAR의 TAT는 LEOSAR의 TAT보다 5배에서 20배 정도 큰 값을 갖

는 것이 확인된다.

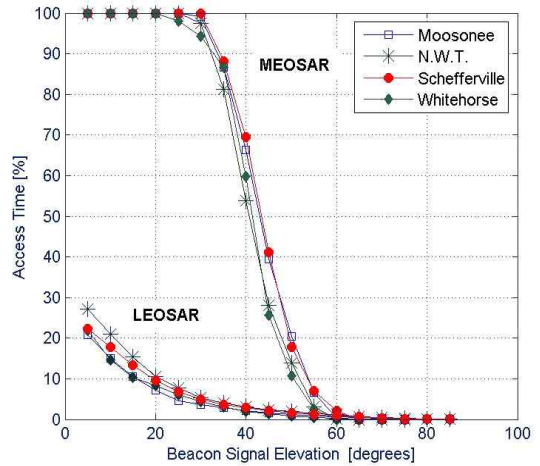


그림 3. 비컨 신호 고도각에 대한 상대접속시간
Fig. 3. The RAT versus beacon elevation angle.

- 비컨의 지역적 위치가 TAT에 미치는 직접적인 영향은 별로 크지 않으므로 결국 커버리지 이용성에 대해서도 거의 영향을 미치지 않음이 확인되었다.

상대접속시간 (RAT): 상대접속시간을 백분율 단위로 나타내면 그림 3과 같다. 이 결과는 TAT를 전체 임무시간에 대한 계산한 상대적 수치이며 LEOSAR의 RAT는 모든 고도각에 대해 28%이하이다, 반면에 MEOSAR의 RAT는 $\theta \leq 40^\circ$ 에 대해 100%에서 50%까지 변화함을 볼 수 있다.

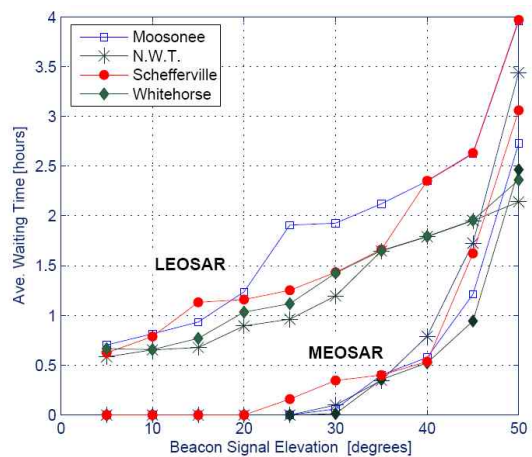


그림 4. 비컨 신호 고도각에 대한 평균대기시간
Fig. 4. The AWT versus beacon elevation angle.

평균대기시간 (AWT): 그림 4는 $\theta \leq 45^\circ$ 에 대한 평균대기시간을 나타낸다. 이 결과로부터 다음의 사실을 확인할 수 있다.

- LEOSAR AWT는 고도각의 변화에 따라 0.5시간에서 4시간까지 계속 선형적으로 증가한다.
- MEOSAR AWT는 고도각의 변화에 따라 0 (즉, 즉각 검출됨)에서 4시간까지 변화한다. 고도각이 $\theta \leq 20^\circ$ 이면 즉각 위성에서 비컨 신호를 검출하게되고 $\theta \leq 40^\circ$ 일 경우에도 AWT는 여전히 40분 정도로 LEOSAR와 비교하여 매우 양호한 편이다.
- $40^\circ \leq \theta \leq 80^\circ$ 에 대한 AWT는 LEOSAR 및 MEOSAR 두 시스템 모두 4시간에서 10시간까지 증가하는데 지면 제한으로 여기에 수록하지는 않았다.

V. 결 론

본 논문에서는 LEOSAR 및 MEOSAR 시스템의 커버리지 이용성에 대해서 고찰하였다. MEOSAR 시스템의 경우에는 현재 운용상태에 있는 시스템은 DASS (즉, GPS)가 유일한 시스템이므로 이에 국한하였다. 나머지 두 시스템 SAR/Galileo 및 SAR/Glonass가 구축되면 동일한 방식으로 평가할 수 있다. 4개의 비컨 위치를 캐나다 지역에 대해 선택하였으며 이에 대응되는 4개의 LEOLUT와 MEOLUT를 선택하였다. 또 5개의 LEOSAR 위성과 24개의 MEOSAR (GPS) 위성을 시뮬레이션에 사용하였다. 비컨의 장애물에 대한 시야의 감소 및 그 궁극적인 커버리지 이용성에 대한 영향을 평가하기 위하여 비컨 고도각을 14개로 구분하여 시뮬레이션 하였다. 그 결과는 총접속시간, 상대접속시간 및 평균대기시간으로 구분하여 산출하고 분석하였다.

이 결과로부터 비컨 신호가 장애물로 인하여 제한을 받게 되면 SAR 시스템의 커버리지 이용성은 크게 감소하는 것을 확인하였다. 더구나 LEOSAR의 경우 이 문제는 더 심각한 것이 확인되었으며. MEOSAR (DASS 단독 운용)의 경우 커버리지 이용성은 장애물로 인하여 감소하기는 하지만 감소비율은 매우 낮은 것을 알 수 있다. MEOSAR의 커버리지 이용성은 LEOSAR에 비하여 크게 향상되는 것을 확인하였으나 MEOSAR를 사용하더라도 DASS (즉, GPS) 단일 시스템으로는 장애물의 영향이 존재하는 한 목표인 100% 커버리지를 달성은 어려우나 50%정도로 개선

됨을 확인하였다. 따라서 이 결과를 근거로 미루어 볼 때 3개의 MEOSAR 시스템이 모두 구축된다면 어느 정도의 장애물이 존재하더라도 대기시간 없이 거의 실시간으로 조난자의 위치를 검출할 수 있으므로 조난신호 탐지시간은 크게 감소하고 결국 시스템의 커버리지 이용성이 크게 향상되리라는 것을 예측할 수 있다.

감사의 글

본 논문은 한국-캐나다간 국제협력 프로그램에 의한 연구로 캐나다 CRC (Communication Research Center Canada)의 일부 재정 지원에 의함.

약 어

AWT	Average Waiting Time
COSPAS	Russian Search and Rescue system
DASS	Distress Alerting Satellite System
dB	Decibel
dBi	A decibel unit for an antenna gain
dBm	A decibel unit for absolute power level with reference to 1 mW
EOT	Entire Operation Time
Galileo	A global navigation satellite system being developed by ESA and the EC
Glonass	A Global Navigation Satellite System
GPS	Global Positioning System
LEO	Low-altitude Earth Orbit
LEOLUT	LEOSAR Local Users Terminal
LEOSAR	Low-altitude Earth Orbiting satellite System for Search and Rescue
LOS	Line-Of-Sight
LUT	Local Users Terminal
MCC	Mission Control Center
MEO	Medium-altitude Earth Orbit
MEOLUT	MEOSAR Local Users Terminal
MEOSAR	Medium-altitude Earth Orbiting satellite System for Search and Rescue

N.W.T.	North West Territories of Canada
RAT	Relative Access Time
RHCP	Right Handed Circular Polarization
SAR	Search and Rescue
SARP	Search and Rescue Processor
SARR	Search and Rescue Repeater
SARSAT	Search and Rescue Satellite
TAT	Total Access Time
TWT	Total Waiting Time

참 고 문 헌

- [1] Cospas-Sarsat, "Specification for Cospas-Sarsat 406 MHz Distress Beacons," *C/S document T.001*, 2005.
- [2] Cospas-Sarsat, "Cospas-Sarsat Frequency Requirements and Coordination procedures," *C/S document T.014*, 2004.
- [3] Cospas-Sarsat, "Description of the Cospas -Sarsat Space Segment," *C/S document T.003*, 2003.
- [4] US Coast Guard Navigation Center, "US Naval Observatory GPS Constellation Status," http://www.navcen.uscg.gov/gps/status_and_outage_info.htm.
- [5] Cospas-Sarsat, "Cospas-Sarsat 406 MHz MEOSAR Implementation Plan," *C/S document R.12*, 2005.
- [6] Cospas-Sarsat, "Cospas-Sarsat LEOLUT Performance Specification and Design Guidelines," *C/S document T.002*, 2005.
- [7] Analytical Graphics Inc., *Satellite Tool Kit Pro. (STK/PRO) v4.3.0*, AGI, 2002.
- [8] Cospas-Sarsat, "Status of Cospas-Sarsat LEOSAR Payload Instruments," <http://www.cospas-sarsat.com/Status/spaceSegmentStatus.htm>.
- [9] Cospas-Sarsat, "Cospas-Sarsat System," *C/S document SD-31*, 2005.
- [10] Cospas-Sarsat, "Cospas-Sarsat 406 MHz Frequency Management Plan, Rev.3," *C/S document T.012*, 2005.

임 상 석 (林尙石)



1976년 : 한국항공대학교 항공전자공학(공학사)

1984년 : Ottawa 대학교(공학석사)

1990년 : Ottawa 대학교(공학박사)

1976년 ~ 1982년 : 국방과학연구소

1984년 ~ 1986년 : (캐)DREO, Radar

연구실

1990년 ~ 1992년 : Canada Royal Military College

1992년 ~ 1995년 : 캐나다 DREO, Surface Radar Division

2005.3 ~ 2006.2 : 캐나다 통신연구소 방문교수

1995년 ~ 현재 : 한국항공대학교 항공전자공학과 교수

관심분야 : 항공전자시스템, CNS/ATM, SVS, filter 설계,

Target Tracking.