

## 국가 위성정보체계 구축방안

임춘택\*

### I. 서 론

전통적으로 우방국끼리라 할지라도 핵심 군사/안보 정보만은 공개하지 않으며, 오히려 정보수집 대상으로 삼아왔다. 정보에는 우방이 없다는 사실은 냉전이전이나 이후나 변함없이 유지돼 왔으며, 전평시를 막론하고 지금도 세계적으로 치열한 정보전이 전개되고 있다. 한편 미국, 영국, 이스라엘과 같은 정보 강대국 간에는 정보거래가 상호 대등하게 이루어지고 있으나, 호주, 캐나다, 중국, 일본, 그리고 한국의 경우에는 미국에 정보수집 기지를 제공해주고 제한적으로만 정보를 제공받고 있다. 강한 정보력을 가졌을 때에만 자국의 안보도 지킬 수 있고 우방과의 진정한 협력도 가능한 것이다. 이것이 한국이 자주적 정보체계를 구축해야하는 이유다.

미국이 발사한 최초의 위성이자 최초의 첩보위성인 TIROS-1(1960. 4.1)이 성공적으로 임무를 수행함에 따라, 위성이 정보수집 수단으로서 매우 가치가 높다는 것이 확인되었다 [6]. 또한 항공기나 함정에 의한 정보수집이 영공/영해 침범에 따른 피격사고 등의 문제를 야기시킴에 따라 이러한 문제가 전혀 없는 위성의 장점이 더욱 부각되게 되었다. 이에 따라 미국과 구소련은 80년대 초 양측이 우주전쟁(star wars) 계획을 중단할 때까지 우주공간에서의 정보전을 치열하게 펼쳤던 것이다.

우리 나라의 경우 현재 국방부와 국정원을 중심으로 자주적 정보체계를 구축하고자 하는 국가적 노력이 꾸준히 전개되고 있다. 그 결과 국방부에 의해서는 항공기 탑재

---

\* 국방과학연구소, 1기술본부 2부 6팀, 선임 연구원

정보수집기 구매사업인 금강(영상정보), 백두(신호정보)사업이 진행되고 있고, SAR(레이더 영상정보), E-O(광학 영상정보) 위성 개발사업이 추진되고 있다. 또한 국정원에 의해서는 위성정보 수신/처리소 구축 및 E-O 정보위성 구매가 추진이 되고 있다.

학계 및 연구소에서 정보체계 관련 연구성과가 보고되고 있다. 한국과학기술원(이하 과기원; KAIST) 인공위성 연구센터의 경우 우리별 1, 2호에 이어 독자적으로 설계/제작한 우리별 3호의 성공적 운용으로 13m급 광학 영상정보 수집이 가능해졌다. 또한 항공우주연구소(이하 항우연)가 미 TRW와 공동개발한 다목적 실용위성인 아리랑 1호가 99년말 발사되면 6.7m급 광학 영상정보 수집이 가능해질 전망이다. 그 외에도 위성발사기술 및 영상정보 처리기술, 핵심부품 기술 등의 개발이 국내 관련 연구소 및 학계를 중심으로 추진되고 있어 독자적인 정보체계 개발에 대한 전망을 밝게 하고 있다.

하지만 효율적인 정보체계 구축을 위해서 보완해야할 문제점도 일부 발견되고 있다.

첫째는 구매위주 정보전력 확보의 문제점이다. 정보장비 구매에 있어서 예산을 초과하여 수천 억원대의 예산이 소요되는 반면, 핵심 S/W(Software) 및 D/B(Data Base), 그리고 관련기술 도입은 용이하지 않다는 점이 지적되고 있다. 독자적인 정보기술 및 인력확보가 수반되어야 정보전력 획득 및 운용이 가능해질 것이다.

둘째는 정부 부처간 특히 국방부와 국정원, 과기부간 협조가 계획단계에서부터 종합적으로 이루어져야한다는 점이다. 미국 등의 선진국에서도 이미 확인된 바 있듯이 정보에 관한 한 국방부와 정보부(미 CIA, 또는 한국 국정원)간 임무상 중첩이 많아 중복 투자와 경쟁이 발생할 수가 있다. 따라서 미국이 NSA(National Security Agency)나 NIMA(National Imagery & Mapping Agency)와 같은 국가 정보기관을 만들어 해결했듯이 우리도 국방부와 국정원간 긴밀히 정보를 공유할 수 있도록 하는 방안을 강구해야 한다.

셋째는 명확한 수요에 근거를 두고 사업들이 추진되어야한다는 점이다. 위성사업의 상징성 및 사전경험 부족으로, 그 동안 정확한 수요보다는 개발자의 의지가 과도하게 사업에 반영돼온 점이 발견된다. 대표적으로는 무궁화위성 1, 2, 3호가 충분한 수요가 없는 상태에서 발사되어 3000억원 가량의 예산을 낭비한 점을 지적할 수 있다. 또한 냉전이후 군사위성 수요의 급감으로 세계 위성시장이 위축되었다는 점도 개발위주보다는 수요위주 정책의 타당성을 높여주고 있다. 세계 최대 우주개발기구 NASA의 4만여 인력이 최근 10여년동안 절반인 2만여명으로 감축되었고, 유럽연합(EU)권내의 위성회사들이 통폐합을 거듭해 99년 7월 1개의 대형회사인 ASTRIUM으로 출범하는 등 세계적 위성산업 구조조정이 완료돼가고 있다는 사실도 주목할 필요가 있다.

넷째는 위성개발보다는 위성정보 활용에 보다 중점을 둔 저비용 고효율 위성정책이

필요하다는 점이다. 1m급 해상도의 고급 위성 영상정보가 상업적으로 가용해지고 있으므로, 이러한 위성 영상정보에 대한 활용능력을 우선 갖추고, 독자적인 영상정보위성 확보는 장기적인 과제로 추진하는 것이 보다 타당할 것이다.

본 논고에서는 이러한 문제점에 대한 해결책으로서 종합적인 국가 위성정보체계 구축방안을 영상정보를 중심으로 제시하고자 한다.

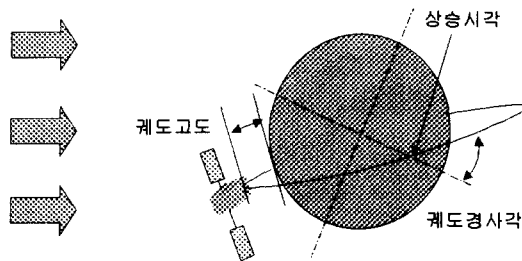
## II. 위성정보체계 소개

### 1. 위성 개요

#### 가. 궤도특성

미국이나 EU의 경우 태양계 혹성이나 달, 또는 태양에 탐사선을 보낸지 30여년이 지났지만 아직까지 경제성이나 유용성이 입증된 유일한 우주공간은 지구 궤도이다. 지구 궤도를 도는 인공위성(이하 '위성')은 궤도 형태에 따라 다음과 같이 구분된다.

- 1) 궤도 고도에 따라 정지궤도(고도 35786km), 저궤도,
- 2) 그리고 지구 자전축과의 궤도 경사각에 따라 극궤도, 경사궤도, 적도궤도,
- 3) 또한 궤도 이심율에 따라 원궤도, 타원궤도,
- 4) 태양과 궤도면이 이루는 일조각 또는 상승시각(ascending time)에 따라 조석궤도(dawn-dusk orbit), 정오궤도, 10시궤도 등으로 구분된다.



<그림 1> 위성 궤도변수

예컨대 상용 통신위성인 무궁화 위성은 정지궤도-적도궤도-원궤도이고, 지구관측(global monitoring)위성인 ERS, JERS, RADARSAT등은 저궤도-극궤도-원궤도이다. 특히 RADARSAT은 조석궤도를 채택했다. 한편 군용 통신위성이나 국지관측(local

monitoring) 위성의 경우 저궤도-경사궤도-타원궤도가 많이 쓰인다.

위성의 궤도는 원하는 임무가 무엇이나에 따라 결정된다. 관측위성의 대표적인 임무 특성 변수로는 해상도(resolution), 관측폭(swath width), 재방문시간(revisit time), 반복주기(repeat period), 영상 감도(image sensitivity), 관측영역(coverage), 수명 및 신뢰도 등이 있다[1][2]. 예컨대 궤도고도를 낮추면 해상도가 향상되고(E-O 경우), 영상 민감도가 개선되나 수명이 단축된다. 경사궤도를 택하면 극궤도에 비해 재방문시간을 줄일 수는 있으나 관측영역이 저위도지역으로 제한된다[1].

## 나. 위성의 특성

무기체계로서 위성의 특징을 요약하면 다음과 같다.

첫째, 위성의 큰 특징은 초고고도(100 km 이상)와 초고속(6-7 km/s)으로 장시간(수개월-수십년)궤도를 비행할 수 있다는 것이다. 영공의 범위를 벗어나는 초고고도인 특성상 지구상 어느 지역이든 국제법상 아무 제재 없이 정보수집을 할 수 있다. 또한 통상적인 항공기의 20배 정도의 고속으로 비행할 수 있으므로 정보수집량이 많고 지구 전체를 수 십일이면 거의 다 섭렵할 수 있다. 따라서 항공기 정찰에 비해 광역감시에 유리하고 지형차폐 극복이 매우 쉽다.

둘째, 궤도는너이 쉽지 않아 전자전 공격이나 감청에 노출되어 있다는 점이다. 위성의 궤도는 특별한 임무가 있지 않는 한 변화시키지 않고, 변화시킨다 해도 통상 10 km 이내이다. 이 때문에 궤도 반복주기가 일정하여, 어렵지 않게 궤도를 알아낼 수 있다. 적이 궤도를 알게되면 그 위성의 제원 파악이 가능해지고, 그러면 전자전 공격이나, 감청, 또는 경계경보 발령이 이루어질 수 있다. 다만 현재 작전배치된 위성우역무기는 없는 것으로 알려져 있기 때문에 물리적 공격(hard kill)은 우려할 필요가 없다 [6].

셋째, 발사후 폐기시까지 성능개량이 불가능하고 정비소요가 없다. 우주왕복선을 이용해 위성을 회수하거나 수리하기도 하지만 경제성이 제한되어 아직까지는 일반 위성에는 적용되지 않고 있으므로, 일단 발사되면 위성은 성능을 변화시킬 수 없으며, 정비소요도 없다고 볼 수 있다. 위성은 고장시에 대비해 예비장비(redundant module)를 갖고 있어 유사시 전기적으로 기능을 절체하여 고장복구를 한다. 또한 성능저하에 대비해 주요 성능변수가 여유치(margin)를 갖도록 설계된다.

위성의 기술적 특징을 요약하면 다음과 같다.

첫째, 위성 설계시 가장 큰 제한 요소는 질량, 전력 및 부피 등이다. 질량은 발사비

용을 결정짓고, 전력은 질량을 결정하는 가장 큰 요소이기 때문이며, 부피는 발사체 선정의 제한요소이기 때문이다.

둘째, 위성의 수명을 결정하는 주요 요소는 배터리 특성, 연료량, 부품신뢰도 등이다. 특히 배터리 충방전 특성(횟수 및 깊이)은 대부분의 경우 위성 수명을 좌지우지한다. 연료량은 궤도보정, 태양흑점 활동 등에 따라 크게 달라진다. 위성 외기(outerspace)에 노출되어 있는 태양전지판 같은 부품은 우주선 입자에 의해 성능이 저하된다. 최근 위성 설계기술의 발달로 15년 이상의 수명을 갖는 대형 위성도 개발되고 있다.

셋째, 첨단기술보다는 안전한 기술을 주로 채택한다는 점이다. 한번 크게 고장나면 수리를 할 수 없는 위성의 특성상 이미 기술적으로 신뢰성이 입증된 안전한 기술을 주로 사용한다. 최근 NASA를 중심으로 첨단기술을 위성에 적용하여 파격적으로 가격을 낮추고 성능을 향상시키려는 시도가 있으나, 아직까지는 대부분의 실용위성 제작에 10년 이상의 안정화된 기술이 사용되고 있다. 예컨대 지금까지 일반 위성에 가장 많이 사용돼온 컴퓨터는 XT급이며, 일부 386급이 개발단계에서 쓰이고 있는 추세이다[3].

## 다. 위성의 구성

위성은 크게 탑재체(Payload)와 플랫폼(Platform; Bus)으로 구분된다. 탑재체는 위성이 임무를 수행하는데 필요한 장비, 예컨대 광학카메라, SAR 안테나, 신호중계기 등으로 구성된다. 플랫폼은 탑재체에 필요한 전원, 제어 등의 기능을 제공하고, 위성운행에 필요한 궤도 및 자세 유지 등의 기능을 담당한다. 플랫폼은 자세제어부, 통신부, 명령/처리부, 전력부, 열제어부, 구조/기구부, 추진제어부로 구성된다[4].

기술적으로 플랫폼은 임무가 다른 여러 위성에 공통적으로 사용될 수 있지만, 탑재체는 임무가 달라지면 이에 따라 설계, 제작이 별도로 이루어져야 한다. 따라서 통상적으로 탑재체 획득비용이 플랫폼의 경우보다 더 크고, 기술적인 난이도나 모험 정도도 훨씬 심하다. ERS나 RADARSAT 개발시 전체 체계개발을 탑재체 개발업체가 주도한 이유가 바로 여기 있다.

## 라. 국내 위성개발 수준

국내에서는 항우연이 다목적 실용위성 개발을 통해 플랫폼 설계/제작 능력을 확보해가고 있으며, 국방과학 연구소(이하 국과연)가 E-O 및 SAR 탑재체 설계 능력을 확보해가고 있다. 한편 KAIST 인공위성센터는 우리별 1, 2, 3호를 통해 광학, 입자검출기 등의 탑재체와 기본형 플랫폼을 자체 설계/제작한 경험을 보유하고 있다. 한편 한국통

신의 무궁화 통신위성 1, 2, 3호는 구매를 통해 획득한 것으로서, 해당업체로부터 기술 이전 교육을 일부 제공받았다.

조립 및 시험시설로는 항우연과 KAIST가 필요한 시설의 일부를 보유하고 있는 상황이다. 위성관련 시설/장비/인력 확보와 유지에는 많은 비용(수백-수천 억원)이 소요되기 때문에 시장경제 원리 적용이 필요하다. 예컨대 ASTRIUM 영국지사의 경우 대부분의 위성관련 시설을 24시간 연중무휴로 가동하여, 미국의 록히드 마틴이나 TRW사와의 경쟁에서 살아남고 있다. 경제성 확보문제는 현 항우연 또는 우주개발에 참여하고 있는 한국 위성업체가 해결해 나아가야 할 중요한 과제로 판단된다.

대형사업의 공통점이지만 위성사업에 있어서 특히 중요한 것은 효율적인 정책수립과 임무분석 및 사업관리이다. 위성부품이나 모듈은 이미 세계적으로 형성된 시장에서 대부분 쉽게 구입할 수 있다. 또한 체계설계, 부품구매, 조립, 시험은 전문적인 위성업체나 개발기관(록히드 마틴, ASTRIUM, TRW; 국과연이나 항우연)이 맡는다.

미국, 영국 등의 위성 선진국들은 우주개발을 통해서, 정책과 임무분석이 잘못되면 막대한 예산낭비 또는 성능미달이 발생하게됨을 경험적으로 알고 있다. 따라서 상당한 예산과 시간, 인력을 투자하여 위성의 임무사양 설계 등의 업무를 수행하는 것이 일반적이다. 통상 이 기간 동안 여러 대안에 대한 개념설계를 통해 비용 대 효과를 분석한다. 한편 위성 선진국들에 비해 국내에서는 이러한 기획업무에 대한 재원투자 및 전문가 확보가 크게 미흡한 실정으로 적극적인 활성화가 필요하다.

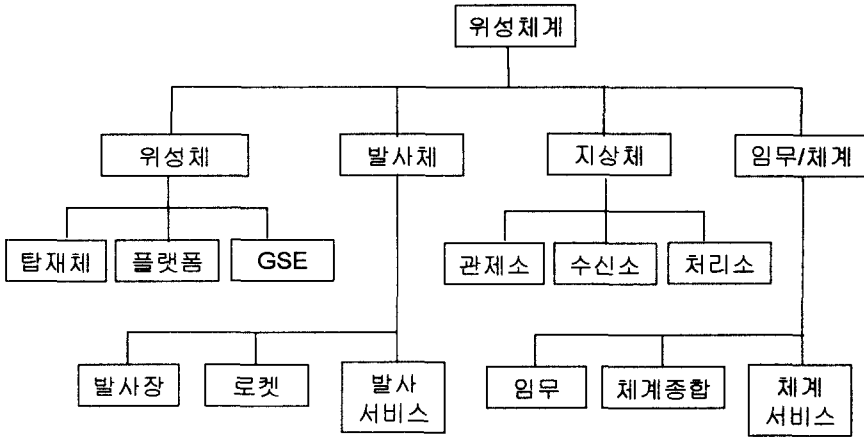
## 2. 위성체계 구성

위성을 발사하고 운용할 수 있는 체계를 '위성체계'의 범주로 본다면, 위성(=탑재체+플랫폼)을 발사하기 위한 발사체, 위성관제 및 신호수신을 위한 지상체 등이 주요 구성 요소가 된다. 넓은 의미에서는 위성제작 및 시험에 필수적인 지상보조장비(GSE=Ground Support Equipment), 발사장 선정 및 계약활동, 수신된 신호의 처리 및 사용자에게로의 전파, 임무분석 및 체계 설계/조립/시험 활동 등도 '위성체계'에 포함된다. 넓은 의미의 '위성체계'에 대한 도식이 <그림 2>에 요약되어 있다.

미국과 유럽연합 등을 제외한 세계 각국은 위성체계의 일부만 보유하고 있으면서 필요시 타 구성요소를 계약 의뢰하여 활용하고 있다. 또한 비용이나 일정 등의 이유로 미국이나 유럽연합조차도 자국의 위성체계 자원을 이용하지 못하고 타국의 자원을 활용하기도 한다. 예컨대 발사체는 미국, 러시아/독립국연합, 프랑스, 중국, 일본, 인도, 호주, 이스라엘, 브라질 등의 국가가 보유하고 있다. 그러나 가격과 신뢰성면에서 국제

경쟁력을 확보하고 있는 국가는 2-3개로 국한되며, 이들이 세계시장을 놓고 현재 각축을 벌이고 있다.

이러한 세계 위성시장 동향을 고려시 우리가 위성체계 전부를 확보하려는 정책을 취해서는 아니 될 것이며 이 중 경쟁력 있는 일부 분야만 집중 육성하는 정책을 취해야 할 것이다.



<그림 2> 위성체계 구성도

### 3. 위성정보의 구분 및 특징

본 논고에서 '위성정보'의 범위를 '위성을 이용하여 획득하는 지구표면에 관한 정보'로 국한하면, 영상정보와 신호정보가 주요 구성요소가 된다. 그 외에도 지자기/중력 정보, 지상 고도정보, 고공/해면 기상정보, 핵정보 등도 포함될 수 있다. 반면 태양, 달, 행성 탐사나 천체 관측을 통해 수집한 정보, 혹은 위성에 대한 감청이나 추적정보, 관제정보 등은 본 논고의 범주에서 포함시키지 아니한다.

#### 가. 영상정보

영상정보 탑재장비는 사용 주파수대에 따라 전자광학(E-O: 가시광선, 적외선, 자외선, X-선), 영상 레이다(SAR: C밴드, X밴드, S밴드 등), 해면 산란파 레이다(Scatterometer: C밴드, X밴드, S밴드 등), 전파 영상(Passive Microwave Sounder) 등으로 구분된다.

전자광학 탑재 위성으로는 SPOT, LANDSAT, ERS, ENVISAT(제작중), KH(미 군

사정찰위성), IMEWS(미 유도탄 조기경보위성) 등이 있으며, 이러한 위성의 큰 특징은 주로 주간에 고해상도(최상 20cm내외)로 영상획득이 가능하다는 점이다. 이 위성의 한계는 야간에는 임무수행이 제한되고(적외선 장비 탑재경우 야간에도 임무수행은 가능하나 해상도 및 영상감도 저하), 특히 구름이나 안개 등으로 시계가 불량할 때는 임무수행이 거의 불가능하다는 점이다. 예컨대 러시아나 동구유럽의 일부 군사지역의 경우 90%이상 임무수행이 불가능했다는 보고가 있다.

영상 레이더(SAR) 탑재 위성으로는 SEASAT, ERS, JERS, ENVISAT-ASAR(제작중), LACROSSE, RADARSAT, LIGHTSAR(개발중) 등이 있다. 이 위성의 큰 특징은 주야 전천후로 영상정보 수집이 가능하고, 광학적으로 은폐/위장한 물체 투시가 가능하며, 금속물질, 인공구조물 등에 예민한 영상감도를 갖는다는 점이다. 반면 해상도가 낮고(최상 60 cm 내외) 전력소요량이 크며(1 kW 이상) 질량이 커져서 제작/발사 비용이 크다는 단점이 있다.

해면 산란파 레이더는 ERS-1, 2에 탑재되어 있는 위성 레이더의 일종으로서 해양풍 및 해면조건 관측이 주임무이다. 이의 특징 및 한계는 SAR와 유사하나, 해상도가 수 km이고 관측폭이 수백 km인 점이 다르다.

전파영상 장비도 ERS-1, 2에 탑재되어 있는 것으로서 레이더와 달리 밀리미터대의 전파를 수신만 하여 지표상의 정보를 수집한다. 주야 전천후로 기상제약 없이 정보를 수집할 수 있다는 점이 장점이다.

#### 나. 신호정보

신호정보 위성으로는 ZENON, Discoverer-13(Scotop), Ferret, Jumpseat(LEO), Spook Bird(GSO), Rhyolite, Chalet, Vortex, Acquacade, Vega(배치불확실) 등이 알려져 있으며, 크게 정지궤도(Geo-Synchronous Orbit)형 및 저궤도(Low Earth Orbit)형으로 대별된다[5]. 정지궤도형은 준정지궤도(30000-42000 km타원궤도)를 이용하므로 특정지역에 대한 연속적인 정보수집이 가능하며, 저궤도형은 근일점 고도가 매우 낮은(150-300 km) 큰 타원궤도를 이용하여 특정 위도지역 전체에 대한 세밀한 정보수집이 가능하도록 하고 있다. 그 외에 신호정보 위성은 시험/운용 중인 유도탄 기지에 대한 계측정보(Telemetry intelligence) 수집 및 비밀요원 메시지 무선청취 목적으로도 사용된다.

신호정보 위성의 장점은, 체르노빌 사고 최초 탐지, 미군의 걸프전 정보장악 등에서 알 수 있듯이, 전천후로 고급 전략/전술정보 수집이 가능하다는 점이다. 하지만 광범위한 주파수대역(100 MHz-40 GHz) 처리 및 대형안테나(30-100m) 전개를 위해서는 고



난도 기술과 많은 비용(최신의 Aquacade의 경우 3.5억불)이 소요된다는 제한사항이 있다[5].

#### 다. 기타 정보

지자기/중력 정보도 위성을 이용해 획득할 수 있는데, 대표적인 위성으로는 GEOS, CLUSTER, ISEE, LAGEOS, STARLETTE, SKYLAB 4, GRM, ARISTOTELES, GPB 등이 있다.

지상 고도정보는 일종의 레이더인 고도계(ERS-Altimeter)를 이용하여 수집하며, 정밀한 해수면 변화나 지표고도 측정에 사용된다.

고공/해면 기상정보는 레이저 및 IR 광학장비를 이용하여 측정하며, 오존층/이산화탄소량 감시, 해수면 온도분포 조사 등에 이용된다.

핵정보는 방사능 물질이나 핵실험시 방출되는 방사선을 위성에서 탐지함으로써 정보를 수집하는 것으로, 지상에 설치된 지진계나 방사능계와 더불어 핵감시망을 구성하는데 사용된다.

### 4. 위성정보체계의 임무성능

동일한 유형의 정보장비를 지상 및 항공탑재한 경우와 비교하여 위성에 탑재하여 운용할 경우 임무성능의 특징 및 한계는 다음과 같다.

#### 가. 반복주기

준정지궤도 및 저궤도 위성은 대부분 고정된 궤도에 따라 운행되므로 지표궤적상 일정한 반복주기를 갖는다. 반복주기는 설계하기에 따라 다르나 수 일-수 백일이 된다. 예컨대 ERS의 경우 3일, 35일, 176일의 3종류가 있어 필요에 따라 가변시킬 수 있다. 반복주기는 '동일한 조건으로 정보를 갱신할 수 있는 최소시간'의 의미가 있으므로 동일조건하 정보비교를 위해서는 작을수록 유리하다. 하지만 반복주기가 작아지면 다양한 관측각을 갖는 정보를 얻는 측면에서는 불리하다. 군사적으로는 20일 이내로 두는 것이 바람직하다 [1-3].

반면 항공탑재 시에는 통상적으로 반복주기가 수 시간으로 대폭 짧으며, 필요시 운항경로를 변경하여 반복주기를 손쉽게 단축할 수 있는 장점이 있다.

## 나. 재방문시간

재방문시간(Revisit time)을 ‘동일한 지역에 대한 정보 재획득 가능시간’으로 볼 경우, 저궤도 위성은 극지방의 경우 위성공전주기인 1.5시간 정도, 기타지역은 12시간까지 가능은 하다. 그러나 통상적으로는 평균 2-4일이 소요되므로, 위성의 재방문시간은 항공기의 수 시간, 혹은 수초(squint 모드 사용시)에 비해 매우 큰 편이다.

이러한 특징 때문에 위성정보는 전술정보 수집수단으로는 매우 제한적일 수밖에 없고, 전략정보 수집수단으로서는 아주 적합하다.

## 다. 지형차폐 문제

항공탐재 정찰시 가장 큰 문제는 원거리 정찰시 지형차폐가 많이 발생한다는 점이다. 반면 위성탐재시에는 입사각이 통상 60도 이내이므로 지형차폐가 거의 발생하지 않는다. 예컨대 10km 고도로 항공정찰시 30-50km 이내로 유효탐지거리가 제한되지만, 600km 고도로 위성정찰시 탐지거리는 1000km 정도가 된다.

## 라. 분해능 및 관측폭

위성탐재시 항공탐재시보다 정보장비 운용고도가 수십(저궤도)-수천(정지궤도)배에 달하므로 통상 분해능(resolution)이 떨어진다. 하지만 우주환경상 요동이 거의 없는 관계로 요동보상이 거의 불필요하고 정밀한 자세제어가 가능하기 때문에 분해능이 수십 배까지 나빠지지는 않는다. 특히 SAR 위성의 경우 거리에 비교적 무관한 SAR 특성까지 겹쳐 최고 분해능은 SAR 항공기의 30cm에 비해 0.4-1m 정도로 다소 나빠질 뿐이다.

관측폭(swath width)이 커지면 1회 통과시 보다 넓은 지역에 대한 정보수집이 가능해지므로 정보수집량이 증대된다. 그런데 데이터 전송속도의 제한으로 분해능을 좋게 하면 관측폭을 크게 할 수가 없다. 따라서 분해능과 관측폭을 동시에 고려하여 임무설계를 해야한다. 통상 영상정보나 신호정보 위성에서 여러 개의 모드(=분해능과 관측폭의 조합)를 두게 되는 이유도 다양한 임무수행이 가능케 하기 위함이다.

## 마. 민감도

정보장비에서 분해능 못지 않게 중요한 임무성능은 민감도(sensitivity)이다. 왜냐하면 이 값 이하의 신호는 수신이 되어도 잡음으로 처리되기 때문이다. 예컨대 SAR 위성의 경우에 레이다 반사신호가 지상표적의 열잡음과 크기가 같아지는 NESZ (Noise

Equivalent Sigma Zero)가 민감도 값이 된다.

궤도고도가 낮을수록 민감도는 향상되므로 고성능의 민감도를 얻기 위해 위성의 경우 초저궤도(200-300km)로 하거나 타원궤도의 근일점을 매우 낮게(100-200km) 하는 방법 등이 쓰이고 있다.

#### 바. 지상수신/관제범위

위성이 지상체(지상수신소+위성관제소)로부터 일정거리 이내에 있을 때만 지상수신 및 위성관제 임무수행이 가능하다. 이 거리는 위성고도와 통신링크 성능에 따라 좌우 되는데, 600km 궤도고도의 경우 최대 2400km, 통상 2000km 정도가 된다. 이는 면적으로는 지구전체의 3% 정도에 불과하므로 1개의 지상체만으로는 위성과의 직접 교신이 매우 제한된다. 이러한 제한사항을 극복하기 위해서 대용량 기억장치를 탑재하거나, 지상체의 위도를 가급적 높게(60도 이상)하거나, 또는 경도가 다르게 여러 개의 지상체를 배치하는 등의 방법을 쓰고 있다.

#### 사. 정보순환주기

정보위성체계의 중요한 임무성능 중 하나는 얼마나 빨리 정보순환이 이루어지는가를 나타내는 정보순환주기(information circulation period)이다. '임무계획-->수집-->분석-->전파-->활용'에 소요되는 시간 중 특히 수집시간은 재방문시간보다 작을 수는 없기 때문에, 1개의 정보위성에 대한 정보순환주기는 통상 수 일이 된다. 이를 단축시키려면 미국의 경우처럼 여러 개의 정보위성을 동시에 띄우는 수밖에 없다. 통상적으로 위성이 전술정보보다는 전략정보 수집에 보다 적합한 이유가 여기에 있다.

위성체계의 경우 임무계획 및 신호처리, 정보분석에도 수십분-수시간의 시간이 소요되므로 이를 고려하여 전체 정보순환주기 값을 설계해야 한다.

### III. 위성정보체계 구축방향

후발 우주개발 참여국인 한국이 기존의 국제 우주시장에서 어떻게 경쟁력을 확보할 것인가 하는 문제가 선결되지 않은 시점에서, 한국에 적합한 위성정보체계를 구축할 수 있는 방안을 기술적(technically)으로 제시하기는 쉽지 않은 일이다. 왜냐하면 체계 구축을 통해 원하는 정보생산이 가능해야 할 뿐만 아니라, 이 과정에서 경제성과 독자

기술 확보 또한 동시에 이루어져야 하기 때문이다. 결국 어떠한 위성정보체계를 구축해야하며, 체계구축시 해외시장으로부터의 구매와 국내 독자개발을 어떻게 적절히 조화할 것이냐 하는 문제가 핵심 화두이다.

위성정보체계에는 영상정보 및 신호정보 외에도 지자기/중력, 핵 정보 등이 있으나, 타 정보는 현 시점에서 고려할 필요성이 거의 없는 것으로 판단되므로 검토대상에서 제외한다.

## 1. 영상정보체계

먼저 우리 나라가 필요로 하는 영상정보의 종류는 우선적으로 전자광학(E-O) 및 SAR로 국한하는 것이 타당하다고 본다. 그 외의 정보는 현재로서는 소요가 없을뿐더러 유용성도 미흡한 것으로 판단되므로 본 고에서는 제외한다.

### 가. 위성체

우리 나라가 확보하고 있는 위성 정보장비로는 현재 운용중인 우리별 3호와 99년말 발사예정인 아리랑 1호의 광학탑재체가 있다. 이들이 비록 과학용과 민수용으로 각각 개발되긴 하였으나 여기서 생산된 영상정보가 군사적으로도 유용할 것으로 예상된다. 한편 플랫폼은 항우연이 독자개발 능력을 확보해가고 있는 것으로 확인된다. 한편 향후 1m급 해상도의 광학탑재체 확보(해외구매)가 과기부 주도로 이루어지게 되면 군사적으로 매우 유용한 정보획득이 가능해질 전망이다.

한편 국과연이 확보 중인 SAR 및 E-O 탑재체 설계기술의 경우, 해외구매가 불가능한 차세대 고급정보용 탑재체 개발에 유용하게 활용될 수 있을 것이다.

### 나. 지상체

또 다른 주요 구성요소인 지상수신/처리소는 KAIST, 항우연, 국정원이 각각 1개소씩 보유하고 있고, 위성관제소도 KAIST 및 항우연이 1개소씩 갖고 있다. 한국통신이 보유하고 있는 지상통신소 및 위성관제소는 정지궤도 통신용으로서 저궤도 영상정보용으로 사용되기는 곤란하므로 본 고에서는 논외로 한다. 한편 지상수신/관제범위 임무성능을 보면 경도상 충분히 이격(2000km이상)되어 있어야만 임무중복이 발생하지 않는 바, 현재 시설투자된 기 지상체만으로도 과다한 것으로 판단된다.

따라서 기존의 시설을 국가적으로 통합운영하여 효율증대 및 운영예산 절감을 도

모하고, 추가건설 계획을 중단시켜 더 이상의 중복투자를 적극 방지해야할 것이다. 대신 신호/영상정보 처리기술개발 및 전문인력 확보에 주력하여 독자적인 정보생산이 가능하도록 해야할 것이다.

#### 다. 발사체

마지막으로 중요한 구성요소인 발사체는 현재 항우연이 독자기술 확보를 추진하고 있으나, 상당기간 해외위탁 발사가 불가피한 것으로 전망된다. 그런데 발사에는 위성 제작에 비해 상대적으로 매우 적은 비용이 소요된다. 예컨대 1.5억불 정도하는 1000kg 급 정보위성의 발사비용은 0.2억불밖에 안 된다. 현재 발사체를 보유하고 있는 대부분의 국가들이 80년대 이후 대폭 감소한 위성발사 시장으로 인해 채산성을 맞추지 못하고 있다는 점도 고려돼야 할 것이다. 대륙간 탄도탄 운반기술 확보 등 전략적인 목표가 없는 한 경제성만을 고려할 때에는 독자적인 발사체 확보가 불필요한 이유가 여기 있다.

#### 라. 정책방향

결론적으로 위성 영상정보체계 관련 정책 우선 순위는 선 위성정보 처리능력확보, 후 위성확보가 되어야 한다. 따라서 당장 우리 나라가 주력해야할 일은 정보처리 능력을 대폭 신장시키는 것이다. 정보처리에는 위성의 보유를 전제로 하지 않는다. 이미 세계적으로 활용가능한 위성이 충분하기 때문이다. 태국의 경우만 해도 20년 전부터 국가 영상정보 처리센터를 설치하여 국가 전체적으로 매년 1000여장의 영상정보를 생산해내고 있으나 독자보유하고 있는 영상정보 위성은 하나도 없다.

캐나다 RADARSAT 개발시 타당성 검토한 내용을 보면 캐나다 정도의 영토 규모 일 때 항공기 정찰보다 위성정찰이 비로소 경제성이 있는 것으로 분석되고 있다. 그리고 전세계적으로 위성을 보유하고 있는 나라들을 보면 주로 관심영역이 한반도의 20배 이상 되는 경우이다. 영국만 해도 일체의 정찰위성을 보유하고 있지 않고 우방국과의 정보공조를 통해 정보소요를 충족시키고 있다.

하지만 영상정보처리는 외국에 의존할 수 없는 특수성이 있으므로, 처리능력을 독자적으로 확보해야만 한다. 이를 적극 뒷받침하기 위해서 우리도 기존의 KAIST, 항우연, 국정원, 국과연 등의 시설과 인력을 일부 통합하고 확대개편하여 국가급 정보처리 센터를 설립해야 할 것이다. 그리고 국정사와 각 군을 비롯 국정원 등의 정보수요 기

관들은 자체 정보 활용체계(인력, DB, 지휘통제소, 통신망 등)를 구축하여 센터를 통해 받은 정보를 활용하고, 정보요구를 낼 수 있도록 해야할 것이다. 한편 업무 연관성이 매우 높은 항공 영상정보(SAR, E-O)를 국가급 정보처리 센터에 통합시키는 것이 바람직하다.

영상정보 위성 개발과 관련해서는 정책적으로 장기과제로 추진하되, 국방부는 국과연을 활용하여 위성 임무분석 및 체계사양 설계 및 총사업관리를 담당하고, KAIST는 신기술/모험기술(risky technology) 개발을 담당하며, 항우연은 실용위성 제작/발사/운용을 담당하도록 하는 방안을 제안한다. 특히 향후 10년 이내에 해외기술이전이 불가능할 것으로 판단되는 1m급 이하의 고해상도 탑재체 기술은 전략비밀기술 확보차원에서 독자 국내개발 해야할 것이다. 한편 국과연은 영상정보 처리기술을 지속적으로 개발하고 국정사 및 각군의 영상정보 활용체계가 원활히 가동될 수 있도록 지원하는 역할도 담당해야 할 것이다.

## 2. 신호정보체계

장기적으로 볼 때 영상정보 위성과 더불어 군사위성의 양대 축인 신호정보 위성의 보유 필요성을 검토한다.

우리가 독자적인 영상정보 위성을 다수 확보하게 될 경우 영상정보와 신호정보의 상호보완적인 정보의 속성상 신호정보 위성도 필요하게 된다. 왜냐하면 영상정보로는 은닉, 위장 또는 은폐되어 있는 군사 목표물에 대한 탐지/식별이 매우 제한되고, 신호정보가 아니고서는 고도의 정보가치가 있는 통신내용이나 무기체계 신호특성 등을 알아낼 수 없기 때문이다.

현재로서는 백두사업의 추진으로 항공기에 의한 신호정보 수집이 가능해져서 북한에 대한 전술정보 획득은 가능해질 전망이다. 그러나 지형차폐 및 탐지범위 제한으로 북한 전역에 대한 전략정보 수집이 일부 제한될 것으로 판단된다. 이러한 제한사항 극복 및 전세계적 군사목표 감시에 대한 소요가 강력히 제기될 경우, 신호정보 위성 확보가 그 대안이 될 것이다.

본 절은 신호정보 위성 확보를 전제로 서술한다.

## 가. 위성체

신호정보 위성의 탑재체는 대형 안테나와 광대역 신호수신/처리기, 데이터 전송장치 등으로 구성된다[5]. 기술적으로는 최대 수십 m에 이르는 안테나를 어떻게 설계하고 전개하느냐, 위성용 광대역 신호수신/처리 장치를 어떻게 구성할 것이냐가 문제이다. 사업적으로는 영상정보위성과 달리 체계를 해외구매하거나 기술을 해외도입하는 것이 매우 어렵다는 점이 문제이다. 왜냐하면 신호정보 위성은 군사/안보 목적으로만 사용되고, 상업용으로는 사용되지 않기 때문이다.

플랫폼 전력은 SAR 위성이나 대형 통신위성에 비해 상대적으로 매우 적어 E-O 위성수준에 불과하다. 따라서 전력소모가 적은 특성을 살려 타 탑재체와 같이 복합위성을 구성하는 것이 가능하다. 실제 미국에서도 신호정보위성 개발 시 군용 통신위성인 LES 시리즈에 탑재하여 시험한 것으로 보고되고 있다[5].

유리한 복합위성으로는 (1) 통신위성+신호정보 탑재체 (2) E-O위성+신호정보 탑재체 등을 검토할 수 있다. (1)의 경우에는 정지궤도를 선택해야 하므로 안테나의 크기가 커지고, (2)의 두 경우에는 저궤도를 선택해야 하므로 연속적인 통신정보 수집이 불가능하다는 단점이 각각 있다.

## 나. 지상체 및 발사체

미국과 같이 여러 대의 저궤도 신호정보를 운용하면서 릴레이 위성을 통해 실시간으로 지상수신소로 데이터를 보내는 초대형 신호정보 위성체계를 고려하지 않는 한, 기존의 통신위성이나 영상정보 위성에 사용하던 지상체 시설을 거의 그대로 이용할 수 있다. 즉 기존의 통신위성이나 E-O위성의 데이터 전송 부체계를 그대로 이용하거나, 복합위성일 경우 신호정보 탑재체의 데이터를 첨가/삽입하는 것이기 때문에 지상체는 큰 변화없이 기존의 것을 쓸 수 있는 것이다.

발사체는 복합위성일 경우 신호정보 탑재체 추가에 따라 증가된 질량과 부피를 수용해야 하므로 다소 발사비용이 증대된다.

## 다. 정책방향

신호정보 위성은 소요판단이 정책적으로 최우선되어야겠고, 소요가 있을시 정부가 나서서 장기적 과제로 추진해야 할 것이다. 왜냐하면 영상정보 위성과 달리 신호정보 위성은 소요분야가 특수하여 상업성이 없고 적용기술의 대중성이 없어 민간 주도로는

사업추진이 불가하기 때문이다.

장기과제로 추진될 경우 핵심기술 개발이 우선돼야 할 것이다. 그 이유는 관련 기술의 특수성과 비익성으로 인해 해외 기술도입이 어렵고, 신규 무기체계 개발에 따른 사업의 위험을 경감시킬 수 있는 확실한 방법이기 때문이다. 특히 일부 모험기술에 대해서는 국내에서 추진 중인 타 위성 프로그램에 포함시켜 실 탑재 시험(on-board test)을 해보는 방안도 검토할 만 하다.

정부내 신호정보의 최대 수요부처는 국방부와 국정원이 될 것이므로 양 부처간 정책공조 및 정보공유가 매우 중요하다. 이를 위한 구체적인 방안은 다음 장에서 소개한다.

### 3. 해외협력강화

위성사업의 특징상 위성 확보에만 1000억-4000억원 가량이 소요되고, 수명이 다하면 연속적으로 교체해줘야 하며, 성능개량을 위한 기술개발비가 지속적으로 소요된다. 따라서 IMF를 맞지 않았더라도 우리 나라 경제규모로는 위성을 독자 발사/운용하기가 매우 어렵다. 반면 아직은 세계적으로도 통신위성을 제외하고는 상업성을 확보하지 못하고 있는 경우가 많다. 심지어는 대표적인 저궤도 통신위성 사업인 이리듐 사업의 경우 수요부족으로 좌초될 위기에 놓여 있다.

위성의 활용도를 대폭 높여 경제성을 충족하고, 소요재원을 조달하기 위하여는 아세안 국가, 중동국가 및 오세아니아 국가들과 공동으로 사업을 추진하는 방안을 적극 모색해야 한다. 예컨대 이스라엘이나 호주 등과는 임무영역이 별로 중복되지 않으므로 위성의 활용도를 10%이상으로 끌어올릴 수 있어 경제성이 대폭 향상된다. 금년 10월 중국과 브라질이 공동발사한 CBERS-1 위성이나 EU국가들이 공동발사한 ERS-1,2, 그리고 캐나다가 주도적으로 개발했으나 10여개국 이상이 공동활용하고 있는 RADARSAT-1,2 등 국제 공동으로 개발/운용하고 있는 사례는 많다. 또한 공동개발에 따른 기술투자비용 절감도 기대할 수 있다. 후발선진국 및 개발도상국 중에는 우리의 기술협력 동반자로서 능력을 충분히 확보하고 있는 국가들이 여럿 있기 때문에 안보적 이해관계에 있어서만 문제가 없다면 개발단계에서부터 적극 협력해야 한다.



## IV. 국가 위성정보 기관 및 조직 구성방안

### 1. 국가급 위성정보 관리체계 필요성

세계적으로 위성을 보유하거나, 위성을 보유하고 있지 않더라도 위성정보를 획득/관리해오고 있는 국가들은 위성정보를 국가적으로 관리하고 있다. 왜냐하면 위성정보는 광역/다량의 정보이고, 전략상 중요정보이며, 획득/관리에 많은 비용과 고급인력이 소요되기 때문이다. 그 동안 우리 나라의 경우 다수의 기관들이 개별적으로 위성정보를 사다 쓰는 바람에 외화 및 정보가 낭비되어온 것이 사실이다. 앞으로도 계속 체계적으로 관리되지 않는다면 정보 요구량이 늘어감에 따라 문제는 더욱 심각해질 것이다.

이러한 문제는 국가적으로 단일의 정보처리 센터를 발족함으로써 해결할 수 있다. 미국의 경우 기존의 국가정찰국(National Reconnaissance Organization)이 위성관리 및 위성정보 수집을 해왔으며, 이 정보는 CIA, NSA 등의 타 정보기관이나, 정부 부처에 제공되어졌다. 우리의 경우 ‘국가 정보처리 센터(가칭)’를 발족하여 위성 영상 정보, 위성 신호정보 등을 종합관리하도록 하고, 항공 영상정보 및 신호정보 등의 기능도 통합시켜 운용하는 것이 바람직하다.

한편 위성정보가 1개 기관으로 통합될 경우 각 정보사용 주체들의 불편도 예상된다. 미국의 경우 이러한 불편을 줄이기 위해 각 정보사용자들도 자체적으로 정보를 생산/관리할 수 있도록 하고 있다. 우리의 경우에도 국방부(정보본부, 국정사, 9125부대, 각 군 등), 국정원, 기타 정부부처, 연구기관, 학계, 업계 등의 다양한 수요처들이 자체 정보 체계를 확보하여 ‘국가 정보처리 센터’로부터 받은 정보를 가공, 저장, 활용하고, 소요제 기할 수 있도록 하는 것이 바람직하다.

앞으로 군사용보다는 상업용으로서 위성활용이 증대될 전망이다. 이에 따라 위성정보의 가격도 꾸준히 하락할 것으로 전망된다. 따라서 국가적으로 볼 때 효율적인 국가 관리와 범세계적 정치/외교/경제/자원 정보수집을 위해서도 위성정보 활용이 증대될 것으로 보인다. 이를 체계적으로 주도하고 경제적으로 관리하는 강력한 국가급 기구로서도 ‘국가 정보처리 센터’가 필요하다 하겠다.

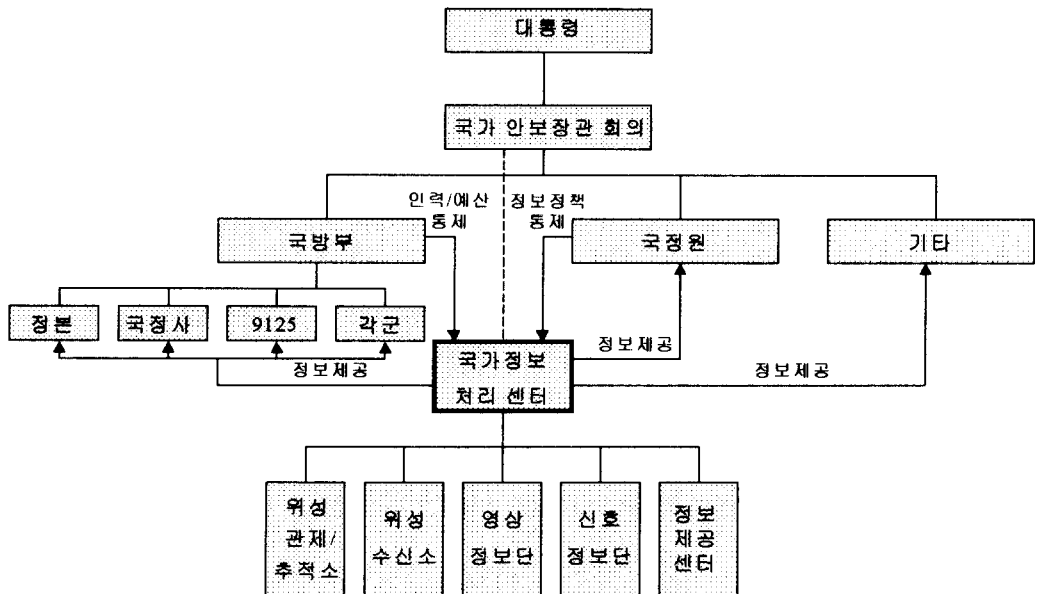
### 2. ‘국가 정보처리 센터’ 구성안

앞서 말한 바와 같이 ‘국가 정보처리 센터’는 최대 정보 수요부처인 국방부와 국정원에게 가장 긴밀한 정보제공이 이루어질 수 있도록 구성하는 것이 바람직하다. 이를

위해서는 미 NSA처럼 양 기관으로부터 각각 인사/예산 및 정보정책 등의 통제를 받도록 하는 것이 현실적으로 필요할 것이다. 특히 미 NSA 처럼 신속한 작전지원 및 조기경보 제공이 가능하도록 현역 장성이 기관장을 맡고 국방부 산하의 반독립기관으로 두는 것이 바람직할 것이다. 이는 금강, 백두사업의 추진에 따라 항공 영상, 신호정보 수집수단을 국방부가 갖게되는 것을 감안하더라도 명확해진다.

‘국가 정보처리 센터’의 주요 기능으로는 1) 위성관제/추적, 2) 위성수신, 3) 위성 및 항공기 영상분석/정보처리, 4) 위성 및 항공기 신호/기타 정보분석 및 처리 5) 자료관리/정보제공을 들 수 있다. 여기서 위성추적 기능은 지구궤도상의 모든 위성들을 대상으로 하는 것으로 지상에 설치된 레이다, 광학, 신호정보 수집 장비 등으로 구성된다.

이상과 같은 사항을 고려한 조직 구성(안)은 다음과 같다.



<그림 3> 국가 정보처리 센터 구성도

종합적인 조정통제는 국가 안보장관 회의로부터 받도록 하고, ‘국가 정보처리 센터’ 산하에 5개의 기구를 두어 현 국정원, KAIST, 항우연, 국과연 등에 흩어져 있는 시설/장비와 인력을 흡수하고 조직을 보강하도록 한다. 한편 앞으로 창설될 항공 영상/신호 정보부대를 흡수하도록 한다.

## V. 결 론

재론할 필요가 없이 자주적 정보체계 구축은 국가안보와 자주국방에 있어서 필수불가결한 요소이다. 그러나 정보체계 구축에는 막대한 예산과 시간, 기술, 전문인력 등이 소요된다는 사실이 그간 추진해온 관련사업을 통해 확인되었다. 따라서 위성정보 체계 구축을 위해서는 단기적이거나 단편적인 사업추진보다는 장기적이고도 종합적인 사업 추진이 절실히 요구된다.

세계적인 위성산업 위축과 한국의 개발경험/예산 부족 등의 사정을 고려해볼 때 위성개발 위주의 정책보다는 위성정보 활용능력 강화 정책을 우선적으로 추진하는 것이 바람직하다. 이를 위해서는 기존의 위성관련 시설/인력 등을 통합 보강한 ‘국가 정보처리 센터(가칭)’를 설립하여, 영상정보 및 신호정보를 생산, 국방부(군 포함) 및 국정원 등에 제공할 수 있는 체계를 구축하는 것이 필요하다.

위성개발과 관련해서는 국과연, 항우연, KAIST, 업체(국내, 해외) 등의 개발주체간 역할과 책임을 명확히 한 후, 소요가 분명하고 경제성과 기술파급 효과가 충분하다고 확인된 위성사업에 한해 장기 과제로 추진하는 것이 타당하다고 판단된다.

한편 안보와 기술면에서 협력가능한 국가들과의 국제협력 등을 통해 재원확보, 공동 개발 및 위성공동 활용을 적극 추진해야 할 것이다.

## <참고문헌>

- [1] 임춘택 외 3인, 고해상도 영상레이다 예비설계(임무분석 분야), 국방과학연구소, CESD-417-970171, 1997. 1, p. 131.
- [2] ROK-SAR 개발팀, 위성탐재 영상레이다(ROK-SAR) 임무 및 체계 개념설계, 국방과학연구소, CESD-517-990414L, 1998. 12, p. 131.
- [3] ROK-SAR 개발팀, 위성탐재 영상레이다(ROK-SAR) 분야별 설계 보고서(총 130 권), 국방과학연구소, 1997.3-1999.2.
- [4] W. J. Larson, and J. R. Wertz, Space mission analysis and design, 2nd ed., Microcosm, Inc. & Kluwer Academic Publishers, 1992.
- [5] Major A. Andronov, American Geo-synchronous SIGINT satellites, ISSN 0134-921X, No. 12, 1993, pp. 37-43.
- [6] 정용진, 첩보기, 첩보위성, 국방정보본부, 1992. 7, p. 569.