技術論文 J. of The Korean Society for Aeronautical and Space Sciences 41(7), 588-595(2013)
DOI:http://dx.doi.org/10.5139/JKSAS.2013.41.7.588

항공탑재 SAR 시스템 운용개념 설계 및 검증

이현익*, 김세영, 전병태, 성진봉

Operational Concept Design and Verification for Airborne SAR System

Hyon-Ik Lee*, Se-Young Kim, Byeong-Tae Jeon and Jin-Bong Sung
Defense Space Technology Center, Agency for Defence and Development

ABSTRACT

Airborne SAR system is the imaging Radar system that is loaded on a manned or unmanned aircraft, which is in charge of high quality image acquisition and moving target detection. This paper describes the operational requirements for the Airborne SAR system and suggests the operational concept to satisfy the requirements. To be specific, it describes the interface with airborne system, state definition and transition, operation mode based on mission definition file, fault management, and data storing and transmission concept. Finally, it gives the ground test results to verify the SAR system operational concept.

초 록

항공탑재 SAR 시스템은 유/무인 항공기에 탑재되어 고해상 영상정보 수집과 지상 이동 표적 탐지의 임무를 담당하는 영상 레이더 시스템으로, 선진국을 중심으로 운용되고 있으며 국내에서도 현재 개발이 진행 중에 있다. 본 논문에서는 항공탑재 SAR 시스템 운용을 위한 운용요구조건 및 운용 요구조건을 만족하기 위한 다중모드 및 실시간 SAR 시스템 운용개념에 대하여 기술한다. 항공 시스템과의 연동개념, 시스템 상태정의 및 천이개념, 임무정의파일 기반 임무수행 개념, 고장진단 및 관리개념, 촬영자료 저장 및 전송 개념에 대해 설명하고, 지상검증시험을 통한 SAR 시스템 운용개념 검증 결과에 대해 기술한다.

Key Words : Synthetic Aperture Radar(합성 개구면 레이더), Operational Concept(운용개념), Operation Mode(운용모드), State Transition(상태천이)

Ⅰ. 서 론

SAR(Synthetic Aperture Radar) 시스템은 지상 표적으로부터 반사된 레이더 신호를 위상이 일치하도록 코히어런트(coherent)하게 합성함으로써, 안테나의 개구면(aperture)의 크기를 작게 유지하면서도 방위 분해능을 향상시키는 영상 합성 레이더 시스템이다[1]. 주야간 전천후로 고해상의 영상정보를 수집할 수 있다는 장점으로 인하여 육지, 해양, 극지 탐사나 특히, 군사적 활용 등에 있어 중요한 영상 정보를 제공하고 있다[2-4]. SAR 시스템은 비용 및 기술적인 어려움으로 인하여 선진국을 중심으로 확보, 운용되고 있지만 그 효용성으로 인하여 앞으로 더 많은 수요가 예

† Received: February 7, 2013 Accepted: June 11, 2013
* Corresponding author, E-mail : leehyonik@add.re.kr
http://journal.ksas.or.kr/
pISSN 1225-1348 / eISSN 2287-6871

Table 1. Scenario of Airborne SAR operation

- 비행체 전원인가 및 통신개설
- 비행체 자기진단 및 탑재장비 초기화
  - SAR 주장비 전원 인가
  - SAR 주장비 점검
  - SAR 부장비 전원 인가
  - SAR 임무수행 가능 여부 확인
  - SAR S/W 버전 확인
  - SAR MDF 장입
  - SAR IBIT 확인
  - SAR 부장비 전원 Off
- 엔진시동
- 활주로 진입
- 이륙 및 상승
  - SAR 부장비 전원 인가
- 임무지역 이동
- 임무수행
  - SAR 임무 시작 명령 인가
  - SAR 영상전송 시작 명령 인가

  << SAR 임무 수행 >>
  - SAR 영상전송 종료 명령 인가
  - SAR 임무 종료 명령 인가
  - SAR 부장비 전원 Off
- 착륙지역 이동
- 착륙
- 엔진정지
  - SAR 주장비 전원 Off

상되며, 국내에서도 현재 항공탑재 SAR 시스템 개발을 진행하고 있는 상황이다.

항공탑재 SAR 시스템은 유/무인 항공기에 탑재되어 고해상 영상정보 수집과 지상 이동표적 탐지의 임무를 담당한다. Table 1은 SAR 탑재 항공기의 통상적인 운용 시나리오를 나타낸다. 항공탑재 SAR 시스템은 탑재장비로써 지상체와의 실시간 통신 기능, 자체점검 기능, 임무수행 기능, 촬영데이터 실시간 전송 기능 등이 요구된다. 촬영임무는 지상체로부터 사전에 수신한 MDF(Mission Definition File)에 기반하여 수행되며, 특정 시간에서 비행체의 위치를 예측할 수 없기 때문에 위치기반 하에 독립적으로 촬영임무를 수행해야 한다[5]. 본 운용 시나리오 및 사용자 요구조건을 바탕으로 도출한 항공탑재 SAR 시스템의 주요 요구조건은 Table 2와 같다[6-7]. 본 요구조건 중 시스템 운용과 관련한 요구조건은 굵은 글씨로 표시하였다.

본 논문에서는 항공탑재 SAR 시스템 운용 요구조건을 만족하기 위한 다중모드 및 실시간 SAR 시스템 운용개념에 대하여 기술한다. 항공시스템과의 연동개념, 시스템 상태정의 및 천이

Table 2. Airborne SAR system requirements

항 목	요 구 조 건
비행체/지상체 연동	비행체 연동 통제명령 수신/상태정보 제공 지상체 연동 임무계획 수신/영상자료 제공
MDF기반 촬영	자체 항법장비 기반 독립촬영
운용모드	영상(표준/광역/고해상), GMTI
최대탐지거리	00 km
해상도	00 m/00 m/00 m
관측폭	00 km/00 km/00 km
최저탐지속도	00 m/s
스캔시간	00 min / 전 스캔영역
영상형성시간	1/2 SAT(표준,광역), 1SAT(고해상), 5CPI(GMTI)
자체점검	CBIT, IBIT
저장용량	000 GByte
전송속도	30 Mbps
자료압축	JPEC2000, 링크상태에 따른 영상압축 전송

개념, 임무정의파일 기반 임무수행 개념, 고장진단 및 관리개념, 촬영자료 저장 및 전송 개념에 대해 상세히 설명하며, 지상검증시험을 통한 SAR 시스템 운용개념 검증 결과에 대해 구체적으로 기술한다.

II. 본 론

2.1 항공탑재 SAR 시스템 구성

Figure 1은 항공탑재 SAR 시스템의 구성을 나타내고 있다. 항공탑재 SAR는 크게 전원통제부와 송수신처리부로 구성된다. 전원통제부는 시스템의 전원과 제어를 담당하는 부분으로, 장비 전원인가 후 초기 동작에 필요한 장치들로 구성된다. 전원공급장치, 통제장치, 관성항법장치, 서보제어장치, 김발장치, 도파관건조장치의 6개 장치가 전원통제부에 포함된다. 송수신처리부는 신호의 송수신과 수신 신호의 처리를 담당하는 장치들로 구성된다. 송수신전단장치, 고주파변환장치, 고출력송신장치, 고속신호처리장치, 냉각장치, 안테나의 6개 장치가 송수신처리부에 포함된다.

개별 장치들의 개략적인 기능은 다음과 같다. 전원공급장치는 비행체로부터 전원을 공급받아 SAR 장치들에 필요한 전원을 공급하는 기능을 담당한다. 통제장치는 운용소프트웨어가 탑재되어 SAR 시스템 전체의 운용과 제어를 담당하며, 관성항법장치는 비행체의 항법정보를 획득하여

Fig. 1. Configuration of airborne SAR system

통제장치에 제공하는 역할을 담당한다. 서보제어장치는 통제장치의 명령에 따라 김발장치를 제어하여 안테나를 구동하는 기능을 담당한다. 고주파변환장치는 SAR 시스템에서 사용되는 고주파의 생성 및 변환, 고출력송신장치는 송신 신호의 출력 증가, 송수신전단장치는 신호의 송수신, 도파관건조장치는 도파관의 습기 제거를 담당한다. 고속신호처리장치는 신호처리소프트웨어가 탑재되어 수신된 신호의 영상처리를 담당하며 냉각장치는 고속신호처리장치의 냉각을 담당한다.

2.2 항공 시스템과의 연동 개념

항공탑재 SAR 시스템은 탑재체로써 본체인 항공 시스템과의 인터페이스를 제공해야 한다. Fig. 2는 SAR 시스템과 항공 시스템간의 인터페이스를 나타낸다. SAR 시스템은 물리적으로 두 가지의 주요 인터페이스인 1553B와 Gigabit Ethernet을 통하여 비행체인 MC(Mission Computer) 및 AIDLC(Airborne Integrated Data Link Computer)와 통신을 수행한다. MC와는 주요 제어명령 및 상태에 대한 통신을 수행하며 AIDLC와는 촬영데이터를 포함한 지상체 장비와의 통신을 수행하게 된다.

그림과 같이 비행체 MC는 '전원차단준비, 송수신처리부 On/Off, Mission Start/Stop' 등 탑재체의 주요한 동작을 결정하기위한 제어명령을 SAR에 제공한다. 반면에 SAR는 MC로 '각 장치들의 정상 유무, 전원차단준비 상태, Mission Start/Stop 상태' 등 SAR의 주요 상태정보를 제공한다. 비행체 AIDLC는 '전송 링크 상태'를 SAR에 제공한다. SAR는 링크 상태에 따라 촬영데이터 전송의 중단/재개를 결정하거나 전송되는 영상의 압축률을 조절한다. 지상체 FCE (Flight Control Equipment)는 SAR에 촬영계획(MDF: Mission Definition File), 점검(IBIT: Initiated Built-In Test) 수행명령, SW 버전 요청 등의 명령을 제공한다. 이에 반에 SAR는 FCE에 주기적인 세부 상태정보 점검결과, IBIT 수행결과, SW 버전정보 등을 제공한다. SAR는 촬영 수행 후 MPCE(Mission Plan Control Equipment)에 '촬영완료 보고'를 수행하고, IAE(Image Analysis Equipment)에 촬영데이터를 전송하게 된다. 운용모드가 표준, 광역, 고해상도 모드의 경우에는 촬영된 영상데이터를 프레임 단위로 '헤더/좌표/타일/프레임완료' 메시지 순서로 전송하게 되며, GMTI모드의 경우에는 식별된 이동표적 정보를 패킷화하여 전송하게 된다. IAE는 '우선전송요청'을 통하여 전송 순서가 늦은 영상데이터를 우선 전송하도록 SAR에 요청할 수 있다. SAR는 촬영된 영상데이터를 기본적으로 내부 저장기에 모두 저장하고 있으며 저장된 영상은 착륙 후 AVTE(Air-Vehicle Test Equipment)를 통하여 다운로드된다.

2.3 SAR 시스템 상태 정의 및 천이 개념

SAR는 상태(state)를 기반으로 운용된다. 장비의 전원 구성 및 수행 기능에 따라 시스템 상태

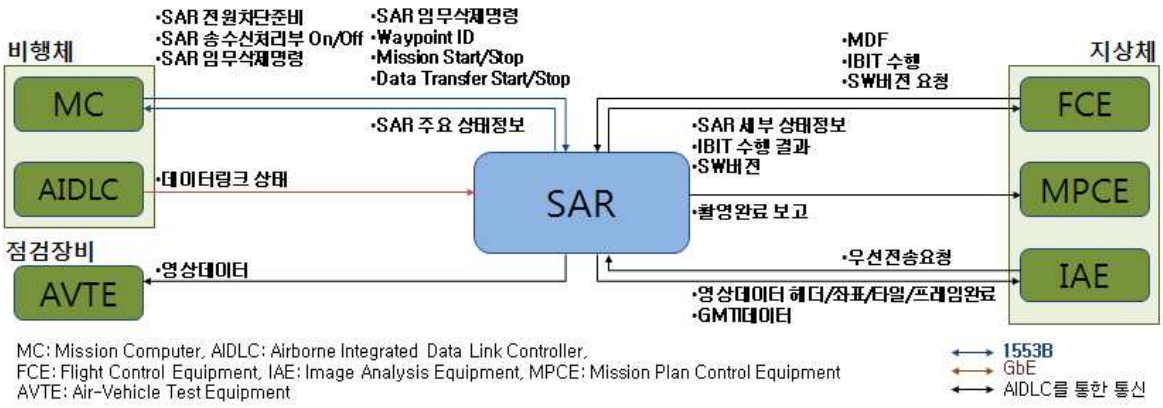

Fig. 2. Interface between SAR system and Airborne system

Table 3. State definition of SAR system

상 태	정 의
전원차단	관성항법장치/전원공급장치/제어장치 On 전원차단준비 완료 후 비행체로부터의 전원차단을 대기함
초기	전원통제부 On 항공기 시스템과 통신 수행 및 비행체 이착륙 가능
준비	모든 장치 On 운용모드 수행 대기 또는 운용모드 수행 준비
운용	모든 장치 On 운용모드 수행 또는 IBIT 수행
안전	전원통제부 On 고장진단 후 장비보호
비상	전원통제부 On 임무삭제명령 수신 후 자료 삭제 수행

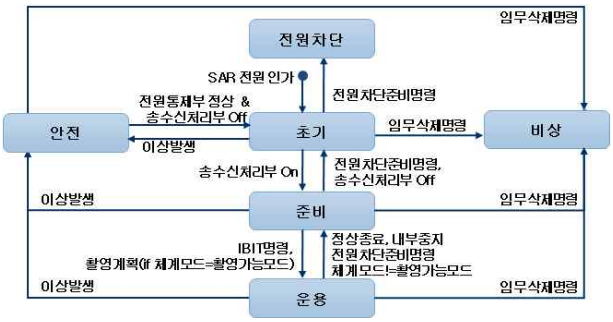

Fig. 3. State transition of SAR system

를 '전원차단상태, 초기상태, 준비상태, 운용상태, 안전상태, 비상상태'의 6가지로 구분한다. 정의된 상태정의를 Table 3에 기술하였다.

SAR 시스템의 상태는 내/외부의 이벤트에 의해 Fig. 3과 같이 천이된다. 우선, 비행체에 전원이 인가되면 SAR의 관성항법장치가 On 된다. 관성항법장치는 비행 중 재정렬이 불가하기 때문에 비행체 전원에 동기되어 전원이 켜지게 된다. 이후 SAR에 전원이 인가되면 전원공급장치와 통제장치가 On되고, 통제장치 부팅 완료 후 도파관건조장치와 서보제어장치가 On되어 초기상태에 진입한다. 통제장치 부팅을 통해 항공 시스템 장비와 통신이 가능하게 되고, 도파관건조장치와 서보제어장치에 의해 비행체 이착륙 중 도파관 습기 제거 및 안테나 고정을 보장한다. 초기상태에서 MC로부터 송수신처리부 On 명령을 수신하게 되면 통제장치가 송수신처리부 장치들을 On 함으로써 준비상태로 천이하게 된다. 준비상태에서 IBIT 명령을 수행하거나 운용모드를 수행하기 위해서는 운용상태로 천이하게 되며, 종료 후 다시 준비상태로 천이한다. 준비상태에서는 송수신처리부 Off 명령에 의해 초기상태로 천이된다.

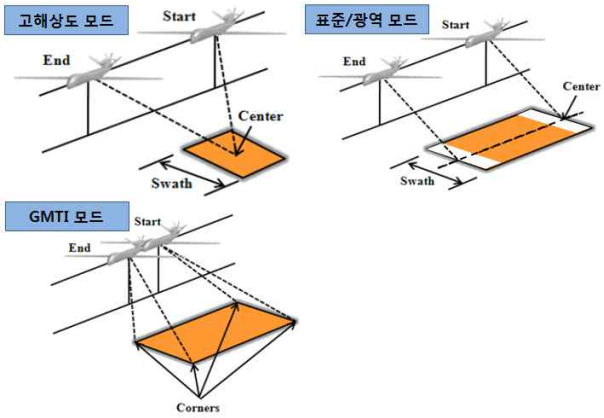

Fig. 4. Operation Mode

그리고 어떤 상태에서라도 MC로부터 전원차단 준비 명령을 수신하면 전원차단상태로 천이된다. 주기적인 고장진단 후 SAR 장비 이상이 확인되면 장비보호를 위해 안전상태로 천이된다. 다만, 안전상태에서 전원통제부 장치들에 이상이 없으면 송수신처리부 Off 명령에 의해 다시 초기상태로 천이될 수 있다. 비상시 MC로부터 임무삭제 명령을 수신하면 비상상태로 천이하여 임무계획 및 운용S/W 등의 삭제를 수행하게 된다.

2.4 임무계획파일 기반 임무수행 개념

항공탑재 SAR 시스템은 Fig. 4와 같이 영상데이터 획득을 위한 표준/광역/고해상도 모드와 이동표적 식별을 위한 GMTI 모드의 총 네가지 운용모드를 지원한다. 영상 데이터 획득 모드는 촬영 영역의 크기 및 해상도에 따라 구분된다.

Figure 5는 SAR 시스템의 운용모드 수행 개념을 나타낸다. 항공탑재 SAR 시스템은 지상체 FCE로부터 수신한 MDF와 자체 보유한 관성항법장치로부터 수신한 항법자료를 기반으로 하여 독립적으로 운용모드를 수행한다. SAR 시스템은 비행체가 임무지역에 도달하기 전 FCE로부터 MDF를 수신한다. MDF는 세그먼트(segment) 데이터와, 표적(target)데이터로 구성된다. 세그먼트는 항로점(waypoint)과 항로점 간의 직선 비행구간으로 정의된다. 세그먼트 데이터는 세그먼트 ID 및 비행체가 지향하는 항로점의 ID, 세그먼트의 시작 및 종료 좌표로 구성된다. 표적 데이터는 촬영 대상인 표적의 ID 및 표적을 촬영하여 생성되는 영상을 나타내는 Scene ID, 해당 촬영을 수행하는 세그먼트의 ID, 운용모드(표준/광역/고해상도/GMTI 구분), 비행체의 촬영 시작 및 종료 좌표, 촬영 표적 좌표(Scene 중심점 및 촬영폭 또는 네 코너 좌표)로 구성된다.

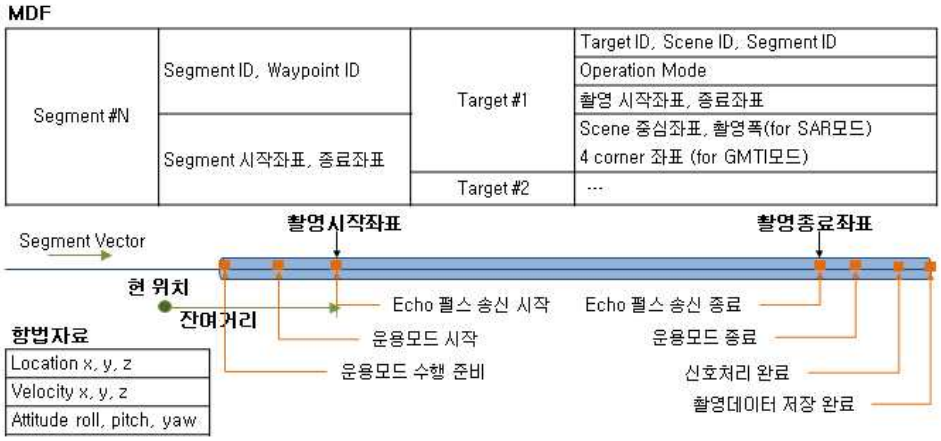

Fig. 5. Operation mode execution concept based on MDF

SAR 시스템은 MC로부터 Mission Start 명령을 수신하고 항공 시스템 모드가 '임무장비점검 모드 또는 임무수행모드'이면 독립적으로 촬영을 수행할 수 있는 조건이라고 판단한다. 이와 같은 조건이 되면, SAR는 MC로부터 수신하는 항로점 ID를 통하여 해당 세그먼트 ID를 식별하고 세그먼트 ID를 통하여 해당 세그먼트에서 촬영해야 할 표적의 리스트를 추출한다. SAR는 vector 연산을 통해 현 위치에서 잔여거리가 가장 짧은 표적에 대해 촬영을 수행하게 된다.

Figure 5는 운용모드 수행 절차에 대해서도 개략적으로 나타내고 있다. 우선, 잔여거리와 비행속도를 이용하여 계산된 잔여시간이 10초 이하가 되면 SAR 시스템은 운용모드 수행을 준비한다. 운용모드 수행 준비가 시작되면 통제장치는 운용모드 파라미터를 연산하여 관련 장치들에 전달한다. 이를 통해 안테나 초기 지향이 수행되고 고출력송신장치에 고전압이 인가된다. 운용모드 수행 준비가 완료되면 운용모드가 시작된다. 운용모드가 시작되면 시스템 기준 값 획득을 위해 수신기 잡음 측정 펄스 및 시스템 보정 펄스 등이 송신된다. 잔여시간이 0초가 되면 촬영데이터 획득을 위한 에코(Echo) 펄스송신이 시작된다. 에코 펄스 송신이 종료되면 시스템 열화 측정용 펄스 송신을 통하여 운용모드가 종료된다. 이후 신호처리가 완료되고, 처리된 촬영데이터가 통제장치 저장기에 저장되면 전체 운용모드 수행 절차가 마무리 된다.

2.5 고장진단 및 관리 개념

SAR 시스템의 고장진단 방법은 CBIT (Continuous BIT)과 IBIT(Initiated BIT)의 두가지 BIT(Built-In Test)로 구성된다.

CBIT은 시스템 각 장치의 정상동작 유무를 주기적으로 점검하기 위한 것이다. SAR는 각 장치의 상태정보(Telemetry)를 정해진 주기에 따라 획득/점검하고 점검 결과를 주기적으로 지상체 FCE에 보고한다. CBIT 수행 대상 장치는 SAR의 상태(state)에 따라 구분되는데, 이는 상태에 따라 장치 전원구성이 결정되기 때문이다. CBIT 수행 결과 임의의 장치의 고장을 발견하면 SAR는 장치 보호를 위하여 안전상태로 천이하고, FCE 명령을 대기한다. 기본 CBIT 주기는 5초이며, 주기는 1초 단위로 변경이 가능하다.

IBIT은 임무 시작 전 또는 CBIT 고장 발생 시 SAR 시스템의 세부 점검을 위하여 FCE 명령에 의하여 수행되며 점검결과는 FCE에 보고된다. IBIT은 각 장치의 상세 기능 점검을 위한 LIBIT(LRU IBIT)과 시스템 전체의 성능 점검을 위한 SIBIT(System IBIT)으로 구분된다. SIBIT 수행을 위하여 SAR는 '보정모드'를 정의하고, 보정모드를 수행함에 의해 시스템 잡음 및 보정경로에 대한 펄스 수신 성능을 측정한다. 기본적으로 IBIT은 시스템 전체 장치를 대상으로 하기 때문에 준비상태에서 수행되는데, SIBIT에서는 펄스 및 타이밍신호 발생을 해야 하기 때문에 운용상태에서 수행된다.

각 장치의 상태정보는 중요도에 따라 비정상 수준(Anomaly Level)을 할당하여 고장 식별 시 처리방식을 달리한다. 상태값이 정상범위가 아니더라도 장치의 기능 및 임무에 영향이 없는 경우와 영향이 존재하는 경우를 구분하여 전자에 대해서는 고장 식별 시 즉각적인 처리를 수행하지 않고 고장 처리를 보류한다. 각 상태정보는 설정에 의하여 활성화/비활성화 될 수 있다. 하지만 비활성화된 상태정보라 하더라도 획득 및 고장 판단은 수행하며, 단지 고장에 의한 안전상태 천이를 수행하지 않는다.

2.6 촬영 자료 저장 및 전송 개념

SAR 시스템은 MC로부터 Data Transfer Start 명령을 수신하고, 항공 시스템 모드가 영상전송이 가능한 모드이며, AIDLC의 링크 상태가 전송 가능한 상태가 되면 촬영데이터를 지상체로 전송한다.

Figure 6는 영상데이터 전송을 위한 메시지 구조를 나타낸다. 하나의 운용모드에 의하여 생성된 영상을 Scene으로 정의한다. 고해상도모드는 Scene이 정사각형 형태로 형성되기 때문에 하나의 Scene을 하나의 Frame으로 정의하지만, 표준모드와 광역모드의 경우는 하나의 Scene이 긴 띠 형태로 형성되기 때문에 하나의 Scene을 일정한 크기의 Frame 단위로 분할하여 형성한다. 하나의 Frame은 영상 pixel 정보를 포함하는 복수개의 Tile로 구성이 된다. 영상 전송은 Frame 단위로 수행되며 Frame을 정의하는 네가지 메시지 'Frame 헤더, 좌표정보, Tile, End Of Frame'을 통하여 Frame 전송된다.

SAR 시스템과 AIDLC와의 인터페이스는 향후 전송속도 요구조건 상향을 고려해 Gigabit Ethernet으로 설계된다. SAR는 AIDLC로부터 주기적으로 수신하는 링크 상태정보를 바탕으로 촬영데이터의 전송 중단/재개 및 영상데이터의 압축률 변경을 판단한다. 가시선 링크에서는 무압축 영상데이터를 전송하지만, 위성 링크에서는 JPEC200으로 압축된 영상데이터를 전송하며, 이때 압축률 변경 단위는 Frame이다.

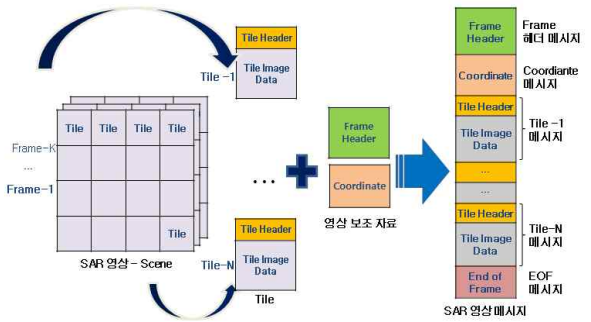

Fig. 6. Image data message structure

SAR 시스템은 촬영데이터를 실시간으로 처리하여 지상체에 전송할 수 있도록 설계된다. SAR 신호처리장치에서 형성된 데이터는 통제장치 저장기에 저장되며 저장된 데이터는 앞서 기술된 전송 조건이 만족하면 즉시, 그리고 연속적으로 AIDLC로 전송되고, AIDLC가 이를 지상체로 전송한다. 기본적으로 모든 촬영데이터는 통제장치의 저장기에 저장되며, 저장용량은 24시간 촬영임무를 고려해 000 Gbyte로 설계된다. 다만, 저장 공간이 부족한 상황에서는 지상체로 무압축 전송한 영상데이터에 한해 삭제된다.

기본적으로 전송 순서는 FIFO(First-In First-Out)로써 앞서 형성된 데이터를 우선 전송한다. 다만, 지상체 IAE에서 우선전송요청 명령으로 특정 Frame에 대하여 현재 전송 순서에 우선하여 전송을 요청할 수 있다. SAR는 본 요청을 수신하면 현재 전송 중인 영상데이터 Frame의 전송을 완료한 후 우선전송 요청된 Frame을 전송한 후 원래 순서의 Frame 전송을 재개한다. GMTI 패킷은 모든 전송 순서에 우선한다. 이는 GMTI 모드에서는 현재 이동 표적의 위치를 실시간으로 도시하는 것이 가장 중요하기 때문이다.

2.7 지상검증시험을 통한 운용개념 검증

Figure 7은 항공탑재 SAR 시스템 운용개념 검증을 위한 시험 구성을 나타낸다. 모든 SAR 장비를 연동하고, 비행체와 표적에 대한 에뮬레이

Fig. 7. Configuration for ground test

션 환경 구성 및 실방사를 수행함으로써 실제 비행 환경과 유사한 지상시험 환경을 구축하였다.

요동모의장치는 3축 구동을 통하여 비행체의 자세를 모사하며, 모사된 자세 정보는 요동프로파일에 따라 모의된 위치와 속도 정보와 합성되어 비행체의 항법정보를 구성하게 된다. 표적모의장치는 SAR 안테나가 방사한 신호를 수신하여 비행체와 표적 간의 거리만큼 지연(delay) 시킨 후, 표적의 반사계수 및 비행체와 표적 간의 도플러속도를 모의하여 신호를 다시 SAR 안테나로 송신한다. 체계시험장치는 항공 시스템 명령을 모사하고 전체 시험의 운용 및 제어를 담당한다. 각 테스트 케이스를 스크립트 형태로 작성할 수 있어 모든 시험을 자동 수행할 수 있도록 제작되었다. 시험점검창을 통해서는 SAR 시스템으로부터 수신한 상태정보 및 시험 결과를 도시/분석한다.

지상검증시험을 통하여 각 운용모드의 수행확인, 상태정보, 최대탐지거리, 해상도, 관측폭, 최저탐지속도, 스캔시간, 영상형성시간 등을 검증하였다. 다양한 조건하의 시험 수행을 위해 비행체의 속도, 요동프로파일, 표적과의 거리 등을 변경하며 시험이 수행되었다. Table 4 및 Fig. 8에서부터 Fig 10까지 지상검증시험 결과에 대해 나타낸다. 운용모드 시험에서는 각 운용모드에 대하여, 형성된 영상자료크기 및 안테나 지향이 정상임을 확인하였다. 상태정보 시험에서는 각 장치별 CBIT 상태정보 총 153 항목에 대하여 각 운용모드 수행 시 정상임을 확인하였다. Fig. 8은 CBIT 시험 결과 화면을 나타낸다. 좌측 화면의 각 장치를 클릭함으로써 오른쪽 화면과 같이 각 장치의 세부 CBIT 상태정보의 정상 유무를 확인

Table 4. Summery of the ground test result

시험항목	시험결과	평가
운용모드 수행 (표준/광역/고해상/GMTI)	정상확인	기준충족
상태정보 정상 (표준/광역/고해상/GMTI)	총 153항목 정상확인	기준충족
최대탐지거리	00 km	기준충족
해상도 (표준/광역/고해상)	00 m/00 m/00 m	기준충족
관측폭 (표준/광역/고해상)	00 km/00 km/00 km	기준충족
GMTI 최저탐지속도	00 m/s	기준충족
GMTI 스캔시간	00 min / 전 스캔영역	기준충족
영상형성시간 (표준/광역/고해상/GMTI)	10.0sec / 3.2sec / 76.6sec / 1.3sec	기준충족

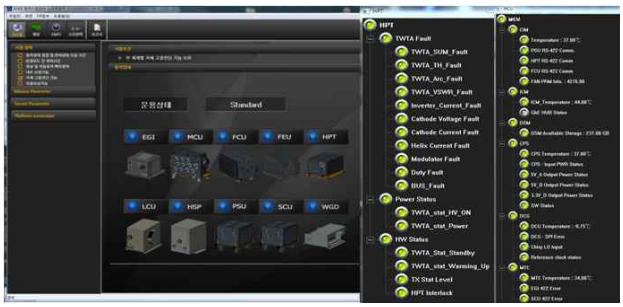

Fig. 8. CBIT test result

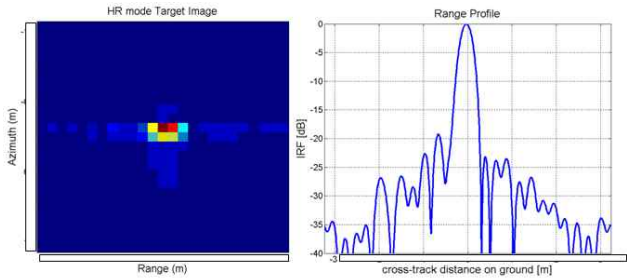

Fig. 9. Point target image and IRF for high resolution mode

Fig. 10. GMTI minimum detectable velocity and scan time

할 수 있다. 최대탐지거리 시험에서는 표적모의장치를 통해 000 km 위치 점표적을 모사하여 영상형성됨을 확인하였으며, 해상도 및 관측폭 시험, GMTI 최저탐지속도 시험 역시 점표적 시험을 통해 요구조건 만족 여부를 확인하였다. 점표적 시험에서는 비행체 속도를 92.5 m/s, 요동프로파일을 정현파로 설정하였고, 각 시험의 목적에 따라 점표적을 한 개 또는 여러 개를 적합한 위치에서 모사하여 시험을 수행하였다. Fig. 9는 고해상도 모드 수행을 통해 획득한 점표적 영상데이터의 도시화면과 IRF 결과를 나타낸다. 시험결과를 통해 시험결과 목표한 해상도를 만족함을 확인하였다. GMTI 스캔시간에서는 -45도~+45도, 00km~00km의 영역을 00분 내에 스캔함을 확인하였으며, 영상형성시간 시험에서는 모드별로 영상을 형성하는 시간이 앞서 기술한 요구조건을 만족함을 확인하였다. Fig. 10은 GMTI 최

저탐지속도 및 스캔시간 시험결과를 나타낸다. 이와같이 지상검증시험 결과 모든 시험항목에 대해 요구규격 대비 기준충족됨을 확인하였다. 비행체/지상체와의 개별 연동 기능과, 저장용량, 전송속도, 자료압축 기능 등 또한 통제장치 시험을 통해 기준이 충족됨을 확인하였다.

Ⅲ. 결 론

본 논문에서는 항공탑재 SAR 시스템 운용 요구조건을 만족하기 위한 다중모드 및 실시간 SAR 시스템 운용개념에 대하여 기술하였다. 항공 시스템과의 연동개념, 시스템 상태정의 및 천이개념, 임무정의파일 기반 임무수행 개념, 고장진단 및 관리개념, 촬영자료 저장 및 전송 개념에 대해 상세히 설명하였고, 지상검증시험을 통한 SAR 시스템 운용개념 검증 결과에 대해 기술하였다.

References

1) John C Curlander, Robert N. McDonough, "Synthetic Aperture Radar Systems and Signal Processing", JohnWiley & Sons, Inc., 1991, pp. 15-16

2) Paul Spudis, Stewart Nozette, Ben Bussey, Keith Raney, Helene Winters, Christopher L. Lichtenberg, William Marinelli, Jason C. Crusan and Michele M. Gates, “Mini-SAR: an imaging radar experiment for the Chandrayaan-1 mission to the Moon”, Current Science, Vol. 96, No. 4, 2009

3) S. I. Tsunoda, F. Pace, J. Stence, M. Woodring, “Lynx: A High-Resolution Synthetic Aperture Radar”, Aerospace Conference Proceedings, Vol. 5, 2000, pp. 51-58

4) Alexander Zakharov, Sergei Mashurov, Andrei Dragunov, “Application of TerraSAR-X Data for Monitoring of Potential Landslide and Karst Areas in Railway and Pipeline Corridors”, EUSAR, 2010

5) Hyon-Ik Lee, “A Novel Timing Control Method for Airborne SAR Motion Compensation”, Journal of the Korea Institute of Military Science and Technology, Vol. 13, No. 3, 2010, pp. 453~460

6) Juan M. Cuerda, J.R. Larrangaga, Juan F. Cores, Pedro Aguilar, Nuria Casal, Javier del Castillo, Ricardo de Porras, Saray Sanchez, “SBK: A Ku-BAND SAR SENSOR FOR QUASAR PROJECT. SAR IN SMALL PLATFORMS AND UAVS”, EUSAR, 2010

7) S.I. Tsunoda, F. Pace, J. Stence, M. Woodring, “Lynx: A High-Resolution Synthetic Aperture Radar”, Airospace, 2000