

# 세계가 인정한 kt 세계적 권위의 IT분야 어워드 연속수상

2012년 글로벌 모바일 어워드 최고기술상 수상, GSMA  
 2011년 다우존스(DJSI) 통신분야 글로벌 수퍼섹터리더 수상, 다우존스&SAM  
 2011년 IP&TV산업대상 1위, ITM



글로벌 모바일 어워드는 GSMA 주관의 세계적인 IT 시장식으로, KT는 2012년 <프리미엄 와이파이 솔루션>으로  
국내 통신사 유일 <모바일 브로드밴드 기술> 부문 최고기술상 수상



다우존스 지속가능 경영지수는 다우존스와 투자평가사 SAM이 전세계 글로벌 기업의 지속 가능성을 측정하는 평가지수로,  
KT는 2011년 국내 통신사 최초 <유무선통합 통신분야>의 <글로벌수퍼섹터리더> 수상



IP&TV산업대상은 ITM이 주관하는 세계적 권위의 산업대상으로, KT는 2011년 olleh tv로 <베스트 IP 케이블,  
하이브리드방송 및 커넥티드 TV 서비스> 분야 1위 수상



## 위성통신과 우주산업

Satellite Communications and Space Industry

제19권 제1호 2012, 12  
<http://www.kosst.or.kr>



### 특별기고

우리나라 우주산업과 나로호

### 기획특집 I

아리랑위성 3호의 성공을 바라보며!

### 기획특집 II

위성본체 기술개발 현황분석

### 기획특집 III

통신기반 산업환경 분석

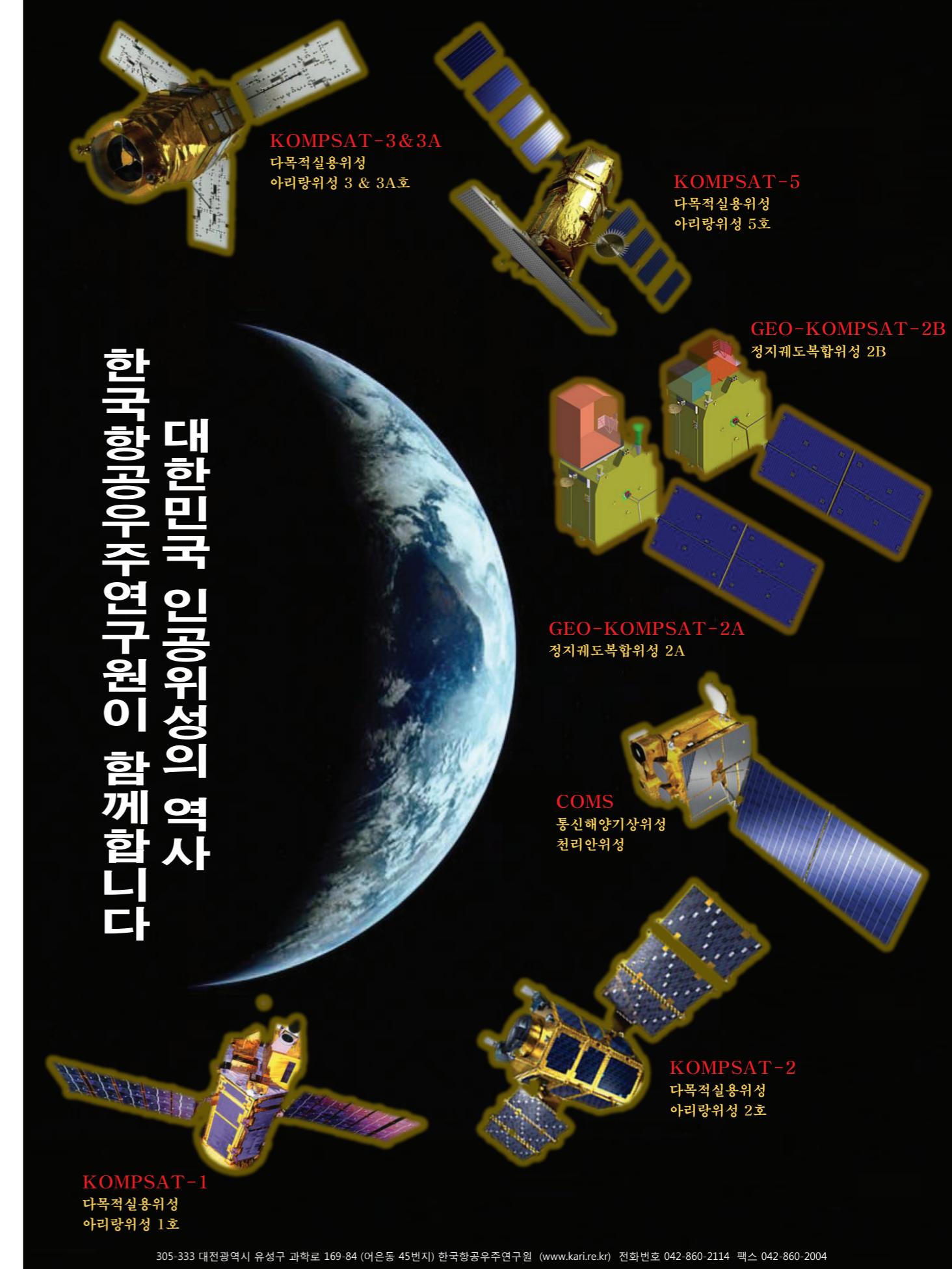


서단 법인  
통신위성 · 우주산업연구회  
The Korea Society of Space Technology





**ETRI**  
한국전자통신연구원  
Electronics and Telecommunications Research Institute



전자 · 통신 분야의 축적된 기술과 경험으로  
우주항공분야 핵심기술 개발!

.....  
선진기술의 국산화와 끊임없는 기술혁신으로  
**AP우주항공이 새로운  
글로벌 우주항공 시대를 열어갑니다**  
.....

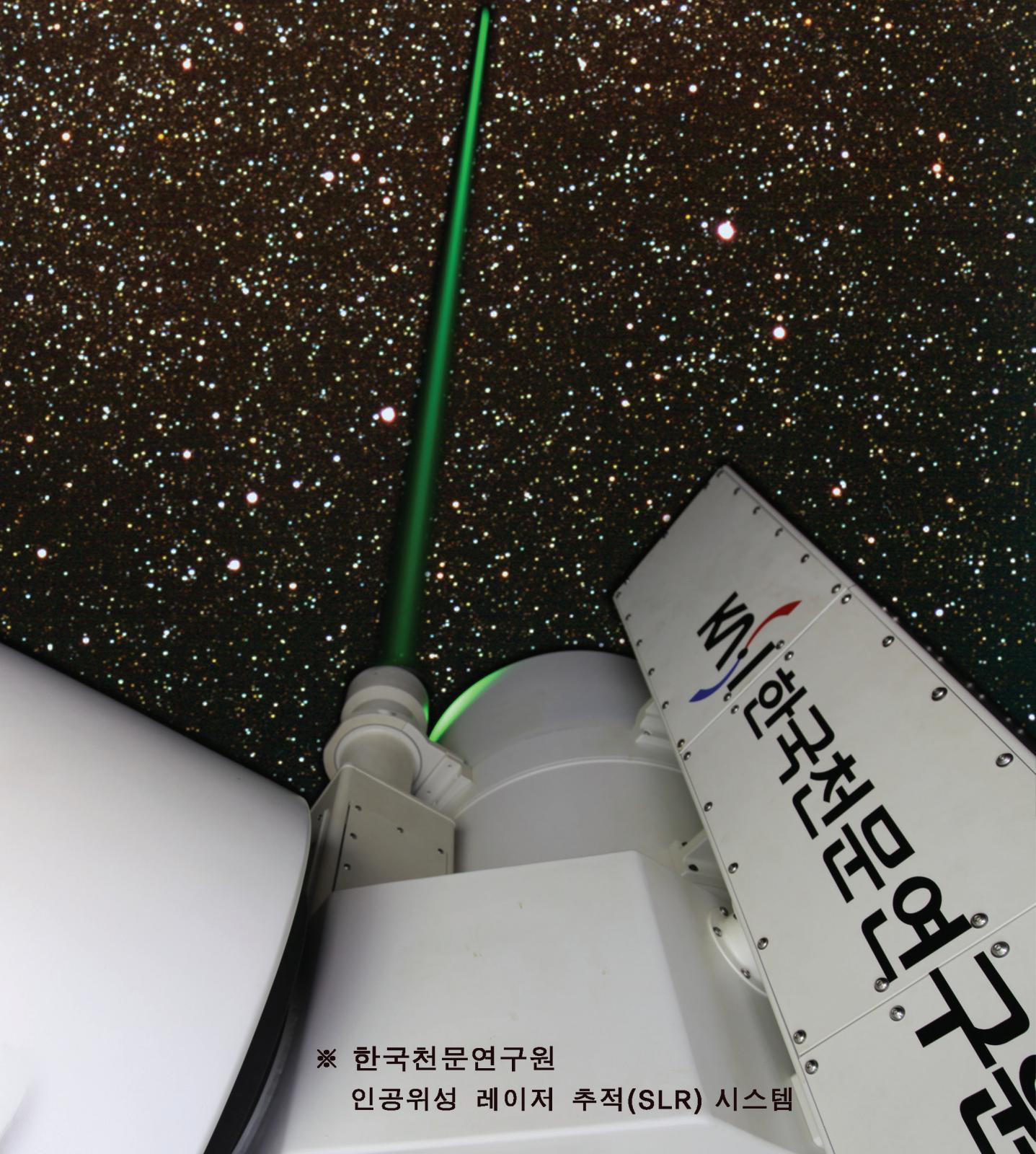
#### 사업분야

- 위성본체 체계 설계 · 우주용 고속자료 처리장치
- 표준형 위성탑재 컴퓨터 · 지상시험 지원 장비
- 위성 AIT 서비스 · ADS-B 시스템
- 스마트 MFD

[www.apspace.co.kr](http://www.apspace.co.kr)

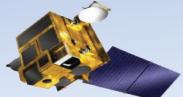
서울시 금천구 가산동 550-1 롯데IT캐슬 2동 9층  
TEL : 02-2026-7700 FAX : 02-2026-7771

우주시대를 선도하는  
최고 수준의 천문우주연구기관



※ 한국천문연구원

인공위성 레이저 추적(SLR) 시스템

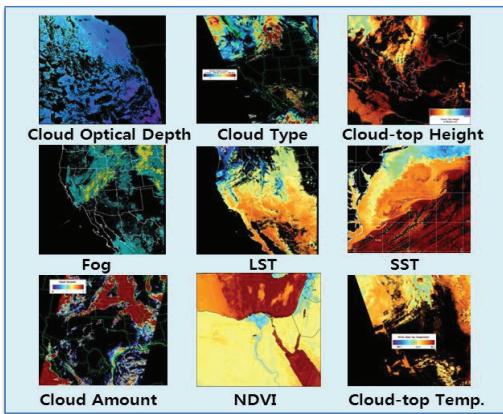


# Leading Company of The aerospace Industry

## On Basis of Technology and Innovation



### SOLETOP PRODUST & SOLUTION



GlobeShot™ 4.0  
(2012~)

GlobeShot™  
3.0  
(2010~)

GlobeShot™  
2.0  
(2006~)

Technology Transfer  
GOES-9  
(2003)

GlobeShot™  
1.0  
(2004~)

- GOES-9
- MTSAT-1R
- FY-2C
- MTSAT-2
- FY-2D

- Generate L2 product
- Receiver Development for polar orbit satellite
- Additional Tracking Ant. Control function
- Extend Satellites
  - GEO: GOES, MSG(Meteosat)
  - Polar: Aqua, Terra, NOAA, etc
  - Next Generation: NPP, GOES-R, FY-3

첨단통신의 세계를 건설하는 —

# 하이게인 안테나

70년 설립이래 무선통신 안테나의 연구개발에  
전념해온 하이게인 안테나는 방송통신, 위성통신, 이동통신,  
장거리통신에서 첨단통신에 이르기까지 오직 통신의 미래를 위해  
외길을 걸어온 한국의 단 하나뿐인 회사입니다.



## 사업영역

- 이동통신 기지국, 중계기 안테나 및 장비
- 방송통신용 안테나 SYSTEM(AM, FM, VHF, UHF 안테나)
- 위성통신용 안테나 SYSTEM(위성을 매개체로 이용한 안테나)
- MICROWAVE 통신용 안테나  
(장거리 중계 통신을 위한 지상 POINT TO POINT ANT)
- 군 통신 및 특수안테나(단파, 광대역 안테나 및 군수용 레이더 안테나)
- 시설공사(안테나 설치 및 통신시설공사)
- 전문기술 용역업(통신업, 설계용역)



## CONTENTS

### 연구회 상임 임원

회장	은종원 교수/남서울대학교
감사	윤용중 사장/주선보통신
감사	권영모 전 KT 위성사업단장
부회장(총무)	조활희 부원장/STEPI
부회장(기획)	안도섭 부장/ETRI
부회장(재무)	류장수 회장/AP시스템(주)
부회장(기술편집)	최승원 교수/한양대학교
부회장(국제사업)	김영택 상무/KT
부회장(산학협력)	이상률 소장/KARI *이동진 상무/하이게인언테나
총무이사	이재현 교수/충남대학교 김병수 박사/KISTEP *박장현 센터장/천문연구원
기획이사	김진영 교수/광운대학교 이윤수 교수/동서울대
재무이사	곽신웅 상무/AP시스템(주) 염인복 팀장/ETRI *김재훈 팀장/ETRI
학술이사	전태현 교수/서울과기대 홍인기 교수/경희대 *이상운 교수/남서울대학교
편집이사(논문)	정인철 교수/성공회대 신대윤 박사/기상위성센터 *차재상 교수/서울과학기술대
편집이사(학지)	이우경 교수/한국항공대학교 박광영 이사/하이트론시스템 *황도순 실장/KARI
사업이사	최근경 선임부장/LIG넥스원 정기현 상무/삼성탈레스 *이상욱 팀장/ETRI
국제이사	유광선 교수/SATREC 김재현 교수/아주대학교 *구본양 부장/KT
산학이사	백종호 교수/서울여대 이경학 교수/남서울대학 *박우철 팀장/KTR
회원이사	손원 교수/경희대 임승우 센터장/전자부품연

- |                                     |  |       |
|-------------------------------------|--|-------|
| <b>06 인사말씀</b>                      | <b>2012년 겨울이 깊어지듯</b><br><b>통우연의 역사도 깊어집니다.</b>                | 은종원   |
| <b>08 특별기고</b>                      | <b>우리나라 우주산업과 나로호</b>  | 구본양   |
| <b>기획특집 I / 아리랑위성 3호의 성공을 바라보며!</b> |  |       |
| <b>11</b>                           | <b>• 아리랑 3호 위성 - 대한민국 우주기술의 자부심</b>                            | 김규선   |
| <b>17</b>                           | <b>• 우리나라 위성본체 기술의 현재와 미래</b>                                  | 황도순 외 |
| <b>33</b>                           | <b>• 우리나라 전자광학탐지체 기술의 현주소</b>                                  | 강금실 외 |
| <b>45</b>                           | <b>• 자상국 시설의 해외수출은 가능한가</b>                                    | 안상일 외 |
| <b>54</b>                           | <b>• 고해상도 광학위성영상 자료의 활용 동향</b>                                 | 변영기 외 |
| <b>기획특집 II / 위성본체 기술개발 현황분석</b>     |  |       |
| <b>62</b>                           | <b>• 인공위성 본체 형상설계 분석</b>                                       | 임재혁   |
| <b>70</b>                           | <b>• 천리안위성의 열제어 설계</b>   | 전형열 외 |
| <b>80</b>                           | <b>• 인공위성 자세제어 센서의 궤도상에서의 보정기법</b>                             | 윤형주   |
| <b>90</b>                           | <b>• 정지궤도 위성 추진시스템 연구</b>                                      | 한조영 외 |
| <b>104</b>                          | <b>• 위성비행소프트웨어의 신뢰성 향상을 위한 Agent Base의 확장 가능한 통합 검증 시스템 설계</b> | 신현규 외 |
| <b>기획특집 III / 통신기반 산업환경 분석</b>      |  |       |
| <b>114</b>                          | <b>• 영상·음향 기반의 Full-HD급 지능형 보안 감시 기술 동향분석</b>                  | 박구만 외 |
| <b>121</b>                          | <b>• SCCM 산업화 적용을 위한 Global 산업환경 분석 보고서</b>                    | 이경학   |
| <b>185</b>                          | <b>연구회 소식</b>  |       |

# 2012년 겨울이 깊어지듯 통우연의



통신위성·우주산업연구회(이하, 통우연) 회원 여러분 안녕하십니까?

먼저 회원 여러분의 하시는 모든 일이 혁통하여 땀으로 맷은 열매의 보람이 함께 하기를 기원합니다. 2012년 새롭게 출발하는 연구회의 학회지 “통신위성과 우주산업” 제19권 1호의 발간을 진심으로 축하드립니다.

이제 임진년도 다 지나 한 해의 마지막 달인 12월에 접어들었습니다. 올해는 유난히 일찍 찾아온 추위 때문에 12월 중순에 벌써 1월 한겨울처럼 겨울이 깊어졌습니다. 깊어지는 겨울처럼 통우연의 역사도 우리나라 통신위성·우주산업 역사와 궤를 같이 하며 나날이 더욱 깊어감을 체감하게 됩니다.

2012년의 통우연은 ‘다사다난’이란 용어로는 다 설명하기 힘들 정도로 여러 가지 일이 많았습니다. 매월 정기적으로 개최되는 이사회 외에 5월의 임원 워크샵, 6월의 차기민군위성 국산화 심포지엄, 7월 연구회 논문지 한국연구재단 학술등재지 심사, 10월의 우주좌담회와 JC-SAT 2012, 11월 전파자원 워크샵이 개최되었습니다.

우리나라의 우주개발 프로그램은 비약적으로 발전하고 있습니다. 비록 아직은 러시아와 기술협력하고 있지만 점차 그 자립기반을 다져나가면서 머지않아 우리만의 기술로 위성을 발사할 수 있다고 확신합니다. 그 시기를 앞당기기 위해서 정부와 민간의 산·학·연 각급 단체는 서로 정보를 공유하며 하나의 팀으로 대한민국 위성분야를 이끌어나갈 것으로 기대하고 있습니다. 이에 우리 연구회는 통신위성·우주산업의 전문가 집단으로서 다른 기관과의 활발한 교류와 협력으로 우리나라 위성·우주산업 발전에 기여하는 연구회로 변모하기를 기대합니다.

우리 연구회는 2012년 하반기부터 논문지를 년 2회 발간에서 분기별 발간으로 개편하여 현재 6월 7권 1호, 9월 7권 2호 발간을 마치고 12월이면 7권 3호 발간도 마무리 될 것입니다. 논문지는 학술단체의 자존심이자 단체설립 취지에 가장 잘 맞는 학술 활동이라 생각됩니다. 논문지를 분기별로 발간함으로서 논문지 재판을 기다리는 많은 회원들에게 논문을 제재하게 함으로써 연구회 소속감을 고취시키고 학술단체 활동에 적극적으로 참여하게 하는 동기를 부여하게 될 것입니다. 또한 통우연은 연구회의 질적 성장을 도모하기 위해 차후엔 논문지를 격월제로 년 6회 발간하여 연구회가 타기관의 영향력에서 벗어나 경제적으로 자립할 수 있는 기반을 닦을 수 있게 될 것으로 사료됩니다.

우리 연구회가 앞으로 발전하기 위해서는 언론과의 관계가 중요합니다. 아직 위성분야가 산업으로서 확고하게 뿌리내리지 못한 상태에서 위성분야는 우리나라의 미래 먹거리로서 뿐만 아니라 국가안보적인 측면과 국가산업 전반에 미칠 수 있는 기술파급력, 그리고 과학 기술의 발전을 앞당길 수 있다는 사실을 국민들에게 각인시킬 수 있는 방법이 언론을 활용한 홍보라고 생각합니다. 따라서 10월 4일에 있은 우주좌담회는 통우연에 매우 뜻 깊은 행

# 역사도 깊어집니다.

사였습니다. 우리나라 IT산업의 최고, 최대부수를 자랑하는 전자신문과 공동으로 주최한 ‘우리나라 우주개발, 도약을 위해 무엇을 어떻게 준비하여야 하는가?’라는 주제로 개최한 우주좌담회는 통신위성·우주산업연구회가 명실공이 대한민국의 통신위성과 우주산업을 선도하는 학술단체로 자리매김할 수 있는 기회였다고 생각합니다.

통우연은 통신부문과 위성부문을 연계해서 각종 학술활동을 활발히 전개하고 있습니다. 그 중에 하나가 11월 7일 캐피탈호텔에서 개최된 ‘2012 전파자원 정책 및 기술 워크샵’입니다. 무선험명을 가져다준 전파는 스마트 사회를 맞아 그 수요가 기하급수적으로 늘어나고 있습니다. 무선통신 산업은 이제 유선통신의 단순 대체재가 아닌 오히려 유선통신의 영향력을 뛰어넘는 별도의 통신 산업으로서, 세상 모든 전자기기의 모바일화를 촉진하는 시대가 도래하였습니다. 전자기기의 모바일화는 필경 위성을 통한 무선통신의 효용성을 강화시키는데 중요한 계기가 될 수 있으며 이에 따라 전파의 효율적이고 창의적인 이용을 위한 기술과 정책 발전에 지혜를 모아야 함은 당연하다고 생각합니다.

통우연은 우물 안에 개구리로 머물지 말고 더욱 국제적인 학술단체가 되어야 합니다. 지난 10월 24일~25일 서울 여의도 중소기업회관에서 열린 2012 Joint Conference on Satellite Communication(JC-SAT 2012)는 통우연이 국제사회에서도 기여할 수 있는 길을 열었다는 점에서 매우 의미가 깊다고 하겠습니다. 금번 JC-SAT 2012는 2000년에 시작하여 벌써 13회에 걸쳐 한국과 일본 양국을 오가며 위성통신 분야에 대한 정보교류로 양국의 저명한 과학기술자들이 모여 우주 및 위성기술에 대한 발전을 위해 이틀간의 논문발표와 토론으로 매우 유익한 시간이 되었습니다. 앞으로 JC-SAT은 한일 양국뿐만 아니라 베트남, 태국 등 아시아 각국의 우주기술 관련학자들이 참여하는 국제행사로 키워나가야 할 것입니다.

이제 통우연은 성년이 되었습니다. 지금까지 우리는 우리나라 위성분야 발전을 위해 많은 준비를 해왔습니다. 불모지나 다름없던 대한민국 위성분야에서 선배 과학기술자들의 피땀 어린 노력으로 발사체를 제외한 버스, 탑재체, 지상 기지국 등은 선진국과 대등한 기술발전을 거듭해 왔습니다. 그런 선배과학기술자들의 노력에 더하여 우리가 더욱 기술을 갈고 닦아 위성의 모든 분야에서 기술 자립국가가 되는 날을 기다려 봅니다.

통신위성·우주산업연구회 회원 여러분!

회원여러분께서 계신 곳이 바로 우리 연구회가 꽃이 피는 곳입니다. 여러분 각자가 종사하는 곳에서 통우연을 바로 알리고 통우연이 통신위성·우주산업 분야의 봉사하는 오피니언 리더로서 미래 우리나라 위성산업의 발전을 앞서 이끌 수 있는 학술단체가 되길 바랍니다.

회원 여러분의 행운과 건승을 기원합니다.

2012년 12월

(사단법인)통신위성·우주산업연구회 회장 은 종 원

# 우리나라 우주산업과 나로호



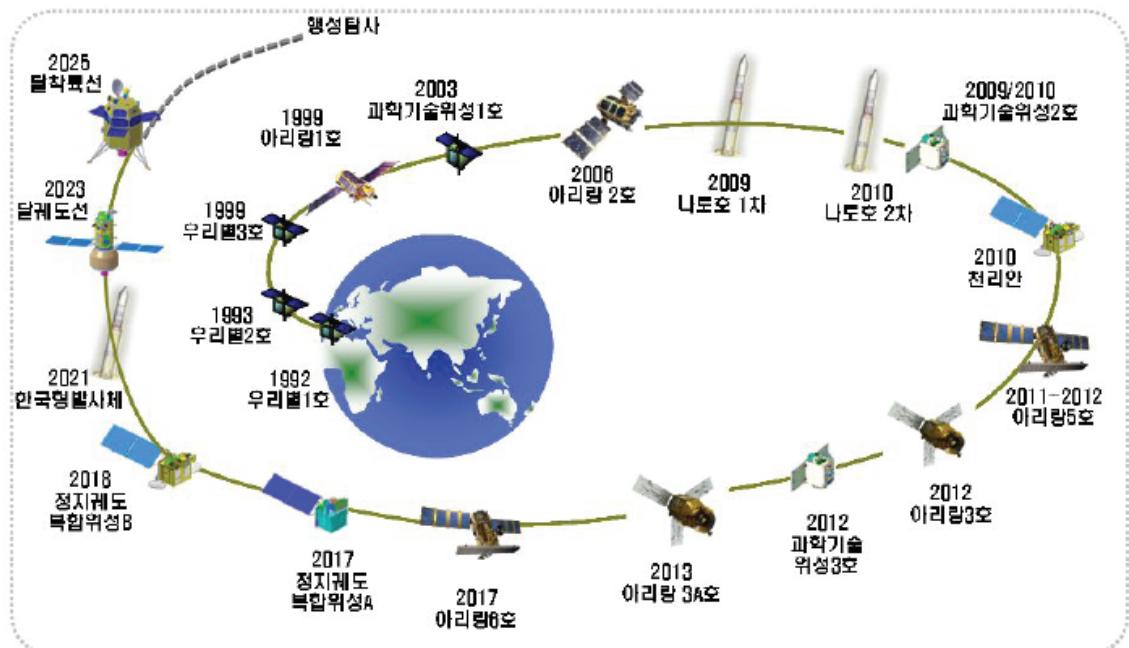
구본양  
KT 국방ICT개발센터 개발팀장

우주개발 육성의 중요성과 우주개발 기술력, 개발 정도는 그 국가의 국력을 대외적으로 나타내는 척도이며, 우주기술은 21세기 가장 경쟁력 있는 미래 핵심 기술이다. 세계 우주시장 규모는 2011년을 기준으로 볼 때 2,898억 달러로 원화로 환산하면 327조원 규모의 시장이다.

이와 같은 시장 규모를 두고 우리나라는 우주개발의 후발주자로써 우주 강국인 미국이나 유럽의 독점시장인 세계 우주시장에서 우리가 경쟁력을 가질 수 있겠는가 의문을 제기하는 이들이 있을 것이다. 그런데 우리민족의 저력을 살펴보면 우리 대한민국이 외국의 원조를 받던 60년대 후진국에서 자동차, 반도체, 조선 산업 등 신화를 이루어 낸 우리민족의 저력을 볼 때 세계 우주시장도 충분히 진입이 가능한 시장으로 볼 수 있다.

우리나라 우주개발 프로그램은 우주개발진흥법을 근간으로 교육과학기술부에서 매 5년 단위로 우주개발진흥기본계획을 수립하여 기술개발을 추진하고 있다.

우주개발 로드맵에서 살펴보면 2025년 달착륙선까지 그리고 그 이후는 행성탐사까지 원대한 꿈을 제시하고 있다. 특히 2025년까지는 기간별 발사될 위성에 대해서 구체적으로 로드맵을 제시하고 있다.



출처: 제2차 우주개발진흥 기본계획(2011.12)

[그림 1] 우주개발 추진 로드맵

◆ 정책제안① 우주개발 프로그램에 국내 위성 전 소요를 포함하여야 한다.

현재 우리나라의 위성 프로그램은 과학기술위성, 관측위성으로 대표되는 교육과학기술부의 우주개발 프로그램, 통신방송 위성으로 대표되는 민간업체(주)KT의 프로그램, 그리고 군사용으로 대표되는 국방부의 위성프로그램이 있다. 그러나 국가 우주개발 진흥계획에는 민간소요와 군 소요는 포함하지 않고 있으며 민간 및 국방부는 별도의 위성프로그램을 추진하여 중복투자의 요소가 있으며, 특히 국내에서 소요되는 위성이 국가 위성프로그램과는 별도로 해외에서 구매되거나 자체개발 프로그램을 진행하게 되면 기술개발도 분산화 되어 이미 개발되어 보유중인 기술이 기관에 따라 추가 투자하여 개발하는 등 비 효율성이 우려되므로 국가 위성분야를 총괄하는 우주개발진흥 기본계획이 수립되어야 한다. 또한 국내 항공우주분야는 컨트롤 타워 부재

등이 관련 분야에서 지적되고 있는 바 항공우주분야 기술과 재원의 결집을 위하여 국내 항공우주분야를 총 망라하고 조정 통제하는 기구 설치 등을 고려해야 할 것이다.

◆ 정책제안② 개발된 기술에 대한 산업화 정책이 필요하다.

우리나라는 독자 기술로 개발한 통신해양기상위성인 천리안 위성을 개발에 성공하여 중·소형 위성에 대한 독자기술은 이미 입증되었다고 볼 수 있다. 따라서 산업화가 가능한 중·대형 위성인 통신방송위성에 대한 개발이 필요하며 이를 바탕으로 위성 산업화 정책이 요구된다. 통신위성을 산업화 할 경우 생산유발효과 1.9조원, 부가가치효과 6,700억 원, 고용유발효과 10,800명 등이 기대되는 것으로 분석된 바 있다.

특히 통신위성 소요는 현재 국방부(방위사업청)에서 현 군용위성(무궁화 5호 민군공용 위성)을 대체할 차기 군 위성통신체계(현재와 같이 민군공용 운용)가 현재 국방과학연구소에서 탐색개발 중이며 국방개혁의 일환으로 2011년 4월 미래기획위원회, 국방부, 방위사업청 회의에서 체계개발은 민간업체 주관개발로 전환을 추진한다는 방침이 결정되어 현재 체계개발을 민간주관 개발로 전환하기 위한 용역연구를 수행하고 있다.

따라서 다행히 차기 민군위성 체계가 민간업체 주관으로 개발이 추진될 경우 관련 업계의 투자를 자발적으로 유도하고 천리안 위성에 이어서 중·대형 위성인 통신방송 위성까지 국산화 개발에 성공할 경우 위성 산업화에 따른 관련사업의 파급효과는 물론 위성 선진국 대열에 합류하여 미국이나 유럽의 독점시장으로 간주되던 세계 위성시장의 도약의 발판이 될 것이다.

우주발사체가 없었던 우리나라는 그동안 우리 별 위성, 무궁화 위성 시리즈 및 다목적 실용위성 1,2,3호 모두 외국의 서비스를 구매해 발사했다. 이것은 단순히 외화를 지급하는 데서 끝나는 것이 아니라 기술적으로도 외국에 종속되는 것을 의미한다. 이제는 우리 고유의 우주발사체를 개발하여 언제든지(anytime) 그리고 어떠한 위성이라도(anything) 발사할 수 있는 우주분야의 독자성을 갖추는 데 온 국민의 성원과 역량을 결집해야 할 것이다.

우주발사체 기술은 전 세계적으로도 미국·러시아·유럽·일본 등 8개 국가만이 보유한 것으로 이들 국가는 기술의 첨단성과 고부가가치성 측면에서 독보적인 위치에 있다고 할 수 있다. 나로호(KSLV-I)가 성공적으로 발사되면 우리나라도 자국의 발사체로 자국의 위성을 발사하는 아홉 번째 국가가 된다. 소위 ‘우주클럽(스페이스 클럽)’의 반열에 당당히 오르는 것이다. 중국이 유인우주선 성공으로 세

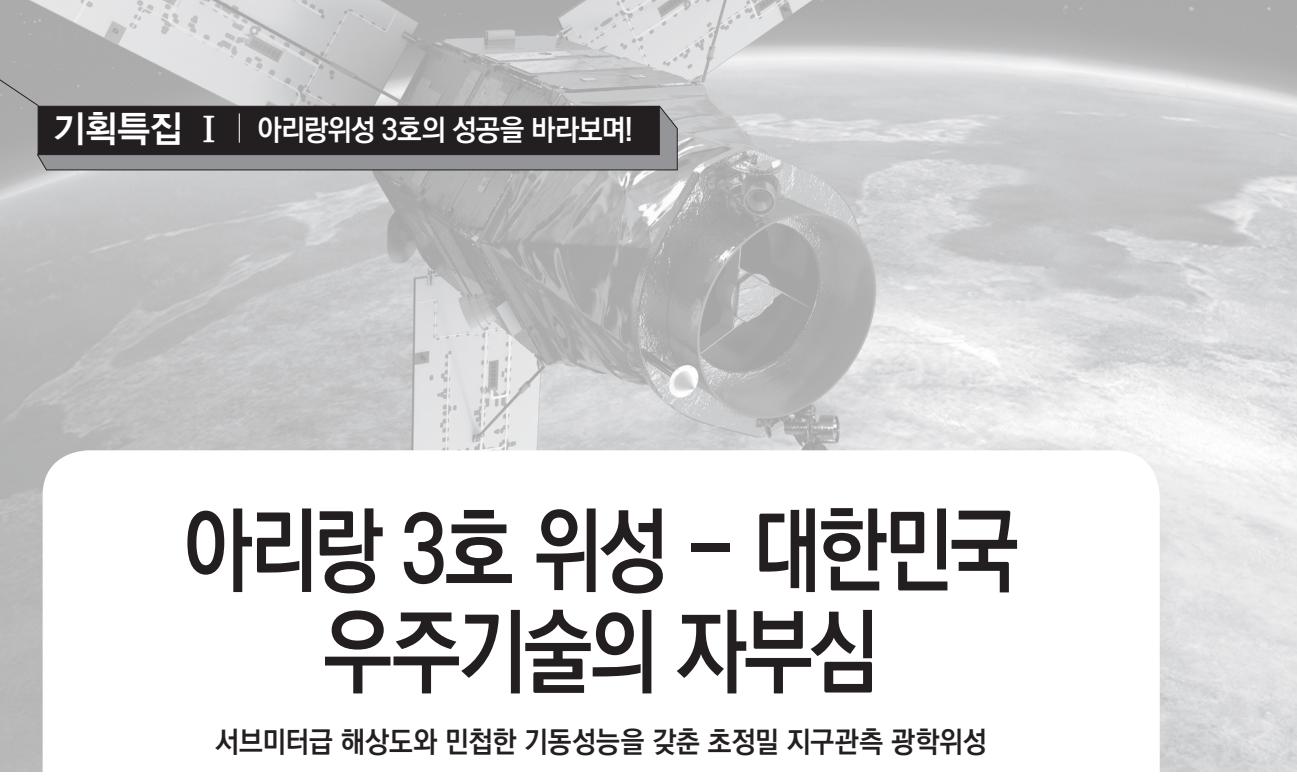
계 3위의 우주대국으로 인정을 받고, 일본은 북한의 핵·미사일 개발 상황을 감시하기 위한 정찰위성을 한반도 위에 올려놓는 등 아시아 지역에서의 우주개발 열기도 우리나라가 주목해야 할 대목이다.

특히 우주기술은 대표적인 거대복합 시스템 기술로 여러 분야가 통합돼 조화롭게 발전할 때 확보 가능한 것이다. 국내의 각 분야 과학자와 기술자의 혼연 일체된 모습뿐만 아니라, 더 나아가 아시아를 비롯한 세계 선도국과의 협력적 경쟁관계(competition)를 통해 세계에서도 당당한 우주 개발 국으로 꿈을 쏘는 대한민국이 되기를 기대해 본다.

우리 국민 모두가 알고 있듯이 나로호 1,2차 발사는 실패하였으며 10월26일 나로호 3차 발사가 중단되었다. 1,2차 발사 실패로 국민에게 실망을 안겨드린 데 대하여 우주분야에 종사하고 있는 필자도 매우 안타깝고 책임감을 느낀다.

그런데 여기서 한가지 만 이해해 주었으면 하는 바람도 있다. 우리가 잘 알고 있듯이 인류의 최초 유인 달착륙선은 아폴로 11호이다. 즉 11번의 도전 끝에 인류의 꿈을 이루었으며 이를 기반으로 지금은 화성탐사까지 이루고 있는 것이다. 이와 같이 우주개발의 꿈은 어렵기 때문에 누구나 도전할 수 있고 그만큼 값진 것이다.

따라서 이제는 나로호 3차 발사 지원의 아쉬움을 뒤로하고 격려의 마음으로 나로호 3차 발사 종사자들에게 성원하여 우리나라 우주개발의 꿈을 한 단계 진전시켜 줄 나로호 3차 발사의 성공을 기원하자. ■



# 아리랑 3호 위성 – 대한민국 우주기술의 자부심

서브미터급 해상도와 민첩한 기동성을 갖춘 초정밀 지구관측 광학위성

김규선

한국항공우주연구원

## I. 시작하면서

1999년은 민간분야의 지구관측위성의 역사에서 매우 의미있는 해라고 할 수 있다. 그 이유는 세계 최초로 1m급 위성영상을 상업적으로 판매하기 위한 목적을 갖고 미국의 IKONOS 위성이 발사된 것이다. 그 동안의 민간분야 지구관측 위성 개발의 흐름을 보면 EOS(Earth Observation Satellite) 프로그램으로 대변되는 NASA의 지구 환경관측 프로그램과 SPOT 4 및 ERS로 대변되는 유럽 ESA의 지구 환경관측 위성이 대표적인 프로그램으로 민간분야의 지구관측 위성의 주목적은 저 해상도, 다중 파장대역 영상을 활용한 지구의 환경 관측이 주를 이루고 있었다. 그러나 1m 급의 해상도를 갖는 고해상도 지구관측 위성은 그동안 군사 분야에서만 활용되던 정밀 전자광학카메라를 탑재한 위성을 민간 분야로 활용분야를 넓힌 획기적인 계기가 되었다. 그리고 1999년 12월에 한국 항공우주연구원에서는 미국의 TRW 사와 공동으로 개발한 6.6m 해상도를 갖는 지구관측 카메라를 탑재한 아리랑1호를 미국의 반덴버그 공군기지에서 발사하면서 국내에서도 실용급 지구관측 위성의 시대를 열고 있었다. 아리랑 1호 이후 항공우주연구원에서는 2006년 7월 1m 급 해상도를 갖는 아리랑 2호 위성을 발사하였고, 2012년 5월에는 우주선진국의 최첨단 위성 수준에 더욱 근접한

대한민국의 기술로 개발된 서브미터급 해상도를 갖는 아리랑3호를 발사하였다.



[그림 1] 아리랑 1호 위성

종식되면서 미국의 국방 분야 위성 수요가 일시적으로 감소됐다. 때문에 국방 위성을 통해 매출을 올리던 록히드 마틴 사, TRW 사 등의 상황은 매우 어려웠다. 이같은 분위기와 우리나라의 위성 기술 개발에 대한 기획이 잘 맞아떨어졌다. 하드웨어 제작 기술전수, 비행소프트웨어 개발 참여 등 지금으로서는 상상하기 어려운 기술 이전 조건으로 TRW 사가 아리랑 1호의 국제 공동 개발에 참여했다. 아리랑 1호 개발에서 빼놓을 수 없는 한 가지는 해외기업과 공동개발을 수행하면서 항우연이 위성을 조립하고 종합적으로 시험평가를 할 수 있는 시설 등 인프라를 구축한 것이었다. 이같은 위성개발 인프라에 대한 투자는 우리나라 위성분야 발전에 결정적인 기여를 하게 된다.

## II. 우리나라 실용급 지구관측 위성의 시대를 연 아리랑 1호

1994년 국내 최초의 실용급 지구관측위성인 아리랑 1호의 개발 사업이 시작되었다(그림 1 참조). 당시 국내의 인공위성 관련 기술인력 현황은 열악했다. 우리별 1호(1992년 발사)를 개발한 인공위성 연구개발센터의 인력, 미국의 위성 제작사(당시 GE 아스트로, 현재 록히드 마틴과 합병)에서 발주한 무궁화 1호 구매 사업의 일환으로 진행된 기술훈련 프로그램을 받은 한국통신의 인력, 그리고 한국항공우주연구원(이하 항우연)에서 자체 훈련 중인 인력들이 전부였다. 이 시기에는 우주급 위성용 하드웨어·소프트웨어의 개발은 물론 체계적인 위성개발에 대한 개념조차 부족했다.

아리랑 1호의 개발 사업에는 부족한 국내 기술을 향상시키기 위해 항우연의 인력 뿐 아니라 국내 기업체의 인력을 통합적으로 참여시켜 항우연의 연구 인력들은 설계, 해석, 기술 습득을 담당하고 기업체 인력들은 부분품 하드웨어 제작기술 습득을 수행하도록 사업구도가 기획되었다. 당시 세계는 냉전이

아리랑 1호의 기본 설계 개념은 여러 개의 임무 탑재체를 하나의 위성에 탑재하여 위성을 다목적으로 사용한다는 것이었다. 이와 같은 설계개념에 맞추어 우주물리센서(SPS: Space Physics Sensor, KAIST 개발), 광대역을 관측하는 해양관측카메라(OSMI: Ocean Scanning Multi-spectral Imager, 항우연/TRW 공동 개발) 그리고 해상도 6.6m의 전자광학카메라(흑백채널)(EOC: Electro-Optical Camera, TRW사 개발)가 탑재되었다. 특히 6.6m 해상도를 갖는 전자광학카메라는 당시로서는 첨단 광학센서였고 미국 NASA 프로그램에 탑재되는 센서에서 흑백 채널만 분리해 낸 모델이었다. 위성본체는 TRW 사가 NASA 프로그램으로 개발한 'TOMS-EP'라는 위성의 설계를 근간으로 하였고 여기에 당시 최신 유행이었던 '1553B 통신'을 사용한 명령·원격측정 자료 송수신을 수행할 수 있도록 했다. 또 GPS 신호를 이용한 시간동기 및 궤도정보 획득이 가능하도록 설계했다. 아리랑 1호는 기본적으로 소형위성의 범주에 속하였는데 크기는 1.33m 직경에 2.33m 높이를 가졌고 무게는 500kg 정도였으며 685km 고도의 태양 동기 궤도에 위치하도록 설계됐다(그림 2 참조).



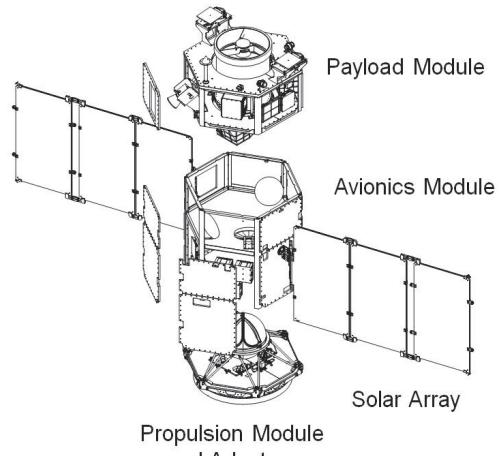
[그림 2] 아리랑 2호 위성

아리랑 1호 개발 사업은 1999년 12월 미국의 반 텐버그 발사장에서 미국 오비탈 사의 발사체인 타우러스에 의해 발사되면서 결실을 얻게 됐다. 이후 아리랑 1호는 2008년 2월까지 약 8년 간 궤도상에서 각종 영상정보를 지상으로 보내주었다. 그러나 아리랑 1호가 발사된 1999년에 미국에서는 1m급 해상도를 갖는 상업영상 위성인 ‘이코노스’가 발사되었고 뒤이어 ‘퀵 버드 2’가 발사되었다. 아리랑 1호는 비슷한 시기에 발사된 위성들에 비해 영상품질이 떨어졌고 이는 향상된 성능의 고해상도 위성에 대한 국내의 수요 증가를 불러일으켰다. 국가적인 수요와 민간분야의 고해상도 위성영상에 대한 필요를 충족시키기 위하여 아리랑 2호의 개발이 시작됐다.

### III. 우리 독자기술로 개발한 아리랑 2호

야심차게 추진된 아리랑 2호의 개발은 쉽지 않았다. 2000년대 들어서 우주분야에 대한 기술이 전의 회피 경향이 뚜렷하게 나타나면서 이제는 우리 힘만으로 고해상도 위성을 개발해야 하는 부담이 생기게 된 것이다. 우선 아리랑 1호와 비교하여

성능이 대폭 향상된 1m급 영상을 만들 수 있는 고해상도 전자광학카메라의 개발을 위한 방안을 찾기 시작했다.



[그림 3] 아리랑 2 설계

오랜 검토 끝에 도출된 개발방안은 고해상도 탑재체는 해외업체(이스라엘의 ELOP 사)와 공동개발을 하면서 기술을 습득하고, 본체 및 체계 분야는 해외기업(EADS 아스트리움 사)의 기술자문을 바탕으로 독자개발을 수행하는 것이었다.

본체의 경우 개발의 위험을 최소화하기 위해 1호 설계를 최대한 재활용하는 것으로 기본 방향을 잡았다. 대형 전자광학카메라의 탑재를 위하여 그림 3와 같이 기계형상의 전면 재구성이 불가피하였다. 특히 대형 전자광학카메라의 탑재에 따라 위성의 크기 및 질량도 증대하였는데 크기는 직경 2m, 높이 2.6m 그리고 무게는 765kg이 되었다. 전기·전자 분야의 경우 기본적으로 1호와 동일한 아키텍처로 구성되었고, 자세제어 성능 향상을 위하여 별감지기가 추가되었다.

그러나 개발의 내용은 전적으로 항우연과 국내기업이 책임을 갖는 형태여서 아리랑 2호는 국내 최초의 독자 개발로 만들어지는 위성이었다. 아리랑 2호

의 개발 과정에는 여러 가지 어려움이 있었다. 특히 탑재체 개발의 일정 지연과 체계시험 과정에서 발견된 탑재체 유닛의 문제점으로 인해 개발이 상당기간 지연되는 시련을 겪기도 하였다. 이와 같은 어려움에도 불구하고 아리랑 1호 개발 시에 습득한 기술과 국내 기술 인력의 열정으로 모든 어려움을 극복했다. 드디어 2006년 7월 러시아 플레체스크에서 아리랑 2호가 발사됐다. 우리나라로 1m급 영상을 생산하는 지구관측위성을 갖게 된 것이다. 그러나 2007년 미국에서 0.5m 급 해상도의 '월드 뷔어 I'이 발사됐다. 특히 미국의 '이코노스', '퀵 베드' 및 이스라엘의 '에로스' 등 고해상도 위성은 위성의 자세를 민첩하게 움직여 원하는 곳의 영상을 신속하게 획득하는 영상촬영 능력을 갖추고 있었다. 이와 같이 위성 선진국들은 우리보다 한 발 앞서서 위성을 지속적으로 개발하고 있었다.

### IV. 아리랑3호의 개발의 과정

아리랑 2호 개발을 마무리할 즈음, 세계는 이미 0.5m 급의 해상도에 CMG(Control Momentum Gyroscope)를 자세제어 작동기로 사용하는 상업용 광학영상 위성(월드 뷔어 I & II, GeoEye I)을 개발하고 있거나 발사한 상황이었다. 이에 따라 우리나라에서도 세계 수준에 맞는 서브미터급 초고해상도 광학관측 위성의 국내 독자 개발 사업으로 아리랑 3호 개발 사업이 2004년 8월부터 시작됐다. 하지만 국내 개발 인력 규모와 예산등의 한계로 아리랑 2호가 발사되는 2006년 7월까지 3호의 본격적인 개발활동이 지연되다가 2호의 발사 성공과 함께 3호의 본격적인 개발이 시작되었다. 새롭게 시작한 아리랑 3호 개발의 화두는 '초고해상도 서브미터급 영상을 만들어 내는 전자광학 탑재체 개발', '민첩한 기동성능을 갖춘 위성본체의 국내 독자개발', '로 압축되었다. 특히 위성본체 분야에서는 아리랑 1호와 2호 개발에 참여해 온 국내 기업들이 축적된 기

술력을 발휘하여 구조체, 추진계, 열제어계, 전기·전자분야에서 탑재컴퓨터, 전력분배 및 조절장치, S밴드 트랜스폰더 등을 개발했다. 특히 전기·전자분야의 구성품들은 기존의 아리랑 1호 및 2호의 설계를 한 단계 향상시켜 주요 기능을 한 개의 유닛에 통합하는 당시 해외 선진 위성들이 모두 채택하고 있던 설계 형태였다. 통합설계 형태의 우주급 탑재 컴퓨터와 전력조절·분배기의 독자적인 개발 경험이 부족했던 국내 연구진들은 수 년 간의 걸친 시행착오를 거치면서 국산화 개발에 성공하게 되었고 이를 통하여 기존에 전수받은 기술에서 한 단계 더 나아가 가지고 있는 기술을 응용하여 독자적인 개발이 수행 가능한 단계로 발전 된 것이다. 비록 본체 분야의 많은 핵심 부품, 예를 들면 별 추적기, 자이로 등의 유닛에 대한 국산화를 이루지는 못했으나 위성체 체계개발의 핵심 구성품인 탑재컴퓨터와 전력분배·조절기의 국내 독자 개발은 위성체 핵심구성품에 대한 국내 독자 개발능력 확보라는 측면에서 큰 의미를 가진다.



[그림 4] 아리랑 3호 위성

아리랑 3호 위성의 주요한 특성인 민첩한 기동성능을 갖추기 위하여 자세제어를 수행 할 때 큰 작용력을 발생시키는 CMG의 사용이 필요하였다. 하지

만 선진외국 위성 제작사들은 CMG 분야의 기술을 독점하고 있어, CMG의 국내 판매를 쉽게 허용하지 않았다. 국내 연구진들은 주어진 여건 하에서 기동 성능을 최적화할 수 있는 대안의 형상설계를 사용하기로 하였다. 즉 아리랑 3호에는 2006년 당시 반작용 휠 중 작동력 크기가 가장 큰 미국 ITHACO 사의 모델을 사용하고 그림 4에서와 같이 아리랑 1호와 2호에서 적용한 육각형 몸통 형상, 몸통 끝단에 장착한 3개의 고정식 태양 전지판을 장착하는 설계를 채택하였다. 이와 같이 기술적으로 기동성능을 최적화할 수 있는 형상설계로 아리랑 3호 위성은 무게가 980kg, 직경 2.2m 높이 3.2m의 크기를 갖는 위성이 되었다.



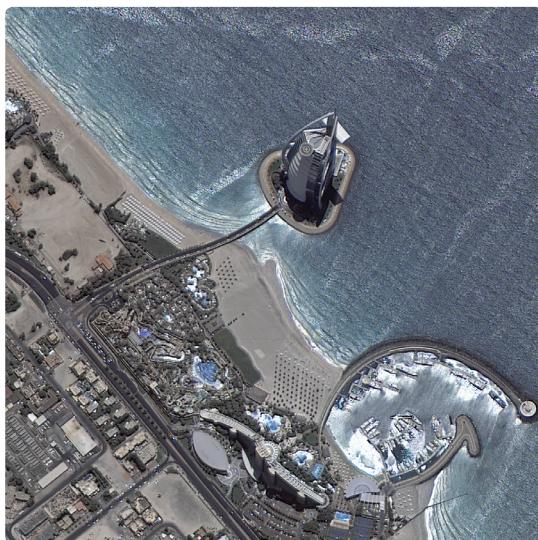
[그림 5] 광학탑재체 조립/정렬 시험 장치

국내 산업 기반이 취약한 탑재체 분야의 하드웨어 개발은 해외업체와 기관의 부분적인 협력을 필요로 하였지만 아리랑 2호 탑재체 공동개발에서 습득한 기술을 기반으로 설계·해석·조립·시험 등에 대한 업무는 국내 기술로 독자적으로 수행하였다. 아리랑 3호 탑재체인 AEISS(Advanced Earth Imaging Sensor System)의 개발에서는 대구경 광학 탑재체의 설계·해석·조립·정렬 기술의 확보를 위한 노력이 치열하게 진행되었다. 이를 위하여 그림 5와 같은 대구경 고해상도 광학 탑재체를 조립·정렬·

시험 할 수 있는 무진동 시험설비 및 진공성능 시험 설비를 항우연 내에 설치하였다. 이와 같이 광학 탑재체의 국내 독자개발을 위한 인프라를 구축한 것은 큰 성과 중 하나라 할 수 있다. 특히 대구경 전자 광학 탑재체에 대한 성능측정, 조립 및 보정, 진동시험, 열진공 시험, 방사보정 등 많은 측정과 보정 과정에 대한 노하우를 축적한 것은 독자 시험시설 구축과 이것을 사용하는 기술의 확보라는 측면에서 큰 의의를 갖는다고 할 수 있다.

## V. 아리랑 3호 - 대한민국 우주기술의 자부심

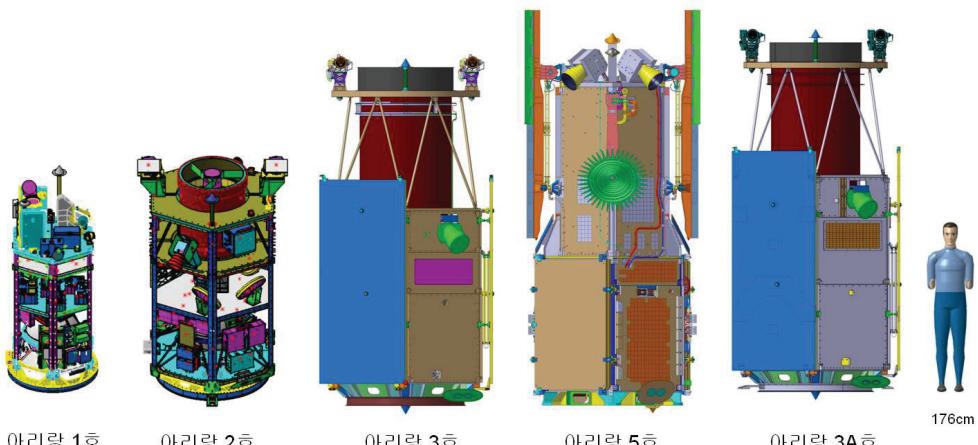
2004년 8월 아리랑 3호 위성 개발 사업이 시작되고, 2006년 7월 이후 개발이 본격화된 이후 본체와 탑재체의 비행모델에 대한 개발이 쉼없이 진행 되었다. 위성본체의 주요 구성품들은 아리랑 5호와 공유토록 설계 되었고, 이를 통하여 여러 대의 위성을 동시에 개발하는 능력과 가격경쟁력을 높이는 방안에 대한 기술습득이 이루어졌다. 2009년 11월에 착수된 위성체 조립/시험은 2010년 및 2011년을 거쳐 탑재체 개발모델을 사용한 사전 검증과 2010년 10월 이후 탑재체 비행모델을 조립하여 최종 점검 및 우주환경/발사환경 시험을 거쳐 2012년 2월 모든 발사준비를 마치게 된다. 그리고 두 달여의 발사장에서의 준비를 끝내고 2012년 5월 18일 일본 다네가시마 발사장에서 발사에 성공하고, 성공적인 초기점검과 운영을 통하여 고해상도 영상을 지상으로 보내오기 시작하였다.(그림 6 참조) 아리랑 3호는 서브미터급의 해상도, 민첩한 기동성능이라는 외향적인 성능 뿐 아니라 우리나라의 기업과 연구인력이 힘을 합쳐 전수받은 기술을 세계 수준으로 한 단계 더 발전 시켰을 뿐 아니라 선진외국에서 기술이전을 꺼려하는 초고해상도 탑재체 분야에서도 국내 독자개발의 기반을 구축 하므로서 대한민국 우주기술의 자부심이 되었다.



[그림 6] 아리랑 3호 위성영상-두바이

## VI. 마치면서

우리나라에서 실용급 지구관측위성인 아리랑 위성을 개발한지 20년이 흘렀다. 1994년에 시작한 개발 사업을 통해 현재까지 3기의 위성(아리랑 1호, 2호, 3호)을 성공적으로 발사했다. 또 1기는 개발을 모두 끝내고 발사대기 중이며(아리랑 5호), 또 다른 1기(아리랑 3A호)는 2014년 발사를 목표로 조립·시험을 시작하고 있다(그림 7 참조). 그러나 미국, 프랑스 등 위성 선진국의 수준을 넘는 지구 관측위성 독자개발, 핵심부품의 국산화, 위성 및 위성영상의 해외 수출을 통한 우주분야 산업화 등의 과제들은 우리가 앞으로 해결해야 할 문제들이다. 그러나 우리는 아무 것도 없는 곳에서 아리랑 1호를 하늘 위로 쏘아 올렸다. 이런 우리의 저력으로 다시 10년, 20년 후, 세계 최고 수준의 아리랑 위성을 개발 할 수 있는 원동력이 될 것이다. 『』



[그림 7] 아리랑 위성

# 우리나라 위성본체 기술의 현재와 미래

황도순, 김경원, 현범석, 임조령, 장진백, 김수겸, 권기호, 이재승  
한국항공우주연구원

우주기술은 이제 우리생활에 있어 필수적인 요소이며 21세기는 이를 떼어놓고는 생각할 수조차 없는 상황에 이르렀다. 선진국들은 앞 다투어 우주개발에 있어 선도적인 역할을 하려고 할뿐더러 그 기술을 국가 차원에서 적극적으로 보호하고 있다. 자원이 풍부하지 못한 우리나라에서 풍부한 인력을 활용하여 기술 발전을 견인할 수 있는 우주분야는 전략적으로 추진해야 할 분야 중 하나이다.

아리랑위성 3호는 국가 영상 수요충족을 위해 교육과학기술부와 지식경제부가 지원하는 사업으로 2004년 8월에 착수하여 2012년 5월 18일에 발사되어 현재 운용 중에 있다. 이 사업은 한반도의 정밀관측 등 국가 영상정보 수요충족을 위한 지구 저궤도용 아리랑위성의 국내 주도 개발을 목표로 하고 있다.

사업의 주관은 한국항공우주연구원이 수행하였으며 위성본체의 경우에는 아리랑위성 1호와 2호에서의 국제공동개발 및 국내주도개발의 개발 경험을 바탕으로 국내 독자개발을 수행하였다. 탑재체 개발에 있어서는 1호와 2호에서의 해외도입 및 공동개발과는 달리 국내주도개발을 수행하였다.

아리랑위성 3호는 고도 685km의 태양동기궤도, 무게 800kg, 지름 2.0m, 높이 3.4m, 위성수명 4년으로 개발되었으며 향상된 영상 해상도와 위성체의 고속 자세제어 기동능력을 갖춘 위성이다.

아리랑위성 3호는 위성본체 분야의 국내독자개발을 달성하여 국내개발력을 한 차원 높임으로서 우리나라의 기술경쟁력을 끌어올리게 되는 계기를 마련하였다고 평가된다. 설계, 해석, 조립 및 시험 분야에 걸쳐 국내기술력만으로 사업을 이끌어 갔으며 부품 개발 분야에 있어서도 대규모 예산과 장기간이 필요한 부품들을 제외하고는 대부분을 국내에서 개발하였다.

(주)대한항공에서는 경량구조체와 복합재 태양전지판, 두원중공업(주)에서는 극한 열제어를 위한 다층박막단열재, (주)한화에서는 추력기를 비롯한 추진계 조립 및 시험, 한국항공우주산업(주)에서는 종합 탑재컴퓨터, 전력제어 및 분배기, S대역 트랜스폰더, 하니스 등 주요 전장품을 국내 개발하였다.

특히 종합탑재컴퓨터는 자세제어계, 전력계와 원격측정명령계 등 3개 부분체에서 별도로 사용되던 것을 종합하여 한 개의 프로세서로 처리할 수 있도록 개발하였으며 전력제어 및 분배기는 전력제어기, 태양전력조절기, 전개장치제어기, 밸브제어기, 배터리접속장치 등을 통합하여 하나의 모듈로 개발함으로써 조립, 시험 등이 효율적으로 이루어지도록 하였다.

또한 중소기업의 기술력 향상을 위하여 태양센서

를 쎄트렉아이, 초고주파신호분배기를 알피온, 태양차폐막을 한국화이바, 소켓헤드캡스크류를 태진정공과 공동개발하였다.

아리랑위성 3호의 개발 및 발사에 성공함으로써 1, 2호에서 축적된 기술력을 겸증할 수 있었으며 이와 동시에 개발되어 발사예정인 5호의 성공적인 임무수행도 무난할 것으로 예상된다. 지난 20 여년 동안 개발된 위성본체 분야의 기술내용들을 각 부분 체별로 살펴본다.

### I. 구조계

구조계는 인공위성 발사시 발생하는 발사환경과 우주에서의 궤도환경 하에서 탑재체 및 각종 구동기 및 센서 등을 안전하게 지지하는 역할을 한다. 인공위성 구조계는 본체구조체 및 태양전지 패널, 태양전지판 전개장치 등으로 구성된다.

아리랑위성 1, 2, 3호는 모두 육각기둥형의 모듈라 구조이며, 본체구조체는 알루미늄 샌드위치 패널구조로 이루어져 있다. 태양전지판은 1호의 경우, 알루미늄 샌드위치 패널로 개발이 되었지만 2호부터는 열적특성이 우수한 복합재료 샌드위치 패널로 개발되었다. 저궤도 위성용 본체구조체 및 태양전지판 등의 개발은 국내독자개발로 수행이 가능하다.

아리랑위성 1호와 2호의 경우 발사무게 대비 구조체 무게 비율이 각각 23.4%, 29%이다. 2호의 무

〈표 1〉 구조계 기술수준

구분	아리랑위성 1호	아리랑위성 2호	아리랑위성 3호
형상	육각기둥형 모듈라구조	육각기둥형 모듈라구조	육각기둥형 모듈라구조
본체구조체	알루미늄 샌드위치 패널 구조	알루미늄 샌드위치 패널 구조	알루미늄 샌드위치 패널 구조
태양전지판	알루미늄 샌드위치 패널 구조	복합재료 샌드위치 패널 구조	복합재료 샌드위치 패널 구조

〈표 2〉 본체 구조체 형상 및 특성

본체구조체	아리랑위성 1호	아리랑위성 2호	아리랑위성 3호
사진			
발사 무게	461kg	800kg	967kg
본체 구조체 무게	108kg	232kg	208kg
발사무게 대비 본체 구조체 무게 비율	23.4%	29%	21.5%

계비율이 높은 이유는, 1호와 달리 2호의 경우 국내최초의 독자개발 구조체이였기 때문에 개발 위험성을 반영한 안전여유를 고려하였기 때문이다. 2호의 성공적인 개발을 통하여 구축한 경험 및 기술을 바탕으로 3호에서는 구조체 하중경로 및 설계 최적화를 통하여 무게 비율 21.5%의 경량구조체를 성공적으로 개발 완료하였다.

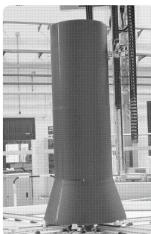
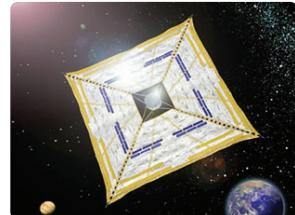
아리랑위성 1호의 경우 2개의 태양전지판 윙이

있고 윙당 총 5개의 패널로 구성되어 있다. 패널은 알루미늄 샌드위치 패널로 제작이 되었으며 테이프 핸지를 전개장치로 사용하였다. 2호의 경우, 역시 2개의 윙으로 구성되어 있으며 패널의 개수는 3개로 줄어들었으며, 패널의 크기가 증가하였다. 그리고 1호와 달리 열적특성이 우수한 복합재료 샌드위치 패널을 사용하여 제작하였다. 전개장치는 1호와 같은 테이프핸지를 사용하였다. 1호, 2호의 경우는 전개강성이 1Hz 미만으로 매우 낮은 전개강

〈표 3〉 태양전지패널 및 전개장치 형상 및 특성

태양전지패널 및 전개장치	아리랑위성 1호	아리랑위성 2호	아리랑위성 3호
사진	2호와 유사		
형상	2윙(윙당 5장의 패널)	2윙(윙당 3장의 패널)	3윙(윙당 1장의 패널)
패널재질	알루미늄 샌드위치 패널	복합재료 샌드위치 패널	복합재료 샌드위치 패널
패널크기	501mm x 1346mm	767mm x 1422mm	1000mm x 2040mm
전개장치재질	알루미늄 브라켓, 테이프핸지	알루미늄 브라켓, 테이프핸지	알루미늄 브라켓, 복합재료 스트럿, 스프링타입 핸지
전개강성	< 0.6Hz	0.63Hz	8.45Hz

〈표 4〉 향후 구조계 기술개발 내용

복합재료 실린더구조체	안테나 전개기구	팽창형 구조체
		

성을 보여주어 고기동이 불가능하였다. 3호의 경우 윙당 1개의 패널로 구성이 되었으며, 2호와 마찬가지로 복합재료 샌드위치 패널로 제작이 되었다. 패널 1장의 크기는 2호에 비해 면적이 2배 정도 증가된 대용량의 패널을 성공적으로 개발하였다. 또한 전개장치도 기존의 테이프 힌지 대신 복합재료 스트럿과 스프링 형태의 힌지가 사용되어 전개강성이 8.45Hz로 대폭 향상되어 고기동 능력을 구현할 수 있게 되었다.

구조계에서는 향후 대용량의 추진계 장착이 가능한 정지궤도급 본체구조체용 복합재료 실린더 구조체 개발을 수행한다. 이 연구는 가볍고 기계적/열적 특성이 우수한 복합재료 구조체이다. 안테나를 안전하게 전개하고 전개 후 미세조정이 가능한 안테나 전개기구에 대한 연구도 수행한다. 이 연구는 전개 및 미세 조정 매커니즘 설계 및 전개제어에 대한 기술들의 개발이다. 아울러 향후 팽창형 구조체에 대한 기술연구를 통하여 차세대 경량 구조체의 재

질연구 및 전개장치 설계 및 전개해석, 전개시험 등에 대한 연구를 수행한다.

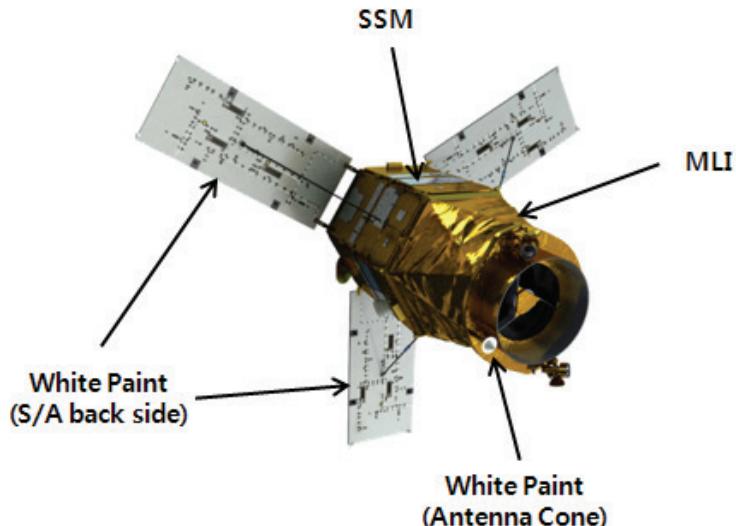
## II. 열제어계

열제어계는 임무기간 중의 모든 열환경에서 모든 부품이 허용온도 내에서 유지되도록 하는 역할을 수행한다. 위성체의 열환경은 우주환경 하에서 태양의 위치에 따라 극단적으로 변화하는데 이때 위성체 내부의 부품들이 손상 없이 견디어야 한다.

아리랑위성 3호 열제어계는 성공적인 1호와 2호의 열설계를 기반으로 진행되었다. 신뢰성이 뛰어난 수동형 열제어 방식을 채택하고 소프트웨어 정밀제어 히터시스템을 활용하였다. 또한, 열해석 모델 프로그램을 업그레이드하여 효율적인 열모델 개발 환경을 구축하였다.

〈표 5〉 열제어계 기술수준

구분	아리랑위성 1호	아리랑위성 2호	아리랑위성 3호
열제어 방식	수동형 열설계 컴퓨터 제어 히터	수동형 열설계 컴퓨터 제어 히터	수동형 열설계 정밀제어 히터
다층박막단열재	Non-meshed	Meshed ITO coating	Meshed
열해석 모델링	TRASYS/SINDA	TRASYS/SINDA	Thermal Desktop/RadCAD/SINDA-FLUINT



[그림 1] 아리랑위성 3호 시스템 열설계 결과

다층박막단열재는 2호와 동일한 설계 방식을 적용하였으나, 산소원자 침식도 해석 데이터를 분석하여 ITO 코팅은 적용하지 않았다. SSM도 2호와 동일한 품목이지만, 설계 과정을 개선하여 도면 생성 및 수정과정을 단축하였다. 히터, 썬모스탯 등의 부품은 국내 개발이 가능하지만, 경제성 문제로 인하여 해외부품을 사용하고 있다.

열제어계에서는 상변화물질(Phase Change Material, PCM) 패키지 개발에 관심을 가지고 있다. 이 제품은 주기적인 발열을 하는 전장품의 안정적인 열제어를 가능하게 한다. 또한 우주급 루프 히트파이프를 개발하여 열제어 효율성을 높일 계획을 가지고 있

다. 루프 히트파이프는 기존의 히트파이프에 비해서 월등한 열수송 능력 및 장착 자세에 크게 영향 받지 않는 장점을 가지고 있기 때문이다.

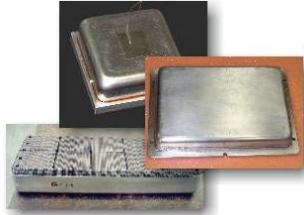
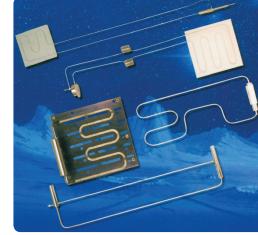


[그림 2] 다층박막단열재 장착형상

&lt;표 6&gt; 열제어계 부품 개발현황

부품	아리랑위성 1호	아리랑위성 2호	아리랑위성 3호
다층박막단열재	국내 제작 (해외 기술지원)	국내 제작 (해외 기술지원)	국내 제작
SSM 방열판	국내 제작 (해외 기술지원)	국내 제작	국내 제작

〈표 7〉 향후 열제어계 기술개발 내용

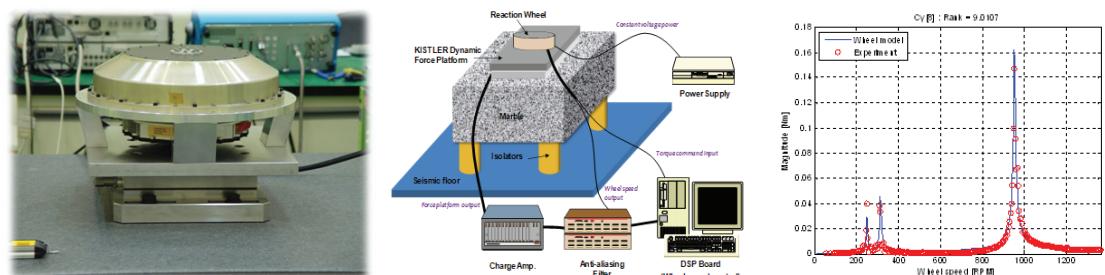
상변화물질 패키지	루프히트파이프
 <p>자료: Energy Science Laboratories</p>	 <p>자료: Russian Academy of Sciences</p>

### III. 자세제어계

자세제어계는 위성이 발사되어 발사체로부터 분리된 후 임무가 종료될 때까지 탑재체가 필요로 하는 자세 제어와 자세 인식을 제공하기 위해 다양한 자세제어계 센서와 구동기를 사용하여 위성의 기준 자세를 생성하고 결정하고 제어하며, 휠의 모멘텀을 덤핑하고 궤도를 조정하는 역할을 담당하고 있다.

아리랑위성 1, 2, 및 3호는 모두 임무모드 동안 3축 자세제어를 기본으로 한다. 추력기 기반 자세 제어기는 주로 2축 제어 안전모드와 3축 제어 궤도 조정 모드에서 사용되고 임무모드에서는 반작용휠 기반 자세제어기를 사용하고 있다. 특히 3호는 고기동 위성으로 기동성능 향상을 위해 1, 2호에서 사용한 모멘텀 기반 제어기술과는 다른 토크 기반 제어기술을 새롭게 개발하여 적용하고 있으

며, 주축 30도 기준각을 42초에 기동하는 성능을 갖는다. 현재 연장 임무를 수행중인 2호기는 초기에 모멘텀 기반 제어기를 탑재하였으나 토크기반 제어기로 기동성능이 2배로 향상되었다. 자세결정 필터는 1호기의 경우에는 지구센서/고정밀 태양센서/자이로를 이용한 칼만필터를 사용하였으며, 고정밀 자세결정을 위해 2호기는 별추적기와 자이로를 사용한 칼만필터를, 3호기는 확장칼만필터를 사용하고 있다. 특히 3호기의 경우 저주파 오차 성능이 개선된 별추적기를 사용하였으며, 궤도상의 별추적기 센서간의 상대보정과 별추적기/자이로간의 상대보정, 그리고 센서와 구동기의 탑재체에 대한 절대보정을 통해 고정밀 자세 결정이 가능하게 되었다. 이로써 자세제어계는 고기동/고정밀 자세제어 및 결정 기술을 확보하였으며, 위성의 국내 독자 개발이 가능하게 되었다.



[그림 3] 반작용휠 진동시험 장치 및 동역학모델링 결과

〈표 8〉 자세제어계 기술수준

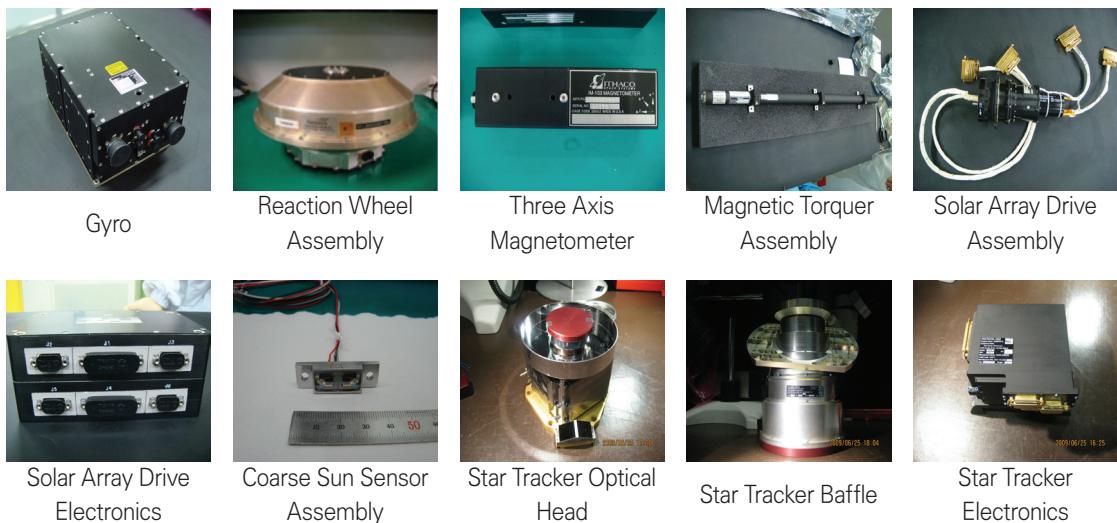
구분	아리랑위성 1호	아리랑위성 2호	아리랑위성 3호
추력기 기반 자세제어기	ON/OFF Modulation	ON/OFF Modulation	ON/OFF Modulation
반작용휠기반 자세제어기	모멘텀 기반 자세제어기	모멘텀 기반 자세제어기 → 토크기반 자세제어기	토크기반 자세제어기
자세결정 필터	지구센서/고정밀태양센서/ 자이로 이용 칼만필터	별추적기/자이로 이용 칼만필터	별추적기/자이로 이용 확장칼만필터
센서 보정 기술	적용안됨	별추적기간 상대보정	별추적기간 상대보정, 별추적기 자이로간 상대보정, 자세제어 센서/구동기 (별추적기, 자이로, 반작용휠) 절대보정
기동성능	300초 (30도 기준), 룰 축만 기동 가능	300초 → 150초로 향상(30도 기준), 룰/피치 단축 기동만 가능	42초(30도 기준), 다축 기동 가능

아리랑위성 1호 및 2호는 자세제어계 컴퓨터, 밸브구동기, 고정밀 태양센서 및 저정밀 태양센서를 현재 두산인프라코어(주)의 참여로 국내개발 하였으며, 아리랑위성 3호의 저정밀 태양센서는 (주)세트렉 아이의 참여로 시험 및 제작이 이루어졌다. 1호에 비해 2호는 자이로의 성능이 향상되었고, 지구센서 대신 별 추적기를 주요 센서로 사용했으며 위성 무게 증가로 인해 반작용휠의 모멘텀과 토크 용

량이 증가했다. 3호는 고기동 성능 확보를 위해 고 토크(2Nm)/고 모멘텀(26Nms) 훨을 도입했고, 고 정형 태양전지판을 사용하므로 태양전지판 구동기를 사용하지 않았다. 또한 별 추적기는 저주파 오차 성능 향상을 위해 2호기에서 사용했던 일체형 대신 광학계, 전자박스, 배풀이 분리된 형태의 부품을 사용하였다.

〈표 9〉 자세제어계 센서/구동기 부품 목록 및 성능 수준

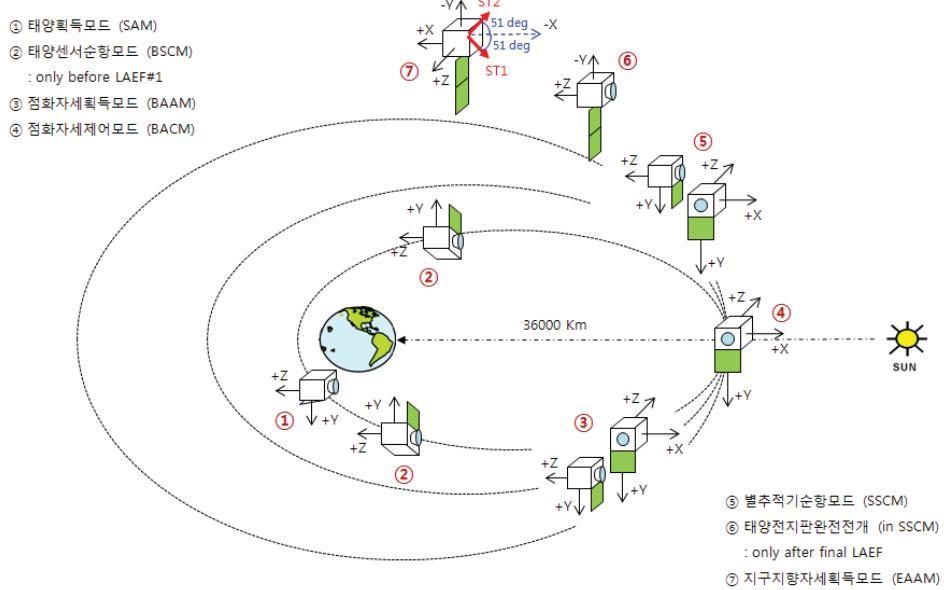
부품목록	아리랑위성 1호	아리랑위성 2호	아리랑위성 3호
CSSA	1°, 4개, 공동개발	1°, 4개, 국내 개발	1°, 5개, 국내개발
FSSA	0.1°, 공동개발	0.1°, 국내개발	N/A
CES	0.1°	NA	N/A
GRA	0.7 °/h, 24h	0.015 °/h, 1h	0.015 °/h, 1h
STA	N/A	12(96), x(z) arcsec, 일체형	9.1(56.9), x(z) arcsec, 분리형
TAM	40 mG	40 mG	40 mG
RWA	0.012 Nm, 4 Nms	0.3 Nm, 15 Nms	2 Nm, 26 Nms
MTA	30 Am <sup>2</sup>	96 Am <sup>2</sup>	100 Am <sup>2</sup>
DTM	4.45 N	4.45 N	4.45 N
SADA	11 Nm	11 Nm	N/A



[그림 4] 자세제어계 센서와 구동기

자세제어계는 차세대 자세제어 시스템에 소요될 핵심 기술개발을 위해 센서 및 구동기의 핵심 기술 개발의 일환으로 별추적기, 자이로, 제어 모멘트 자이로, 구체구동기를 개발하고 있으며, 진동저감장치 연구, 태양전지판 등 유연구조물 가진모드와 근

접한 대역의 제어기 설계, 고속기동 위성에 필수적인 제어 모멘트 자이로와 이를 이용한 고속기동 자세제어 시스템 개발 등의 연구를 수행 중이다. 또한 자세제어계는 저궤도 위성을 위한 고기동 자세제어 로직 기술의 향상, 정지궤도위성 개발에 필수적



[그림 5] 정지궤도복합위성 전이궤도 운용 개념

인 전이궤도 자세제어 및 결정 기술, 궤도 위치 유지 시 자세제어 및 결정 기술, 정상운용 시 지향 안정도 향상을 위한 기술, 24시간 정상임무 수행 가능성을 확보하기 위한 자세제어계 고장진단 및 복구 알고리즘 개발에 주력하고 있다.

## IV. 전력계

전력계는 위성의 임무기간 동안 연속적으로 위성본체 및 탑재체에 전력을 공급하기 위하여 전력을 생성, 저장, 조절하고 분배한다. 이를 위하여 전력계는 태양전지 배열기(S/A, Solar Array), 배터리(Battery), 전력조절분배장치(PCDU, Power Control and Distribution Unit) 및 하니스(Harness)로 구성되어 있다.

아리랑위성 전력계 설계의 경우, 1호는 해외 기관과 공동으로 수행되었으며 2호는 해외 자문을 받

으면서 국내에서 수행 되었으며 3호는 국내에서 독자적으로 수행 되었다. 또한, 아리랑위성 1, 2호는 전력조절 및 분배를 위한 기능이 태양전력조절기 (SAR, Solar Array Regulator), 전력제어기(PCU, Power Control Unit), 전개장치제어기(DDC, Deployment Device Controller) 등 여러 가지의 부품으로 설계 및 제작이 수행되었으며 3호는 전력조절분배장치로 모두 통합하여 설계 및 제작이 수행되었다. 특히 저궤도 위성용 전력조절분배장치 및 하니스는 국내 독자개발이 가능하며 성능 또한 해외 선진국과 대등한 수준을 가지고 있다.

아리랑위성 1호의 경우, 전력조절 및 분배를 위하여 태양전력조절기, 전력제어기, 전개장치제어기 등을 사용하였다. 아리랑위성 2호의 경우, 발사체 인터페이스의 안전성을 위하여 1호 부분품에 배터리 인터페이스 릴레이박스(BIRB, Battery Interface Relay Box)를 추가로 사용하였다. 아리랑위성 3호의 경우, 전력조절 및 분배를 위한 모든 기능에 밸브구

〈표 10〉 전력계 기술수준

구분	아리랑위성 1호	아리랑위성 2호	아리랑위성 3호
전력계 설계	해외 기관과 공동 수행	국내 독자 수행 (해외 기관 자문)	국내 독자 수행
전력조절 및 분배 장치	기능별 박스 설계 및 제작	기능별 박스 설계 및 제작	전력조절분배장치 통합 설계 및 제작

〈표 11〉 전력조절분배장치 형상 및 특성

전력조절분배장치	아리랑위성 1호	아리랑위성 2호	아리랑위성 3호
사진			
구조	기능별 부품 설계 및 제작 (SAR/PCU/DDC)	기능별 부품 설계 및 제작 (SAR/PCU/DDC/BIRB)	통합된 전력조절분배장치 (PCDU)
일차 버스 전압	28V	28V	50V/28V
태양전력 변환 용량	500W	800W	900W

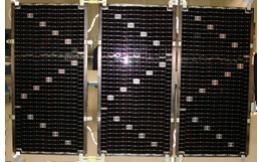
동장치(VDE, Valve Drive Electronics)까지 통합한 전력조절분배장치를 국산화하였다. 하니스는 아리랑위성 1호, 2호, 3호 모두 국내에서 개발하였다.

아리랑위성 태양전지 배열기의 경우, 1호기는 효율 14.5%의 실리콘 태양전지 셀을 사용하여 최소 636W의 전력을 생성하였으며, 2호기는 실리콘 셀과 비교해 효율이 좋은 21%의 갈륨-아세나이드 태양전지 셀을 사용하여 최소 1kW의 전력을 생성하였으며, 3호기는 2호기 셀에서 효율이 향상된 27.5%의 갈륨-아세나이드 태양전지 셀을 사용하여 평균 1.3kW의 전력을 생성하였다. 아리랑위성 배터리의 경우, 1호기/2호기는 21Ahr/37Ahr 용량의 슈퍼 니켈-카드뮴 셀을 사용하였으며 3호기는 에너지 효율이 좋아 무게 및 부피를 저감할 수 있는

104Ahr 용량의 리튬-이온 셀을 사용하였다.

전력계에서는 향후 대용량의 전력에 따른 버스 전압 상승을 대비하여 Buck-Boost 형태의 태양전력 조절기 개발을 수행할 계획이다. 이 연구는 기존 Buck 형태의 태양전력 조절기를 사용할 경우, 버스 전압에 따라 태양전지판의 전압이 상승되어야 하는 단점을 보완할 수 있다. 지금까지 해외에서 수행된 태양전지 셀 부착 및 시험에 대한 연구를 수행하여 국내에서 수행될 수 있도록 할 계획이다. 배터리의 경우, 셀 스크리닝 및 패키징 기술 개발을 수행하여 우선적으로는 해외에서 배터리 셀만 구매하여 국내에서 스크리닝 및 패키징을 수행할 계획이며 최종적으로는 국내 셀을 스크리닝 및 패키징하여 개발할 계획이다.

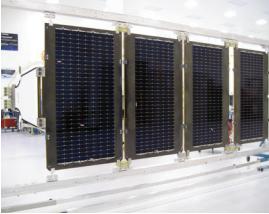
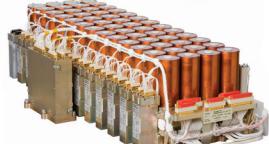
〈표 12〉 태양전지배열기 형상 및 특성

태양전지 배열기	아리랑위성 1호	아리랑위성 2호	아리랑위성 3호
2호와 유사			
태양전지 셀 및 효율	Silicon Cell (14.5%)	GaAs Cell/TEC1D (21%)	GaAs Cell/ATJ (27.5%)
생성 전력	최소 636W	최소 1kW	평균 1.3kW

〈표 13〉 배터리 형상 및 특성

배터리	아리랑위성 1호	아리랑위성 2호	아리랑위성 3호
2호와 유사			
특성	21Ahr Super NiCd	37Ahr Super NiCd	104Ahr Li-Ion

〈표 14〉 향후 전력계 기술개발 내용

Buck-Boost 태양전력 조절기	태양전지 셀 부착/시험	배터리 스크리닝/패키징
		

## V. 추진계

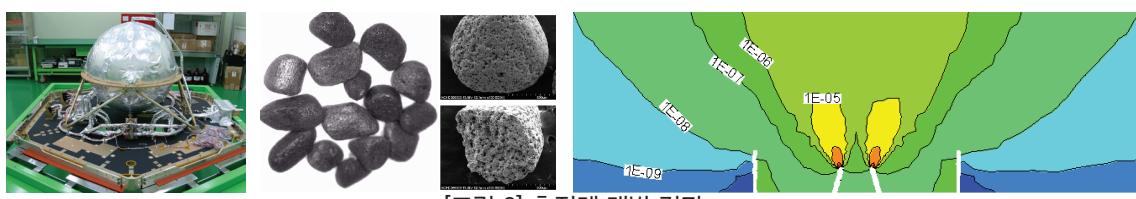
위성 추진계는 궤도조정 및 항력보상을 위한 Delta-V 임펄스와 위성의 3축 자세제어를 위한 제어 모멘트를 제공하는 역할을 수행한다. 추진계는 기본적으로 추력을 발생시키는 추력기와 추력기까지 추진체를 공급하기 위한 추진제 공급 시스템으로 구성된다.

아리랑위성 1, 2, 3호의 추진계는 밀어내기 방식 하이드라진 단일추진제 추진계로 모두 동일한 설계

개념을 가지고 있으며 설계/제작/시험은 국내에서 수행되었다. 추력기의 경우 1호에서는 부품가공/조립만이 국내에서 이루어졌으나 2호에서는 연소시험을 국내에서 수행하였고 3호부터는 촉매 개발을 통해 모든 부품의 국내 독자 제작이 가능해졌으며 품질인증이 가능한 장기연소시험 장치를 구축하여 모든 추력기 연소시험이 국내에서 가능해졌다. 이러한 기술을 바탕으로 저궤도 위성의 경우에는 추진계 및 추력기 개발을 국내 독자 기술로 수행하는 것이 가능하다.

〈표 15〉 추진계 기술수준

구분	아리랑위성 1호	아리랑위성 2호	아리랑위성 3호
추진계	밀어내기 방식 하이드라진 추진계	밀어내기 방식 하이드라진 추진계	밀어내기 방식 하이드라진 추진계
검증 해석	해외 수행	유동해석/열해석 국내 수행	유동해석/열해석/플룸해석 국내 수행
추력기	5N 추력기 (수입촉매 사용)	5N 추력기 (수입촉매 사용)	5N 추력기 (국산/수입 촉매 사용)
연소시험	모든 연소시험 해외 수행	인수연소시험 국내 수행	인수연소시험 국내 수행 및 장기시험 시설 구축



〈표 16〉 추진계 부품 개발현황

부품	아리랑위성 1호	아리랑위성 2호	아리랑위성 3호
추력기 촉매	해외수입	해외수입	국내제작, 해외수입 동시수행
열차폐막	해외제작 해외코팅	국내제작 해외코팅	국내제작 국내코팅
5N 추력기	국내제작 해외시험	국내제작 일부 국내시험	국내제작 일부 국내시험
유량제어 부품	해외수입	해외수입	해외수입

〈표 17〉 향후 추진계 기술개발 내용

1N급 하이드라진 추력기	친환경 추진제 추력기	추력기 밸브

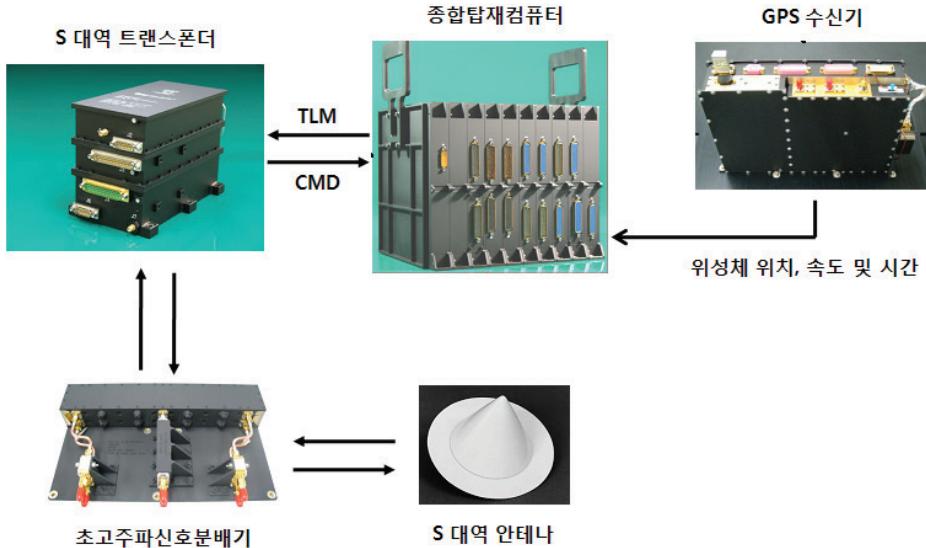
위성용 추진계는 유로를 구성하는 배관, 추력기, 유량제어 부품으로 구성되며 아리랑위성 1, 2, 3호를 통해서는 주로 배관과 추력기의 국내 개발에 치중해 왔으며 배관의 경우 1호에서 이미 국산화 개발이 완료되었고 3호를 통해 촉매 및 열차폐막이 국산화되면서 추력기를 구성하는 대부분의 부품들에 대한 국산화가 완료되었다. 밸브, 압력변환기, 필터 등의 유량제어 부품들은 아직까지는 일부 부품에 대한 지상 모델 개발이 시도된 정도로 아직은 국산화 개발이 크게 진행되지는 않고 있는 상태이며 3호 까지는 해외 구매를 통해 부품들을 조달하였다. 현재 유량제어 부품들에 대한 국산화 개발이 계획 중에 있으며 후속 과제들을 통해 점진적으로 국산 부품 비중을 늘려갈 계획이다.

추진계에서는 촉매 개발 결과를 바탕으로 다양한 하이드라진 추력기의 개발을 계획하고 있다. 1차적으로는 정밀 자세제어가 가능하고 시스템의 경량

화가 가능해 소형위성에서도 활용할 수 있는 1N급 추력기 개발을 수행할 예정이며 다양한 임무를 만족하기 위한 20N급, 100N급, 200N급 등의 추력기 개발 및 친환경 추진제 추력기 등의 미래 기술 개발도 장기적으로 계획하고 있다. 또한 현재 수입에 의존하고 있는 유량제어 부품(충전/배출 밸브, 래치 밸브, 추력기 밸브, 추진제 탱크)들에 대한 연구를 수행할 계획이며 이를 바탕으로 국산화 개발을 추진할 계획이다.

## VI. 원격측정명령계

원격측정명령계는 위성체와 지상 관제국 사이의 고주파 RF 신호를 통한 무선 데이터 통신 경로를 제공한다. 이를 통해 원격 명령을 수신하며, 원격측정 데이터의 수집 후 저장하고 있다. 또한 위성 전체의 제어를 위한 탑재소프트웨어 구동 환경을 제공



[그림 7] 원격측정명령계 구성 부품

하고 있으며, 위성 동작을 위해 필요한 시간 및 위치 정보를 제공한다.

이를 위한 원격측정명령계는 종합탑재컴퓨터(IBMU), 위성항법장치(GPS Receiver), S 대역 트랜스폰더(Transponder), 초고주파 신호 분배기(RF DU) 및 S 대역 안테나(Antenna) 등으로 구성되어 있다.

아리랑위성 1, 2 및 3호는 모두 S대역 송수신기

를 이용하여 위성체와 지상국간의 고주파통신을 수행하며 상/하향 통신속도는 3호부터 향상이 되었다. 원격측정 및 명령 데이터를 처리하는 탑재컴퓨터는 1, 2호 대비 3호부터 처리속도가 크게 개선되었으며 자동고장감시 기능이 추가되어 위성의 안정적인 운영을 보장할 수 있도록 설계되었다. 저궤도 위성용 탑재컴퓨터는 국내독자개발이 가능한 수준이며 성능 또한 해외 선진국과 대등한 성능을 가지고 있다.

〈표 18〉 원격측정명령계 기술수준

구분	아리랑위성 1호	아리랑위성 2호	아리랑위성 3호
탑재컴퓨터	80C186-12 CPU 기반 (1MIPS)	80386-12 CPU 기반 (2MIPS)	MCMERC32 기반(16MIPS)
S대역 트랜스폰더	S대역 STDN/ESA호환 1.5Mbps/2Kbps 하향 링크	S대역 STDN/ESA호환 1.5Mbps/4Kbps 하향 링크	S대역 STDN/ESA호환 1.5625Mbps/4Kbps 하향 링크
GPS 수신기	100m 위치 정확도	30m 위치 정확도 POD 지원	30m 위치 정확도 POD 지원
RF Assembly 및 Antenna	S 대역 RF 처리 신호 전달 경로 설정	S 대역 RF 처리 신호 전달 경로 설정	S 대역 RF 처리 Dual Pole 및 Filter 및 Hybrid Coupler 장착

아리랑위성 1, 2호의 탑재컴퓨터는 OBC (On-Board Computer), ECU(EPS Control Unit 및 RDU(Remote Drive Unit)의 3개의 컴퓨터 유닛으로 구성되었으며 각 컴퓨터 유닛 간의 통신은 1553B 인터페이스를 통해 연결되는 분산 처리 형태를 가지고 있었으나 구조 및 처리 성능의 한계에 부딪치게 되었고, 더욱이 80386 CPU 생산 중단으로 아리랑위성 3호에서는 하나의 컴퓨터 유닛으로 통합한 탑재컴퓨터를 ERC32 계열 CPU를 사용하여 국산화 개발을 완료하였다.

원격측정명령계에서는 아리랑위성 3호에서 개발된 MCMERC32 CPU를 대체할 LEON 기반의 표

준형 탑재컴퓨터를 개발하고 있다. 이 표준형 탑재 컴퓨터는 향후 CPU가 변경될 경우를 대비하여 표준형 PCI I/F 지원으로 CPU 변경에 능동적으로 대처 할 뿐 아니라 IP 기반의 FPGA개발로 위성의 임무 환경 및 크기, 무게에 변경이 가능하도록 설계를 진행하고 있다.

트랜스폰더 개발은 저궤도, 정지궤도 뿐 아니라 심우주용으로 공동 활용 가능한 구조로 개발 되고 있으며, 디지털 정보화 신호처리 기술 및 MMIC/MCM 등 RF 소형 경량화 기술 등을 바탕으로 개발될 예정이며, 기능적으로는 전송률, 변/복조 방법, 운용 주파수, 운용 RF 전력 등 주요 특성을

〈표 19〉 탑재컴퓨터 형상 및 특성

탑재컴퓨터	아리랑위성 1호	아리랑위성 2호	아리랑위성 3호
사진			
처리구조	3개 컴퓨터 분산 처리 (OBC/ECU/RDU)	3개 컴퓨터 분산 처리 (OBC/ECU/RDU)	단일 컴퓨터로 통합 종합탑재컴퓨터(IBMU)
CPU 및 성능	16Bit 80C196 (1 MIPS)	32Bit 80386 (2 MIPS)	32Bit MCMERC32 (16 MIPS)
메모리	512Kbyte SRAM 384Kbyte EEPROM	512Kbyte SRAM 384Kbyte EEPROM	4Mbyte SRAM Dual 2Mbyte FlashROM 64Kbyte Boot PROM
버스 연동 I/F	MIL-STD-1553B	MIL-STD-1553B	Dual MIL-STD-1553B
버스 I/O 기능	각 컴퓨터에 전용 I/O	각 컴퓨터에 전용 I/O	I/O 기능 통합/모듈화 SpaceWire I/F
탑재체 I/O 기능	탑재체에 별도 구현	탑재체에 별도 구현	I/O 기능 통합/모듈화 SpaceWire I/F
Data Link 및 대용량메모리	2Kbps/1.5Mbps 1Gbit Parallel BUS I/F	4Kbps/1.5Mbps 1Gbit Parallel BUS I/F	4Kbps/1.5625Mbps 2Gbit FSW 연동 최소화 SpaceWire I/F

〈표 20〉 향후 원격측정명령계 기술개발 내용

표준형 탑재컴퓨터	디지털 트랜스폰더	GPS/Galileo 복합 수신기
		

H/W 변경 없이 S/W적으로 재구성이 가능한 SDR (Software Defined Radio) 개념의 트랜스폰더로 개발을 수행하고 있다.

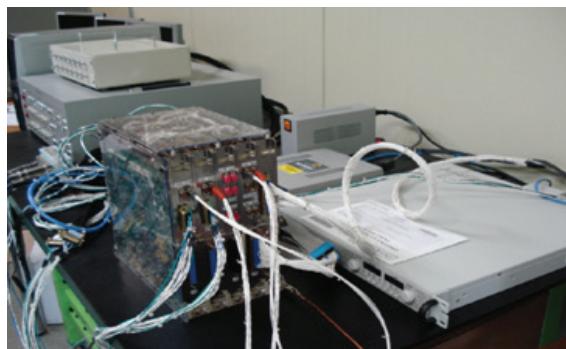
현재 비국산화품인 GPS수신기를 대체하기 위하여 GPS신호 뿐 아니라 Galileo 신호처리가 가능한 GPS/Galileo 복합수신기를 연구개발하고 있다.

성개발 및 운영 전반에 걸친 비행소프트웨어 기술을 제공한다. 위성비행소프트웨어 개발은 위성의 하드웨어 및 소프트웨어 구조, 지상에서의 위성운영, 위성의 자체적인 장애검출 및 복구기능, 위성상태 데이터분석에 관한 효과적인 성능향상에 기여하고 있다.

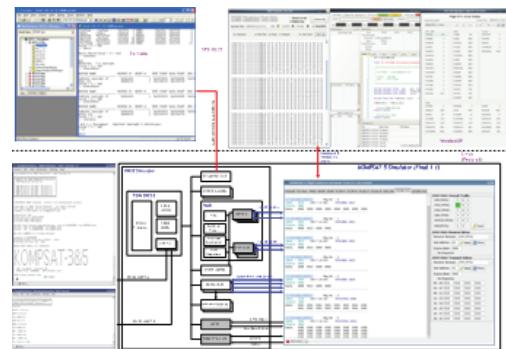
위성비행소프트웨어는 향후 임무를 위한 기술의 활용 가능성을 고려하여 구현하고 있으며, 이를 위해 위성비행소프트웨어 기술 개발에 있어서 비행소프트웨어와 관련된 고신뢰도의 시뮬레이션 시스템 개발을 수행하고 있다. 아리랑위성 1호와 2호의 개발을 통해 Intel 계열 CPU 기반의 소프트웨어 테스트베드(STB)를 구축하고 활용하는 기술을 확보하였으며, 아리랑위성 3호, 5호 및 3A호의 위성비행소프트웨어 개발환경으로 Sparc CPU 기반의 소

## VII. 위성비행소프트웨어

위성비행소프트웨어 분야는 위성의 하드웨어와 임무 탑재체 및 서브시스템이 통합되어 궤도상에서 위성임무를 수행할 수 있도록 위성에 탑재된다. 또한 초기 임무수행 환경 형성과 설계, 요구조건 분석, 개발, 검증 및 궤도상의 유지 보수를 포함한 위



[그림 8] Software Test Bed



[그림 9] 〈Flight Software Simulator〉

〈표 21〉 위성비행소프트웨어 기술수준

구분	아리랑위성 1호	아리랑위성 2호	아리랑위성 3호
운영체제	VRTX	VRTX	VxWorks
프로세서	80186	80386/80387	MCMERC32
프로세서 개수	3	3	1
Minor Cycle	250msec(4Hz)	250msec(4Hz)	125msec(8Hz)
인터페이스	Internal CPU Bus, 1553B	Internal CPU Bus, 1553B	SpaceWire, UART, 1553B

프트웨어 테스트베드 및 탑재 소프트웨어 시뮬레이터를 자체 기술 개발하여 활용하고 있다.

아리랑위성 1호와 2호의 경우 인텔계열의 프로세서인 80186과 80386을 각각 사용하였으며, 담당하는 기능별로 3개의 프로세서를 사용하였다. 아리랑위성 3호에서는 고성능 프로세서인 MCMERC32를 채택하여 1개의 프로세서를 사용하였다. 실시간 운영체제도 사용된 프로세서에 따라 1호와 2호에서는 VRTX를 사용하였으며, 3호에서는 VxWorks를 사용하였다. 아리랑위성 1호와 2호에서는 위성비행소프트웨어의 수행 주기가 4Hz 단위였으며, 3호에서는 8Hz 단위로 수행되어 보다 정밀한 기능 수행이 가능하다.

아울러, 검증된 위성비행소프트웨어의 재사용 및 적절한 기술 표준을 적용함과 동시에 가능한 검증된 상용제품을 사용함으로써 위성개발의 복잡도, 위험도, 비용 및 일정을 절감하는 노력을 하고 있으며, 향후 국내에서 추진 중인 저궤도 및 정지궤도 위성의 비행소프트웨어를 독자적으로 개발하기 위한 설계 및 검증 시스템 구축을 위한 연구를 수행하고 있다. 『』

# 우리나라 전자광학탑재체 기술의 현주소

강금실, 용상순, 이승훈  
한국항공우주연구원

## I. 서 론

인공위성은 위성이 운영되는 고도에 따라 저궤도, 중궤도 그리고 지구의 자전 속도와 동일하여 마치 정지한 것처럼 보이는 정지궤도 위성으로 나누어진다. 이러한 궤도는 위성의 임무 목적이나 지역, 정보의 시간해상도에 따라 결정되며 이에 따라 계획된 임무를 수행하게 된다. 그리고 인공위성의 정해진 임무를 수행하기 위하여 탑재체가 필요하게 된다. 즉, 통신을 위해서는 통신탑재체, 지구관측을 위해서는 전자광학탑재체, 전파영상탑재체, 적외선카메라, 기상관측을 위해서는 기상탑재체 등 그 목적에 따라 탑재체가 필요하게 된다. 러시아나 미국과 유럽 등 우주개발의 선진국에서는 1950년대부터 위성을 개발하여 여러 가지 목적의 수많은 위성을 개발하였고 현재까지도 활발히 진행하고 있다.

1990년초 과학실험위성으로 시작된 우리나라의 인공위성 개발은 2010년 6월에 성공적으로 발사한 정지궤도 통신해양기상위성인 천리안위성까지 지속적으로 발전하고 있으며 상용위성인 다목적실용위성(아리랑위성) 시리즈는 1999년에 발사되어 2007년까지 운영되었던 아리랑 1호, 현재 운영되고 있는 2호에 이어 3호가 2012년에 발사되었으며, 3A호와 5호 등이 개발 중에 있다.

탑재체는 인공위성을 구성하는 핵심부품 중의 하나이며 임무 자체를 수행하기 위해 개발되는 것이므로 탑재체를 위해 인공위성이 필요하다고 해도 과언이 아니다. 탑재체 기술은 궤도별로 다양하며, 관련 분야도 물리, 전자, 기계, 항공과 천문우주 등 전체 이·공학분야를 포괄한다. 이러한 탑재체들 가운데 우주에서 지구를 탐사한다는 의미로 위성원격탐사라 명명한 분야를 위한 탑재체는 과학기술의 발달과 더불어 더욱 상세한 정보를 빠른 시간에 습득 할 수 있게 되어 여러 분야로의 활용도가 높아져 소요가 증가하고 있으며 그 종류도 또한 다양하다. 인공위성 탑재체는 요구되는 임무에 따라 전자광학탑재체, 레이더, 영상레이더, 마이크로파 라디오미터, 통신탑재체, 항법탑재체 및 다양한 우주광학탑재체 등으로 분류된다. 우리나라의 경우 천리안위성, 과학위성 2호, 아리랑위성 5호 등의 개발을 통해 통신탑재체, 마이크로파 라디오미터 및 영상레이더 관련기술을 일부 확보하였다.

이글에서는 1999년 아리랑위성 1호의 개발로부터 본격적으로 시작된 우리나라의 전자광학탑재체 개발기술의 발전과 앞으로의 전망에 대해 정리하고자 하였다. 이글에서는 원격탐사를 위한 탑재체 들 가운데 광범위한 개발저변, 수신처리의 용이성, 운용의 간편성의 장점이 있으며 현재 국내 주도로 개발하고 있는 저궤도 전자광학탑재체를 예로 들어 탑재체 시스템 개념과 설계, 그리고 개발하기 위해 필요한 시설이나 장비 등, 개발에 대한 이해를 돋기 위해 전반적이고 기술적 내용을 정리하였다. 마지막으로 위성 전자광학탑재체들에 대한 국내외 개발 동향을 정리하고 향후 전망으로 마무리 하고자 하였다.

## II. 전자광학탑재체 기술분야

위성용 전자광학탑재체는 주로 육상/해양/대기

등의 지구관측과 원격탐사 분야에 이용되고 있다. 활용분야에 따라 저궤도에서 정찰 임무를 수행하는 고해상도 카메라에서부터 정지궤도에서 다채널로 해색을 관측하는 해양탑재체에 이르기까지 다양한 시스템이 개발되고 있다.

다음에는 이러한 탑재체를 개발하기 위해서 필요한 주요 기술들을 간단하게 기술하였다.

### ● 고해상도전자광학탑재체

- 고해상도 가시/근적외, 적외선 전자광학카메라 시스템 공학 기술 및 성능/환경 시험·검증기술
- 우주용 정밀/대구경 시스템 광학계 및 광구조 설계
- 초경량 고내구성 광학 및 구조 부품 가공/제작 기술
- 검출기 및 전자부 관련 설계/제작/시험기술
- 고속 데이터 처리/전송 기술 및 대용량 저장기술

### ● 다채널 전자광학탑재체

- 중해상도 가시/근적외, 적외선 전자광학시스템 공학 기술 및 성능/환경 시험·검증기술
- 정지궤도용 광학계 및 광구조 설계
- 초경량 고내구성 광학 및 구조 부품 가공/제작 기술
- 검출기 및 전자부 관련 설계/제작/시험기술
- 정지궤도용 고안정 구동부 설계/제작/시험기술
- 궤도상 복사보정 기술

### ● 초분광 전자광학탑재체

- 저해상도 자외/가시/근적외 초미세분광 전자광학 시스템 공학 기술 및 성능/환경 시험·검증 기술
- 정지궤도용 정밀/대구경 시스템 광학계 및 광구조 설계
- 초경량 고내구성 광학 및 구조 부품 가공/제작 기술

- 검출기 및 전자부 관련 설계/제작/시험기술
- 정지궤도용 고안정 구동부 설계/제작/시험기술
- 궤도상 복사/분광 보정 기술

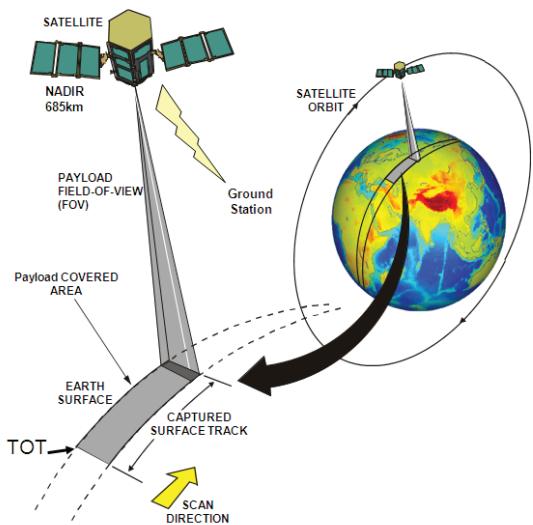
### III. 전자광학탑재체 설계 및 개발

다음에는 앞에서 설명한 여러 전자광학탑재체 기술 가운데 지구온난화, 환경오염이나 오존층 파괴 등에 기인한 지구환경변화로 인해 발생되는 여러 재해와 지구의 사막화 또는 전쟁시 정밀관측 등 필요성이나 활용도가 증가하고 있는 원격탐사용 저궤도 전자광학탑재체 시스템을 그 예로 하여 개발기술 등을 소개하고자 한다.

본 절에서는 저궤도 전자광학카메라의 시스템 개념, 설계, 구성과 내부 기술뿐만 아니라 이를 조립, 정렬과 시험하기 위한 장비나 시설 등 개발에 필요한 전반 기술에 대하여 정리하였다.

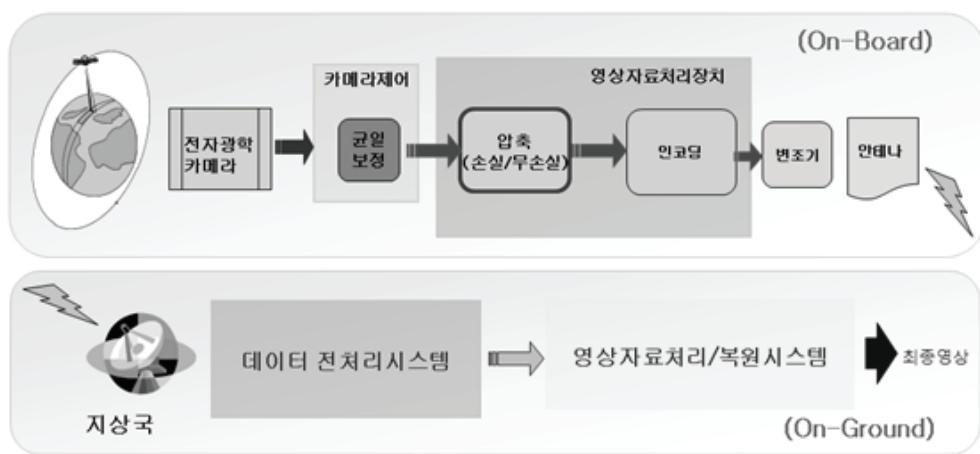
#### 1. 전자광학탑재체 시스템 개념

전자광학탑재체를 탑재한 대부분의 저궤도 지구 관측위성은 400 km에서 800 km 정도의 고도에서 좋은 입력신호를 제공하는 조건인 지구-태양궤



[그림 1] 전자광학탑재체 임무수행개념

도면과 지구-위성궤도면이 이루는 각이 항상 일정한 태양동기궤도로 운영하게 된다. 예를 들어 다목적 실용위성 2호의 경우는 685km 고도에서 경사 98.15도의 태양동기궤도이며 약 100분에 지구를 한바퀴 도는 속도로 하루에 약 열네번 지구를 공전한다. [그림 1]에 보인 것처럼 이 공전주기동안 위성이 원하는 목표물 위치를 통과할 때 영상을 촬영하여 저장하거나 처리한 후에 지상국으로 실시간 전송하게 된다.



[그림 2] 전자광학탑재체 영상자료생성 개념

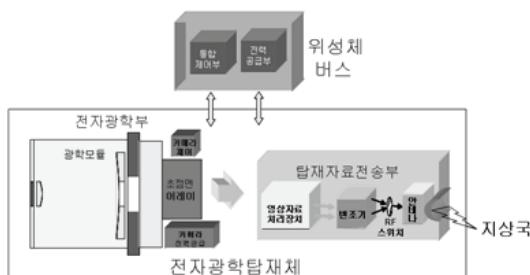
전자광학탑재체의 최종영상자료 생성까지의 과정은 [그림 2]에서 도식화하였다. 원하는 지역의 지구표면으로부터 반사된 광정보를 전자광학카메라에서 일차적으로 전자신호로 변환하여 탑재체의 임무를 시작하게 된다. 이 신호는 암신호보정, 균일보정 등 일련의 보정과정을 거친 후 영상자료처리장치로 전달되어 보조정보와 함께 압축, 포맷, 암호화 등의 단계로 처리된다.

이후 정해진 방식으로 변조되고 나서 안테나를 통해 지상국으로 전달되어진다. 이렇게 전달된 탑재체 데이터는 지상국내 전처리시스템을 통해 기본 자료로 재생된 후 영상자료처리와 복원시스템을 거쳐 최종영상자료가 최종사용자에게 전달되어진다.

상기에 설명한 임무수행개념이나 영상자료생성 개념을 다양하고 심도있게 분석하고 정리하여 전자광학탑재체 시스템 설계 초기단계인 요구조건 생성부터 정확하게 정의하고 이를 고려하여 개발을 진행하게 된다.

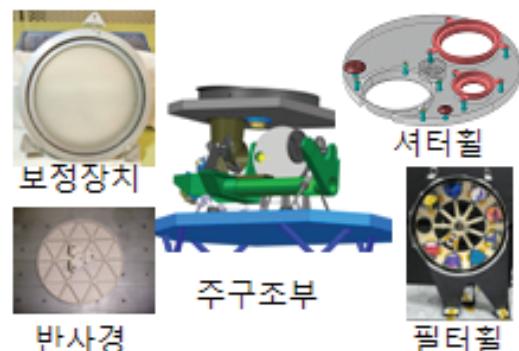
## 2. 전자광학탑재체 구성 및 기술

개념설명에서 표현된 내용처럼 전자광학탑재체는 영상정보가 있는 광영상을 전자신호로 변환하는 전자광학부와 변환된 전자신호를 지상국까지 전달하기 위한 탑재자료전송부로 구성되며 [그림 3]에 도식화하였고 다음부터 각 서브시스템에 대해서 간단하게 기술하였다.

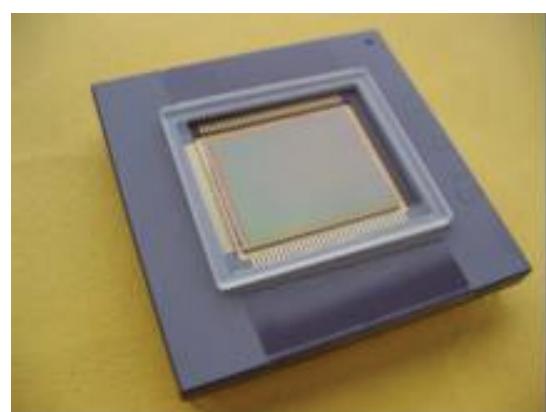


[그림 3] 전자광학탑재체 시스템 구성

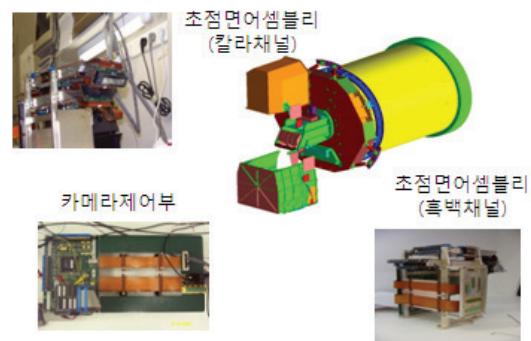
전자광학부는 광학신호를 다루기 위해 필요한 반사경과 렌즈 등 광학부품과 이를 지지하여 주는 광구조체로 이루어진 광학모듈([그림 4])과 초점면에서 입력되는 광신호를 전자신호로 바꾸어주는 검출기([그림 5])와 이를 구동하기 위한 전자부로 이루어



[그림 4] 광학모듈 구성



[그림 5] 검출기



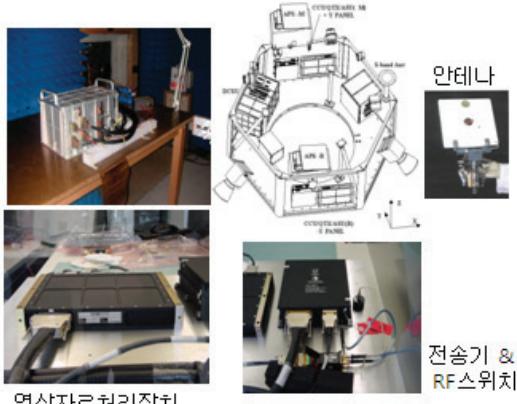
[그림 6] 카메라전자부 구성

진 초점면어셈블리가 있으며([그림 6]), 열제어, 초점 제어와 위성체와 통신하여 명령을 받고 원격데이터를 제공하는 카메라제어부가 있다.

위성용 전자광학부를 개발하기 위하여 필요한 기술을 부품별로 간단하게 정리하면 다음과 같으며 각 국가의 전자광학부에 대한 기술력은 이러한 기술들을 최상으로 구현하느냐를 기준으로 평가할 수 있다.

- 반사경은 고정밀 기술, 대구경 비구면 기술, 경량화 기술이 필요
- 광구조체는 열·습도에 대해 고안정화 기술, 경량화 기술, 고강성 기술이 필요
- 초점면어셈블리는 고속처리 기술, 저잡음 기술, 고효율 기술이 필요

탑재체자료전송부는 전자광학부에서 디지털화된 신호를 입력과 출력간의 차이를 극복하기 위하여 사용되는 압축, 데이터 저장, 자료 보호를 위한 암호화와 국제 표준인 CCSDS 포맷으로 인코딩하는 영상자료처리장치와 포맷된 자료를 L 밴드, X 밴드 등 요구되는 주파수 대역에서 QPSK, BSK 등으로 변조하여 주는 전송기와 변조된 신호를 지상국으로 전달하여 주는 안테나로 구성되어진다.



[그림 7] 탑재체자료전송부 구성

-영상자료처리장치는 고속처리기술, 대용량 저장 기술, 저전력 기술, 저잡음 기술, 고효율기술이 필요

-전송기는 고이득 기술과 열적 안정성 기술이 필요  
-안테나는 고이득 기술, 경량 기술, 저교란력 기술이 필요

### 3. 전자광학탑재체 개발장비 및 시설

실질적으로 전자광학탑재체 개발을 위해서는 다음 그림과 같은 과정을 거쳐 최종 시험검증이 완료된 비행모델이 완성된다.

상위 탑재체 시스템 규격이 결정되면, 이 규격은 서브시스템이나 부품 레벨의 요구규격으로 만들어져 이 레벨로 설계, 제작된다. 이렇게 제작된 부품이 요구되는 시험을 거쳐 비행모델로 검증받으면 광학모듈의 조립과 정렬을 위한 준비를 마치게 된다.

우선적으로 10,000 또는 100 class 이하의 청정도를 유치하는 청정항온항습시설과 조립/정렬/시험을 위한 시험대자체가 외부 진동외란으로 인한 영향이 없도록 특수 제작된 장비와 시설을 구축하여 정밀성을 보장한다. 이러한 환경 하에서 아래 그림의 대형정밀평면경(Flat Mirror)과 파면측정센서 또는 간섭계로 광구조체와 반사경의 정밀 조립과 정렬을 수행하게 되며, 그 첫단계로 주반사경의 성능과 광축 등을 측정한 후에 부반사경, 삼반사경 또는 렌즈 등을 단계별로 조립하여 초점면에서 파면오차 성능을 측정하여 최상의 성능을 갖도록 조립/정렬하여 광학모듈을 완성한다.

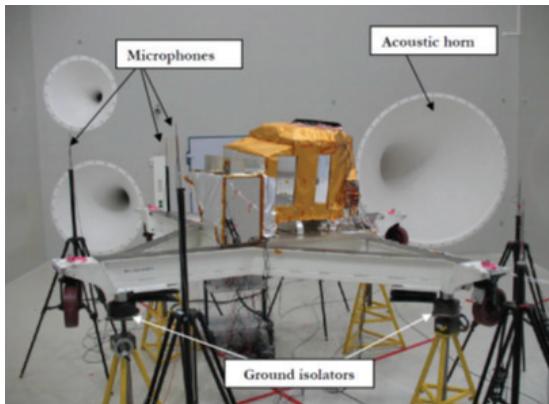
완성된 광학모듈은 카메라전자부의 초점면어셈블리와 조립하여 최상의 초점면에 위치하도록 정렬하게 된다. 이때 아래 그림과 같은 대형시준기(Collimator)와 정밀조정이 가능한 대형 짐벌스테이지, 6축정밀마운트 등을 사용하여 정렬한다.



[그림 8] 광학모듈 조립/정렬/시험 장비/시설



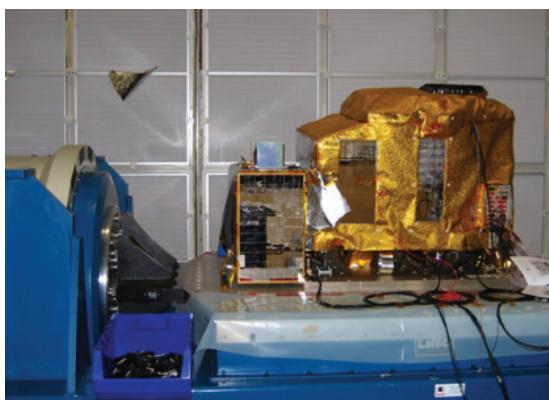
[그림 11] 열진공 시험 시설



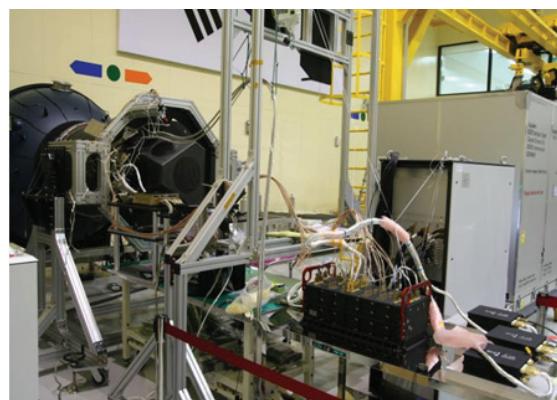
[그림 9] 소음시험시설



[그림 12] 기타 성능시험 & 특성보정



[그림 10] 진동시험시설



[그림 13] 전자광학탑재체 통합시험

상기의 정렬 과정을 수차례 반복하여 전자광학 카메라가 최상의 성능이 결과될 때 이 단계가 완료된다. 이후에는 위성 회사별 또는 위성 사업별로 상황에 따라 순서의 차이는 있으나 우주에서 겪게 될 여러 단계의 우주환경시험을 수행하게 된다. 첫 번째로 [그림 10]의 시험시설과 치구 등을 이용하여 발사환경인 진동시험을 수행한다. 진동시험 후 전자광학카메라를 기능시험과 정렬상태 점검시험을 통해 이상 유무를 확인하게 된다. 이후에는 우주환경 하에서 기능이나 성능의 변경 여부를 확인하기 위한 열진공시험을 수행하게 된다[그림 11].

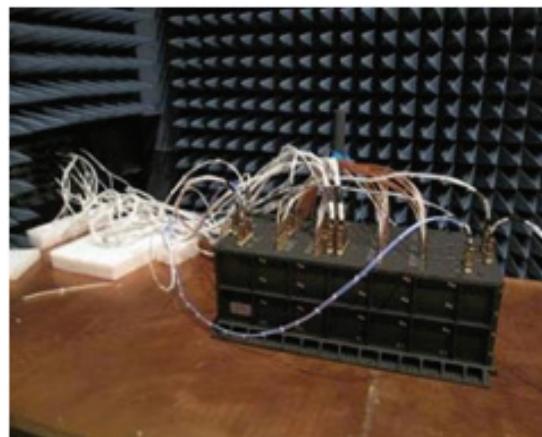
전자광학카메라가 우주에서 겪게 되는 진공하에서의 열변환 환경을 모사하며 성능시험을 수행한다. 그 때문에 열진공챔버뿐만 아니라 성능시험을 위하여 열센서나 특수 치구 등 여러 사전준비와 적분구(integrating sphere) 등 성능시험 시 필요한 장비들에 대한 사전점검이 필요하다. 다음 열진공 환경에서 성능점검이 완료된 후에는 대형 적분구를 이용한 선형성, 균일성 등 일부 성능시험과 분광 등 특성보정을 위한 시험들을 아래 그림과 같이 수행하며, 이 단계를 끝으로 전자광학부 단계의 시험은 마무리 되고 [그림 13]과 같이 탑재체 레벨의 통합 기능시험을 수행하여 최종적으로 전자광학탑재체의 이상유무를 확인한다.



[그림 14] 탑재체 영상체인 퀵룩시험장비

이러한 공식적으로 필요한 모든 시험을 완료한 후 우주에서 실제로 송신되는 영상출력과 영상이상 유무 등을 확인하기 위한 퀵룩시험을 수행하며 [그림 14]와 같다.

그 외에 우주에서 전자파환경에 노출되어도 정상 동작을 하는지 확인을 위한 전자파시험 있다. 전자광학카메라의 경우는 전자파 영향의 근원이 되는 카메라전자부 전자파 시험결과를 토대로 분석으로 검증하는 경우가 많다.



[그림 15] 전자파시험 장비 및 시설

## IV. 개발동향 및 국내 기술력

우리나라는 향후 2015년에는 세계 10위권의 선진우주국에 진입한다는 목표를 설정하고, 우주개발에 대한 국가적 차원의 정책추진방향과 함께 단계별 기술개발분야 및 전략에 대한 “우주개발중장기기본계획”을 수립하여 실천 중에 있다. 특히, 위성체 분야는 2015년까지 국내에서 수요가 예상되는 통신방송위성(무궁화위성) 5기, 다목적 실용위성(아리랑위성) 7기, 그리고 과학위성 7기 등 총 19기의 위성을 개발하고 국제공동위성개발사업에 주도적으로 참여하기 위한 기술개발 우선순위와 목표를 제시하고 매진중에 있다.

## 1. 국외동향

원격탐사용 전자광학탑재체는 활용정도를 고려하면 저, 중, 고해상도로 다양하게 요구되나 고해상도의 경우는 1m 이하의 작은 지상해상도의 정밀한 정보를 얻을 수 있는 대구경 고안정 저잡음의 탑재체를 요구하는 추세이다.

이러한 고성능 전자광학카메라 관련 기술은 기술이전을 통제하고 있으며, 대부분의 국가들은 개발기술을 철저히 비밀로 보호하고 있다. 최근까지 발사되어 운영되고 있는 고해상도 카메라의 개발 현황을 다음 <표 1>로 정리하였다.

다채널 전자광학탑재체는 저궤도와 정지궤도용으로 개발되며 육상, 해양 및 대기관측 등 지구관측을 위해 이용된다. 정지궤도용 다채널 전자광학탑재체는 주로 기상탑관측을 목적으로 개발되어 왔으나, 2010년 6월 발사에 성공한 천리안위성에 탑재된 해양관측 임무를 위한 8채널 광학탑재체가 개발되면서 그 활용분야가 확장되고 있다. 저궤도 다채널 전자광학탑재체의 개발현황은 <표 2>에 정리하였다. 관측 임무에 따라 개발된 탑재체의 채널 수, 해상도 등 요구되는 성능이 매우 다양한 특성을 보인다.

초분광 전자광학탑재체는 회절광학계 혹은 FTs (Fourier Transform Spectrometer) 방식으로 개발되며 수백에서 수천의 채널을 갖는다. 초분광 탑재체는 주로 저궤도용으로 개발되었으며, 개발현황은 <표 3>에 요약하였다. 육상관측용 초분광 탑재체의 경우 해상도가 30m인 경우도 있으나, 대부분의 경우 대기관측용으로 개발되고 있으며 수십 km 수준의 해상도를 갖는다.

적외선 대역의 대구경 카메라는 미국을 비롯 한 선진국에서는 국가안보 분야에 활용되고 있으며

<표 1> 저궤도 고해상도카메라의 개발 현황

위성	운영기관	해상도 (흑백/칼라)	발사일
IKNOS2	Space Imaging	1m/4m	1999년
QuickBird2	DigitalGlobe	0.61m/2.44m	2001년
EROS-A1	IAI	1.8m/-	2001년
SPOT5	CNES	2.5m/10m	2002년
Orbview3	ORBIMAGE	1m/4m	2003년
EROS-B1	IAI	1m/-	2003년
IGS-1A	Japan	1m/4m	2003년
IGS-3A	Japan	1m/4m	2006년
RESUS-DK	Russia	1m/2m	2006년
KOMPSAT2	KARI	1m/4m	2006년
IGS-4A	Japan	0.6m	2007년
Worldview1	DigitalGlobe	0.5m	2007년
GeoEye1	Geoeye	0.4m	2008년
CartoSat2A	India	1m	2008년
IGS-5A	Japan	0.6m	2009년
CartoSat2B	India	1m	2010년
Worldview2	DigitalGlobe	0.4m	2009년

<표 2> 저궤도 다채널 전자광학탑재체 개발현황

탑재체/위성	운영기관	임무/ 해상도 (VIS 기준)	발사일
TM/Landsat 4	NASA	Land/30m	1982년
LISS-3/IRS-1C	India	Land/23.5m	1995년
HRVIR/SPOT-4	CNES	Land/10m	1998년
ASTER/EOS-Terra	NASA	Land/15m	1999년
ETM/Landsat-7	NASA	Land/15m	1999년
ALI/NMP EO-1	NASA	Land/10m	2000년
AWiFS/IRS-P6	India	Land/56m	2003년
KMSS/Meteor-M	Russia	Multi/1km	2008년
AATSR/ERS-1	ESA	Multi/1km	1991년
SeaWiFS/SeaStar	NASA	Ocean/1.1km	1997년
MODIS/EOS-Terra	NASA	Multi/500m	1999년
MERIS/Envisat	ESA	Multi/300m	2002년
VIIRS/NPP	NOAA/ NASA	Multi/400m	2011년

〈표 3〉 저궤도 초분광 전자광학탐재체 개발현황

탐재체/위성	운영기관	임무/ 해상도/ 채널수	발사일
Hyperion/ NMP EO-1	NASA	Land/30m /220	2000
GOMOS/ Envisat	ESA	대기(오존)/ 300km(limb)/ 1000	2002
AIRS/ EOS-Aqua	NASA	대기(오존)/ 13.5km/2378	2002
OMI/ EOS-Aura	NASA	대기(오존)/ 13km/1560	2004
TES/ EOS-Aura	NASA	대기/ 0.53km/40540	2004
GOME-2/ MetOp1	EUMETSAT	대기(오존)/ 40km/4096	2006
IASA/ MetOp1	EUMETSAT	대기(오존)/ 24km/8461	2006
OCO/OCO	NASA	CO2/1.29km/ 3000	2009
CrlS/NPP	NOAA/ NASA	대기(오존)/ 16km/1300	2011

〈표 4〉 국내 저궤도위성용 전자광학탐재체 현황

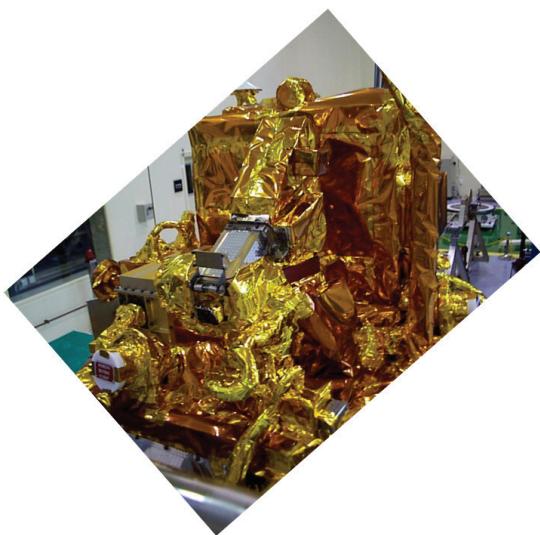
궤도	위성명	해상도 (흑백/칼라)	발사년	비고
실용 위성	아리랑1호	6.6m	1999년	공동개발 (미국 TRW)
	아리랑2호	1m/4m	2006년	공동개발 (이스라엘 ELOP)
	아리랑3호	서브미터급	2012년	국내주도개발
	아리랑3A호	서브미터급	2013년	국내주도개발
과학 위성	우리별1호	4km/400m	1992년	공동개발 (영국 Surrey대)
	우리별2호	2km/200m	1993년	독자개발
	우리별3호	13.5m	1999년	공동개발 (남아공 Stellenbosch대)

관련 기술에 대해서는 공개조차 기피하고 있다. 이와 유사한 기술을 활용하는 기상위성은 미국에서 1966년 발사한 ATS 아래 최근까지 160여개의 기상위성이 발사되어 운영 중에 있다. 그 중 28개는 정지궤도기상위성으로 미국의 GOES 시리즈가 있으며, 유럽기상기구(EUMETSAT)에서 현재 운용중인 METEOSAT 시리즈와 후속 모델로 MSG (Meteosat Second Generation)라는 차세대 기상위성으로 운용중에 있다. 일본의 GMS나 MTSAT과 인도의 INSAT 등이 기상위성이며, 그 외 저궤도 기상위성은 미국의 NOAA, DMSP, TRMM, EOS-AM(Terra) 위성 외에 러시아, 유럽 국가 등이 운영하고 있다.

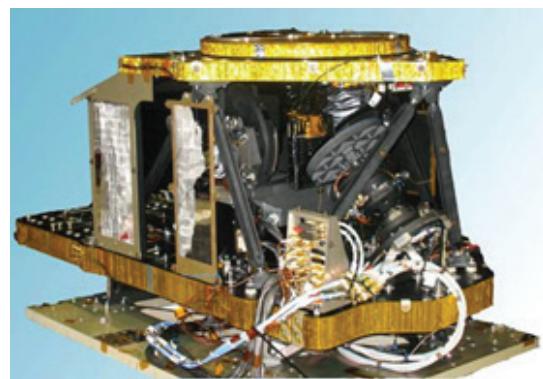
## 2. 국내동향

국내에서는 1992년 9월 실험용 소형 과학위성인 우리별 1호가 발사한 아래 이듬해인 1993년에 우리별 1호 개발을 통해 획득한 기술을 활용해 우리별 2호를 국내에서 개발하여 발사 성공하였다. 방송통신위성의 경우도 수요가 급증하며 1991년부터 본격적으로 무궁화사업을 시작하여 1995년에 우리나라 최초의 상용 방송통신 위성을 발사하여 운용을 시작하였다. 상용 실용급 위성인 아리랑위성은 1994년에 1호 개발을 착수하여 1999년에 발사성공으로 지구관측을 시작하였다. 현재까지 개발 발사된 저궤도위성용 국내 지구관측 위성은 실용급위성과 과학연구위성으로 대별되며 각 위성에 탑재된 전자광학카메라를 〈표 4〉에 정리하였다

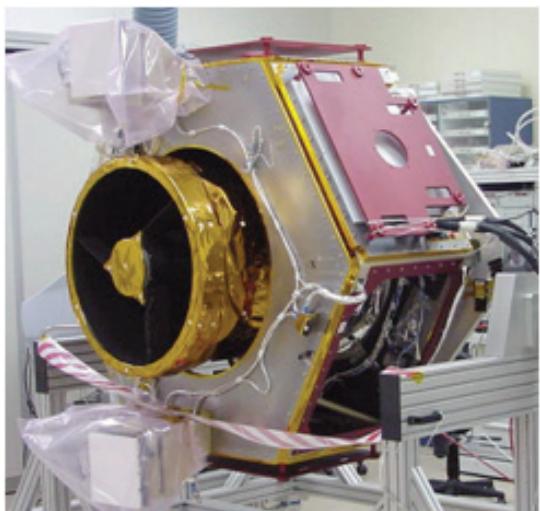
아리랑위성은 시리즈는 1m 해상도보다 더 향상된 성능을 가지는 3호가 국내 주도로 개발되어 우주에서 운영중에 있고, 3A호는 개발 중에 있다. 세트렉아이(주)에서는 말레이시아와 아랍연합로부터 전자광학카메라가 장착된 위성 사업을 수주, 발사에 성공하여 그 후속사업을 진행 중에 있다. 2010



[그림 16] 아리랑 1호 전자광학탑재체



[그림 18] 천리안위성에 탑재체 해양탑재체



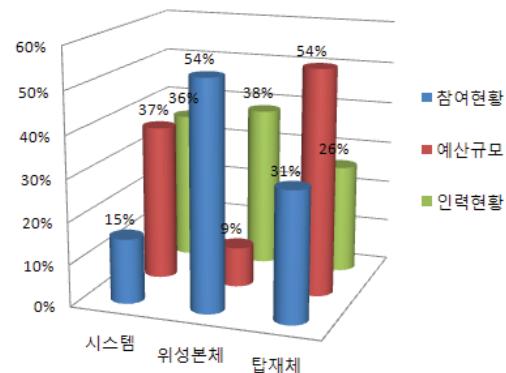
[그림 17] 아리랑 2호 전자광학탑재체

년 발사된 정지궤도 천리안위성에는 기상과 해양관측 임무를 수행하는 두 개의 전자광학탑재체가 탑재되어 있다. 기상탑재체는 네 개의 적외선 채널과 한 개의 가시광선 채널을 갖는 탑재체로서, 해외구매 형식으로 도입하였다. 해양탑재체는 아스트로롭스(프)와의 공동개발 통하여 개발되었으며, 세계 최초

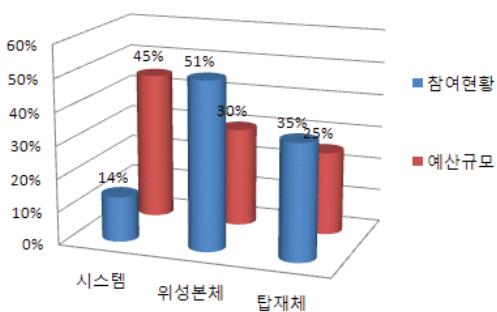
로 정지궤도에서 해양관측 임무를 수행하는 다채널 전자광학탑재체이다.

국내 위성산업을 포함한 우주산업의 현황을 파악하기 위하여 2009년과 2011년에 조사된 국내 우주산업실태조사 결과는 [그림 19], [그림 20]과 같다.

여기서 위성산업현황은 시스템, 위성본체와 탑재체 세부분으로 나뉘어 조사되었고, 탑재체의 경우 2009년도에 비해 참여현황은 유지되고 있는 반면 개발단계가 탑재체 개발이 완료되어 새로운 탑재체가 시작되는 이유로 예산 규모에 변동이 있음을 알 수 있었다.



[그림 19] 국내우주산업실태 조사 현황(2009)



[그림 20] 국내우주산업실태 조사 현황(2011)

### 3. 향후 전망

우리나라 인공위성 분야는 후발주자로 위성개발을 시작하여 기술수준 측면에서는 미국, 러시아, 유럽국가 연합(프랑스, 영국, 독일, 이태리 등), 일본, 캐나다 등의 선진국과 아직도 격차가 있으며 탑재체 부분에 대해서는 더욱 어려운 실정이다.

현재 국내 개발 기술수준은 탑재체 분야에 따라 차이가 있으나 우주과학탑재체나 중, 고해상도 전자광학카메라의 경우는 국내독자 또는 국내주도로 개발할 수 있는 능력은 충분히 보유하고 있다고 판단되며, 특히 일부 정밀기계 및 전자분야 제조기술은 국제적으로도 인정을 받고 있다. 그러나 아직은 설계기술, 초정밀/고신뢰 제작기술 및 시험기술에서 연구 개발하여야 할 내용들이 많이 있다. 그리고 탑재체 개발에 있어 핵심 기술은 시스템 통합능력이며 소요되는 수많은 부품을 자체적으로 모두 개발한다는 것 보다는 오히려 수출규제 문제에 따른 전략적 부품이나 선진국과 경쟁력이 있는 품목에 대해서만 개발하고 나머지 품목은 구매를 통해 확보하여 전략적이고 효율적으로 탑재체 시스템 개발 능력을 확보하는 것이 바람직하며 아리랑 위성의 탑재체는 이런 형태로 개발 중이다.

우리 나라의 전반적인 탑재체 개발 부품제작 기술수준은 선진국 대비 중간정도이나 국내주도 개발과 핵심부품 개발을 병행하여 기술 수준을 향상하여 국내 소요를 위해 필요한 탑재체의 자체 조달뿐만 아니라 수출까지도 가능한 경쟁력을 갖도록 노력 중이다.

## V. 결 론

인공위성을 통해 얻는 통신, TV 시청, 네비게이션, 날씨예보, 환경변화 관측 등 다양한 서비스는 우리 일상생활에 꼭 필요한 중요한 부분이 되어가고 있다. 이러한 서비스는 위성통신방송탑재체, 위성위치측정시스템(GPS) 탑재체, 기상탑재체, 환경탑재체, 해양탑재체 등 다양한 위성용 탑재체로부터 습득된 정보로 이루어지게 된다.

우주에서 사용되는 위성탑재체 기술은 혹독한 우주환경에서 높은 신뢰도를 갖고 작동되기 때문에 여러 방면의 과학 및 기술을 조합하는 대단히 정교하고 고유한 기술이라 할 수 있으며 이러한 기술을 개발하고 증진하는 노력은 재료, 컴퓨터, 전자공학, 통신 및 정보처리와 같은 분야의 새로운 산업기술을 유발할 수 있다. 이는 이러한 기술을 사용하여 새로운 산업분야를 도출할 것이 기대된다.

국내의 위성용 전자광학탑재체분야는 아리랑위성 사업을 통해 개발된 대구경 고정밀 전자광학탑재체, 과학실험용으로 개발된 여러 가지 우주과학탑재체와 정지궤도 천리안위성의 해양탑재체 개발사업 등을 통해 주로 시스템을 통합하는 체계종합기술이 확보된 상황이며 민수용으로는 최고 수준으로 평가되었다. 이를 확대하고 도약하기 위하여서는 기초연구나 중점연구를 통해 중요한 핵심기술을 확보하여 현재 기술의 수준을 높일 뿐만 아니라 산업체로 전파하는 과정이 꾸준하게 이루어진다면 국

내 위성의 탑재체 수급뿐만 아니라 수출까지도 확대가 가능하여 우주로 향하는 미래 기술의 선도자가 될 것으로 기대한다. ■■■

### ❖ 참고 문 헌 ❖

- [1] 용상순, “저궤도위성 탑재체기술과 국내개발”, 전자공학회지, pp1181-1193, 전자공학회, 2010.
- [2] 교육과학기술부, 국가우주기술전략지도:“탑재체분야” 2008.
- [3] 과학기술부, 국가우주기술전략지도 2단계: 핵심별 기술지도, “위성탑재체기술” 2002. 12.
- [4] Wiley J.Larson and James R Wertz, “Space mission Analysis and Design”, 2nd ed. Micrsim inc, 1992.
- [5] 연정흠, 김성희, 고대호, 이승훈, 용상순, “환경감시 탑재체 개발 동향”, 항공우주산업기술동향 7권1호, pp.79-88, 한국항공우주연구원, 2009.
- [6] 장홍술, 이응식, 정대준, 육영춘, 이덕규, 이승훈, “고해상도 과학탑재체용 광구조부품 국내기술 동향”, 항공우주산업기술동향 5권2호, pp.51-57, 한국항공우주연구원, 2007.
- [7] 윤보열, 이광재, 김윤수, 김용승, “SAR 지구관측 위성의 개발 동향”, 항공우주산업기술동향 4권2호, pp.40-48, 한국항공우주연구원, 2006.
- [8] 교육과학기술부, 2009 우주산업실태조사, 2009
- [9] 교육과학기술부, 2011 우주산업실태조사, 2011
- [10] <http://www.kari.re.kr/>
- [11] <http://geoeye.com/>
- [12] <http://www.wikipedia.org/>
- [13] <http://satrec.kaist.ac.kr/>

# 지상국 시설의 해외수출은 가능한가

안상일, 박덕종  
한국항공우주연구원

## I. 서론

아리랑위성3호의 발사와 초기운영이 성공적으로 이루어지고 있다. 이러한 성공적인 지상에서의 확인업무 수행과정에는 아리랑위성 1호부터 시작한 개발 경험 및 관련 기술이 축적된 것이라는 것은 분명한 사실이다. 아리랑위성1호, 2호에 비교하여, 현재의 지상국관련 시스템, 즉, 위성 지상시스템을 보더라도, 과거에 비해서 매우 안정성, 성능, 신뢰도가 높아졌을 뿐만 아니라, 종류도 다양하게 발전되어 왔다.

이제 지상시스템 분야는 단순한 국내수요의 충족을 넘어서, 해외수출이라는 상용화 부분으로의 가능성을 확인하고 필요한 내용들을 준비해야하는 시점이라 판단된다.

보통 지상국이라 부르는 것을 요즈음에는 지상시스템이란 용어로 많이 칭하고 있다. 이런 지상시스템은 기차, 비행기, 로켓, 위성 등 어떤 대상을 다루는 가에 따라, 발사통제시설, 공항관제시설, 등과 같이 다양하게 명칭으로 불리고 있다. 그러나 기술적인 측면에서 본다면 명칭은 서로 다르다 하더라도 공통적인 기술요소들은 많다고 볼 수 있다.

위성은 종류 및 응용분야에 따라 관측위성, 과학위성, 기상위성, 통신위성, 항법위성 등으로 다양하게 분류될 수 있다. 이러한 다양한 위성의 특성에 따라, 지상시스템의 구성 또한 다양한 형태로 구성되고 그 목적에 따라, 특정 구성요소의 기능이 강조된다고 볼 수 있다.

그러나, 지상시스템의 구성을 기능상으로 본다면, 위성을 관제하는 관제시스템, 위성에 탑재된 탑재체의 데이터 처리 시스템, 그리고 위성과 통신을 하기 위한 안테나와 같은 위성통신 시스템으로 구분할 수 있다.

## II. 아리랑위성 3호 지상시스템

아리랑위성3호의 관제 운영시설은 크게 위성운영부시스템, 임무계획부시스템, 궤도역학부시스템, 시뮬레이터로 구성이 된다. 다른 나라의 관제시스템도 대부분 동일한 구성으로 이루어진다.

위성운영부시스템(SOS: Satellite Operation Subsystem)은 기본적으로 아리랑위성3호의 상태데이터를 안테나사이트로부터 네트워크를 통해 받아 위성의 상태를 실시간 처리하여 확인하고, 표시하며, 정상상태유무를 운영자에게 알려주는 기능을 수행하고, 아리랑위성3호에 전송될 임무 명령어를 생성하고 전송하는 기능을 제공한다. 아리랑위성1호, 2호 사업을 통해 축적된 기술력으로 국산화가 이루어진 부분이다.

임무계획부시스템(MPS: Mission Planning Subsystem)은 아리랑위성3호 AEISS 탑재체 임무 및 수행코자 하는 패스 계획 기능을 수행하며, 또한 안정적인 데이터획득 및 전송을 위해 필요한 위성체 및 탑재 안테나의 구동 데이터 생성 기능을 수행

한다. 정밀한 위성체 및 탑재안테나의 구동은 임무 성공에 있어 필수적인 요소이다. 비행역학부시스템(FDS: Flight Dynamics Subsystem)은 아리랑위성3호의 궤도 결정 및 예측, 궤도 조정 계획의 기능을 수행한다. 발사 후 초기운영 기간 동안 위성에 지상에서 측정한 자동추적데이터 및 레인징 측정 데이터를 이용하여, 정상운영 기간에는, GPS 수신기 데이터를 이용한다. 이 부분의 기능은 기존 아리랑위성 1, 2호의 검증된 FDS 기능에 바탕으로 개발하였다. 초기운영기간동안 성능상의 검증은 충분히 이루어졌다. 시뮬레이터(SIM: Simulator)는 명령어 검증 및 운영자 훈련 목적으로 활용된다. 위성에 임무 명령을 보내기 전에 SIM을 이용하여, 사전에 보냄으로써, 위성 운영에 있어 안정성을 도모할 수 있으며, 신규 운영요원에 대한 교육 훈련시에도 실제 위성 대신, 위성의 여러 반응을 모의할 수 있는 장점이 있다.

〈표 1〉은 아리랑위성 3호 관제시스템 S/W의 주요기능과 대표적인 사용자 화면을 보이고 있다.

아리랑위성 3호의 수신처리시스템의 구성은 크게 직저장부시스템, 영상수집계획부시스템, 제품관리부시스템, 사용자접속부시스템으로 구성되어 있다.

직저장부시스템(DIS: Direct Ingestion Subsystem)은 3호 탑재체데이터를 수신처리하여 직저장하는 기능을 수행한다. 아리랑위성3호의 영상데이터는 세계적인 수준의 고해상도 데이터를 전송하는 특성에 따라, 640Mbps급의 데이터를 전송한다. 사용하는 주파수대가 갖는 국제규격의 한계에 따라, 우선회편파 및 좌선회편파에 각각 320Mbps의 데이터를 전송하며, 각 편파에 대해 I-Q채널 독립적인 데이터에 대해, QPSK 변조되어 전송된다. 따라서 DIS는 아리랑위성 3호를 안정적으로 수신하기 위해, 4개의 채널에 대해, 동시에 데이터를 저

〈표 1〉 아리랑위성 3호 관제시스템 S/W의 주요기능과 대표적인 사용자 화면

구성 요소	주요 기능	GUI
SOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Telemetry Reception and Processing</li> <li>- Telemetry Replay and Trend Analysis</li> <li>- Command Plan Generation and Management</li> <li>- Command Encryption</li> </ul>	
MPS	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mission Planning &amp; Scheduling</li> <li>- Pass Planning</li> <li>- Guidance Profile Generation</li> <li>- S/C X-band Antenna Pointing Data Generation</li> <li>- Communication Coverage Analysis</li> </ul>	
FDS	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Orbit Determination and Orbit Prediction</li> <li>- Orbit Maneuver Planning and Fuel Accounting</li> </ul>	
SIM	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Real-time Static Simulation</li> <li>- Command Verification &amp; Operator Training</li> </ul>	

장하는 기능이 있으며, 2호 DIS에서는 CCSDS 처리를 S/W적으만 수행했으나, 3호에서는 FPGA를 이용하여 CCSDS 처리를 하는 기능을 보강한 점이 개선된 부분으로 초기 운영기간동안 이 기능에 대한 검증은 성공적으로 수행되었다.

영상수집계획부시스템(ICPS: Image Collection Planning Subsystem)는 아리랑위성 3호 탑재체를 이용한 영상수집기능을 수행한다. 영상수집계획을 위해 기본적으로 궤도전파 가능 및 UIS에서 오는 ICR과 버스 운영사이에 발생하는 conflict

를 해결하며, 탑재체 운영에 고려되는 암호와 압축 비율에 관한 값도 정의한다.

제품관리부시스템(PMS: Product Management Subsystem)는 DIS에 저장된 아리랑위성3호 LOF 파일로 부터 L0와 카탈로그를 생성하며, 영상처리에 필요한 보조파일들을 함께 생성한다. 가장 중요한 표준 영상제품인 복사처리제품, 기하처리 제품의 생성 기능을 수행한다. 또한 카탈로그와 데이터의 아카이브 관리를 수행한다.

사용자접속부시스템(UIS: User Interface Sub-system)는 사용자주문관리기능을 수행한다. UIS 운영자를 위한 윈도우 기반 응용프로그램과 외부사용자를 위한 웹기반 사용자 응용 프로그램을 제공한다. Archive Order(AO)와 New Task Order(NTO)를 수신하여 처리하고 그 결과를 알려주는 기능을 수행한다.

〈표 2〉는 아리랑위성3호 수신시스템 S/W의 주요기능과 대표적인 사용자 화면을 보이고 있다.

위성과의 통신시설은 대전에 위치한다. 아리랑위성 3호 임무용으로 사용하는 것은 관제 및 데이터 수신용으로 둘 다 사용 가능한 13미터, 7미터 안테나 시스템이 있다. 13미터 안테나는 미국 L3사로부터 수신전용안테나로 도입된 후, 항우연에서 지속적으로 개량/개선을 수행하였으며, 필요한 감시제어용 C&M 기능을 자체 구축하여 사용해오고 있다. 7미터 안테나는 미국의 ViaSat사를 통해 도입된 시스템이다. 아리랑위성3호의 DIS는 13미터 안테나 및 7미터 안테나, 두 곳에서 동시에 데이터를

〈표 2〉 아리랑위성 3호 수신처리시스템 S/W의 주요기능과 대표적인 사용자 화면

구성 요소	주요 기능	GUI
UIS	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Catalog Search (Window app, Web)</li> <li>- Order Ingestion (AO, NTO)</li> <li>- Order Management</li> <li>- Catalog Import/Export</li> </ul>	
ICPS	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Image Collection Planning per ICR from UIS</li> <li>- Conflict resolution between request and bus operation</li> <li>- Generate one image collection plan</li> <li>- Payload Operation Parameter Management</li> </ul>	
DIS	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Direct Ingestion of K3 bitstream</li> <li>- Real-time data quality check</li> <li>- C&amp;M</li> <li>- Moving Window Display</li> </ul>	
PMS	<ul style="list-style-type: none"> <li>- L0 and Catalog generation</li> <li>- Ancillary generation</li> <li>- Standard 1R, 1G generation</li> <li>- Archive Management</li> </ul>	

수신할 수 있도록 수신채널이 구성되었다.

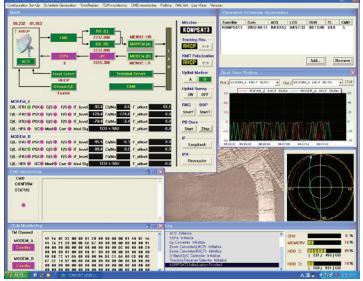
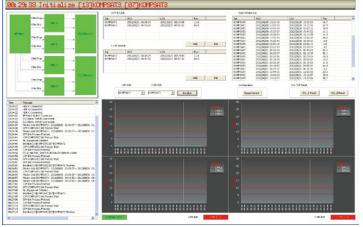
아리랑위성 3호의 발사후 초기운영을 통해 구축된 위성통신 안테나 시스템들이 3호와 S-Band, X-Band 모두 완벽하게 호환되는 것을 확인할 수 있었다.

〈표 3〉은 아리랑위성3호 위성통신 안테나 시스템의 주요기능을 보이고 있다.

### III. 상용화 추진 방향 제안

아리랑위성3호의 발사 후 초기운영을 통해 3호 지상시스템들이 운영상 그 기능 및 요구되는 성능에 대한 확인이 이루어졌고, 이를 통해, 아리랑위성 3호의 운영을 위해서는 현재의 3호 지상시스템의 그 기능이 충분히 제공함을 확인하였다.

〈표 3〉 아리랑위성 3호 위성통신 안테나 시스템의 주요기능

구성 요소	주요 기능	GUI
K13	<ul style="list-style-type: none"> <li>- K3 S-Band Uplink/Downlink/Ranging</li> <li>- K3 X-Band downlink signal receiving</li> <li>- S-Band/X-Band Auto-track</li> </ul>	
K07	<ul style="list-style-type: none"> <li>- K3 S-Band Uplink/Downlink/Ranging</li> <li>- K3 X-Band downlink signal receiving</li> <li>- S-Band/X-Band Auto-track</li> </ul>	
C&M	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Antenna Scheduling</li> <li>- Remote Operation</li> </ul>	
DMOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Data Acquisition Chain Management</li> <li>- Redundancy Operation</li> </ul>	

요구되는 기능 및 성능을 만족한다고 하여, 모든 시스템이 상용화가 가능하다고 말하기는 어려울 것으로 생각된다. 무엇보다도, 지상시스템의 상용화를 통해 해외 수출의 가능성은 타진해 볼 때, 구매하는 사용자의 시각에서 바라볼 필요성이 있다. 상용화 대상은 당연히 구매자 입장에서 구매하고 싶을 정도의 매력적인 내용을 갖고 있어야 하며, 다른 곳에서는 구매할 수 없는 차별화된 독특한 특성을 갖고 있어야만 한다. 두 특성이 공통으로 연결된다면 더욱 시너지를 얻을 것으로 생각된다.

상용화 대상은 크게 제품과 서비스로 구분할 수 있다.

다른 곳에서 구매할 수 없는 제품으로는, 유니크한 탑재체에 해당되는 아리랑위성3호 처리시스템이라 볼 수 있다. 즉, 3호 AEISS 탑재체 처리를 위해 국내 개발된 데이터 영상처리시스템이 좋은 예가 될 수 있다. 해외 어느 전문기관이라 하더라도 3호 탑재체 처리시스템을 개발하는 것은 쉽지 않다. 따라서 이 부분은 공급자가 우위를 갖는 상용화 아이템이라 할 수 있다. 즉, 해외에서 3호 영상에 대한 직수신을 원하는 사용자가 있다면, 이 시스템은 상당히 경쟁력이 있는 부분이라 할 수 있다.

탑재체 전용 처리시스템을 제외한 부분은 독점적 성격이 상대적으로 약한 부분임에 따라, 반드시 다른 면에서 매력적인 요소들을 제공할 수 있어야 한다. 매력적인 요소는 가격, 성능, 공급기간, 사후 서비스, 사용자편의성, 선택사항 등을 들 수 있다.

지상시스템의 상용화를 이미 수행하고 있는 외국의 사례를 보면, 분야별로, 상용화를 전문업체가 시도하고 있다. 위성운영부시스템 분야에 대해서는, 미국의 Integral사가 대표적이다. Integral system사의 경우, EPOCH IPS 제품군이라는 보유하여 13종류의 상세 제품을 판매하고 있다. 궤도

역학에 대해서는, 또한 미국의 AGI사에서, STK라는 강력한 COTS를 시장에 내놓고 있다. 직수신저 장시스템의 경우, 노르웨이 KSAT에서도 MEOS라는 제품군을 시장에 내놓고 있다.

여러 요소를 고려할 경우, 안테나시스템, 데이터 저장시스템, 실시간운영시스템, 비실시간위성상태분석시스템 정도가 우리나라에서 상대적으로 시장 경쟁력을 갖출 수 있는 제품 영역으로 파악된다.

안테나시스템의 경우, 국내 전문업체인 하이게인사에서 이미 다양한 주파수대역에 대해, 다양한 크기의 시스템을 성공적으로 제작하여 납품한 실적이 있으며, MTG사는 3미터 이하의 소형 시스템에 대해, 성공적으로 개발한 경험을 갖고 있다. 하이게인사에서 제작한 항우연 소재 9미터 안테나의 경우, 아리랑위성 1호, 2호 운영에 주로 활용되어, 성능상 겸증된 바가 있으며, 천리안위성용 13미터급 안테나도 제작하여, 지금까지 완전하게 운영되고 있다. MTG사의 경우도, 1.5, 2.4미터급의 S/X밴드 소형 안테나를 제작하여, 항우연에서 운영 중이다.

미국의 ViaSat L3-com, Vertex 사의 여러 모델과 비교해 볼 때, 가격적인 경쟁력은 충분하다고 판단된다. 일본의 경우, NEC같은 곳에서 자국 내부 소요의 충족을 위해, 대형 안테나시스템을 제작하나, 그 비용이 비싸서 해외수출모델로는 가격 경쟁력이 부족한 것으로 보인다.

아리랑위성의 원격감시제어 S/W의 경우, 안테나 제작사가 아닌, 전문 S/W업체와 함께 항우연, 전통연에서 설계, 개발하여 운영해온 경험이 있다.

국내 안테나제작사와 M&C S/W제작사의 협업을 통해 제품군을 만든다면, 수입대체 효과 및 해외 수출까지 가능할 것으로 전망된다.



[그림 1] 국산화 안테나 형상

[그림 1]은 국내에서 국산화한 안테나 시스템의 모습을 보이고 있다.

데이터 직저장시스템의 경우, 상당수의 위성 탑재체 데이터 전송 포맷이 국제표준인 CCSDS 권고안을 따른다는 점을 고려할 경우, 일반적인 탑재체 데이터 처리 직저장시스템으로서의 상품화 가능성이 높은 부분이라 볼 수 있다. 아리랑위성3호 DIS 개발 시에, 항우연에서, 국내업체를 통해 CCSDS 표준 데이터처리가 가능한 수신저장카드를 국산화 한 성공적인 경험이 있다. 현재 개발한 것은 채널당 200Mbps급의 실시간 처리가 가능하다. 세계적인 고해상도 데이터 전송시스템의 발전 추세를 고려해 보면, 채널당 최대 320Mbps 이상의 처리속도가 제공된다면 훨씬 더 매력적인 상품이 될 수 있을 것으로 판단된다.

데이터 직저장시스템의 상용화를 위한 최소 규격은 다음과 같다.

- CCSDS 채널 표준 처리
- 고속 프레임동기화, de-randomizing, RS decoding
- 채널당 최대 320Mbps 처리
- GUI 인터페이스
- VCDU 및 ISP 레벨 처리
- 다중채널위한 확장성 제공

위성의 실시간 운영을 위한 필요한 시스템도 하나의 제품으로 상용화가 가능한 상품성이 있는 부분으로 판단된다. 표준 제품을 구매하여, 구매자가 관심 있는 위성과의 실시간 운영을 본 운영시스템을 통해 수행하여, 위성의 상태데이터의 처리 및 위성에 필요한 명령어를 제공하는 것이 가능하다.

실시간 운영시스템의 상용화 최소 규격은 국제표준인 CCSDS packet 처리, 암호화처리, 알람/이벤트처리, 상태데이터 저장 및 재생이며, 이 부분은 기존 축적된 경험으로 충분히 만족할 수 있을 것으로 판단됩니다.

실시간 운영시스템 외에 비실시간 위성상태 분석 시스템도 상용화 가능성이 있는 부분이다. 비실시간 위성상태 분석 시스템의 기본 기능요구 사항은 다음과 같다.

- 저장된 위성데이터 통계적 분석처리 기능 제공
- 테이블 및 그래프로 표현 가능
- 사용자 정의 자동처리절차 저장
- 자동 운영

아리랑위성 직수신시스템 솔루션은 경쟁력이 높고 상용화 가능성이 높다. 상용화를 위한 시스템은 다음과 같은 특성이 제공되어 한다.

- 아리랑위성 2/3/3A/5호 직수신처리 시스템
- 단일 임무 및 다중 임무처리 기능

〈표 4〉 안테나 운영 서비스

Uplink Service	Downlink Service	Tracking Service	Data Acquisition
<ul style="list-style-type: none"> <li>S-Band uplink</li> <li>Command upload and log</li> <li>Command echo service</li> <li>CCSDS COP service</li> <li>Uplink sweeping</li> <li>Standard modulation service – CCSDS</li> <li>ABA mission</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>S-Band telemetry receiving and front processing</li> <li>CCSDS processing</li> <li>Real-Time and Playback telemetry channel processing</li> <li>Telemetry provision for further processing with connected socket interface</li> <li>SOH file record and replay</li> <li>Standard demodulation service-CCSDS</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>LEOP service</li> <li>Initial acquisition service – raster scan</li> <li>Ranging measurement</li> <li>Mono-pulse auto-track</li> <li>GEOS-C, UTDF</li> <li>CCSDS OPM</li> <li>TLE</li> <li>State-vector</li> <li>ABA mission</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>X-Band image data recording service up to 320Mbps per channel</li> <li>Several recording option: CADU, raw, level-0</li> <li>Quick data delivery with FTP</li> </ul>

- 강화된 사용자 지원 기능
- 지속적인 최신 Cal/Val 결과 반영
- 2종류 솔루션: 표준, 고급

또한 상용화할 수 있는 서비스분야로는 안테나운영서비스, 비행역학서비스, 운영훈련서비스, 엔지니어링서비스가 있다.

안테나운영서비스는 항우연이 운영 중인 관제 및 수신용 안테나를 이용하여, 외국의 위성 운영 기관을 위해 해외 운영기관에서 관심 있는 위성에 대해 관제 명령을 보내거나 위성상태 데이터를 수신 처리 하여, 전달하는 서비스를 수행하는 것이다. 발사 후

초기운영 기간뿐만 아니라 정상 운영기간에도 서비스가 제공가능하며, X-Band 탑재체 데이터 수신, 저장, 전달 서비스가 가능하다.

상세한 운영 서비스 내용은 〈표 4〉와 같다.

비행역학서비스는 위성의 궤도 결정 및 예측에 관한 서비스를 제공해주는 것을 의미하는 것으로, 서비스의 구매자 입장에서는 복잡하고도 전문적인 비행역학시스템의 구축이나 관련 전문가의 확보가 필요 없이, 해당 업무를 수행할 수 있는 장점을 얻게 된다. 본 서비스는 저궤도의 발사 후 초기 운영에 주로 제공될 수 있을 것으로 판단된다. 다

양한 형태의 입력데이터 포맷과 표준 형태의 출력데이터 제공이 고려되고 있다. 비행역학서비스 카탈로그는 〈표 5〉와 같다.

〈표 5〉 비행역학 서비스

Flight Dynamics Operation Service Catalog
<ul style="list-style-type: none"> <li>Several Inputs formats supports : GEOS-C, UTDF, GPS RINEX</li> <li>Several input source: angle data, ranging measurement, range-rate</li> <li>Standard outputs: Classical 6 elements, TLE, State Vector,</li> <li>Unmanned operation</li> <li>Orbit determination service</li> <li>Orbit prediction service</li> <li>Special manned service</li> <li>LEO/GEO normal routine service</li> <li>LEOP</li> <li>Contingency supports</li> <li>GEO transfer supports</li> <li>FTP/e-mail/fax</li> </ul>

운영훈련서비스는 경험이 부족한 외국의 위성운영기관에게 위성 관제 및 영상처리 운영에 관한 교육훈련을 해주는 것을 의미한다. 운영시스템 준비 및 수행, 단일/다중임무 위성운영, 지상시설 운영 등의 분야에 대해 훈련

〈표 6〉 운영훈련 서비스

	Training Service Catalog	Period
Mission Control	<ul style="list-style-type: none"> <li>• System Overview</li> <li>• Satellite Control</li> <li>• Mission Operations Planning</li> <li>• Data Communication</li> <li>• System Installation and Maintenance</li> </ul>	1 – 2 Weeks
Satellite Image Processing	<ul style="list-style-type: none"> <li>• System Overview</li> <li>• User Request Management</li> <li>• Data Processing</li> <li>• Image Analysis</li> <li>• Data Archive and Distribution</li> <li>• System Installation and Maintenance</li> </ul>	1 – 2 Weeks

〈표 7〉 엔지니어링 서비스

Engineering Service Catalog
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ground Segment Engineering</li> <li>• GS Project management</li> <li>• Consultancy to GS Engineering</li> <li>• Station Verification and Validation and its supports</li> <li>• Mission Operation Readiness Validation and its supports</li> <li>• RF compatibility test plan, procedure generation and its supports</li> <li>• GS-Satellite ETE test plan, procedure generation and its supports</li> <li>• Anomaly Tracking Supports</li> <li>• LEOF plan, procedure generation and its supports</li> <li>• Site preparation supports</li> <li>• Operation preparation supports</li> <li>• Ground network preparation supports</li> </ul>

이 가능하며, 이론 및 실습으로 구성이 된다. 훈련서비스 카탈로그는 〈표 6〉과 같다.

엔지니어링서비스는 해외의 위성운영기관에 대해, 지상국 엔지니어링, 지상국개발사업관리, 컨설팅/감리, 지상국 시스템 단위 시험분야, 위성-지상종단 대 종단 시험 분야, 초기운영 준비 분야에 대해, 기술적 엔지니어링 서비스를 해주는 것이다. 엔지니어링 서비스에 대한 카탈로그는 〈표 7〉과 같다.

## IV. 결론: 맷음말

아리랑위성3호의 위성 지상시스템에 대한 소개와 기술적 수준을 분석해 보았다. 일관된 정부정책뿐만 아니라, 그간 관련된 기관/업체들의 끊임없는 기술개발의 노력에 따라, 지상시스템 국산화는 전체적으로 매우 높은 수준으로 이루어진 것으로 파악된다.

축적된 개발 경험 및 운영 경험을 바탕으로 해외수출로의 상용화의 가능성이 있는 제품과 서비스 부분에 대해 고찰해 보았다. 제품 영역에서는 안테나시스템, 데이터직저장시스템, 실시간운영시스템, 비실시간위성상태분석시스템, 아리랑위성 직수신시스템이 가능성이 있으며, 서비스 영역에서는 안테나운영서비스, 비행역학서비스, 운영훈련서비스, 엔지니어링서비스에 대해 가능성이 있음을 확인할 수 있었다.

가능성의 싹이 자라, 상용화의 열매를 얻기 위해서는 관련 국내기관/업체간의 적극적인 상호 협조가 필수적이라 판단된다. 조만간 국내의 수요뿐만 아니라, 외국에도 우리의 지상시스템들이 수출되어, 외국의 주요 임무에 활용되는 꿈이 실현되는 것을 기대해 본다. ■

# 고해상도 광학위성영상 자료의 활용 동향

변영기, 채태병, 임효숙  
한국항공우주연구원

## 요약

최근 다양한 센서를 탑재한 지구관측위성의 발사와 컴퓨터 기반 기술의 발달로 인해, 이를 통해 생성된 위성정보 활용기술에 대한 관심이 증대되고 있다. 특히, 우리나라 기술로 개발된 최초의 서브미터급 고해상도 정밀전자광학 카메라를 탑재한 지구관측위성인 아리랑 3호가 2012년 5월 18일 일본 다네가시마 발사장에서 성공적으로 발사됨에 따라 고해상도 광학위성영상에 대한 관심이 더욱 높아져가고 있다. 따라서 향후 아리랑 3호 영상자료의 효율적인 활용을 위한 기반 구축 및 활용기술 개발을 위해서 본고에서는 고해상도 광학위성영상을 이용한 다양한 활용분야 및 기술 동향을 살펴보고자 한다.

## I. 서론

일반적으로 위성영상자료는 공간, 분광 및 주기 해상도 특성에 따라 그 주요 활용분야가 달라진다. 예를 들어 전지구적인 특성 관측이 목적이라면 Landsat과 MODIS 등과 같은 중·저해상도 위성영상만으로도 만족할 만한 결과를 도출할 수 있으나, 도심지와 같은 국부지역에서 발생하는 특성정보를 보다 자세히 관찰하기 위해서는 고해상도 위성영상 자료를 활용하는 것이 훨씬 더 바람직 할

것이다. 최근 공간정보기술의 급격한 발전에 힘입어 국토 전반을 효율적으로 관리하고 운영하기 위하여 중앙정부뿐만 아니라 일선 지자체에서도 고해상도 위성영상의 활용이 점차 증가하고 있는 실정이다. 고해상도 광학영상은 주로 국내 공공기관 및 지자체를 중심으로, 국토·해양 모니터링, 토지피복분류, 작물 재배 면적 및 생산량 추정등과 같은 다양한 분야에서 유용하게 활용되어져 왔다. 그러나 종래 활용해 온 해외 상용 고해상도 위성영상자료들의 경우, 고가라는 부담감, 지적재산권과 자료 업데이트 문제 등으로 인해 그 활용에 많은 제약이 따랐다. 이러한 상황에서 아리랑 위성 3호는 해외 상용위성영상자료를 대체할 대안으로 주목받고 있다. 또한 아리랑 위성 3호는 현재 운영 중인 2호 영상에 비해 보다 정밀한 0.7m급의 고해상도 광학영상을 제공한다. 따라서 아리랑위성 2호를 중심으로 이루어졌던 다양한 분야들에 대해 보다 정밀하고 효율적인 위성정보의 활용이 기대된다.

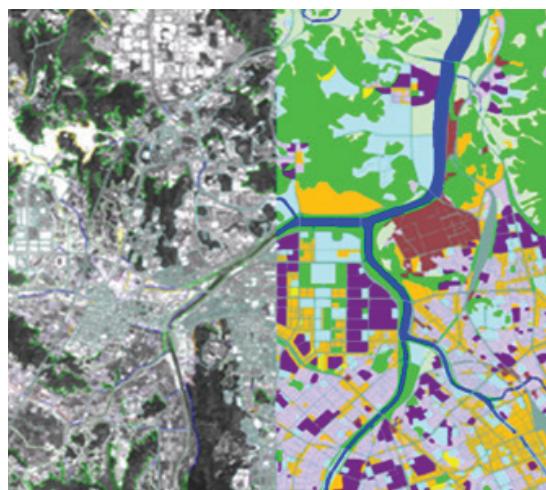
## II. 고해상도 위성영자료의 활용분야

아리랑 위성3호를 포함한 고해상도 위성영상 자료가 공공활용분야에 접목될 때 그 효용 가치는 매우 크게 증가한다. <표 1>은 대표적인 고해상도 위성영상의 공공활용 사례를 분야별로 정리한 내용이다. 서브미터급의 고해상도 위성영상인 아리랑 3호 영상자료의 경우, 다양한 고해상도 위성영상 활용분야 중에서 거의 모든 분야에서 보다 정밀하고 효율적인 활용이 기대된다.

### 1. 국토 및 해양 관련 분야

공간해상도와 촬영폭을 고려할 때, 고해상도 위성영상의 분석단위는 광범위한 지역보다는 도시 또는 특정지역분석이 보다 더 적합하다. 지금까지 도시계획분야에서 위성영상의 활용이 다소 저조했던

주된 이유는 도시계획상 필요한 정보를 추출할 수 있는 공간해상도를 충족하지 못했기 때문이다. 그러나 아리랑 3호와 같은 서브미터급의 고해상도 위성영상은 도심지 지형지물의 세밀한 판독이 가능하기 때문에, 앞으로 도시공간계획의 많은 분야에서 활용될 수 있을 것이다.



[그림 1] 도심지 토지이용현황 모니터링

또한 GIS(Geographic Information System) 자료와의 연계통합분석을 통해 도시지역내의 토지 이용변화 및 녹지지역 추출을 보다 효과적으로 수행할 수 있기 때문에 도시계획분야에서의 고해상도 위성영상의 폭넓은 적용 및 활용이 기대된다. 더욱이 기존의 항공사진 시장이 고해상도 위성영상으로 대체되는 추세이고, 각종관련 지도제작기술이 자동화로 혁신되고 있으며, 그에 따른 새로운 고부가 가치 영상정보시장이 활성화되고 있기 때문에 아리랑 위성3호의 활용가치는 더욱 커질 것이다.

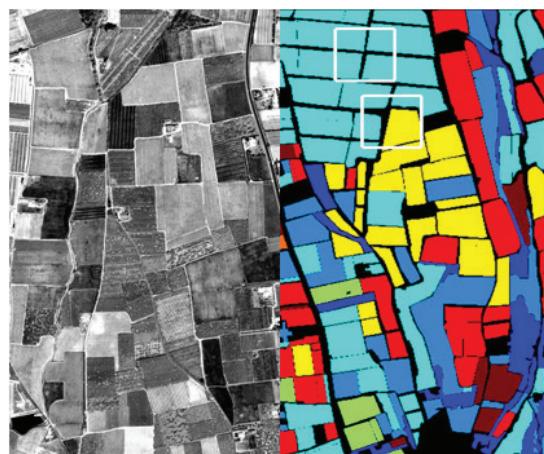
해양 및 수자원 분야에서는 전통적으로 수질 및 연안관리에 있어 중·저해상도 위성영상자료들이 많이 활용되어 왔으나, 이들 영상만으로는 하천 교각 및 연안시설물 등과 같은 수자원 관련 시설물의 상

세한 모니터링에 있어서 많은 어려움이 따랐다. 고해상도 위성영상자료가 보급됨에 따라 이들 분야에서도 정밀 분석이 이루어지기 시작하였으며, 특히 최근에는 북한지역 수자원 현황조사, 하천 퇴적변화 모니터링 및 홍수 예측 시뮬레이션 등에 고해상도 위성영상 자료를 많이 활용하고 있는 실정이다.



[그림 2] 연안시설물 양식장 관리

용한 소나무재선충과 같은 병해충 탐지 연구 및 산불, 산사태 지역에 대한 생태 복원을 위한 시뮬레이션에 다양한 고해상도 위성영상이 활용되고 있다. 특히 최근 많은 문제가 되었던 소나무 재선충의 경우 다른 병충해 피해지역처럼 군락을 형성하지 않기 때문에 이들의 정밀한 탐지를 위해서는 고해상도 위성영상의 활용이 필수적이다.



[그림 3] 고해상도 위성영상(QuickBird)을 이용한 농업토지피복도 제작

## 2. 농·임업 관련 분야

세계적으로 대규모 지역의 농작물 분류, 작황상태 예측 및 농업재해 분석을 위해 중·저해상도 위성영상이 많이 활용되고 있다. 하지만 국내지역과 같이 소규모 농경지가 대부분인 지역에서는 중·저해상도 위성영상만으로는 신뢰할만한 결과를 도출하기가 사실상 어렵다. 고해상도 위성영상자료는 이러한 문제점을 해결해줌과 동시에 정밀 농업을 수행하는 데 있어 요구되는 보다 세분화된 정보들을 생산하는데 많이 활용되고 있다.

마찬가지로 임업분야 역시 중·저해상도 영상자료를 이용하여 주로 산림자원현황을 분석하는데 치중하였다면, 최근에는 고해상도 위성영상자료를 이

## 3. 재해·재난 관련 분야

세계적으로 기후변화와 도시화 현상에 따른 자연재해의 피해가 증가하고 있으며, 이로 인해 발생하는 인명피해와 재산피해도 함께 증가하는 추세이다. 자연 재해의 특성상 재해 범위가 광범위한 지역에 나타나고 즉각적인 현장 접근과 조사가 쉽지 않기 때문에 피해현황을 파악하기 위해 위성영상의 적극적인 활용이 필요하다. 특히, 자연 재해로 인해 광범위한 피해가 발생할 경우 피해현황을 위성영상 을 이용하여 신속하고 정확하게 파악하기 위해서는 재해 전후 위성영상의 변화를 탐지하는 기술이 필요하다. 중·저해상도 위성영상으로는 피해지역에 대한 전반적인 변화를 탐지할 수 있으나 개별 건물의

피해상황을 탐지하기에는 부족하기 때문에 아리랑 위성 3호와 같은 서브미터급의 고해상도 위성영상의 활용이 필수적이다.

더욱이 한국항공우주연구원은 전세계 대규모 재해/재난 피해경감을 목적으로 지난 2000년에 설립된 국제 협력프로그램인 International Charter의 회원기관으로 고해상도 위성영상 자료가 재해/재난 분야에 효과적으로 활용될 수 있도록 인도적인 차원에서 아리랑 위성영상을 제공하고 있다. 현재 International Charter가 발족한 이후부터 2012년 8월까지 재해가 발생한 100여개 국가를 대상으로 총 300건 이상의 재해관련 위성자료를 제공하여 피해 복구계획 수립 등에 활용할 수 있도록 아리랑 2호 영상을 성공적으로 지원하였다. 그림 5는 일본 혼슈 센다이 동쪽 179km 해역에서 발생한 대지진으로 발생한 쓰나미 피해 전후 아리랑 2호 위성영상을 나타낸다. 이러한 인도적인 차원에서의 위성영상 제공은 아리랑 3호 역시 이루어질 것이며, 피해지역 분석 및 복구계획 수립에 보다 나은 영상 품질을 제공할 수 있을 것이다.



[그림 4] 쓰나미 발생전후 위성영상

### III. 다중소스 데이터와 통합 활용

최근 다양한 센서를 탑재한 지구관측위성의 발사와 컴퓨터 기반 기술의 발달로 인해, 이를 통해 생성된 다시기·다중 센서 위성정보 활용기술에 대한 관심 또한 증대되고 있다. 아리랑 2호와 3호의 광학영상, 향후 발사 예정인 아리랑 5호의 SAR 영상, 벡터 데이터 등과 같은 다중소스(multi-source)자료를 공간 분석에 함께 사용할 경우, 개별 공간영상의 처리에 내재되어있는 불확실성을 줄이면서 보다 많은 정보를 추출할 가능성이 크다. 따라서 단일 소스 데이터만으로는 취득하기 어려운 다양한 공간/속성정보를 종합적으로 취득하고 분석하기 위한 다중소스 데이터 융합 기술에 대한 관심이 증대되고 있으며, 고해상도 위성영상의 다중분광 정보는 데이터 융합과정에서 중요한 속성정보로 활용되고 있다.

#### 1. 재해 및 환경 모니터링 시스템 구축

최근 기후변화로 인해 태풍, 홍수, 가뭄 등의 자연재해가 잦아지고 그 피해 규모가 커져감에 따라 이에 대한 효율적인 지원·대응 체계 구축을 위한 관심이 전세계적으로 높아져 가고 있다. 유럽연합은 환경모니터링 및 관리, 위험요소 감시 및 시민 보호와 안전을 위한 정보지원시스템 개발을 위한 일환으로 GMES(Global Monitoring for Environmental and Security) 프로젝트를 계획하였고, 지난 2008년 9월 프랑스에서 개최된 “포럼 GMES 2008”에서 첫 서비스를 개시하였다. 현재 보다 안정적인 GMES 운영을 위해 “Sentinel” 시리즈인 5개의 위성이 개발 중에 있으며, GMES의 하나인 SAFER(Services and Applications For Emergency Response)프로젝트는 홍수, 산사태, 지진 등의 잠재적인 모든 종류의 재난/재해, 사회범죄 등과 관련된 서비스를 제공하고 있다. 미국 NASA 역시 위성영상에 기반한 SERVIR 임무를 통해 대기오

〈표 1〉 고해상도 위성 영상자료 활용분야

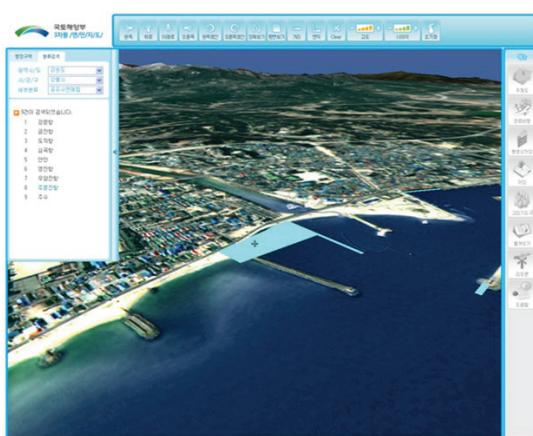
활용분야	분야별 활용사례
지도제작 분야	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 비접근지역 지도제작</li> <li>- 기존 지도 갱신 및 수정</li> <li>- 입체영상을 통한 정밀 DEM 제작</li> </ul>
국토 및 도시분야	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 토지이용현황 파악 및 도시 확산 모니터링</li> <li>- 불법 토지 이용 및 건축물 탐지</li> <li>- 대규모 집단시설물 관리 및 도시계획관련 주제도 작성</li> </ul>
농업분야	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 농경지 이용현황도 작성 및 면적산출</li> <li>- 작물 작황상태 및 재배면적 산출</li> <li>- 농업기반 시설 DB 구축 및 풍수해 대책 수립</li> </ul>
임업분야	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 산림 재해 관리 및 모니터링</li> <li>- 수치 임상도 작성 및 갱신</li> <li>- 산지이용현황 및 훼손 실태 분석</li> </ul>
환경분야	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 수질 관리를 위한 유역특성 평가 및 관리</li> <li>- 환경영향평가 및 토지피복분류도 작성</li> <li>- 비점오염원 추정 및 분포도 작성</li> </ul>
해양수산분야	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 해안선 파악 및 변화탐지</li> <li>- 택도, 부유물질 및 연안수질 변화분석</li> <li>- 간석지 및 갯벌 생태변화 모니터링</li> </ul>
재해/재난분야	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 태풍, 산사태 및 산불 피해규모 산출</li> <li>- 산불확산 예측 시뮬레이션</li> <li>- 홍수 침수지역 예측 및 변화탐지</li> </ul>
지질/자원분야	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 광산주변 환경변환 분석</li> <li>- 하천 퇴적물 변화 모니터링</li> <li>- 지질 재해 탐지</li> </ul>
기상/기후분야	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 태풍피해지역 파악 및 관리</li> <li>- 국지성 호우피해 예측을 위한 정밀 DEM 제작</li> </ul>

염, 기상이변, 생물다양성 보존, 토지피복 변화 분석을 수행하고 이의 대응전략 수립을 위한 기본 정보를 제공하고 있다. 정확한 환경변환 예측과 재해 대응 전략 수립을 위해 고해상도 위성영상을 포함한 위성관측 자료 및 지상측정 자료와 같은 다중소스자료를 통합하여 활용하고 있다. 아시아·태평양 지역에서도 재해관리 프로젝트인 Sentinel Asia가 2005년 창설되어 일본 JAXA 주도로 운영되고 있다. Sentinel Asia는 아태지역에서 발생하는 재해 관리를 위해 Web-GIS를 기반으로 지구관측 위성

영상 자료를 활용하여 각종 재해에 대한 정보를 공유하기 위한 목적으로 설립이 되었고, 우리나라도 2007년에 참여의사를 공식 표명하여 현재 한국항공우주연구원이 참여기관으로 활동하고 있다.

국내에서도 최근 국토해양부에서 태풍이나 해일 내습 시 직접적인 피해를 받는 항만, 어항, 양식장 등 매년 심각한 피해가 발생하는 지역에 대하여 재해의 사전예방 및 재발 방지를 위해 1m 급 해상도의 고해상도 위성영상인 IKONOS, 벡터지도, 수치

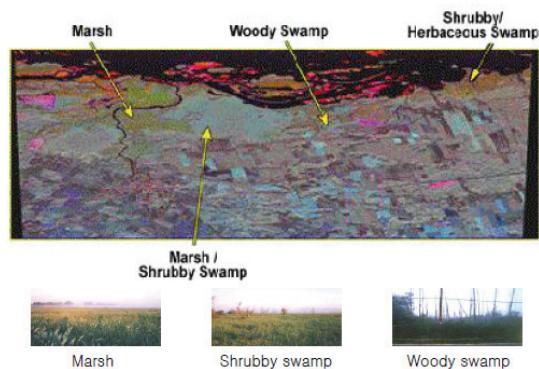
표고모델등과 같은 다양한 데이터를 통합한 연안 위험취약지역 정보관리시스템을 개발하였다. 벡터 기반의 정보만을 제공하였던 기존의 방식에서 벗어나 보다 현실감 있는 현장정보 제공과 모니터링을 위하여 고해상도 위성영상을 이용하여 현재까지 정비되지 않고 산재해 있는 연안지역의 재해 피해관련 자료와 최근 10년간 태풍, 해일, 범람, 침식 피해 자료를 GIS 기반으로 DB를 구축하였으며, 취약지역의 피해정보를 제공할 수 있도록 3차원 웹 기반으로 시스템을 개발하였다. 그러나 시스템 구축에 활용되었던 IKONOS 위성영상은 2003-2004년 사이의 정보로서 연안지역의 최신의 상세한 정보를 획득하기 위해서는 아리랑 3호 영상의 적극적인 활용이 기대된다.



[그림 5] 3차원 연안정보관리시스템

해안지역이나 늪지대 등 습윤지역의 식생분포 파악은 토양 자체가 다량의 수분을 함유하고 있어 고해상도 다중분광영상 특성만을 이용하는 방법으로는 그 특성을 파악하기가 어렵지만 SAR 영상정보를 통합 활용할 경우 보다 효율적으로 습지 식생 분포 특성을 파악할 수 있다. 하지만 습지 지역에서의 식생군의 분포는 염도, 해수범람이력, 지형학적 특성 등에 많은 영향을 받으므로 해당지역의 수치 표고모델, 기상정보, 반사특성 등 다양한 다중소

스 정보들을 통합하여 체계적인 분석을 수행하여 보다 상세한 식생분포의 특성을 파악할 수 있다.



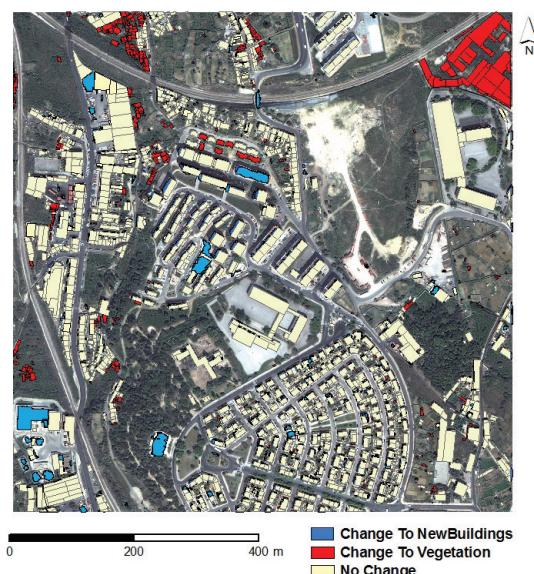
[그림 6] 습지식생 모니터링

## 2. 건물 및 도로 형상정보 구축 및 간신

위성영상의 공간해상도가 향상됨에 따라 도심지 인공객체(man-made object) 추출 및 변화탐지에 대한 관심이 증대하고 있다. 객체 추출 및 변화탐지 분야는 다중소스 데이터의 활용이 가장 절실히 요구되는 연구분야로서, 현재 LiDAR 데이터와 고해상도 광학위성영상, SAR, 하이퍼스펙트럴(hyper-spectral)영상 등의 데이터 융합을 통해 도심지역 인공시설물의 형상정보를 추출하거나 간신하는 다양한 방법들이 시도되고 있다.

LiDAR 데이터에서는 정확한 건물 높이 정보를 추출할 수 있는 대신 정확한 건물의 외곽선을 추출하기 어려우므로, 이를 위해 고해상도 광학위성영상에서 건물 외곽선을 추출하거나, 하이퍼스펙트럴 영상이나 SAR 영상의 분류결과를 이용하여 건물 및 도로의 대략적인 위치를 결정하고 이를 이용한 건물 추출 기술 등이 다양하게 연구되고 있다. 또한 기존의 GIS 벡터 데이터의 건물 정보를 초기 입력 데이터로 활용하여 고해상도 광학위성영상에서 건물을 추출한 후, 이를 이용하여 기존의 GIS 데이터

를 개신하는 방안도 모색되고 있다. 객제추출 및 변화탐지 분야의 모든 접근 방식에서 고해상도 광학 영상의 분광 및 공간 정보는 아주 중요한 속성정보로 활용되고 있다.



### 3. 고해상도 위성영상을 활용한 지도 서비스

최근 위성영상자료를 이용한 웹기반 지도 검색 시장의 경쟁이 치열해지면서 구글어스의 정밀 위성사진 활용은 지도시장을 획기적으로 바꾸었다. 마이크로소프트 또한 이를 모방하여 사람이 길을 걷거나 차를 운전하면서 볼 수 있는 거리 모습을 담은 지도검색기 서비스와 3차원 모델링 기술을 이용한 Local.live.com을 새로 선보였다. 이들 서비스는 고해상도 위성영상자료와 20cm급의 고정밀 항공 사진을 이용하여 초정밀 위치검색 서비스를 제공하고 있으며, 특히 3차원 건물 모델링 자료를 이용하여 사실적인 지도 위치 검색 서비스뿐만 아니라 이를 한층 업그레이드 시킨 지오 블로그 기능을 제공하여 사용자의 흥미를 유발시켜 고해상도 위성영상

의 상업용 가치를 한층 더 높이고 있다. 이와 더불어 최근 사용자들이 직접 만든 콘텐츠(UCC)를 위치 정보와 결합해 공유하는 참여형 지도 서비스에 대한 관심이 높아지고 있다. 이는 위성영상지도상에 개인 홈페이지 사진등을 첨부하여 제공하는 지도 서비스를 의미한다. 현재 대표적인 위성영상 기반 UCC 멀티미디어 제공시스템으로는 구글어스의 하우징 맵으로 매물로 나온 집주소를 위성영상 지도상에서 검색어로 입력하면 관련정보와 사용자가 작성한 지오블로그 정보를 확인할 수 있다.



최근 벡터지도와 위성영상지도, 자동항법 시스템의 통합 기술은 기존의 차량항법 시스템에서 흔히 발생하는 지형 단순화 또는 확대/축소에 따른 축척 왜곡과 도로/건물의 외형정보 변형등과 같은 위치 오차를 최소화하여 사용자에게 최대한 왜곡이 없는 현실 세계를 보여줄 수 있다는 장점이 있다. 아울러 3D 위성영상 활용은 실세계와 유사한 지형지물의 구조를 정확하게 파악 할 수 있고 나아가 선형지도에서는 볼 수 없는 내부구조물이나 대형 지형의 윤곽을 보다 구체적으로 인식할 수 있다. 또한 우회도로나 탐색된 여러 개의 경로를 선택할 때, 가고자 하는 방향을 입체적으로 표출하여 최상의 경로를 선택함으로서 지능화된 항법지도를 보여주고 있다. 그림 9는 실제 위성영상 기반 차량용 항법

시스템으로, 단순 그래픽 형태의 일반 지도와 달리 IKONOS 위성영상을 베이스 맵으로 활용함으로써 도로와 건물은 물론 나무나 조형물까지도 명확하게 확인할 수 있다.



[그림 9] 위성영상기반 차량 항법 서비스

## IV. 결론

최근 위성정보를 이용한 정보 처리기술의 세계적인 발전 방향은 1m급 또는 그 이상의 공간해상도를 요구하는 모니터링 체계구축과 병행하여 다양한 다중 위성정보를 처리하여 부가가치를 높이는 방향으로 선회하고 있다. 세계 주요 위성 선진국들은 IT 기술을 바탕으로 공간영상정보의 체계적인 구축 및 활용을 통한 다양한 콘텐츠 사업을 발굴함과 동시에 이를 통하여 관련시장을 잠식해 나가고 있다. 따라서 대한민국도 과학기술 투자의 전략적 확대 및 효율성 제고라는 국정과제를 달성하기 위해서는 아리랑 3호의 성공적인 발사를 이룬 이 시점에 보다 적극적인 위성영상 서비스 체계 구축과 이의 효율적인 활용방안이 요구된다. ☰

### ❖ 참고 문헌 ❖

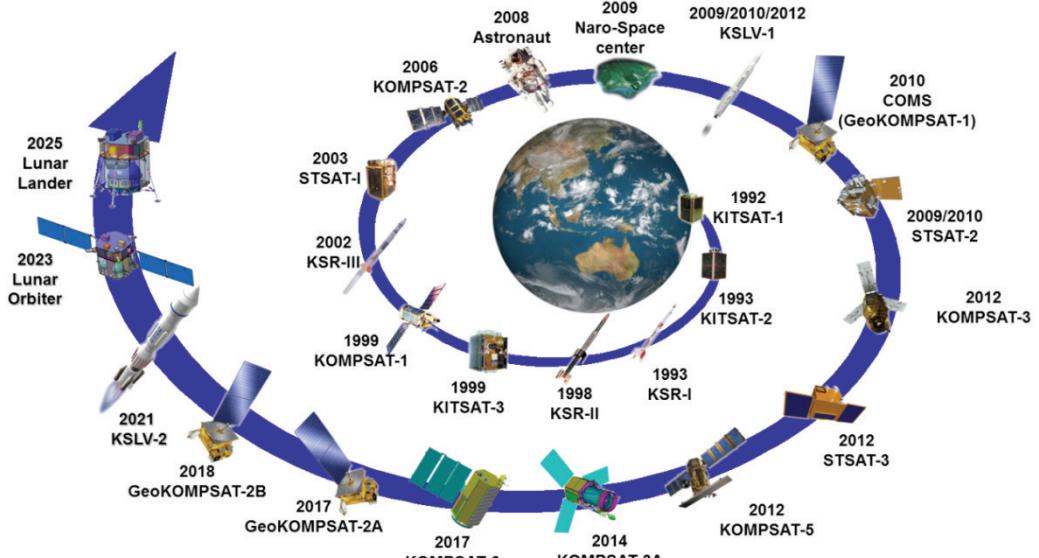
- [1] 국토연구원, “아리랑 2호 위성자료의 활용분야 연구,” pp. 116, 2001.
- [2] 변영기, 채태병, “고해상도 SAR와 광학영상의 고주파 정보를 이용한 다중센서 융합,” 한국측량학회지, 한국측량학회, 제 30권, 제 1호, pp. 75-86, 2012.
- [3] 이광재, 김용승, 김윤수, “고해상도 위성원격탐사 자료의 활용동향,” 항공우주산업기술동향, 한국항공우주연구원, 제 2권, 제 1호, pp. 122-132, 2004.
- [4] 한유경, 변영기, 채태병, 김용일, “KOMPSAT-2 영상과 TerraSAR-X 영상 간 자동기하보정,” 한국측량학회지, 한국측량학회, 제 29권, 제 6호, pp. 441-449, 2011.
- [5] C. Pohl and J.L. Van Genderen, “Multisensor Image fusion in remote sensing,” International Journal of Remote Sensing, Vol. 19, No. 5, pp.823-854, 1998
- [6] A.U. Ahsan, K. Kidyo, C.D. Camille and R. Joseph, “Fusion of textural and spectral information for tree crop and other agricultural cover mapping with very high resolution satellite images,” IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observation and Remote Sensing, Vol. 5, No. 1, pp.225-234, 2012.
- [7] <http://local.live.com>
- [8] <http://www.google.com>
- [9] <http://coast.go.kr>
- [10] <http://www.vique.co.kr>
- [11] <http://gisblog.jeonnam.go.kr>

# 인공위성 본체 형상설계 분석

임재혁, 김선원, 김성훈, 황도순  
한국항공우주연구원

## I. 개요

우리나라는 1992년 8월 11일 과학위성 우리별 1호(KITSAT-1)를 발사한 이후로 본격적으로 위성개발에 참여하였다. 이후 우리별 2호와 3호, 과학기술위성 1호(STSAT-1), 2호, 3호를 자체 개발하였고 저궤도 관측위성은 1999년, 2006년, 2012년에 다목적실용위성 1호(KOMPSAT-1), 2호, 3호를 성공적으로 개발하여 발사하였다. 2013년에는 5호가 발사예정이며 3호의 설계기술이 기업에 이전되어 개발되는 3A호는 2014년에 발사될 예정이다. 또한, 통신, 해양 및 기상임무를 수행하는 정지궤도 복합위성인 천리안(COMS)을 프랑스 아스트리움사와 공동개발하여 2010년 6월에 기아나 우주센터에서 성공적으로 발사하였다. 위성영상활용 분야도 활발하게 진행되어 2009년에는 다목적실용위성 2호의 영상(흑백 1m, 칼라 4m)을 UAE에 2200만 달러에 판매하는 성과를 이루기도 하였다. 아울러 다목적실용위성 5호가 발사되어 성공적으로 임무를 수행하게 되면 3호와 더불어 1m이하 급의 고해상도/전천후 영상의 촬영이 가능해 위성 선진국 수준의 관측위성을 보유하게 된다. 현재는 그림 1처럼 2011년 말에 발표된 제2차 국가우주개발진흥 기본계획에 따라 후속위성사업이 진행 중이다[1].



[그림 1] 제2차 국가우주개발진흥기본계획

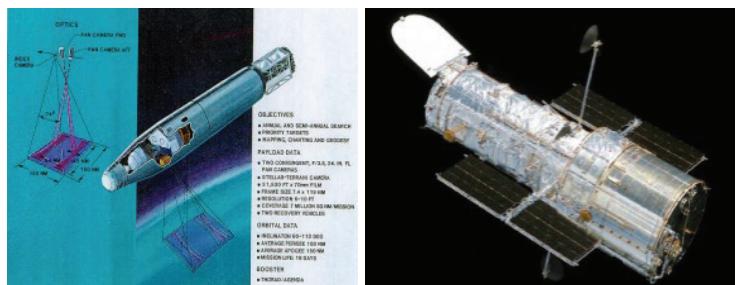
본 논문에서는 이 시점에서 우리의 위성 개발 기술 수준을 가늠하기 위해 위성 선진국들의 위성 본체 형상설계를 위성종류에 따라 구분하고, 우리나라가 개발한 위성의 형상설계를 선진국들의 위성과 비교분석 하도록 한다.

## II. 인공위성의 본체 형상설계

## 1. 지구관측위성

지구관측위성의 주요목적은 지구표면, 대기의 관찰 및 영상촬영이며, 관측성능의 극대화를 위하여 지상과의 거리가 최소가 되도록 저궤도(200 ~ 2000km)에서 운용된다. 지구관측위성 개발의 시작은 동서냉전시대에 미국과 소련의 대립으로부터 시작되었다.

최초의 지구관측위성은 미국의 초고해상도 관측 위성인 KH 시리즈(1 - 4호기 Corona, 5 - 7호기 Argon, 8호기 Gambit, 9호기 Hexagon/Big Bird, 10호기 Dorian, 11호기 Crystal, 12호기 improved Crystal, 13호기 Misty)이다. 초창기 위성은 임무수명이 19일이었고, 해상도는 12m 수준이었다(그림 2a). 본체 형상은 자체 전력생산이 고려되지 않은 매우 단순한 긴 원통형이었다. 흑백영상만 촬영이 가능했으며, 필름을 사용했기 때문에 촬영 후 귀환이 가능할 수 있도록 설계되어야 했다. 11



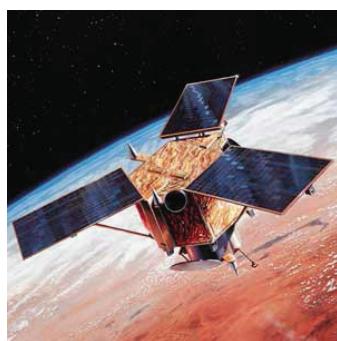
## [그림 2] KH워싱의 현상

호기부터는 전자광학카메라가 적용되어 더 이상 필름을 회수할 필요가 없어졌으며, 해상도는 15cm에 이르게 되었다. 탑재체의 크기 및 형상이 허블망원경(그림 2b)과 유사한 직경 3m, 길이 19.5m로 알려져 있다[2-4].

1990년대 후반부터 미국의 위성 제작사들이 상업적 수요를 부응하기 하기 위해 고해상도 카메라를 장착한 지구관측위성을 개발하기 위해 시작했으며, IKONOS-2가 최초의 상업용 지구관측위성이다(그림 3a). 관측영상은 흑백 1.0m, 컬라 4.0m의 해상도를 갖는다(그림 3b). 광학 탑재체 관측위성(이하 광학위성)은 상업적인 목적에 부응하기 위해서 주어진 시간 안에 많은 영상을 촬영할 수 있게 하기 위해서, 가볍고 회전 관성모멘트가 작도록 설계된다. 자세제어 구동기로는 고출력의 RWA(Reaction Wheel Assembly) 및 CMG(Control Moment Gyro)를 사용하여 위성의 자세를 1deg/sec 수준

으로 제어할 수 있게 되어있다. 또한, 자세변경 후 자세안정화 시간을 줄이기 위해서 태양전지판 전개강성이 높도록 설계되어 있다. 충분한 전력 확보를 위해 다수의 태양전지판을 사용하거나 회전이 가능하도록 제작하여 태양지향시간을 늘릴 수 있게 설계하기도 한다(그림 3c).

레이더 탑재체 관측위성(이하 레이더위성)은 주로 SAR(Synthetic Aperture Radar)위성으로 광학위성과 달리 기상조건과 밤낮에 구분 없이 영상 촬영이 가능하다. 또한 주파수 영역밴드에 따라 다양한 정보를 얻을 수 있는 장점이 있어 다양한 후처리 기법을 이용한 영상활용에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다(그림 3d). 해상력의 결정적 요인인 레이더 신호의 빔 폭이 안테나 길이에 반비례하기 때문에 안테나가 긴 직사각형 형태 또는 큰 접시머리 형태를 띤다(그림 3e, f). 본체 형상 또한 이러한 탑재체 장착이 용이한 형태로 결정된다. 레이더 위성



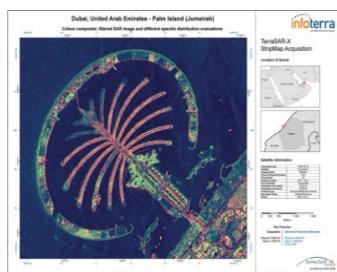
(a) Ikonos-2



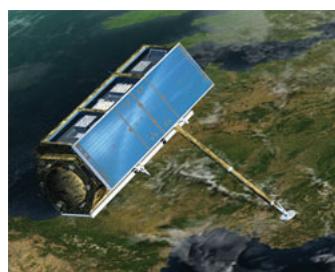
(b) 1m급 광학영상



(c) Worldview-2



(d) 1m급 레이더영상



(e) TerraSAR-X



(f) SAR-Lupe

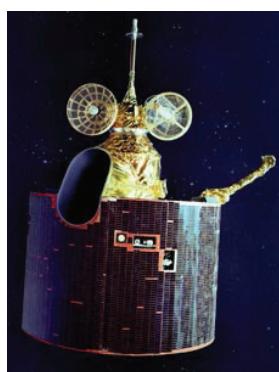
[그림 3] 고해상도 관측위성의 형상 및 영상

은 단일 해상도와 관측 폭을 갖는 광학위성에 비해 해상도와 관측 폭을 조절하는 다양한 촬영모드가 있어 높은 해상도와 넓은 관측 폭 요구조건을 동시에 만족할 수 있다. 관측범위를 증가시키고 짧은 재방문주기의 요구조건을 만족시키기 위해 좌현관측 및 우현관측(Left & Right Looking mode)을 고려하기도 하지만, 광학위성과 달리 위성 자체의 고기동성을 추구하기 보다는 2대 이상의 편대비행을 통해 입체영상 및 짧은 방문주기와 같은 수요자 요구조건을 구현하기 때문에 위성 형상설계의 개선은 광학위성 대비 크지 않은 편이다[5-6].

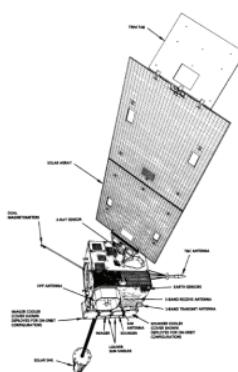
## 2. 기상위성 및 통신위성

기상위성 중 정지궤도위성에 관해서 살펴보면, 정지궤도에서 기상위성이 지구를 관측하기 위해서는 높은 지향 정밀도를 위한 고성능의 자세제어 시스템이 요구되며, 광학센서들의 적외선 채널 성능을 보장하기 위한 수동식 냉각기의 시야각 확보와 위성 본체와 열적으로 독립시키기 위한 광학벤치 필요성 등과 같은 까다로운 요구조건들이 존재하게 된다. 대표적인 정지궤도 기상위성인 GOES는 그림 4a와 같이 태양풍과 같은 외란에 안정적인 실린더 형태의 회전 안정화 방식에서 출발하였으나 스픈 방식의 자체적인 문제인 짧은 관측시간 등과 같은 단점으로

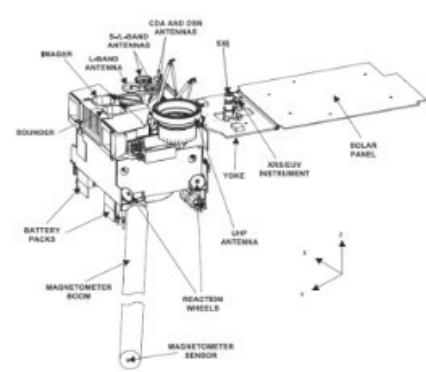
사각형의 3축 안정화 위성으로 변화하였다. GOES I-M(그림 4b)은 3축 안정화 방식의 위성으로 미국의 Space Systems Loral사의 LS-1300 통신위성 본체 시스템을 바탕으로 관측기와 탐측기를 통한 지구 기상관측, 대기의 수직 프로파일 획득과 우주환경감시센서들을 통한 지구 태양간의 전자기적 우주환경 측정(입자/양자 측정) 등을 목적으로 하는 복합 임무 위성이다. 관측기와 탐측기는 최적의 관측 성능을 위해 적외선 채널은 겨울에는 94K, 나머지 기간은 101K으로 유지하고, 가시채널은 섭씨 13~30도로 유지하는 수동형 방열냉각기가 장착되어 있다. 태양전지판의 간섭에 의한 냉각기의 성능 저하를 막기 위해 2개 패널로 구성된 하나의 태양전지판을 센서의 반대편(북쪽)에만 장착하고, 대신 태양풍에 의해 발생하는 모멘텀 토크를 보상하기 위해 반대편(남쪽)에 17 미터의 불과 태양돛(solar sail)을 장착하고 끝단의 정밀한 조절을 위한 trim tab을 장착하게 된다. GOES N-P(그림 4c)의 경우 별추적기와 자이로를 활용한 자세제어 시스템이 모든 축에 대한 모멘텀 축적을 가능하게 하여, 정밀한 지향정확도를 제공하고 환경적 외란 토크를 보상할 수 있게 하여 태양돛이 불필요하게 되었다. 기존의 실리콘에서 갈륨아세나이드 기판의 고효율의 태양전지를 사용하여 태양전지판의 크기를 줄임으로써 발생되는 모멘텀 토크를 최소화 하였다[7-8].



(a) GOES-7

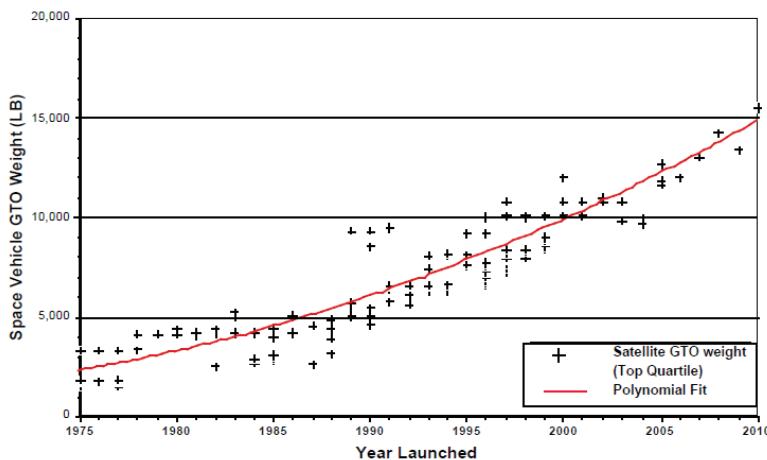


(b) GOES I-M

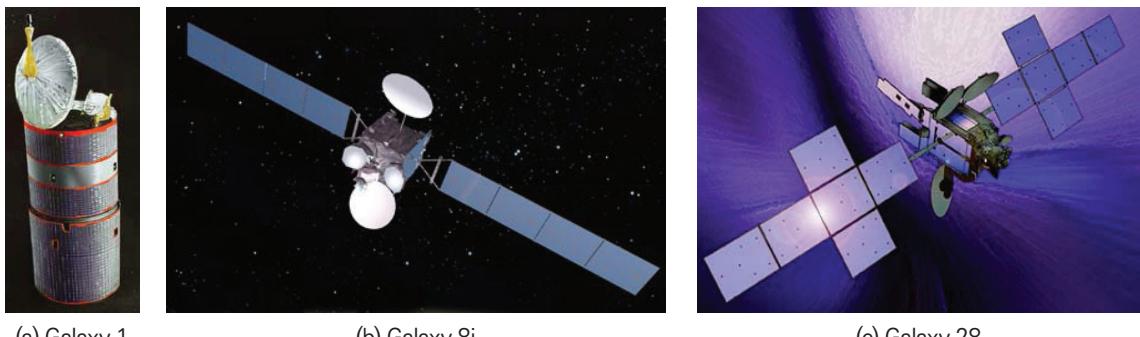


(c) GOES N-P

[그림 4] 기상위성의 형상변화



[그림 5] 통신위성의 발사중량 및 전력량 추이



(a) Galaxy 1

(b) Galaxy 8i

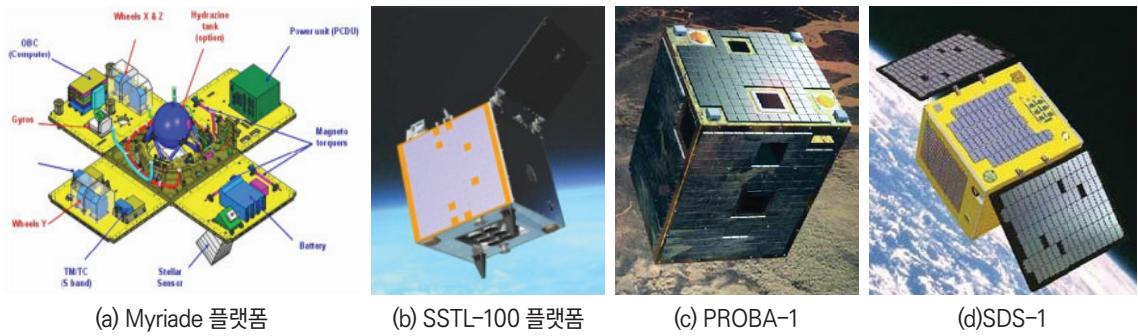
(c) Galaxy 28

[그림 6] 정지궤도 통신위성의 형상변화

통신위성의 경우, 증가하고 있는 통신 중계기의 전력 소모량과 데이터 전송량으로 인해 질량과 전력 요구량이 증대되며 위성이 점차 대형화 및 고성능화 되고 있는 상황이다(그림 5)[8]. 또한 중계범위가 커짐에 따라 안테나의 개수도 초기에 1개에서 과도기를 거쳐 현재에서는 3개 이상 채용되고 있다(그림 6). 기상위성과 마찬가지로 3축 안정화 방식을 사용하면서 위성본체의 형상이 원통형에서 육면체로 변화되었다. 중계기의 늘어난 전력량을 감당하기 위해 태양전지판의 면적도 증가하고 있다. 이를 위해 여러 장으로 구성된 태양전지판이 궤도상에서 전개장치를 이용해서 전개되어 전력을 충전하게 된다.

### 3. 과학기술위성

과학탐사, 지상개발품의 시험 및 실용급 위성의 기술검증 등의 목적으로 개발되는 과학기술위성은 일부 특별한 임무를 가지게 되는 경우를 제외하고 대부분 소형위성으로 개발된다. 초기에는 다양한 본체형상을 사용하였으나 최근에는 비용 및 시간절감 차원에서 규격화된 플랫폼을 사용하는 추세이다[9]. 대표적인 예로 CNES의 Myriade 플랫폼과 SSTL의 SSTL-100 플랫폼이 있다(그림 7a, 7b). 100kg 이하 급의 위성의 경우에는 발사비용의 절감을 위하여 발사체에 이차 탑재체 형식으로 장착되어 편승발사(Piggyback launch)가 이루어진



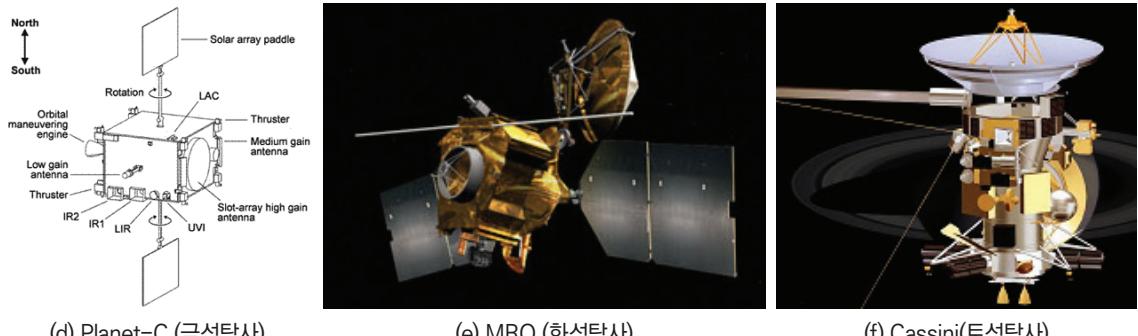
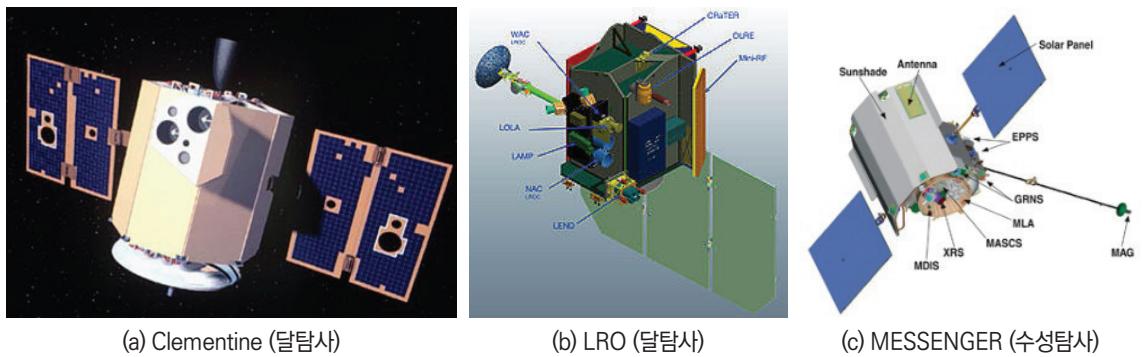
[그림 7] 소형위성의 형상

다. 이러한 경우 위성의 크기 및 질량특성은 발사체의 탑재허용조건에 의해 제약을 받게 된다. 일반적으로 과학기술위성은 저비용 고효율이 중요하고 이로 인하여 제작, 설계 및 조립성이 우수한 육면체 형상이 주로 사용된다(그림 7). 태양전지판은 요구전력량에 따라 전개형 혹은 몸체부착형으로설계되고, 태양전지판 구동장치(SADA, Solar Array Drive

Assembly)는 시스템의 복잡성 및 비용의 상승 등으로 인하여 일반적으로 적용하지 않는다.

#### 4. 행성탐사위성

행성탐사위성은 탐사 임무뿐만 아니라 탐사하고자 하는 천체의 물리적 특성, 지구 및 태양으로부



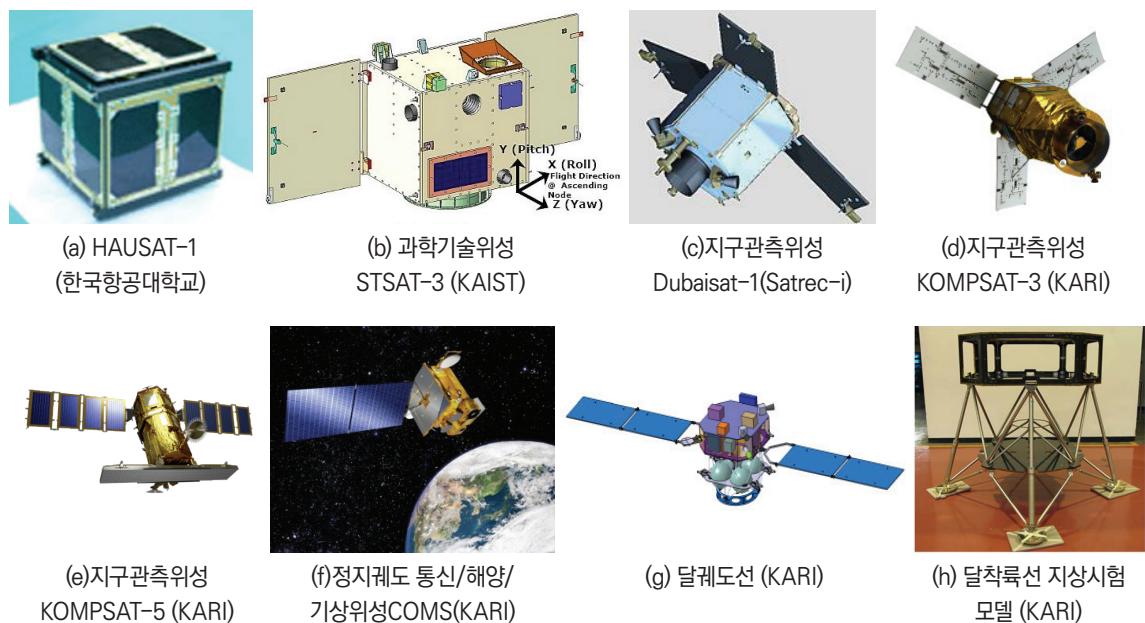
[그림 8] 행성탐사선의 형상

터의 거리 등을 고려하여 형상이 정해진다. 달탐사선의 경우 달궤도로 진입하기 위해서는 많은 추진제가 사용되어야 하고 이로 인해 상대적으로 본체의 무게는 적게 할당됨으로 인하여 본체 설계 시 경량화에 초점을 맞추어 설계되고 있다. 이를 위하여 주구조물에 경량소재를 적용하고 추진탱크 지지부와 같이 하중이 집중되는 부위에 스트럿을 최대한 적용한다. 또한 전자장비의 집적화를 통하여 본체 중량을 최소화 하는 방향으로 설계가 진행되고 있다. 1994년 1월 25일 발사된 미국의 달탐사선 클레멘티안(발사무게 424kg 중 연료무게 195kg)은 팔각형 본체에 2개의 태양전지판을 구비하는 형태로 개발되었으며(그림 8a) 경량화를 위해 태양전지판의 구조체에 격자강화 구조체(Iso-grid stiffened structure)를 사용하였다. 이후 개발된 대표적인 달 탐사선인 LRO, 찬드라얀 1호, 가구야 1호, 창어 1호도 일반적인 지구궤도 위성과 유사한 육면체 형상으로 개발되었다. 태양에 근접한 수성탐사 위성의 경우에는 가혹한 태양열로부터 위성을 보호하기 위한 보호막이 적용되기도 한다. 일반적으로 이

러한 행성탐사위성의 경우 원거리에서 지구로의 데이터 송수신이 수행되어야 하므로 통신 효율을 높이기 위하여 지구를 지향하는 고이득(High-Gain) 안테나가 장착되는데 지구에서 멀어질수록 그 직경이 커진다(그림 8a-f).

### III. 한국의 인공위성

우리나라는 2000년대 들어서면서 다양한 목적을 가진 인공위성의 개발이 가속화되었다. 2006년에 한국항공대학교 연구팀에서 개발한 HAVSAT-1은 비록 발사체 결함으로 우주비행에는 실패했지만 우리나라 최초로 대학에서 개발된 기술검증 목적인 초소형 인공위성에 해당하며 육면체 형상으로 개발되었다(그림 9a). 현재 소형 과학기술위성인 STSAT-3이 KAIST 연구진에 의해 개발되어 2013년에 발사예정이다(그림 9b). STSAT-3는 전개 후 고정형 태양전지판을 장착하였으며, 육면체 형상으로 개발되었다. 상용급 지구관측위성으로 써는



[그림 9] 한국의 인공위성

Satrec-i에서 개발한 200kg급의 Dubaisat-1과 RazakSat이 있다. 두 대의 위성은 2.5m 해상도의 광학카메라를 장착하였고 SI-200 플랫폼을 기반으로 설계되었다. SI-200 플랫폼은 프레임과 패널로 구성된 육각기둥형상의 본체 시스템으로써 소형 발사체에 적합한 무게와 크기를 갖는다(그림 9c). 또한 한국항공우주연구원에서는 서브미터급 해상도의 광학카메라와 합성개구면레이더를 각각 탑재한 다목적실용위성 3호(그림 9d)와 5호(그림 9e)의 개발을 완료하였다. 위성 본체는 프레임과 패널로 구성된 육각기둥 형상으로 자체 개발하였으며, 탑재체는 독일 아스트리움사(3호, 전자광학)와 이탈리아 탈레스알레니아사(5호, SAR)와 공동 개발하였다. 높은 기동성능이 요구되는 다목적실용위성 3호의 경우에는 기동 후 안정화 시간을 가능한 줄이기 위하여 높은 강성을 가지는 태양전지판 지지장치가 장착되어있다. 이러한 위성들은 짧은 재방문 주기를 보유하고 있으며, 원하는 지역의 고해상도의 영상을 3일 이내에 확보할 수 있다. 2010년 6월 발사되어 현재 궤도상에서 임무를 수행중인 정지궤도복합위성은 통신, 해양, 기상 3가지 탑재체가 탑재된 위성으로 프랑스의 아스트리움사와 공동으로 개발되었다(그림 9f). 천리안으로 명명된 정지궤도복합위성은 세계 최초의 정지궤도 해양위성으로써, 활용가치가 국내뿐만 아니라 해외에서도 높게 평가받고 있다. 정지궤도 복합위성의 본체는 여러 장의 허니콤 패널로 구성된 육면체 형상으로 설계되었으며 하나의 태양전지판을 갖고 있다. 최근 들어서는 지구궤도 위성뿐만 아니라 행성탐사선에 대한 연구가 진행 중이다. 제 2차 국가우주개발진흥 기본 계획에 따라 2020년대에 KSLV-2 발사체를 이용한 달탐사선 발사에 대한 선행연구로 달궤도선(그림 9g)의 개념설계와 달착륙선 지상검증모델(그림 9h)개발이 진행 중에 있다. 달탐사선 본체는 궤도선과 착륙선에 모두 적용 가능한 호환형구조로 설계되어 개발기간 및 비용을 단축하는 방향으로 연구가 진행되고 있다.

### III. 결론

본 논문에서는 위성선진국에서 개발 중인 인공위성 본체의 형상설계 특징을 살펴보고 이에 따른 인공위성 개발기술의 변화와 국내의 위성개발 동향을 살펴보았다. 우리나라는 지난 20년간 자체적인 기술개발 및 국제협력을 통해 위성본체의 경우 국내 기술로 개발이 가능하며 일부 탑재체 기술은 국제 협력을 통해 원천기술을 축적해 나가고 있는 실정이다. 머지않은 미래에 당당히 위성산업 선진국 대열에 합류할 수 있으리라 예상되며 이를 기대해 본다. [9]

#### ❖ 참고 문헌 ❖

- [1] 교육과학기술부, 2011, "2012~2016 제2차 우주개발진흥 기본계획".
- [2] <http://www.internetmap.kr/>(미국 스파이 위성의 역사)
- [3] 장영근, "세계각국의 영상 정찰위성", 과학동아, 1998년 8월호
- [4] <http://www.astronautix.com/craft/kh11.htm>
- [5] 임재혁, 김경원, 김선원, 김진희, 황도순, "고해상도 지구관측위성의 본체 형상설계 동향", 항공우주산업 기술동향, 8(1), pp.44 -54, 2010
- [6] 신재민, 윤재철, 문홍열, 이진호, 천용식, 최해진, "차세대 위성탑재체합성개구면레이더", 항공우주산업 기술동향, 3(1), pp. 65-71, 2005
- [7] 박종석, 김창호, 김성훈, 양군호, "정지궤도 복합위성의 본체 형상설계 동향", 항공우주산업기술동향, 3(1), pp. 72-78, 2005
- [8] 김창호, 황도순, "정지궤도 복합위성의 탑재체 및 본체 개발 기술동향", 위성통신과 우주산업, 17(1), pp. 111~125, 2010
- [9] 박종오, 이승현, "소형 위성 개발동향", 항공우주산업기술동향, 3(2), pp. 56-61, 2005

# 천리안위성의 열제어 설계

전형열, 김정훈  
한국항공우주연구원

## 요약

천리안위성(통신해양기상위성)은 통신, 해양 및 기상 세 가지 임무의 정지궤도 위성으로 한국항공우주연구원이 주도하여 개발하였으며, 현재 정지궤도에서 임무를 성공적으로 수행하고 있다. 천리안 위성의 열제어는 수동 열제어 방식인 방열판, 다층박막단 열재, 페인트 등을 기본적으로 사용하였으며, 추가적으로 능동 열제어 방식인 히터 등이 사용되었다. Ka-band 통신탑재체는 남쪽 패널에 장착되었으며, 기상 및 해양 탑재체는 북쪽 패널에 각각 장착되었다. 남쪽 및 북쪽 패널은 내부 열을 외부로 방출하는 주 방열판으로 사용되었으며, 방열판을 제외한 위성의 모든 부분은 외부 열환경과 열적으로 차단하기 위해 다층박막단열재로 덮혀 있다. 기상 및 해양 광학탑재체는 위성체와 열적으로 분리하기 위해 독립적인 광학지지대 위에 장착되었다. 또한 기상탑재체의 극 저온 방열판의 시야각을 확보하기 위해 남쪽에만 태양전지판을 부착하였다. 본 논문에서는 성공적인 임무를 수행하고 있는 천리안 위성의 열제어 설계부터 해석, 열진공시험 및 발사 후 궤도 성능을 다루고자 한다.

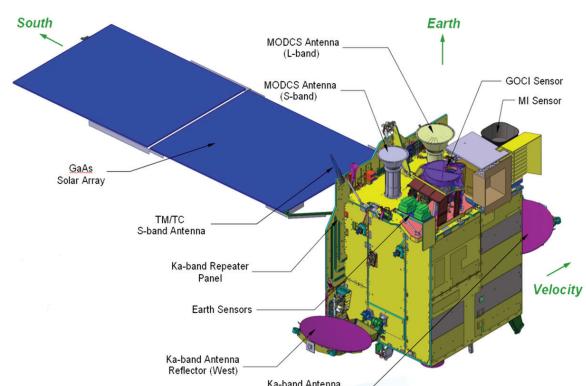
## I. 서론

통신, 해양 및 기상 탑재체를 장착한 천리안위성의 발사무게는 약 2.5톤, 설계 수명은 10년, 임무수명은 7.7년이다. 천리안 위성은 정지궤도 위성으로 우주공간에서 고진공과 극저온의 상태에 놓이게 된다. 특히 우주 공간은 절대 온도 4K에 해당하여, 위성의 효율적인 열제어가 필요하다. 또한 정지궤도에서는 저궤도에서와 다르게, 지구의 영향이 적어 알베도 등 지구에 의한 영향을 무시할 수 있으며 오직 태양에 의한 직접적인 영향만이 존재 한다. 위성의 열제어 설계는 발사 및 전이궤도 등을 포함한 모든 임무 중에 부품의 온도 및 위성체의 온도를 적절하게 유지하는데 그 주요한 목적이 있다. 정지궤도의 특성상 남쪽과 북쪽 패널은 동시에 태양 복사에너지를 들어오지 않으며, 계절적으로 일정한 값을 유지하기 때문에 상대적으로 열 방출에 유리하여 방열판으로 사용된다. 반면에 동쪽과 서쪽 패널은 하루 동안에 태양에 의한 열유입량의 변화가 크기 때문에 방열판으로 사용될 수 없다. 특히, 통신위성은 부품의 발열량이 많은 관계로 남쪽과 북쪽 패널이 위성의 주 방열판으로 사용되며, 효율적인 열관리를 위해 히트파이프 네트워크를 사용한다. 또한 외부, 즉 우주공간으로 열을 방출하기 위해 패널의 바깥쪽에는 OSR(Optical Solar Reflector)과 외부 우주환경과 열적인 차단을 위해 다층박막단열재(Multi Layer Insulation : MLI) 등이 사용된다.

정지궤도 위성은 정지궤도, 즉 고도 36,000 km 상공에 도달하기 위해서는 전이궤도의 운용을 통해, 액체/고체 원자점 엔진을 이용하여 정지궤도에 진입하게 된다. 천리안위성(COMS: Communication, Ocean and Meteorological Satellite)은 아리안(ARIANE) 5호를 이용해 2010년 6월27일 남미 프랑스령 기아나에서 발사되었다. 약 1 주일간의 전이궤도 운용을 통해 동경 128.2도의 정지궤도에 도달하였다.

## II. 위성 열제어 설계

[그림 1]과 같이, 천리안위성의 기상 및 해양 센서(탑재체)는 광학지지대(Optical bench)위에 장착되어 있으며, 다층박막단열재(MLI)를 이용하여 위성과 열적으로 분리 시켰다.



[그림 1] COMS configuration

통신 탑재체를 위한, 동쪽과 서쪽에 장착된 주 반사판(Reflector)은 앞면은 흰색 페인트, 뒷면은 다층박막단열재를 사용하여 열적으로 위성과 분리 하였으며, MODCS 안테나 역시 위성과 열적으로 분리 하였다. Ka-band 통신 관련 부품들은 남쪽 패널(+Y 패널)에 장착되어 있으며, 방열판, 다층박막단열재(MLI), 히트파이프 등을 이용하여 열제어를 수행하며, 보조적으로 히터를 사용한다. 북쪽 패널(-Y 패널)은 해양 및 기상 관련 탑재체 장비들, 자이로, 컴퓨터, 자세제어를 위한 휠(Wheel) 제어 장치 등이 장착되어 있다. 북쪽 패널의 열제어는 남쪽과 동일한 열제어 방법을 사용한다. 남쪽과 북쪽 패널에는 각각 방열판이 장착되며, 방열판을 제외한 위성의 모든 부분은 다층박막단열재로 덮여 있다. 내부의 추진제 탱크 및 배관 등은 다층박막단열재를 이용하여 위성과 열적으로 분리시켰다. 남쪽 패널에 장착된 배터리 모듈 역시 다층박막단열재를 이용하여 위성과 열적으로 분리 시켰으며, 배

터리 모듈의 열제어를 위해 방열판, 히트파이프 및 히터 등이 사용되었다. 통신 탑재체가 장착된 남쪽 패널은 방열판을 최적화하고 열 방출 능력을 최대화하기 위해 세 개의 영역으로 나누어 열제어를 수행한다.

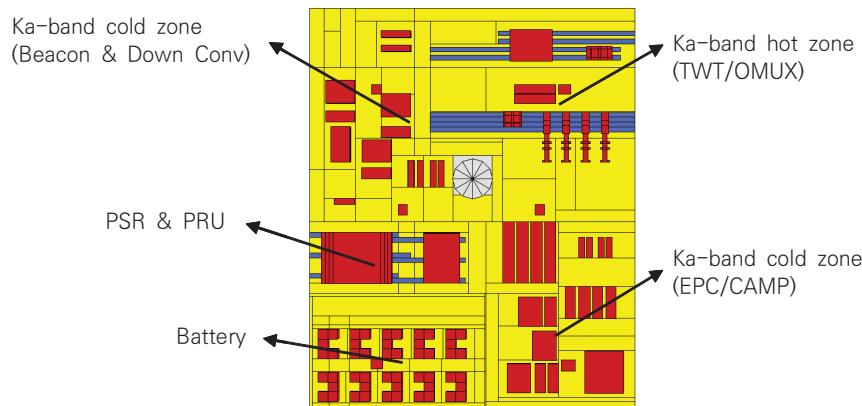
### III. 통신탑재체(Ka-band) 열설계

한국전자통신연구원(ETRI)에서 제작된 Ka-band 통신탑재체는 기상 및 해양 탑재체에 열적으로 영향을 주지 않는 남쪽패널(+Y 패널)에 장착되었다. Ka-band 통신탑재체는 부품의 온도를 고려하여 방열판의 면적을 최적화하기 위해 열적으로 [그림 2]와 같이 독립적인 세 개의 영역으로 나누어진다. 세 영역은 +Z 쪽의 차가운 영역, + Z 쪽의 뜨거운 영역, -Z 쪽의 차가운 영역이다. EPC(Electronic Power Conditioner), CAMP(Channel Amplifier), Up Converter Assembly, RF Channel Filter 등이 -Z 쪽의 차가운 영역(+Y 패널, -Z cold radiator)에 장착되었다. 작동온도가 높고 발열량이 많은 TWT(Travelling Wave Tube), OMUX(Output Multiplexer), O/P Switch 등은 +Z 쪽의 뜨거운 영역(+Y 패널, +Z

hot radiator)에 장착되었다. 수직으로 배치된 내장형 히트파이프와 더불어, 수평으로 배치된 외장형 히트파이프를 이용하는 이중적인 히트파이프 네트워크를 이용하여, TWT와 OMUX에서 발생하는 많은 열을 효율적으로 분산한다. 또한, 상대적으로 저온인 위성의 다른 부분과 열적으로 분리하기 위해 내부 다층박막단열재로 감싼다.

Beacon, Down Converter Assembly, I/F Switch Network, IF Channel Filters, MSM (Microwave Switching Matrix), DCU(Digital Control Unit) 등, Ka-band 신호 수신 부품들이 +Z 쪽은 차가운 영역(+Y 패널, +Z cold radiator)에 장착되며, 이 영역의 부품들은 내장형 히트파이프와 그 위에 장착된 히터 등에 의해 열제어가 수행된다.

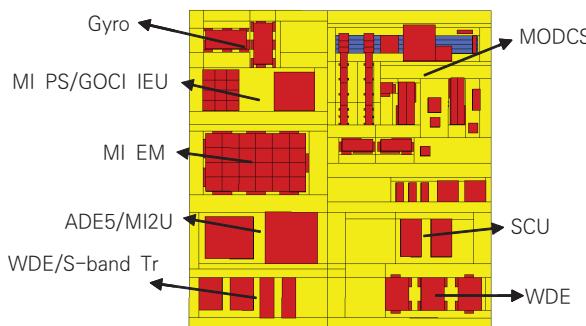
LNA(Low Noise Amplifier)는 탑재체가 장착되는 패널 (+Z 패널, Top floor)의 안쪽에 장착되며, 복사를 통해 +Z 쪽의 차가운 영역과 열적으로 연결되어 있다.



[그림 2] +Y wall internal thermal design

## IV. 기상 및 해양탑재체 접속 열설계

해양탑재체(GOBI: Geostationary Ocean Color Imager)와 기상탑재체(MI: Meteorological Imager)는 각각의 독립적인 광학지지대 위에 장착되며, 열적으로 위성과 분리되어 있다. 두 탑재체는 내부의 온도 제어를 위해 독립적인 열제어가 수행되며, 해양 및 기상탑재체관련 전장 박스들은 [그림 3]과 같이 탑재체와 가까운 북쪽패널(-Y 패널)의 상단부에 장착되었다.



[그림 3] -Y wall internal thermal design

## V. 기상 및 해양 자료송수신 시스템 (MODCS) 열설계

기상 및 해양 자료송수신 시스템관련 전장 박스는 모두 +Z 패널(Top floor)에 설치된 MODCS(Meteorological and Ocean Data Communication Subsystem) 안테나와 가까운 북쪽 패널(-Y 패널)의 상단부에 [그림 3]과 같이 장착 되었다. 발열량이 많은 TWT와 OMUX는 Ka-band 통신 탑재체와 마찬가지로, 외장형 히트파이프위에 장착되며, 히트파이프를 통해 효율적으로 열을 분산시킨다. 또한 TWT/OMUX 영역은 내장형 다층박막 단열재를 이용하여, 상대적으로 저온인 위성의 다른 부분과 열적으로 분리시킨다.

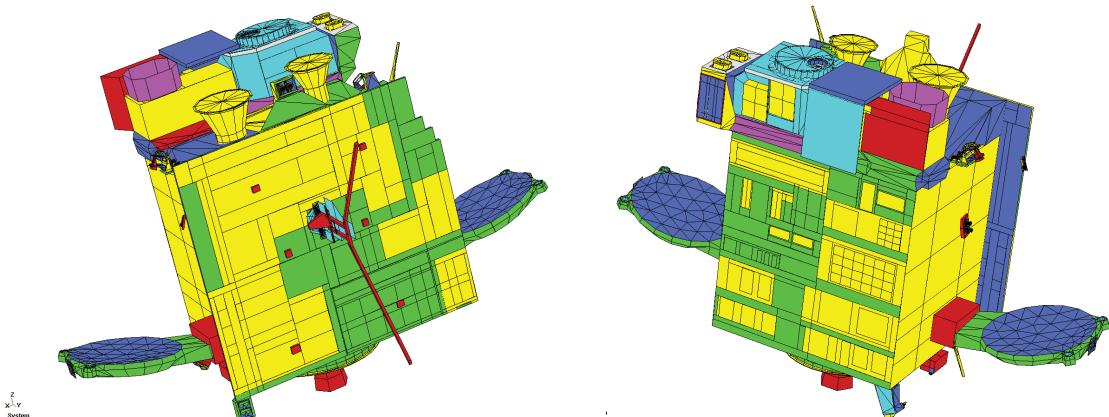
## VI. 플랫폼(Platform) 열설계

### 1. 전력계 열설계

PSR(Power System Regulator)와 PRU(Pyro Release Unit)은 태양전지판과 가까운 남쪽 패널의 Ka-band +Z 차가운 영역 밑에 [그림 2]와 같이 장착된다. 또한 발열량이 많은 PSR은 외장형 히트파이프위에 장착된다. 배터리 역시 태양전지판과 가까운 남쪽패널 하단부에 장착되며, 히트파이프와 히터를 이용하여 독립적인 열제어를 수행하며, 배터리에 발생하는 열은 내장형 히트파이프를 통해, 배터리 방열판으로, 최종적으로는 우주공간으로 방출된다. 또한 내장형 다층박막단열재를 이용하여 열적으로 위성과 분리하였다. SADM(Solar Array Drive Mechanism)은 Ka-band +Z 차가운 영역과 복사 및 전도를 통해 열제어가 수행된다.

### 2. TC & R 부품 및 다른 장비들

AOCS 센서(Gyro)와 전장박스들은 [그림 3]과 같이 북쪽 패널에 장착된다. 사이로는 북쪽 패널의 상단부에, 휠(Wheel) 제어 전장박스 (WDE : Wheel Drive Electronics)들은 휠과 가까운 북쪽 패널의 하단부에 장착된다. ADE5(Actuator Drive Electronics)와 MI2U(Meteo Imager Interface Unit)는 같은 방열판을 사용하며, 내장형 히트파이프를 통하여 SCU(Spacecraft Computer Unit)와 열적으로 연결되어 있다. 북쪽패널의 하단부에 위치한 방열판들은 휠(Wheel)의 발열량을 외부로 방출하는 휠 방열판의 역할도 수행한다. S-band 중계기들은 북쪽 패널의 하단부에 위치하며, WDE 및 휠과 방열판을 같이 사용하며, 내장형 히트파이프를 이용하여 열제어를 수행한다.



[그림 4] COMS thermal model

### 3. 센서, 안테나 및 추력기 (Appendages)

태양센서 등 AOCS(Attitude and Orbit Control Subsystem) 센서, TT&C(Telemetry Telemetry and Control) 안테나, 추력기들은 위성 외부에 [그림 1] 및 [그림 4]와 같이 장착되었다. 이들의 열제어는 위성과 적절한 전도 열전달, 우주 공간과의 복사 열전달, 히터 등을 통해 적정 온도로 유지된다. IRES(Infra-Red Earth Sensor)는 해양탑재체 광학지지대위에 장착되며 북쪽 방향으로 설치된 독립적인 방열판을 이용하여, 구부러진 히트파이프, 히터, 다층박막단열재를 이용하여 열제어를 수행한다. 히트파이프의 사용은 IRES 장착 패널의 온도 차이를 줄여, 열적변형을 최소화하여 IRES의 성능을 향상시키며 질량의 절감 효과를 얻을 수 있다.

### 4. 추진계 열설계

추진제 탱크 및 가압제 탱크에는 히터가 장착되어 있으며, 다층박막단열재로 감싸 있어, 열적으로 위성체와 분리된다. 추진제 배관 및 부품은 주로 격벽 (+Y 패널쪽)에 장착되어 있다. 추진제 배관은 추진제가 어는 것을 방지하기 위한 히터가 감겨 있으며,

위성체 내부에서 복사적으로 분리하기 위해 다층박막단열재로 감싸고, 전도가 낮은 브라켓 등을 이용하여 전도적으로 위성과 분리한다.

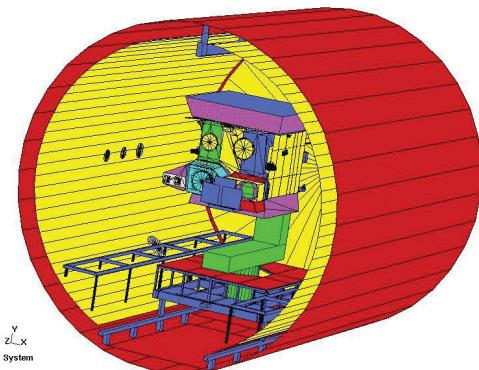
## VII. 열진공 시험

천리안위성의 열해석 모델[그림 4]을 보정하고 열제어 설계를 검증하기 위해 한국항공우주연구원에서 자체 개발한 대형 열진공 챔버를 이용하여 열평형 및 열진공 시험을 수행하였다.

천리안위성의 고온 열평형 시험을 위해 남쪽과 북쪽 방열판 위에 외부 열유입량을 모사하기 위한 히팅플레이트를 개발, 장착하였으며, 액화질소 및 질소가스를 이용하여 히팅플레이트의 온도를 90K에서 260K 사이로 조절하여 성공적으로 열평형 및 열진공 시험을 수행 하였다. 또한 열진공 시험동안에, 열진공 챔버내는 진공으로 유지하였으며, 벽면은 심우주의 낮은 온도를 모사하기 위해 액화질소를 이용하여 90K로 유지하였다.

### 1. 열진공챔버

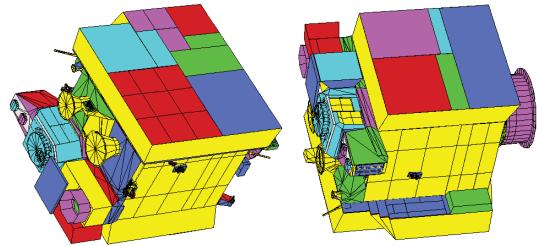
천리안위성 열진공 시험은 항공우주연구원에서 개발한 대형열진공 챔버(유효직경 : 8m, 유효깊이 : 10m)를 이용하여 수행하였다. 이 열진공 챔버는  $3.7 \times 10^{-5}$  Pa( $5 \times 10^{-7}$  torr)이하의 진공 환경에서 액체질소(LN<sub>2</sub>)를 이용해 위성을 감싸는 쉬라우드의 온도를  $-190^{\circ}\text{C}$  이하로 유지할 수 있다. 챔버 쉬라우드의 방사율(Emissivity)은 대기상태에서 0.85이다. [그림 5]는 열진공 챔버, 챔버 쉬라우드 및 챔버 내 장착된 천리안위성의 열해석 모델을 보여준다.



[그림 5] Thermal chamber and satellite

## 2. 히팅플레이트(Heating Plate)

히팅플레이트는 구리판(Copper plate)으로 제작되며, LN<sub>2</sub>와 GN<sub>2</sub>의 흐름을 위한 배관이 구리판 위에 부착된다. 위성의 방열판이 있는 +Y 패널(남쪽패널)과 -Y 패널(북쪽패널)에 50cm 간격을 두고 히팅플레이트가 각각 장착되며, [그림 6]과 같이 다층박막단열재로 싸여 있어, 위성 방열판(+Y/-Y 패널)과 차가운 챔버 쉬라우드와의 시야각을 없앤다. 즉 차가운 챔버의 쉬라우드와 열적으로 분리시킨다. 위성패널(남쪽/북쪽 패널)은 이 히팅 플레이트를 사용하여 각각 독립적으로 열환경(열유입량) 제어가 가능하다.

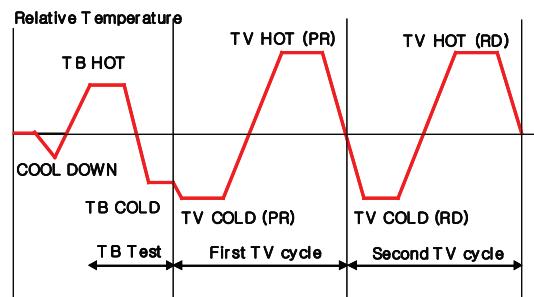


[그림 6] COMS and heating plates

각 히팅플레이트는 장착된 온도센서의 위치를 고려하여 [그림 6]과 같이 여러 개의 노드로 나누었다. 그리고 히팅플레이트 주위는 차가운 열진공 챔버와의 시야각을 없애기 위해 다층박막단열재(MLI)를 사용하여 둘러싸여 있다.

## 3. 열진공 시험 요구 조건

천리안위성의 열진공 시험은 [그림 7]과 같이 총 2-1/2 사이클로 수행된다. 이 중 열평형 시험은 위성기능시험(SFT)을 수행하기 위한 열진공 시험의 앞부분에서 수행된다. [그림 7]에서와 같이 우선 열평형 고온 시험을 수행한 후에, 열평형 저온 시험을 수행하였다. [그림 8]과 같이 천리안위성을 열진공 챔버내 장착하여 열진공 시험을 수행하였다.



[그림 7] Temperature profile of thermal test



[그림 8] COMS in large thermal vacuum chamber

열평형 고온 시험단계부터 15시간 후에 고온 평형상태에 도달하였다. 특히, Ka-band 지역의 부품들은 <표 1> 및 <표 2>에서 알 수 있듯이, 예측보다 5~10°C 정도 낮은 온도를 유지하였다. 저온 평형 상태는 21시간 후에 도달하였다. Ka-band 지역의 부품들 역시 예측보다 10~20°C 정도 낮은 온도를 유지하였다. 두 경우, 모두 이와 같은 온도 차이의 주된 요인은 열진공 시험 예측에 비해 주요 부품의 발열량이 적어서 발생하였다.

&lt;표 1&gt; Predicted unit temperatures

Component	TB HOT(°C)	TB COLD (°C)
Ka-band OMUX	49.3	4.8
Ka-band CAMP	31.2	14.3
Ka-band TWT	57.5	1.9
Ka-band EPC	33.5	14.3
S-band Transponder	30.8	-6.2
MPIU	29.8	15
SCU A	24.4	-6.6
Battery	17.6	15.4

&lt;표 2&gt; Measured unit temperatures

Component	TB HOT(°C)	TB COLD (°C)
Ka-band OMUX	35.9	-6.7
Ka-band CAMP	23.1	-2.6
Ka-band TWT	48.9	-7.9
Ka-band EPC	26.2	-2.2
S-band Transponder	28.2	-11.2
MPIU	23.6	-2.8
SCU A	21.0	-13.3
Battery	19.6	14.5

&lt;표 3&gt; Correlation results of main components

Component	TB HOT (°C)		TB COLD (°C)	
	Test	Correlation	Test	Correlation
Ka-band OMUX	35.9	39.3	-6.7	-4.5
Ka-band CAMP	23.1	23.9	-2.6	-0.4
Ka-band TWT	48.9	47.6	-7.9	-8.1
Ka-band EPC	26.2	24.9	-2.2	-1.2
S-band TRSP	28.2	29.8	-11.2	-8.9
MPIU	23.6	22.6	-2.8	-2.8
SCU A	21.0	22.7	-13.3	-11.1
Battery	19.6	19.4	14.5	15.3

〈표 4〉 Temperature correlation status

Item	TB HOT	TB COLD	Criteria
Individual unit correlation	100%	100%	〈 5 °C
Global deviation ( $\Delta T$ )	0.2	0.0	〈 2 °C
Standard deviation ( $\sigma$ )	0.16	0.15	〈 3 °C

#### 4. 열해석 모델 보정 결과

열평형 고온 및 저온 시험을 통하여 천리안위성의 열 해석 모델 보정을 성공적으로 수행하였다. 열모델 보정 후, 〈표 3〉 및 〈표 4〉와 같이 모든 전장부품 온도가 측정 열전대(Thermocouple)와 5°C 이내로 보정되었으며, 전체편차(Global deviation) 및 표준편차(Standard deviation) 역시 2°C 와 3°C 이내의 기준을 만족 시켰다. 또한 열해석 모델 보정에 사용된 모든 열전대(Thermocouple)의 76%가 3°C 이내, 열전대의 93%가 5°C 이내로 보정되었다.

### VIII. 정지궤도 최종 비행 예측

열해석 모델 보정 및 발열량을 수정한 후에, 최

종 비행 예측을 수행하였다. 정지궤도에서의 주요 계절별 온도 예측은 〈표 5〉와 같다. TWT의 온도가 임무말 동지에서는 58.9°C, 임무초 춘추분에서는 40.2°C, 임무말 하지에서는 40.3°C를 각각 나타내었다. 배터리의 경우는 저온에서는 히터에 의해 13°C 이상으로 유지됨을 알 수 있었다.

〈표 6〉은 정지궤도상에서는 히터 전력 소모량을 나타낸다. 방열판이 큰 면적을 갖고 있고 발열량이 많은 통신탑재체가 장착된 +Y 패널에서는 일식이 존재하는 춘추분이 가장 많은 히터 소모량이 필요하였다. 배터리의 경우는 춘추분일때 태양에 의한 열유입량이 존재하지 않는 일식에서 가장 많은 히터 전력 소모량이 필요하였다. 최종 비행 예측을 통해 온도 및 히터 전력 소모량이 요구 조건을 충족함을 확인하였다.

〈표 5〉 Final flight prediction

Component	WSEOL		EQBOL		SSEOL	
	MAX(°C)	MIN(°C)	MAX(°C)	MIN(°C)	MAX(°C)	MIN(°C)
Ka-band OMUX	50	34.8	31.5	20.9	32.9	23
Ka-band CAMP	24.1	31.8	30.8	20.9	31.2	23.5
Ka-band TWT	58.9	43.1	40.2	28.2	40.3	31.4
Ka-band EPC	32.7	24.9	32.4	21.9	32.9	26.3
S-band TRSP	22.4	5.2	15.4	3.1	33.9	21.9
MPIU	31.6	24.3	27.3	17	30.9	23.8
SCU A	13.6	-1	5.6	-9.2	30.8	14.7
Battery	26.3	13.6	21.3	13.3	21.2	13.7

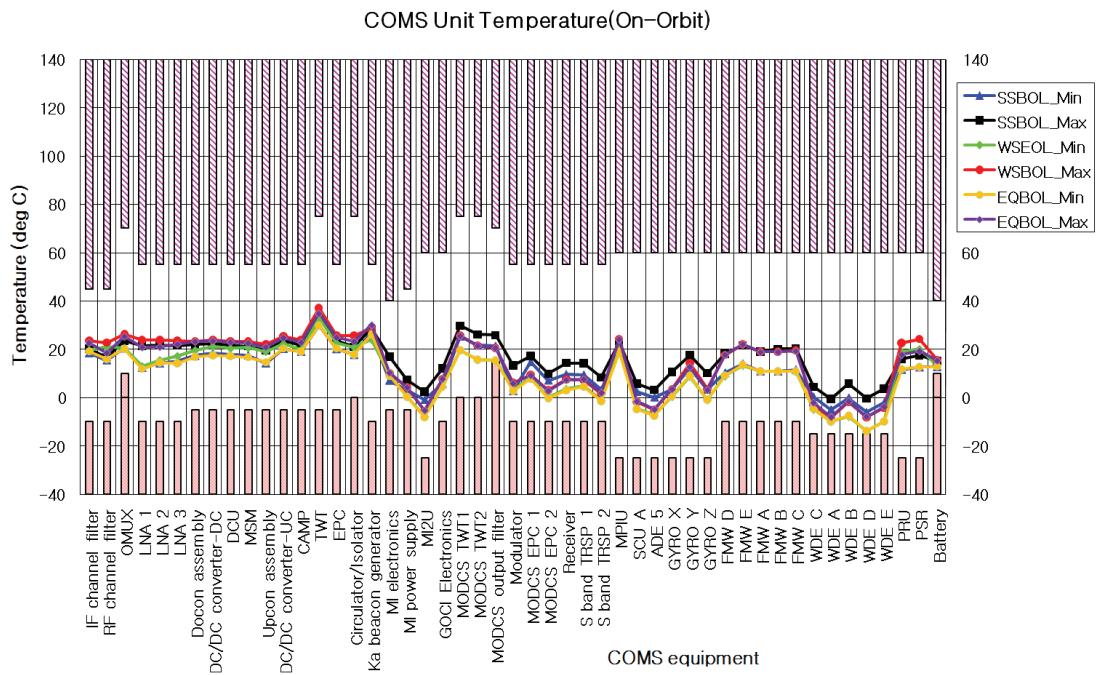
〈표 6〉 Predicted heater power consumption

	AREA	WSEOL(W)	EQBOL		SSEOL(W)
			SUN(W)	ECL(W)	
Payload	+Y wall	28.9	413.6	506.1	233.4
	-Y wall	3.8	82.9	94	0
Platform	FMWs, WDEs, Tanks, Thrusters, etc	26.7	56.6	83.8	23.1
	Battery	0	52	20.6	51.1
	Sensors (IRES, BASS, GOCI)	41.4	53.6	58.4	24.2
Total		100.8	658.7	762.9	331.8

## IX. 궤도상의 온도

천리안위성은 2010년 6월 발사되어 정지궤도상에서 임무를 충실히 수행하고 있다. [그림 9]는 임무초 동지, 하지, 추분때의 주요 부품의 온도 및 각 부품의 작동 범위를 나타낸다. [그림 9]에서 알 수 있듯이 모든 부품이 최대 및 최소 작동 온도 요구 조건을 만족하고 있다. 전반적으로 비행 예측보다

Ka-band 부품들이 온도가 낮은데, 주요 원인은 Ka-band 탑재체의 제한적인 작동으로 인해 전체 발열량이 예측보다 작아 부품들이 낮은 온도를 나타내고 있다. Ka-band 탑재체의 낮은 발열량으로 인해 전반적인 위성 및 주요 부품의 온도가 비행예측보다는 낮은 상태이며, 배터리의 경우는 허터의 작동으로 인해, 최소 요구조건 온도인 10°C보다 높은 약 13°C 이상으로 유지되고 있다.



[그림 9] COMS unit temperature (on-orbit)

## X. 결론

천리안 위성의 열제어는 수동 열제어 방식인 방열판, 다층박막단열재, 페인트 등을 기본적으로 사용하였으며, 추가적으로 능동 열제어 방식인 히터 등이 사용되었다. Ka-band 통신탑재체는 남쪽 패널에 장착되었으며, 기상 및 해양 탑재체는 북쪽 패널에 각각 장착되었다. 남쪽 및 북쪽 패널은 내부 열을 외부로 방출하는 주 방열판으로 사용되었으며, 방열판을 제외한 위성은 모든 부분은 외부 열환경 열적으로 차단하기 위해 다층박막단열재(MLI)를 사용하였다. 기상 및 해양 광학 탑재체는 위성체와 열적으로 분리하기 위해 독립적인 광학지지대 위에 장착되었다. 기상탑재체의 적외선 채널을 위한 극저온 방열판의 시야각을 확보하기 위해 남쪽에만 태양전지판을 부착하였다.

천리안위성의 열제어 설계는 전이궤도 및 정지궤도 해석 등을 통해 보완되었고, 최종적으로 열진공 시험을 통해 검증되었다. 열모델 보정 후, 모든 전장부품 온도가 측정 열전대(Thermocouple)와  $5^{\circ}\text{C}$  이내로 보정되었으며, 전체편차(Global deviation) 및 표준편차(Standard deviation) 역시  $2^{\circ}\text{C}$  와  $3^{\circ}\text{C}$  이내의 기준을 만족 시켰다. 천리안 위성은 정지궤도상에서 통신, 해양 및 기상 등 세 가지 탑재체가 안정적으로 작동하고 있으며, 궤도상에서 모든 부품 및 위성체가 온도 요구 조건을 만족시키고 있다. ■■■

# 인공위성 자세제어 센서의 궤도상에서의 보정기법

윤형주

한국항공우주연구원

## 요약

오늘날 위성의 자세제어에 사용되는 센서는 여러 가지가 있는데, 그 중 정밀 자세제어에 사용되는 센서로 가장 널리 사용되는 것으로는 별추적기(Star Tracker) 센서와 자이로(Gyroscope) 센서가 있다. 위성의 자세제어(Attitude Control) 성능 및 지향정밀도 (Pointing Accuracy), 지향인식도(Pointing Knowledge)를 향상시키기 위해서는 이러한 인공위성 자세제어 센서를 발사 후 궤도상에서 검보정(Calibration/Validation) 하는 것이 필요한데, 특히 고해상도 지상관측 영상위성의 경우에는 이러한 자세제어 센서의 검보정이 필수적이다. 그 중에서도 센서가 위성의 본체, 혹은 탑재체에 대해서 어떤 자세로 설치가 되어있는지를 나타내는 정렬정보를 검보정 하는 것이 가장 중요하다 할 수 있다. 본 문서에서는 오정렬(Misalignment) 및 보정계수오차(Scale Factor Error)를 정확하게 추정하는 기법에 대해서 살펴보고자 한다.

## I. 서 론

일반적으로 인공위성 자세제어계의 성능지수는 지향인식도(Pointing Knowledge)와 지향정밀도(Pointing Accuracy)등으로 표시한다. 지향정밀도에 영향을 미치는 요소는 자세제어오차, 자세결정오차, 궤도전파오차, 지상 관측용 저궤도 위성의 동체 좌표계에 부착된 영상 탑재체의 시선 벡터에 대한 오차요소 등으로 구성된다. 지향정밀도의 향상은, 오차를 야기하는 각각의 오차요소가 미치는 영향을 최소화함으로써 이루어진다. 자세제어오차는 제어기의 특성에 따라 좌우되며, 자세 결정오차는 자이로나별추적기 센서의 특성, 시각 바이어스와 장착오차 등에 따라 좌우된다. 따라서, 이들 센서들의 장착오차나 특성에 대한 정확한 검보정은 정밀 자세제어 성능의 향상에 필수적이다.

자세제어 센서에는 별추적기(Star Tracker) 센서

와 자이로(Gyroscope)를 비롯하여, 자기장 센서, 태양 센서 등이 있으며, 이 중 별추적기 센서와 자이로는 정밀자세제어에 사용되는 높은 정밀도를 요구하는 센서들이다. (그림 1 참조) 별추적기 센서는 여러 개의 별의 위치를 관측하여 내장된 별 카탈로그의 정보와 비교하여 촬영된 별들을 인식한 후, 이를 이용하여 센서의 자세(attitude)를 계산하는 기능을 한다. 자이로 센서는 여러 가지 작동 원리와 구조를 지닌 다양한 종류가 있는데, 이들 센서들의 기능은 회전 각속도를 측정하는 것이다. 이렇게 별추적기 센서와 자이로 센서들로부터 계산된 측정값은 일반적으로 관성 좌표계(Inertial Reference Frame)에 대한 상대적인 자세와 각속도가 되는데, 이들은 다시 각 센서의 동체에 대한 장착각을 고려하여 위성동체좌표계의 자세와 각속도로 변환하여 위성의 자세를 결정하는 데에 사용된다. 이때, 자세제어 센서가 동체 좌표계에 부착된 회전좌표변환행렬(Rotational Transformation Matrix)과 장착



[그림 1] 인공위성 정밀 자세제어 센서 (별추적기 센서 및 자이로센서)

자세 쿼터니언은 탑재 소프트웨어의 데이터베이스에 탑재된다. 따라서 위성의 정확한 자세결정을 위해서는 별 센서 및 자이로 센서와 위성의 동체간의 장착 자세에 대한 정확한 정보가 필요하며, 이를 위해서 발사 전에 지상에서 최대한으로 정확하게 센서와 동체간의 자세를 측정하여 탑재 소프트웨어에 반영하게 된다.

그러나, 발사 전 지상에서 센서의 장착 정보를 최대한 정확하게 측정하여 탑재 소프트웨어에 적용한다 할지라도, 발사과정과 궤도운동 중에 받게 되는 충격과 진동, 그리고 위성체가 무중력 공간으로 투하됨으로 인한 정렬 오차가 발생하게 되며, 구조물의 열 변형 역시 장착 오차를 만들어 낼 수 있다. 열 변형으로 인한 장착 오차는 무시할 수 없을 만큼 큰 값을 가질 수 있기 때문에 열 변형으로 인한 장착 오차를 최소화하기 위해서, 센서가 부착된 부근의 온도 변화를 작게 하도록 열 제어를 하게 되나, 이의 영향을 완전히 제거할 수는 없다. 따라서, 임무 중에서의 위성의 지향정밀도를 향상시키기 위해서는 궤도상에서 센서의 오정렬을 다시 추정하여 탑재 소프트웨어나 지상 처리 소프트웨어에 반영해 주어야만 한다.

## II. 센서의 상대 오정렬 및 절대 오정렬

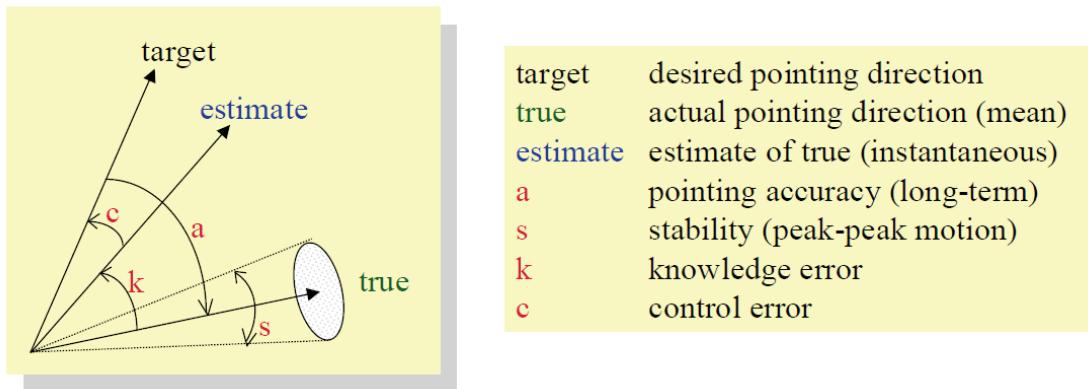
자세제어 센서의 오정렬은 두 가지 종류로 나눌 수 있는데, 하나는 상대 오정렬(relative misalignment)이고 또 다른 하나는 절대 오정렬(absolute misalignment)이다. 상대 오정렬은 자세제어 센서들 간의 상대적인 오정렬을 뜻한다. 만일 이러한 오정렬을 적절히 보정해 주지 않게 되면, 각각의 자세제어 센서(별주적기 센서 및 자이로 센서)로부터 측정되는 자세 및 각속도의 정보들 간에 서로 일관성이 없게 된다. 따라서, 각각의 자세제어 센

서들로부터 측정된 자세정보가 상호 일치하도록 하기 위해서 이를 보정해 주어야만 한다.

한편, 고해상도 영상위성과 같은 경우에는 촬영된 영상의 정확한 좌표정보가 중요하게 되므로, 영상 탑재체(payload)로부터 촬영된 영상의 좌표계, 혹은 이러한 영상을 촬영하게 되는 탑재체 영상센서의 좌표계의 자세정보를 정확하게 알아야 할 필요가 있고, 따라서 탑재체좌표계에 대한 자세제어 센서들의 상대적인 정렬정보를 정확하게 아는것이 필요하다. 이때, 영상 혹은 탑재체의 좌표계에 대한 자세제어 센서의 오정렬을 절대 오정렬이라고 하며, 지향정밀도 및 지향인식도 성능을 향상시키기 위해서 필수적으로 보정을 해 주어야만 한다.

만일 영상을 촬영하지 않는 위성이라던가, 혹은 영상을 촬영하는 위성이라 할 지라도 촬영한 영상의 목표지점에 대한 정확한 좌표 정보의 확보가 불가능하다면, 자세제어 센서들의 절대 오정렬을 추정하는 것은 원천적으로 불가능 하며, 이런 경우에는 상대 오정렬만 보정이 가능하다. 이때, 자세제어 센서들 간의 상대 오정렬을 정의함에 있어서, 어떤 기준이 되는 좌표계를 설정해야만 하는데, 가장 널리 사용되는 방법으로는 자세제어 센서 들 중 하나를 선정하여 이 센서의 정렬 정보는 정확하다고 가정하고, 이에 대한 나머지 센서들의 상대적인 오정렬을 추정하여 보정하는 방법이 있으며, 다른 방법으로는 여러 센서들의 오정렬 값이 서로 대칭이 되게 하는 가상의 좌표계를 계산하여 이에 대한 센서들의 오정렬을 정의하는 방법이 있다.

만일 탑재체의 영상과 이 영상에서 촬영된 지형지물의 정확한 좌표정보가 있다면, 이를 이용하여 영상 좌표계 혹은 영상 탑재체좌표계에 대한 자세제어 센서의 절대 오정렬을 추정할 수 있다. 이러한 절대 오정렬은 촬영하고자 하는 지상의 목표물을 정확하게 촬영하거나, 혹은 촬영한 영상을 이용



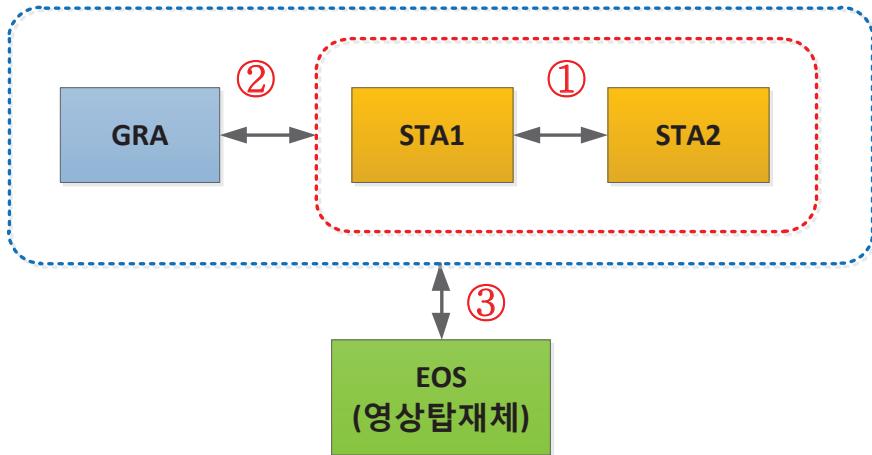
[그림 2] Pointing accuracy, Pointing knowledge 정의 (Source: G. Mosier, NASA GSFC)

하여 정확한 위치정보를 추출하기 위해서 보정을 해주어야 하는 정렬오차이다. 센서의 오정렬을 보정함으로써 지향정밀도(pointing accuracy)와 지향인식도(pointing knowledge)를 향상시킬 수 있게 되며, 이때 이들 성능인자의 정의는 [그림 2]에서 와 같다.

만일 영상 센서가 탑재된 위성의 경우에는 위성의 자세제어 시 위성의 본체(bus)의 자세는 큰 의미가 없고 실제 자세제어 및 자세결정은 탑재체의 좌표계를 대상으로 이루어 지게 된다. 따라서 이런 경우 최종적으로 필요한 센서의 오정렬 정보는 절대 오정렬이 되며, 이를 보정한 센서의 자세정보를 탑재 소프트웨어나 지상 영상처리 소프트웨어에 반영을 해주게 된다. 이때, 영상의 영상정보(좌표정보)와 위성의 자세정보를 이용하여 자세제어 센서의 절대 오정렬을 바로 추정하는 기법이 있는 한편, 센서들 간의 상대 오정렬을 먼저 수행하고 그 다음 이들 센서들의 절대 오정렬을 추정하는 방법도 있다. 여기서 실제 적용을 할 시에는 후자의 방식이 전자의 방식에 비해 좀 더 바람직한 방법이라 할 수 있다. 그 이유로는 첫째, 자이로 센서의 오정렬을 추정하기 위해서는 위성의 자세를 특별한 조건을 만족하는 기동을 지속적으로 하도록 제어 해 주어야만 하는데,

이런 기동 시에 탑재체로 영상을 촬영하게 되면 이미지의 품질이 떨어지거나 혹은 애초에 촬영이 불가능한 경우가 있어서 검보정에 필요한 영상정보를 얻지 못할 수 있다. 둘째, 절대 오정렬을 바로 추정하는 경우는 필연적으로 영상정보의 좌표정보가 확보가 되어야 하는데, 영상정보와 자세정보는 그 처리방식이나 형식 등이 상이하기 때문에 이들 정보를 같이 한꺼번에 통합하여 오정렬을 추정하는 것이 매우 복잡하고 자세제어 담당자/담당부서 단독으로 수행하기 어려운 면이 있다.셋째, 미지의 오정렬을 추정함에 있어서, 추정해야 하는 미지의 파라메터의 개수가 많고 복잡할수록 추정한 결과의 정확도는 떨어지게 마련이며, 만일 그 결과가 나왔더라도 이를 검증하는 것이 매우 어렵다. 또한 만일 추정의 결과가 비정상적으로 나왔을 때, 어느 과정이나 측정데이터가 문제가 있었는지 알아내는 것도 어렵게 된다. 따라서, 가급적 상대적으로 쉽고 정확하게 추정할 수 있는 미지항부터 차근차근 단계를 밟아 추정하여 보정하는 것이 더욱 신뢰도가 높고 문제 해결에도 적합하다 할 수 있다.

그러므로, [그림 3]에서 보듯이 자세제어 센서들 중에서도 성격이 동일한 별추적기 센서들 간의 상대 오정렬을 가장 먼저 추정하여 보정을 한 후, 다



1: 별추적기 센서의 상대 오정렬, 2: 자이로 센서의 상대 오정렬, 3: 자세제어 센서의 절대 오정렬

[그림 3] Relative/Absolute Calibration Plan

음에는 이들 별추적기 센서들과 자이로 센서 간의 상대 오정렬을 추정하여 보정한다. 마지막으로 이들 자세제어 센서계와 영상 탑재체 간의 절대 오정렬을 추정하여 최종적으로 탑재 소프트웨어에 보정 결과를 반영하는 방식으로 센서 검보정의 모든 절차를 수행한다.

### III. 별추적기 센서의 상대 오정렬 추정

별추적기 센서의 상대 오정렬을 추정하는 방법에는 여러 가지가 있는데, 가장 쉽게 사용할 수 있는 방법은 동일 시각에 여러 개의 별추적기 센서들에서 측정한 자기 자신의 자세들을 비교하여 센서들 간의 상대 오정렬을 추정하는 방식이 있다. 좀 더 자세히 설명하자면, 앞장에서 설명하였듯이 먼저 기준이 되는 별추적기 센서를 하나 선정을 한 후, 이 센서에 대한 다른 센서들의 상대적인 자세를 이용하여 센서들의 실제 장착 자세, 혹은 오정렬을 계산하는 방법이다. 즉, 만일 위성의 동체에 대한 별추

적기 센서 STA1과 STA2의 장착 자세를 나타내는 회전좌표변환행렬(Rotational Transformation Matrix)을 각각  $C_B^{STA1}$ ,  $C_B^{STA2}$  라고 하고, 각각의 센서로부터 측정된 관성좌표계에 대한 센서 자신의 자세를 각각  $C_I^{STA1}$ ,  $C_I^{STA2}$  라고 하자. 그리고 앞장에서 언급했던 바와 같이 두 개의 별추적기 센서 중 STA1를 기준으로 하여 (즉 STA1의 장착자세인  $C_B^{STA1}$  는 참값이라고 가정) 다른 별추적기 센서 STA2의 장착 자세를 계산하면 아래의 식과 같다.

$$C_B^{STA2} = C_I^{STA2} C_B^I = C_I^{STA2} C_{STA1}^I C_B^{STA1} \quad (1)$$

이때, 별추적기 센서의 노이즈에 의한 오차 영향을 최소화하기 위해서는, 여러 개의 측정 데이터를 이용하여 위의 식에 적용하여 계산한 장착자세의 평균을 취하는 방법이 일반적이다.

한편, 위와 같은 방법 이외에도 다른 방식의 별추적기 상대 오정렬 추정기법이 있는데, 이는 센서의 오정렬을 확장칼만필터(Extended Kalman Filter, EKF) 기법을 이용하여 추정하는 방식이다.

(참고문헌 [1]) 이 방법은 별추적기센서뿐만 아니라 자이로 센서의 오정렬 까지도 한꺼번에 추정할 수 있다는 장점이 있으나, 실제 자이로 센서의 오정렬 까지 추정하기 위해서는 다음 장에서 자세히 설명 하듯이, 위성의 자세가 특정한 조건을 만족하도록 기동을 해야 한다는 단점이 있다. 또한, 별추적기 센서 만의 오정렬을 추정하기에는 앞서 설명한 간단한 방법에 비해서 굳이 복잡한 EFK를 사용해야 할 이유가 없다.

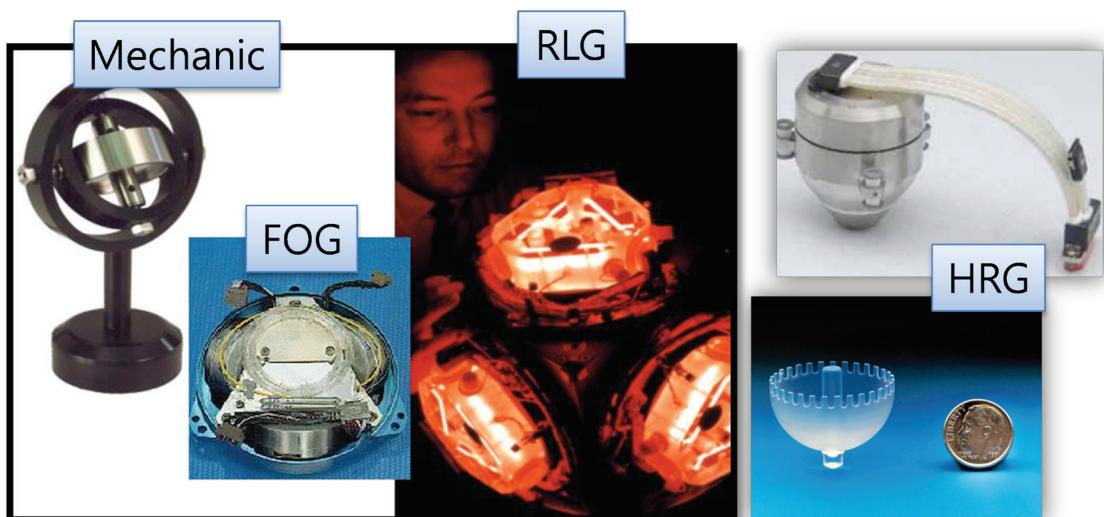
#### IV. 자이로 센서의 상대 오정렬 및 보정계수오차 추정

자이로 센서는 위성체의 회전 각속도를 측정하는 센서이다. 자이로 센서는 작동원리에 따라 여러 가지 형태의 센서가 존재하지만, 그 중 인공위성의 정밀 자세제어에 사용될 정도의 성능과 신뢰도를 제공할 수 있는 것으로는 주로 구형 공진 자이로(Hemispherical Resonant Gyroscope, HRG)와 광섬유 광학 자이로(Fiber Optic Gyroscope, FOG)이다.

FOG), 그리고 링 레이저 자이로(Ring Laser Gyroscope, RLG) 등이 있으며, 이 밖에도 저가/대량생산에 적합한 MEMS 자이로나 재래식인 기계식 자이로 등이 있다. (그림 4 및 참고문헌 [2] 참조)

자이로스코프 센서들은 회전 각속도를 측정하게 되는데, 이때 대개의 자이로의 각속도 측정값에는 바이어스(bias) 오차가 포함되어 있으며, 일반적으로 이러한 바이어스 값은 센서들의 자세/각속도 측정값을 이용하여 위성의 자세를 결정하는 탑재 소프트웨어의 자세결정(Attitude Determination, AD) 필터에서 추정을 하여 적절하게 보상을 해 주게 된다. 이때 대개 AD 필터는 확장칼만필터(EKF) 알고리즘을 사용하게 되며, 자이로 센서의 바이어스 값은 동체 좌표계에서의 바이어스 값으로 치환되어서 추정을 하는 것이 일반적이다.

그러나, 만일 자이로센서에 오정렬이 존재할 경우, 위성 동체의 각속도가 달라지게 되면, 이러한 오정렬에 의해서 동체 좌표계의 각속도의 바이어스 값이 달라지게 된다. 또한 자이로 센서의 보정계수



Source : aerospaceweb.org (Mechanic, FOG, RLG), Northrop Grumman (HRG)

[그림 4] 여러 가지 작동 원리의 자이로스코프 센서

오차(Scale Factor Error) 역시, 오정렬과 비슷한 효과를 가지게 되어, 결국에는 위성 동체의 각속도에 따라서 각속도 측정값에 포함된 바이어스 성분의 크기와 방향이 달라지는 효과를 낳게 된다.

만일 임무 수행을 위해서 기동 할 필요가 없는 위성의 경우에는 위성 동체가 기동을 전혀 하지 않거나, 혹은 일정한 방향으로 아주 느린 기동을 하는 경우가 많은데, 이때에는 위성의 각속도의 크기와 방향이 거의 일정한 값을 가지게 되므로, 만일 자이로 센서의 오정렬이나 보정계수오차가 존재하더라도 이것이 결국 위성 각속도의 입장에서 볼 때 일정한 크기의 바이어스 오차로 나타나게 되므로 AD 필터에서 성공적으로 보정이 되어 적절하게 보상이 된다. 따라서, 이런 위성의 경우에는 자이로 센서의 오정렬이나 보정계수오차를 따로 추정하여 보정하지 않는 경우가 많다.

하지만, 영상 촬영 위성과 같이 큰 각도로 고속도 기동을 자주 하는 위성의 경우에는, 위성의 각속도가 일정하지 않게 되므로 오정렬과 보정계수오차 때문에 동체 각속도 측정에서 나타나는 바이어스 오차가 계속 변화하게 된다. 이러한 바이어스 항이 변하는 속도는 대개 AD 필터의 오차 추정 속도보다 빠른 경우가 많으므로 바이어스 항을 적절히 추정할 수 없어서 위성의 각속도 측정과 자세 결정에 오차를 만들어 내게 된다. 따라서, 이러한 고기동 위성의 경우에는 자이로 센서의 오정렬과 보정계수오차의 적절한 추정과 보정이 필수적이라 할 수 있다.

뿐만 아니라, 위성의 자세를 측정하는 별추적기 센서가 고장이 났다던가, 작동 모드에 따라서 별추적기 센서를 사용하지 않거나 혹은 할 수 없는 상황에서는, 자이로 센서에서 측정한 각속도 측정값을 전파(propagation)하여 위성의 자세를 예측하여야만 하는데, 이런 경우에는 AD 필터를 사용할 수 없으므로 자이로의 오정렬/보정계수오차의 효과가 바로 위성의 자세 예측 오차로 나타나게 된다. 게다

가 오정렬/보정계수 오차가 보정 되어있지 않은 경우 조금이라도 기동을 하고 나면 AD 필터의 bias 추정값이 다른 값으로 발산했다가 다시 적절한 값으로 수렴하는 데 시간이 걸리므로 위성의 정확한 자세를 결정하거나 제어하는데 긴 시간을 기다려야 한다. 따라서, 자이로 센서를 사용하는 위성의 경우에는 기동의 여부와 상관없이 가능하다면 오정렬 및 보정계수오차를 최대한 정확하게 추정하여 보정해 주는 것이 바람직하다.

자이로 센서의 검보정에 사용하는 기법은 크게 일괄처리기법(Batch processing method)과 확장칼만필터기법(Extended Kalman Filter)이 있다. Batch 처리 기법으로 대표적인 것이 Davenport 기법으로서, 롤, 피치, 요의 몇 가지 기동 상태를 포함하는 위성의 기동으로부터 얻은 자세 및 각속도 정보를 이용하여 자이로 센서의 오정렬 및 보정계수오차를 추정하는 방법이다. 그러나, 이 방법은 준최적화(suboptimal) 된 추정치를 구하게 되며, 별추적기와 같은 자세 센서의 오정렬을 함께 추정할 수는 없다는 단점이 있다. (단 후자의 결점의 경우, 별추적기 센서의 상대 오정렬을 별도의 방법으로 먼저 보정해 주면 무관함.)

반면에 NASA의 수성탐사선인 MESSENGER라는 (참고문헌 [3]), 최근 한국항공우주연구원에서 빌사하여 성공적으로 초기운영을 수행한 고해상도 지상관측위성인 아리랑 3호에서 사용한 방식은 Pittelkau가 개발한 정렬칼만필터(Alignment Kalman Filter) 기법을 활용하였다. 이 방식은 기존의 위성 자세 결정용 확장칼만 필터를 기반으로 하여 이를 별추적기 센서, 자이로 센서, 및 탑재체의 오정렬까지 한꺼번에 추정을 할 수 있도록 개량을 시킨 기법이다. 이 기법에서는 자이로 센서의 오정렬 및 보정계수오차를 추정하기 위해서 이들 오차의 영향이 관측 가능(observable)하도록 해야 한다. 따라서, 위성은 complete excitation 조건을 만족

하는 특별한 형태의 기동을 수행하여야 하며, 이때 주로 사용되는 검보정 기동(calibration maneuver)은 각 축에 대한 회전 각속도가 서로 다른 주파수를 가지는 삼각함수가 되도록 설정하는 것이 일반적이다.

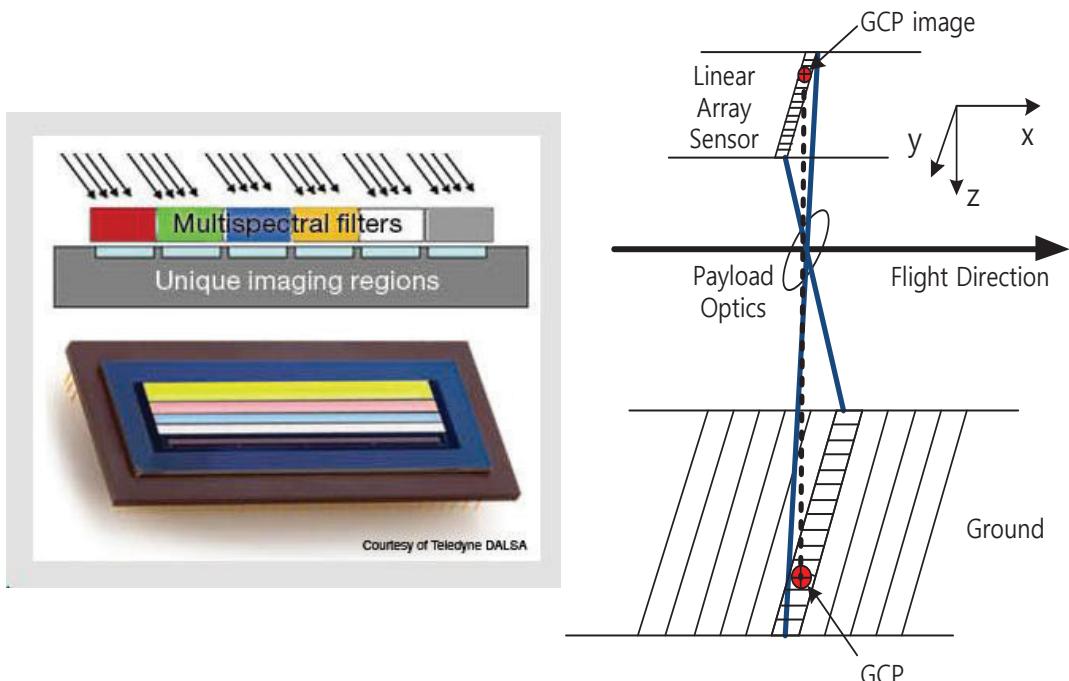
앞서 언급하였듯이 이 기법은 탑재체의 정렬정보 까지 추정이 가능하기 때문에, 별추적기 및 자이로 센서의 절대 오정렬을 추정해 낼 수 있는 하지만, 이것이 가능하기 위해서는 칼만필터가 계산이 되는 매 샘플링 주기(sampling period)마다 영상 탑재체로부터 촬영한 지상 목표물의 좌표정보를 획득할 수 있어야만 한다. 더군다나, 최신의 고해상도 영상 위성의 경우에는 1차원 선형 배열 영상센서(linear image sensor array)를 채용한 영상 카메라를 탑재하게 되는데 (다음 장에서 자세히 설명), 이러한 형태의 영상 탑재체는 앞서 설명한 검보정 기동을 수행할 시에는 제대로 된 영상을 획득할 수가 없다. 따라서, 이론상으로는 별추적기/자이로 센서의 영상 탑재체에 대한 절대 오정렬의 추정이 가능하지만, 실제로는 (상대 검보정이 끝난) 별추적기 센서에 대한 자이로 센서의 상대 오정렬 및 보정계수오차를 추정하는 용도로만 사용하고, 절대 검보정은 다음 장에서 설명하는 기법을 사용하여 검보정을 수행하는 것이 바람직하다고 생각된다.

## V. 자세제어 센서의 절대 오정렬 추정

센서의 절대 정렬이란 위성의 동체가 아닌 위성의 영상 탑재체, 혹은 영상 자체의 좌표계에 대한 센서의 정렬 정보를 뜻한다. 위성의 임무가 주로 지상이나 천체의 영상 촬영인 경우에는 계획된 목표물을 정확히 촬영하거나, 혹은 촬영한 영상으로부터 목표물의 정확한 위치정보 등을 계산해 내기 위해선 필수적으로 수행하여야만 하는 절차라고 할 수 있다.

절대 오정렬을 보정을 하는 기법에 대해서 다수의 논문과 연구결과가 발표된 바가 있는데, 이들 연구의 대다수는 영상 탑재체를 별추적기 센서와 같은 일종의 자세제어 센서로 간주하고 영상 탑재체 와 자세제어 센서, 혹은 기준이 되는 동체 간의 정렬 자세를 추정하는 방식을 주로 사용하고 있다[1]. 그러나, 이러한 방식은 영상 탑재체가 별추적기 센서와 마찬가지로 2차원 영상센서를 채용하여 매 시각마다 2차원의 영상을 촬영하여 복수의 목표물의 좌표정보를 얻을 수 있는 경우에만 활용 가능한 방식이다. 만일 고해상도 영상촬영 위성의 경우와 같이, 영상 탑재체가 1차원 선형 배열로 늘어선 영상센서 (linear array sensor)를 주사(scan)하여 촬영하는 형식인 경우, 2차원 평면 센서를 사용하는 별추적기와는 작동 방식이 매우 상이하기 때문에 이러한 기법을 직접 사용하는 데에는 많은 어려움이 따른다 (그림 5 참조).

좀 더 자세히 설명하자면, 영상 정보를 이용하여 영상 탑재체좌표계의 자세를 결정하기 위해서는 정확한 좌표를 알고 있는 최소한 2개 이상의 지상 목표물(Ground Control Point, GCP)을 동시에 촬영하는 것이 필요한데, 2차원 영상센서의 경우에는 목표물의 좌표만 알고 있으면 이러한 정보를 획득하는 것이 가능하다. 그러나 최신의 고해상도 지상촬영 위성의 경우, [그림 5]에서 보는 것과 같이 1 차원 선형배열의 형태로 배치된 영상센서 (Linear Array Image Sensor)를 주사(scan)하는 방식으로 지상 영상을 촬영하게 된다. 이러한 방식은 마치 밀대형 빗자루(pushbroom)로 밀듯이 촬영한다고 해서 Pushbroom Acquisition 이라고 하는데, 동일한 주사선상에 있지 않은 지상점의 영상은 각각 다른 시각에 촬영된다. 그런데, 일반적으로 영상 촬영시 위성의 자세는 관성좌표계에 대해서 고정되어 있지 않고 지속적으로 변한다. 예를 들어, 광역촬영 모드(wide-area-mode)처럼 넓은 촬영범위를 지속적으로 주사하면서 촬영할 때는 물론이거니와,



Source : Teledyne DALSA (Left)

[그림 5] 선형 배열 영상 센서 및 이를 채용한 영상 탑재체의 작동 원리

천저(Nadir) 촬영 시에도 지상표면과 수직을 유지하기 위해서 피치축으로 궤도 각속도 (orbit rate)에 해당하는 각속도로 느리게 기동을 하며, 또한 지구 자전효과를 보정하기 위해서 요기동 (yaw steering)을하게 된다. 따라서 이러한 방식으로 지상의 GCP (Ground Control Point)를 촬영하게 되면, 각 GCP를 촬영한 순간마다 위성의 자세가 미세하게 달라지게 되므로 자세결정기법을 곧바로 적용할 수 없다. 만일 위성의 자세를 평균을 취해서 오정렬을 추정한다면 적지 않은 오차가 발생하게 된다.

한국항공우주연구원의 아리랑 3호 위성의 경우에는, 이러한 1차 선형 배열 영상센서의 절대 오정렬의 추정을 위해서 새로운 방식의 알고리즘을 개발

하여 성공적으로 적용하였다. 이 알고리즘을 간단하게 설명하면, 지상의 목표물(GCP)와 위성 사이의 상대위치 벡터와 영상에서의 위치벡터 간의 관계식을 세운 다음, 여기서 시변항 (time-varying)과 시불변항(time-invariant)을 나누어 재배치 하고, 이때 시불변항인 오정렬에 해당하는 좌표변환행렬, 혹은 자세 쿼터니언(attitude quaternion)을 추정해 내는 방식이다. 이때 오정렬 좌표변환 행렬을 계산하는 알고리즘은 기존에 별추적기 센서에서 사용하는 자세 결정 알고리즘인 TRIAD 나 Davenport Method, 혹은 QUEST [4]를 사용하면 된다. 본 기법에 대한 좀 더 자세한 내용은 참고문헌 [5]을 참조하기 바란다.

## VI. 결론

본 문서에서는 위성 궤도상에서 획득한 정보를 이용하여 인공위성의 자세제어 센서의 오정렬을 추정하여 보정하는 기법에 대해서 간략하게 소개하였다. 여기서 소개된 기법 이외에도 다양한 기법들이 발표되어 활용되고 있으나, 각각의 위성의 임무나 특징에 따라서 서로 장단점이나 적용 가능성 여부가 다르기 때문에, 여기서는 주로 고해상도 영상 위성에 적용할 수 있는 기법들을 중심으로 소개하였다. 본 문서에서 소개한 기법들을 한국항공우주 연구원의 아리랑 3호 위성에 실제 적용하여 해석해 본 결과, 자세제어 센서의 오정렬을 약 90% 이상 감소시킨 것으로 나타났다. 이러한 연구 결과를 활용하면 국내 위성의 성능과 경쟁력을 향상시키는데 조금이나마 보탬이 되리라 예상한다. ■■■

### ❖ 참고문헌 ❖

- [1] Pittelkau, M. E., 2001, "Kalman Filtering for Spacecraft System Alignment Calibration", Journal of Guidance, Control, and Dynamics, Vol. 24, No. 6, Nov.-Dec., pp. 1187~1195
- [2] Jerebets, "Gyro Evaluation for the Mission to Jupiter", IEEEAC paper # 1642, Version 4, Updated December 1, 2006
- [3] O'Shaughnessy et. al, "Messenger IMU Interface Timing Issues and In-Flight Calibration Results", 29th Annual AAS Guidance and Control Conference, Colorado, Feb. 4~8, 2006
- [4] Shuster, M. D., 2006, "The Quest for Better Attitudes", The Journal of the Astronautical Sciences, Vol. 54, Nos. 3 & 4, July-December, pp. 657-683
- [5] 윤형주 외, "저궤도 영상촬영위성 자세제어 센서의 절대 오정렬 보정", 2012년 한국항공우주학회 추계 학술대회 및 정기총회, 제주도 라마다 호텔, 2012년 11월 14~16일, pp. 751~757

# 정지궤도 위성 추진시스템 연구

한조영, 채종원, 박응식  
한국항공우주연구원

## 요 약

위성이 발사되어 전이궤도(Transfer Orbit)를 거쳐 궤도전이를 수행 후 임무궤도에 안착하기 위해서는 수많은 자세조정 및 위치변경이 필요하다. 그리고 임무궤도 상에서는 태양과 달의 중력, 태양 복사압력, 전자파 복사(RF Radiation) 및 미세 중력장 등의 요인에 의하여 위성임무궤도를 이탈하게 된다. 이러한 경우 위성의 수명말기까지 적절한 위치를 유지하고 자세수정을 위한 수단이 요구되며, 추진시스템은 필요한 추력의 제공을 담당한다. 인공위성에 있어서 추진시스템의 성능과 정상적인 기능의 발휘여부는 위성의 운용 및 가용성에 중대한 영향을 미치고, 또한 추진시스템의 수명, 즉 추진제의 적재량이나 추진시스템 부품의 손상은 위성의 수명을 좌우하는 결정적인 요인이 되므로, 인공위성의 추진시스템에는 매우 높은 신뢰도가 요구된다. 그러므로 추진시스템에 사용되는 모든 부품들은 초기개발에 따른 위험 부담을 줄이고 신뢰성을 확보하기 위하여 타위성 개발 프로그램들을 통하여 이미 그 성능이 검증되어 있는 부품들을 이용하는 것이 일반적이다. 본 논문에서는 우선 기개발된 중, 대형급 정지궤도위성의 추진시스템 모델을 분석하였다. 그리고 우리나라의 정지궤도위성인 천리안위성에 적용된 추진시스템에 대해 소개하며, 기존 저궤도위성 아리랑위성의 추진시스템과 간략한 비교를 통해 독자의 보다 심도 있는 이해를 돋고자 한다. 더불어 정지궤도위성 이원추진제 추진시스템의 향후 활용 전망도 고찰해 본다.

## I. 서론

정지궤도위성의 추진시스템은 발사체로부터 위성체가 분리된 후 전이궤도에서 정지궤도로의 진입을 위한 원자점 분사를 포함한 전임무수명 동안에 자세제어, 궤도제어, 회전제어, 동/서 및 남/북 위치유지 및 모멘텀 포화제거 등을 위한 수단인 추력을 제공한다[1, 2].

추진시스템의 선정은 위성의 개념설계 초기에 이루어지게 되는데, 기존의 임무수명 10년 이상인 일반적인 정지궤도위성의 추진시스템을 대별하면 다음과 같다.

### 1) 단일추진제 추진시스템

-GE-3000(Lockheed Martin) 등

### 2) 이원추진제 추진시스템

-FS1300 (SS/Loral), HS601 (Boeing), HS702(Boeing), Spacebus3000 (Alcatel Space), Itasat(Alenia Aerospazio), AMOS(MBT), Eurostar (Marta Marconi Space) 등

### 3) 이중모드 추진시스템

-GE-7000, A2100(Lockheed Martin), Starbus (OSC) 등

본 논문에서는 우선 기존 위성제작사의 대표 위성모델의 추진시스템을 조사하였으며, 각 위성모델의 구성 및 추진시스템 개략도를 제시하고, 추력기 수 및 추력, 비추력, 탱크수 등의 각 추진시스템별 특징을 정리하였다.

## II. 단일추진제 추진시스템

1960년대에 처음으로 응용된 이래로, 지난 40여년 동안 단일추진제 추진시스템은 위성 자체 및 궤도제어를 위한 추진시스템의 전형으로 가장 광범위하게 그리고 성공적으로 이용되어왔다. 단일추진제 추진시스템은 넓은 범위의 환경 및 동작조건에서 매우 긴 수명 및 신뢰도를 보여주며, 가장 광범위하고 성공적으로 이용되고 있는 추진시스템이다.

이 시스템은 단일추진제 추력기(Monopropellant Thruster)와 고체원자점킥모터(Solid AKM)를 사용하는 구성이 가장 일반적이다.

단일추진제 추진시스템의 장점으로는 시스템의 간단성과 고신뢰성, 낮은 비용을 들 수 있으며 장기간의 추진제 저장성, 배기가스에 의한 최소한의 오염 또한 다른 시스템에 비해 우수하다. 또한 0.09N (0.02 lbf)까지 가능한 저추력능력, 적용상의 유연성을 들 수 있다.

그러나 비추력이 상대적으로 200 ~ 300초 정도로 낮으며, 이는 추진제의 소비량 증가를 유발하므로 대형위성에서는 추진제 무게가 현저하게 증가하게 되는 단점이 있다. 정지궤도위성의 경우 궤도상에서 사용되는 추진제의 대부분은 남/북 위치유지(North/South Stationkeeping)에 사용되기 때문에, 이에 필요한 추진제의 양이 곧 위성수명을 결정하게 된다. 그러므로 대체적인 현 추세는 단일추진제 추진시스템에 더하여 남/북 위치유지 전용으로 비추력이 높은 전기추력기를 사용하여 수명을 연장한다.

추진제 가압방식으로는 보통 가장 간단한 블로우다운(Blowdown) 방식압방식을 사용한다. 수명상의 이유로 현재 대형 정지궤도위성에서는 거의 사용하지 않고 있고 주로 저궤도 중소형위성에서 사용된다.

용되고 있다.

주요 구성부품으로는 단일추진제 추력기(Mono-propellant Thruster), 궤도전이를 위한 원지점킹 모터(AKM), 추진제탱크(Propellant Tank), 압력조절기(Pressure Regulator), 팰브(Fill/Drain Valve, Latch Valve), 배관 등으로 구성된다.

이러한 시스템의 대표적인 예로는 무궁화위성 1, 2호의 GE-3000 모델이 대표적이다.

### 1. GE-3000 (Lockheed Martin)

GE-3000[3]은 블로우다운 단일추진제 하이드라진(hydrazine) 시스템이며, 시스템 구성도는 Fig. 1에 도시되어 있다.

GE-3000 추진시스템의 구성은 다음과 같다.

#### 가. 추진제 탱크

추진제 탱크는 [그림 1]에서 보는 바와 같이 4개의 19.7 인치 직경의 원형 추진제탱크로 구성되며, 대각선으로 두 개씩 서로 연결(Cross-over)되어 분할

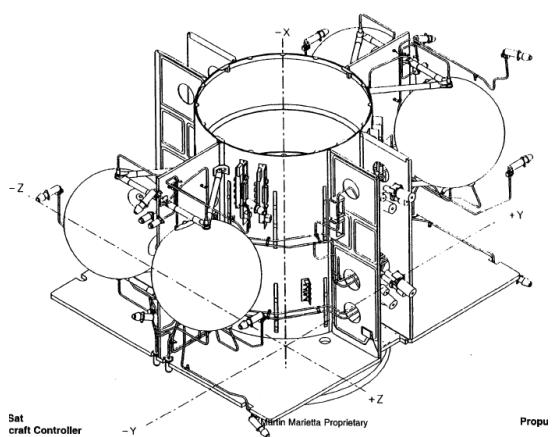
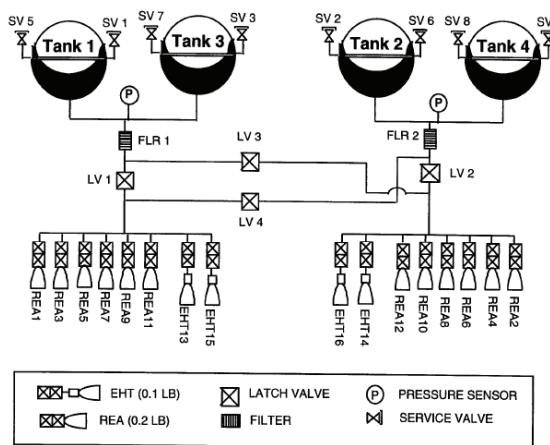
시스템(Half-Systems)으로 구성 된다. 추진제 제어장치(Propellant Management Device, PMD)는 표면장력방식을 사용하였다.

#### 나. 추력기(Thruster)

한 개의 원지점킹모터(Apogee Kick Motor)를 사용하여 궤도전이를 하며, 총 12개의 0.9N 급 단일추진제 추력기가 동, 서면과 남쪽 패널에 장착되어 있다. 총 4개의 0.36N 급 전열추력기(Electro-thermal Hydrazine Thruster, EHT)가 남북위치유지를 위해 남쪽 패널에 장착되어 있다.

### III. 이원추진제 추진시스템

액체원지점엔진(Liquid Apogee Engine, LAE)과 이원추진제 추력기(Bipropellant Thruster)를 사용하는 추진시스템으로 현재 정지궤도위성에서 가장 널리 쓰이는 시스템이다. 액체원지점엔진은 전 이궤도에서 목표정지궤도로 궤도전이 수행시에 이용되며, 이원추진제 추력기는 정지궤도상에서 요구되는 각종 자세제어에 사용된다. 이때 이원추진제 추력기와 액체원지점엔진은 동일한 추진제를 공유



[그림 1] GE-3000 추진시스템 구성도

하여 사용한다. 이러한 이원추진제 추진시스템의 장점은 고성능, 높은 비추력 및 낮은 표면 오염도로 대표된다.

이원추진제 추진시스템은 단일추진제 추진시스템보다 높은 비추력을 사용할 수 있는 반면, 본질적인 특성상 시스템 자체가 복잡해지며 이로 인해 추가로 소요되는 각종 밸브 및 가압제탱크 등으로 인하여 제작 비용이 높아진다. 그러므로 중형 이하의 정지궤도위성에서는 이원추진제 추진시스템이 단일추진제 시스템 보다 상대적으로 불리하게 된다. 또한 연소상의 불안정성 및 혼합비의 불확실성으로 인해 안정한 저추력 이원추진제 추력기가 없다는 것이 추가적인 단점이다. 또한 현재 생산중인 최소 추력의 이원추진제 추력기는 10N (2.2 lbf)으로 정밀한 자세제어에 필요한 최소 임펄스 비트(Impulse Bit)를 얻는데 다소의 제약이 수반된다.

고체원자점엔진(AKM)와 비교하여 이원추진제 추진시스템에 사용되는 액체원자점엔진(LAE)의 특징 및 장점은 분사를 켜고 끈(Start/Stop)의 반복이 가능하여 보다 정확히 궤도전이를 할 수 있다는 점이다. 그리고 형상의 적용이 유연하여 고체추진

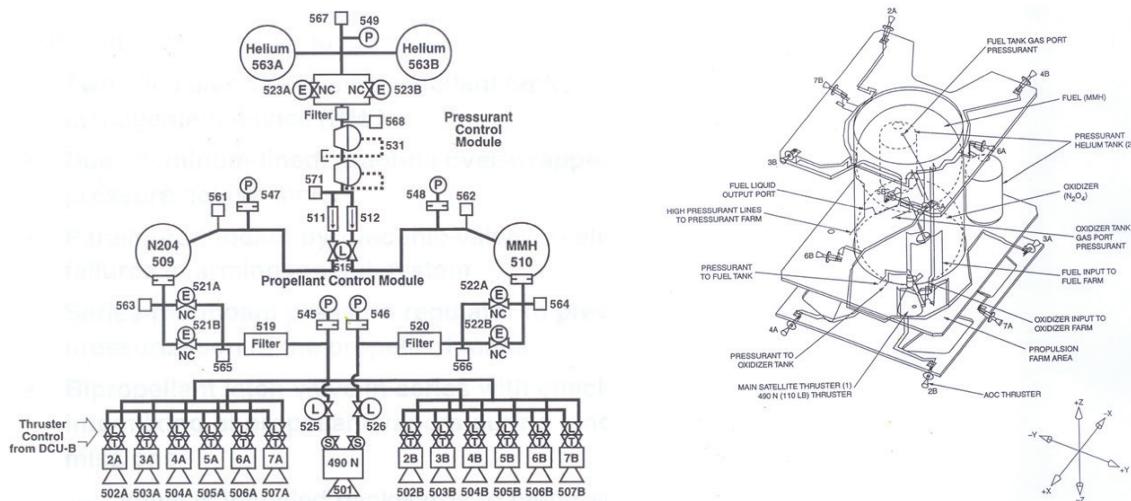
모터에 비해 탱크 등의 위치를 보다 자유롭게 할 수 있다. 한편 고체원자점엔진에 비해서는 낮은 추력을 발생하지만, 대신 긴 연소시간으로 인해 더 높은 비추력을 낼 수 있다.

현재 전 세계적으로 많은 중, 대형위성들이 정지궤도에서 이원추진제 추진시스템을 사용하고 있으며, 대표적인 예로 Space System/Loral사의 FS1300, Boeing사의 HS 601, HS 702가 있다. Alcatel, Astrium 등 대부분의 유럽 통신위성 시스템은 모두 이원추진제 추진시스템을 채택하고 있으며, 위성의 수명 연장을 위해 제논이온 추진시스템(Xenon Ion Propulsion System)이나 아크젯(Arcjet)과 같은 전기추력기를 보조적으로 남/북 위치유지에 사용한다.

## 1. FS 1300 (SS/Loral)

FS 1300은 이원추진제 추진시스템 (Bipropellant Propulsion System)이며, 시스템 구성도는 [그림 2]에 도시되어 있다.

FS 1300 추진시스템의 구성은 다음과 같다.



[그림 2] FS1300 추진시스템 구성도

## 가. 추진제탱크

40.6 인치 직경에 부피 1000 리터를 갖는 원형 탱크로 구성되며 두 개의 추진제 탱크는 Fig. 2에서 보는 바와 같이 중앙 실린더(Central Cylinder)내에 장착된다. 연료(MMH) 탱크가 상단에 위치하며 산화제(N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) 탱크가 하단에 위치한다. 추진제 제어장치(PMD)로는 표면장력방식을 사용하였다. 가압제 탱크는 각 49.1 리터인 두 개의 탱크를 사용하며 위성체 하단에 장착된다.

## 나. 추력기(Thruster)

자세 및 궤도조정, 모멘텀 획득을 위해 추력이 22 N(5 lbf)인 추력기 12개를 장착하였고 궤도전이를 위해 490N 추력인 한 개의 액체추진로켓(Main Satellite Thruster, MST)을 장착하였다.

## 다. 밸브(Valve) 및 추진제 공급계통

가압제와 추진제의 공급계통으로 압력조절모듈(Pressure Control Module)과 가압제조절모듈(Propellant Control Module)로 구성된다. 이같

은 공급계통은 래치밸브(Latch Valves), 파이로밸브(Pyrovalve(NO,NC)), 압력조절기(Pressure Regulator), 이중체크밸브(Dual Check Valve), 매뉴얼 밸브(Manual Valve), 필터(Filter) 및 압력변환기(Pressure Transducer) 등으로 구성된다.

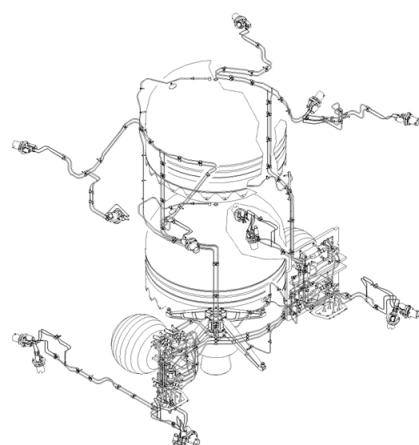
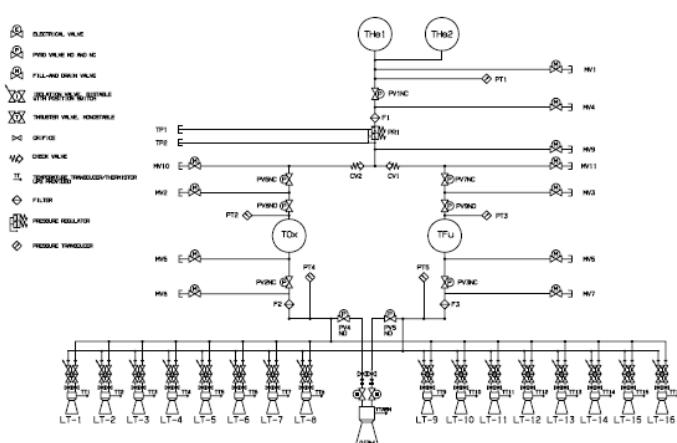
## 라. 추진제(Propellant) 및 가압제(Pressurant)

연료로는 단일메틸하이드라진(MonoMethyl-Hydrazine, MMH)을 사용하고 산화제로는 사산화질소(N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>)를 사용한다. 가압제로는 헬륨을 사용한다.

## 2. Spacebus 3000 (Alcatel Space)

Spacebus 3000은 이원추진제 추진시스템(Bi-propellant Propulsion System)이며, 시스템 구성도는 [그림 3]에 도시되어 있다.

Spacebus 3000 추진시스템의 구성은 다음과 같다.



[그림 3] Spacebus 3000 추진시스템 구성도

## 가. 추진제 및 가압제 탱크

두 개의 카시니 형태(Cassini-Shaped) 추진제탱크가 임무에 따라 다양한 링 어댑터(Ring Adapter)로 중앙 실린더 내에 장착된다. 두 개의 가압제 탱크는 [그림 3]에서 보는 바와 같이 위성체의 동쪽과 서쪽의 하단에 각 탱크의 양극단을 고정시켜 장착시킨다. 고정된 양극단중 하나는 추진제탱크와 연결되어있다.

## 나. 가압제 제어장치(Pressurant Control Assembly, PCA) 및 추진제 격리장치(Propellant Isolation Assemblies, PIA)

가압제 제어장치(PCA)는 가압제탱크로부터 추진제탱크로 유입되는 가압제의 양을 조절하고, 궤도전이 기간 동안 추진제 탱크내의 압력을 일정하게 조절하여 준다. 압력조절기 밑에 장착된 체크밸브는 역류가 발생하는 것을 방지하며 냉간반응(Cold Reaction)으로 인한 가압제의 오염을 방지한다. 가압제 제어장치는 고압/저압의 압력변환기(PT), 고압/저압전용의 파이로 밸브, 헬륨 필터, 압력조절기

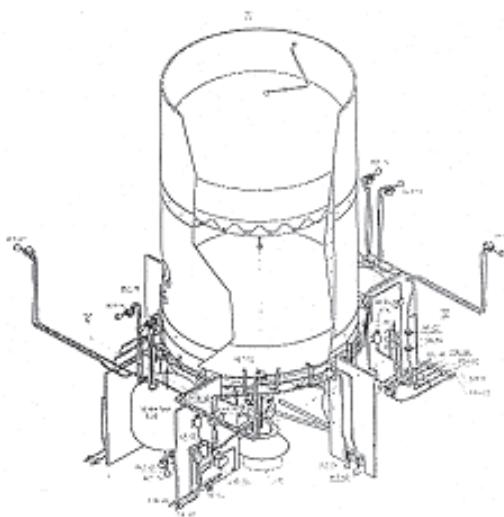
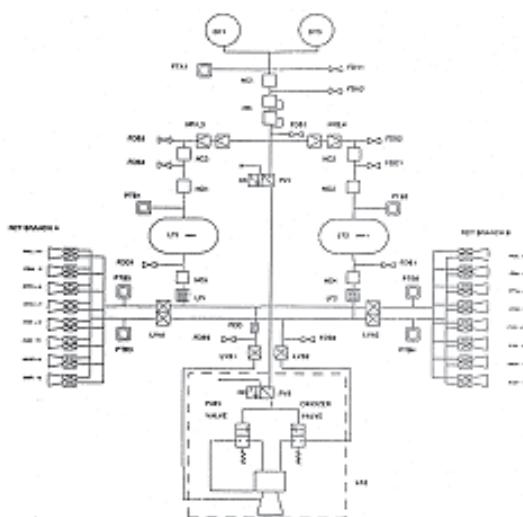
(PR), 체크밸브로 구성된다. 두 개의 추진제 격리장치는 400N LAE와 10N 추력기로의 추진제 공급을 제어하고, 위성체의 동쪽 하단에 이 추진제 격리장치가 장착된다. 가압제 제어장치와 추진제 격리장치의 모든 부품은 모듈의 형태로 제공된다. 이 세 모듈은 위성체 조립이전에 우선 조립하여 압력, 구조 시험 등을 수행할 수 있다.

## 다. 추력기(Thruster)

자세 및 궤도조정, 모멘텀 획득을 위해 추력이 10 N(2.2 lbf)인 추력기를 남, 북, 지구반대편에 각각 4 개씩, 그리고 동, 서면에 각각 1개씩 총 14개를 장착하였고, 궤도전이를 위해서는 400N 추력과 317초의 비추력(Isp)을 갖는 한 개의 액체추진로켓(LAE)을 위성체 중심선에 맞추어 장착하였다.

## 라. 추진제(Propellant) 및 가압제(Pressurant)

연료는 MMH를 사용하고 산화제로는 MON-1을 사용하고 가압제는 헬륨을 사용한다.



[그림 4] Italsat 추진시스템 구성도

### 3. Italsat(Alenia Aerospazio)

Italsat 추진시스템은 이원추진제 추진시스템(Bipropellant Propulsion System)이며, 시스템 구성도는 [그림 4]에 도시되어 있다.

Italsat 추진시스템의 구성은 다음과 같다.

#### 가. 추진제탱크

[그림 4]와 같이 두 개의 원형 연료 탱크로 구성되며 중앙 실린더(Central Cylinder)내에 장착된다. 연료(MMH)탱크가 위에 위치하며 산화제(MON-3)탱크가 아래에 위치한다. 추진제 제어장치(PMD)로는 표면장력방식을 사용하였다. 두 개의 가압제 탱크를 사용하며, 중앙 실린더 바깥쪽 하단에 장착된다.

#### 나. 추력기(Thruster) 및 밸브

한 개의 LAE와 총 16개의 RCT로 구성된다. 추진제 및 가압제 공급장치는 파이로밸브, 래치밸브, 압력조절기 등으로 구성하여 적절한 압력을 조절하여

원하는 양의 추진제를 추력기에 공급한다.

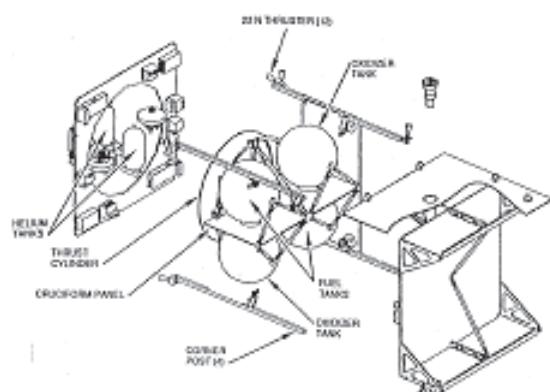
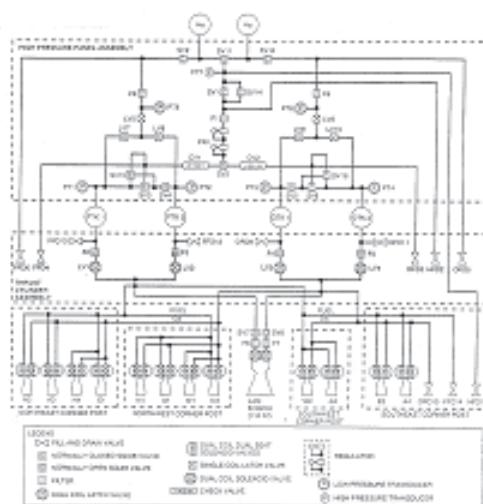
### 4. HS 601 (Boeing)

HS 601 추진시스템은 액체추진시스템(Liquid Propulsion System, LPS)이며, 전이궤도에서 임무궤도로 궤도전이 시에는 일정한 압력으로 가압제를 공급하는 압력조절방식을 사용한다. 임무궤도 상에서 운용할 때에는 추진제를 사용함에 따라 압력이 점차 하강하는 블로우다운(Blowdown) 방식을 사용하며, 필요에 따라 재가압이 가능하다. [그림 5]에 HS601의 대략적인 구성도를 나타내었다.

HS601 추진시스템의 구성은 다음과 같다.

#### 가. 추진제탱크

직경 89cm의 4개의 원형탱크가 장착되며 각각 두 개의 연료탱크 및 두 개의 산화제 탱크로 나뉜다. 추진제 제어장치(PMD)로는 표면장력방식을 사용하였다. 가압제 탱크는 두 개의 탱크를 사용하며 위성체 하단에 장착된다.



[그림 5] HS601 추진시스템 구성도

#### 나. 추력기(Thruster)

자세 및 궤도조정, 모멘텀 획득을 위해 추력이 22 N(5 lbf)인 추력기 12개를 장착하였고 궤도전이를 위해 490N 추력을 발생하는 한 개의 액체추진로켓을 장착하였다. 12개의 추력기는 북쪽패널과 동쪽 패널이 만나는 모서리에 4개, 북쪽패널과 서쪽패널이 만나는 모서리에 4개, 남쪽패널과 서쪽패널이 만나는 모서리와 남쪽패널과 동쪽패널이 만나는 모서리에 각각 2개의 추력기가 각각 장착된다.

#### 다. 제논이온 추진시스템(Xenon Ion Propulsion Subsystem, XIPS)

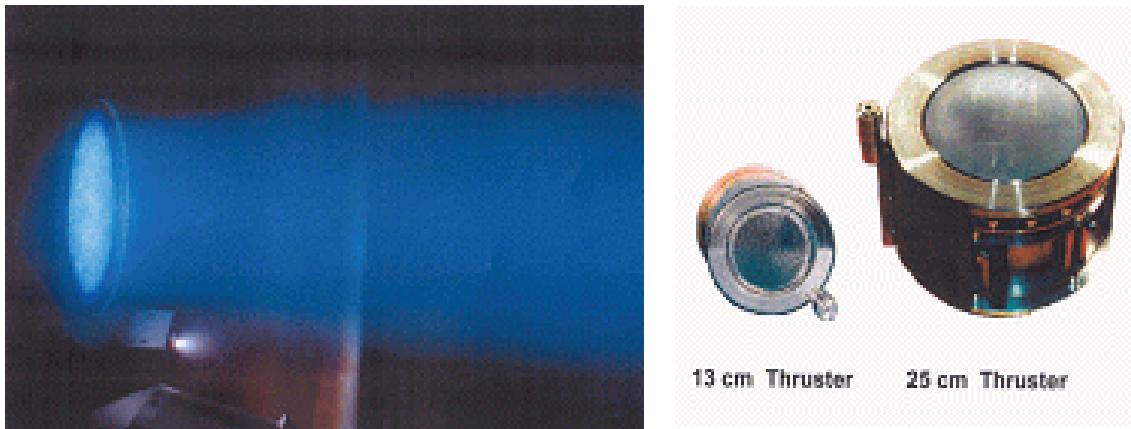
임무에 따라 훨씬 향상된 기술로 부분적으로 전력이 허용되는 범위에서 HS601에 제논 이온추진시스템을 적용하고 있다. 제논이온추진시스템은 궤도상에서 위치유지(Stationkeeping)와 모멘텀 제어를 담당하고 또한 전이궤도에서 사용되기도 한다. 제논이온 추진시스템은 이전의 화학로켓 추진시스템에 비해 10배 높은 효율을 나타내고 있다. 이러한 제논이온 추진시스템의 장점으로는 긴 수명, 낮은 발사 질량, 폭 넓은 지원 임무를 들 수 있다. [그림 6]에 대표적인 제논 이온추진시스템을 나타내었다.

#### 라. 고압패널 부품(High Pressure Panel Assembly, HPPA) 및 추진실린더 조립체(Thrust Cylinder Assembly, TCA)

고압패널 부품은 가압제탱크로부터 추진제탱크로 이송되는 가압제의 양을 조절하고, 궤도전이 동안 추진제 탱크 내의 압력을 일정하게 조절하여 준다. 파이로밸브를 적절히 배치하여 가압탱크와 추진제탱크를 격리하거나 압력 저하시 재가압을 하기도 한다. 체크밸브, 파이로밸브, 래치밸브, 압력조절기, 고압력변환기, 필터 등으로 구성된다. 추진실린터 조립체는 추진제탱크로부터 추력기로 연료와 산화제를 제공하는 역할을 하고, 필터, 래치밸브 등으로 구성된다.

### IV. 이중모드 추진시스템

이중모드 추진시스템은 단일추진제 추진시스템의 장점과 이원추진제 추진시스템의 장점을 모두 이용한 추진 시스템이다. 고추력의 장시간  $\Delta V$ 가 필요한 궤도전이를 위해서는 비추력이 높은 압력 조절 방식의 이원추진제 액체원자점엔진(LAE)을 사용한다. 반면 임무궤도에서의 위성체 작동을 위해서는 정밀자세제어가 가능한 단일추진제 추력기를 사용



[그림 6] 제논 이온추진시스템

하고, 이때 사용되는 방식은 블로우다운 방식의 단일추진제 시스템이다. 단일추진제 추력기는 연료특성상 무수 하이드라진( $N_2H_4$ )을 사용해야 하기 때문에 LAE도 추진제를 MMH/ $N_2O_4$ 대신  $N_2H_4$ / $N_2O_4$ 의 조합을 사용한다. 하이드라진은 공유 연료탱크로부터 이원추진제 액체원자점엔진과 단일추진제 추력기로 공급되기 때문에 하드웨어의 요구 중량을 줄일 수 있는 장점이 있다. 이 같은 추진시스템의 장점에 의해 대형 정지궤도위성의 경우 이원추진제 추진시스템에 비해 3~5%의 중량을 감소할 수 있으며, 단일추진제 추진시스템에 비해서는 25~30%의 현저한 중량 감소를 구현할 수 있다. 액체원자점엔진과 단일추진제 추력기에 사용되는 추진제를 공유할 수 있으며, 신뢰도가 높고 배기 오염도는 낮다. 또한 정밀제어를 위한 저추력 추력기(0.09N까지)의 사용이 가능하고 남/북 위치유지 전용 전기추력기 시스템을 사용하여 추진제 절감이 가능하다.

대표적인 예로 무궁화위성 3호(A2100, Lockheed Martin)는 이중모드 추진시스템 사용하였으며 남/북 위치유지를 위한 전용 전기추력기는 비추

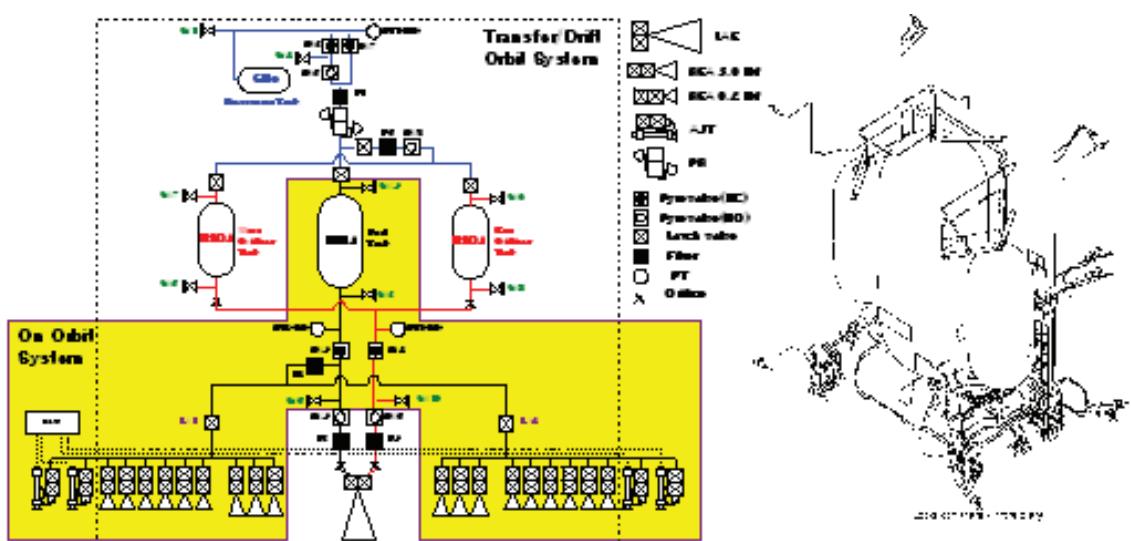
력이 585초인 하이드라진 아크젯 추력기를 사용하였다. 그 외 OSC에서 제작한 Starbus 역시 같은 이중모드 추진시스템이다. 이러한 이중모드 추진시스템은 현재 저장성 추진제를 이용하는 추진시스템 중 가장 기술이 진보된 시스템 중의 하나이다.

### 1. A2100 (Lockheed Martin)

A2100 추진시스템은 이중모드 추진시스템(Dual Mode Propulsion System)으로 전이궤도에서는 압력조절 방식(Pressure Regulated)의 이원추진제 추진시스템 방식을 이용하고, 임무궤도상에서는 블로우다운(Blowdown) 방식의 단일추진제 추진시스템으로 전환한다.

추진제탱크는 탱크의 압력이 225~205 psia에 이르렀을 경우에 추진제탱크의 재가압이 필요하며, 이를 위해 임무 중간에서 가압제를 공급할 수 있는 장치가 필요하다.

[그림 7]에 A2100 추진시스템의 대략적인 구성을 나타내었다.



[그림 7] A2100 추진시스템 구성도

A2100 추진시스템의 구성은 다음과 같다.

### 가. 탱크(Tank)

연료탱크는 양 끝단에 직경 35.56 인치의 반구를 갖는 실린더 타입의 탱크이며, 위성체의 중앙실린더에 장착되어 있다. 연료저장 뿐만 아니라 구조적으로 위성체의 하중을 지탱하는 역할도 함께 하고 있다. 양 끝단이 21.35 인치 직경의 반구형 태를 갖는 실린더 타입의 2개의 산화제 탱크가 연료탱크의 양쪽에 장착되어 있다. 직경 15.75인치이고 타원형태를 갖는 가압제 탱크는 위성체 하단부에 장착된다.

### 나. 추력기(Thruster)

동서면에 각각 4개씩 남쪽면에 4개씩 장착되어 총 12개의 0.2 lbf 급 단일 추진제 추력기가 장착된다. 특히 6개의 5.0 lbf급 단일 추진제 추력기가

LAE 장착면에 같이 장착되어 있어 궤도전이 동안에 자세제어에 사용된다. 남쪽 패널에는 0.05 lbf 급의 아크젯 추력기가 장착되어 남북위치유지에 주로 사용된다. 궤도전이를 위해서는 추력 490N급의 LAE가 장착되어 있다.

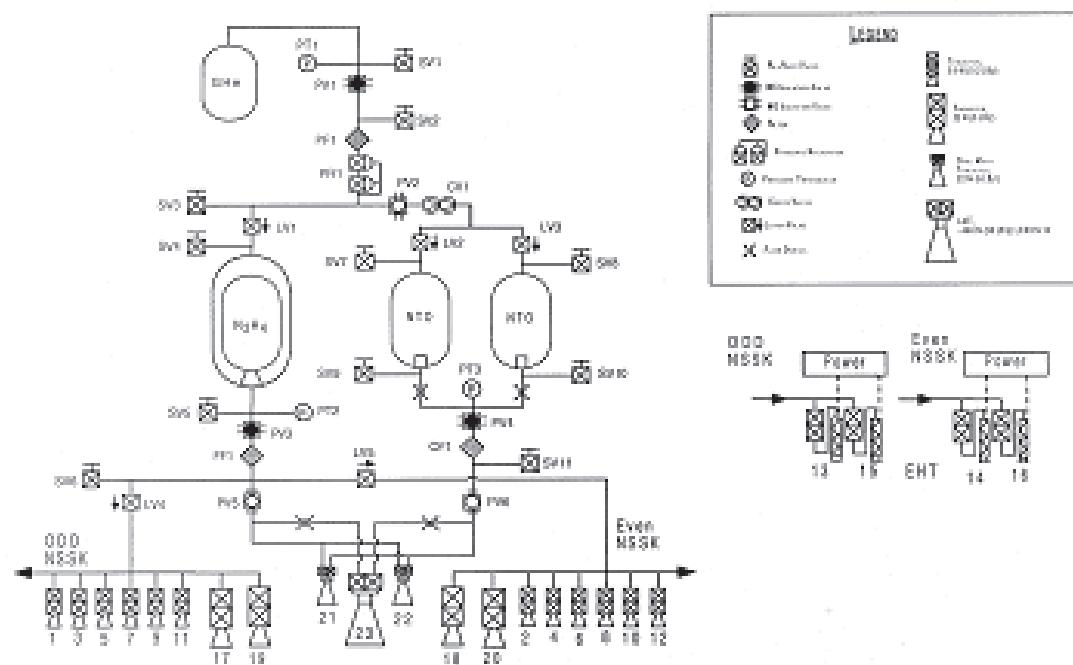
### 다. 가압제 및 추진제 공급장치

파이로밸브, 래치밸브, 압력조절기, 필터, 압력변환기 등으로 구성되어 있으며, 임무 중 재가압을 위해 파이로 밸브와 래치밸브가 장착되어 있다.

## 2. Starbus (OSC)

Starbus 추진시스템은 이중모드 추진시스템 (Dual Mode Propulsion System)이며, 시스템 구성도는 [그림 8]에 도시되어 있다.

Starbus 추진시스템의 구성은 다음과 같다.



[그림 8] Starbus 추진시스템 구성도

### 가. 탱크(Tank)

중앙에 흑연(graphite) 섬유로 강화시킨 티타늄 합성재질의 연료 탱크 1기를 장착하고 양면에 티타늄 합성재질의 산화제 탱크 2기를 장착하고 있다. 가압제 탱크는 탱크 하단에 1기를 장착한다.

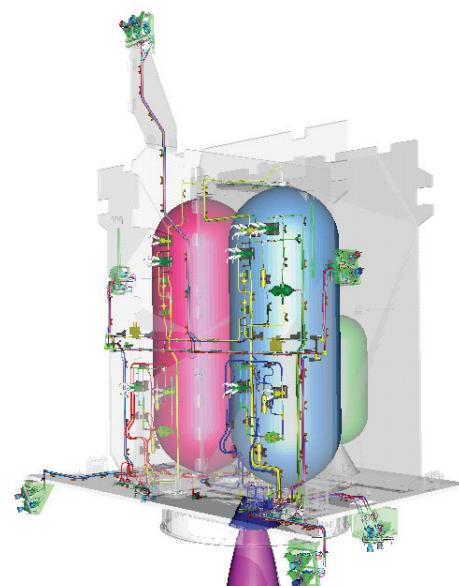
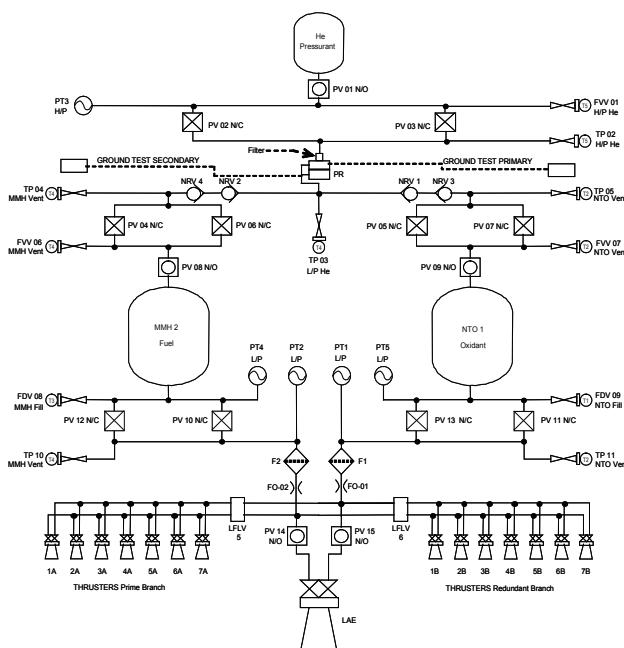
### 나. 추력기(Thruster)

동서면에 각각 4개씩, 남쪽면에 4개씩 장착되어 총 12개의 0.2 lbf 급 단일 추진제 추력기가 장착된다. 특히 4개의 5.0 lbf 급 단일 추진제 추력기와 2개의 5.0 lbf 급 이원추진제 추력기가 LAE 장착면에 같이 장착되어 있어 궤도전이 동안에 자세제어에 사용된다. 남쪽 패널에는 아크젯 추력기 혹은 전열추력기(EHT)를 4개 장착할 수 있고 이는 남북위치유지에 주로 사용된다. 궤도전이를 위해서 추력 490N급의 LAE가 장착되어 있다.

## V. 천리안위성 이원추진제 추진시스템

천리안상위성 화학추진시스템[4-6]은 Eutelsat W3에 사용된 Eurostar E3000 CPS 계열로부터 파생되었으며, 그 운용에 있어서는 동일하다. 위성 플랫폼에서의 추진시스템 형상은 2개의 추진제 탱크와 1개의 가압제 탱크로 구성되어 있으며, 이러한 설계 개념은 비행 검증된 기술이력(flight-proven heritage)에 입각하고 있다.

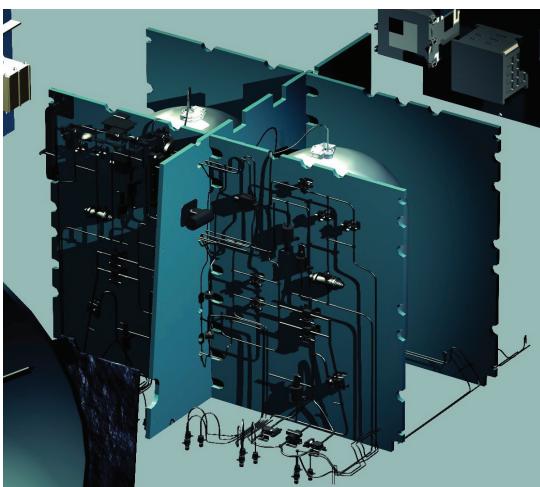
천리안위성 화학추진시스템의 기능은 크게 두 가지로 대별된다. 이는 위성을 전이궤도에서 정지궤도로 궤도 전이하기 위한 궤도투입기능(orbital injection function)과, 위성의 총 임무 기간 동안 정지궤도 상에서 수행되는 위성의 자세제어 등에 관련된 궤도상 추진기능(on-station propulsive function)이다. 임무 계획상으로는 모든 궤도유지 기동비행이 화학추진시스템을 이용하여 수행된다.



[그림 9] 천리안위성 이원추진제 추진시스템 구성도

그러므로 천리안위성의 화학추진시스템은 이러한 두 가지 상이한 기능을 하나의 추진시스템으로 합체해 구현함으로써, 다양한 형태의 임무에 대해 적절한 유연성을 갖는 고성능 추진시스템이다.

천리안위성의 화학추진시스템의 개발에는, 유로스타(Eurostar) 개발 사업의 일부로 도출되었으며 유로스타 3000 추진시스템 개발 사업에서 한층 심화하여 개발한 현존 유로스타의 추진시스템의 설계, 개발 및 제작 기술을 적용한다. 설계 개념상의 측면에서는 마스익스프레스(Mars Express) 추진시스템(Fig. 10)의 설계 개념을 차용하여, 유로스타와 같이 위성의 플랫폼(platform)에 추진제 배관 및 추진부품들을 배치하지 않고 마스익스프레스와 동일하게 위성체 내부벽 상에 추진제 배관과 추진부품들을 배치한다. 이는 일견 별반 차이가 없는 듯 이 생각될지도 모르나, 구조적 진동 문제와 배관의 열설계 등 세부 설계적 측면에서는 상당한 차이점을 유발한다. 결과적으로 천리안위성 이원추진시스템은 마스익스프레스와 유로스타 추진시스템의 설계 및 기능과 관련된 기술적 이력을 기반으로, 기인증된 부품 및 재질과 제작 공정을 재사용해 개발되었다.



[그림 10] Mars Express(MEX) 이원추진제 추진시스템  
구성도

## 1. 천리안위성 이원추진제 추진시스템 주요 특성

천리안위성의 화학추진시스템은 이원추진시스템으로서 연료로서는 단일메틸하이드라진 (mono-methyl hydrazine, MMH)을 이용하며, 산화제로는 3%의 일산화질소(nitric oxide, NO)가 혼합된 사산화질소(nitrogen tetroxide, NTO) 용액인 혼합 질소산화제(mixed oxides of nitrogen, MON-3)를 사용한다. 이 추진제들은 액체원지점엔진(liquid apogee engine, LAE)과 반동제어추력기(reaction control thruster, RCT)들에 공통으로 사용되며 동일한 추진제 저장 및 공급 시스템이 적용된다.

이원추진제 공급 방식은 압력 조절된 헬륨을 가압제로서 추진제 탱크 내로 공급해 액체원지점엔진 작동 중에는 일정 압력 모드로 작동되도록 설계되어, 액체원지점엔진이 궤도 전이 중 일정한 추력 및 비추력을 발생하도록 한다. 궤도 투입 기동비행 종료 후에는 헬륨 조절 공급 시스템과 원지점엔진은 강제로 격리된다. 이후 잔여추진제는 정지궤도 상에서 블로우다운(blowdown) 모드로 반동제어 추력기에 공급된다. 이 같은 시스템의 단순화로 최적의 신뢰성을 구현한다.

천리안위성 이원추진시스템의 주요 특성은 다음과 같다.

- 1기의 고성능 HiPAT 445 N 액체원지점엔진 (LAE) 장착
- 총 14기의 고성능 DASA 10 N 반동제어추력기 (RCT) 채택: 최소 임펄스비트 정밀도 층족을 위해 단일시트밸브 사용
- 각각 1개씩의 가압제(He), 연료(MMH) 및 산화제(NTO) 탱크 적용
- 누설 방지를 위해 모든 추진제 배관 연결부위 용접

- 주(primary) 및 잉여(secondary)의 계통 구성으로 시스템의 대리기능성(redundancy) 제공
- 임무수명말기(EOL)에서 18 kg의 추진제 계측 정확도 유지

## 2. 정지궤도위성 및 저궤도위성 추진시스템 비교

정지궤도위성인 천리안위성과 저궤도위성인 아리랑위성 2호에 탑재된 추진시스템의 비교[7]를 표 1에 정리하여 나타내었다. 이 표로써 두 추진시스템, 즉 이원추진제 추진시스템 및 단일추진제 추진시스템 간의 상이점 및 특징이 일목요연하게 정리되어 시스템에 대한 이해와 비교가 확연하리라 사료된다.

표에서 알 수 있듯이 이원추진제 추진시스템인 천리안위성 추진시스템이 단일추진제 추진시스템인 아리랑위성 2호의 추진시스템에 비해 그 기능과 성능이 한층 복잡하며, 추력기의 비추력 및 적재 추진제량에서도 확연한 차이를 보임을 알 수 있다. 물론 가장 큰 차이점은 정지궤도로의 궤도전이 가능의 유무라 하겠다.

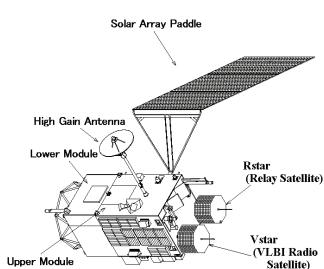
## VI. 정지궤도위성 이원추진제 추진 시스템의 향후 활용 전망

근래 아시아 주요국에서는 달탐사가 열성적으로 진행되고 있다. Fig. 11~13에 도시된 아시아 주요국 달탐사선을 보면 대부분 기상위성의 버스를 그대로 차용하고 있으며, 추진시스템 역시 이원추진제 추진시스템을 적용하고 있다. 한편 앞서 언급한 천리안위성의 이원추진제 추진시스템은 금성 및 화성탐사선에 적용된 추진시스템을 기반으로 하고 있다. 이를 보면 정지궤도급 위성을 응용하여 달 및 행성탐사까지 임무 확장이 가능함을 알 수 있다[8].

현 시대에서 정지궤도위성의 필요성 및 수요 증가 측면은 두말할 나위 없다. 위성 선진국에서도 막대한 수익이 창출되는 정지궤도위성 사업에는 상당한 중점을 두고 육성하고 있는 현실이다. 또한 정지궤도위성 개발이 저궤도에서 심우주(deep space)로 진출하기 위한 중간 단계임을 생각해 볼 때, 이전의 성공적인 행성탐사선 추진시스템의 기술적 배경을 가지고 있는 천리안위성 이원추진제 추진시스템은 차세대 한국 주도 행성탐사선 개발시에 적극적인 활용 가능성이 있음에 이론의 여지가 없을 것으로 사료된다. 물론 정지궤도위성과 행성탐사선의 기술

〈표 1〉 천리안위성 및 아리랑위성 2호 탑재 추진시스템 비교

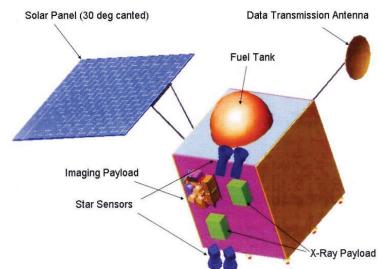
특성	천리안위성	아리랑위성 2호
시스템 비교	사용 추진제	이원추진제 (MMH + MON-3)
	연소 방식	자동 점화(접촉시 자발 점화)에 의한 화학 반응
	이론 화염 온도	3,116 °C
	액체 엔진 냉각 방식	연소실 막냉각 + 복사냉각
	추진제 공급 방식	압력 조절 방식(액체 원자점 엔진 사용시) + 블로우다운 방식(궤도상)
	추진시스템 건질량	약 100 kg
	총 적재 가능 추진제량	약 1.3톤(1,315 kg)
	추진제 사용 기간	궤도 전이시 70% 이상 사용 + 잔여 연료로 정지궤도상에서 7.7년



[그림 11] 일본 SELENE



[그림 12] 중국 Chang'E-1



[그림 13] 인도 Chandrayaan-1

적 요구사항에 차이가 존재하므로 일부 사용 부품의 수준을 상향 조정해야만 하겠지만, 그래도 기본적인 설계 기술 및 상당수의 부품들은 전용 가능하리라 전망된다. [3]

#### ❖ 참고 문헌 ❖

- [1] 한조영, 우주비행선 추진공학, 경문사, 2005
- [2] 흥용식, 우주추진공학, 청문각, 1996
- [3] Lockheed Martin, Koreasat 3 Critical Design Review Data Package, Vol. 7, Book 1 of 2-Propulsion, 1999
- [4] 한조영, 임철호, “천리안위성 이원추진시스템 개발,” 한국항공운항학회지, 제 19권, 제 1호, pp. 94-100, 2011
- [5] 채종원, 한조영, 유명종, “천리안 위성의 LEOP기간 동안의 추진제 성능 연구,” 한국항공우주학회지, 제 40권, 제3호, pp. 258-263, 2012
- [6] 박종석, 김창호, 김성훈, 최정수, “통신해양기상위성의 기계 시스템 설계,” 항공우주기술, 제 5권, 제 2호, pp.119-125, 2006
- [7] 한조영, “국내의 대표적 인공위성 화학추진시스템의 형식 및 특성,” 한국항공우주학회지, 제 35권, 제 8 호, pp.747-752, 2007
- [8] 한조영, 김방엽, “화학추진시스템의 달탐사위성 적용 가능성 연구,” 한국추진공학회지, 제 13권, 제 4 호, pp. 22-29, 2009

# 위성비행소프트웨어의 신뢰성 향상을 위한 Agent Base의 확장 가능한 통합 검증 시스템 설계

신현규, 이재승, 천이진  
한국항공우주연구원

## 요약

위성에 탑재되는 위성비행소프트웨어는 위성의 기본적인 상태를 모니터링하며, 자세 제어 및 위성 고유의 임무를 수행한다. 이러한 위성비행소프트웨어는 운용 환경 및 그 특수성으로, 매우 높은 수준의 신뢰성이 요구된다. 위성비행소프트웨어의 개발 과정에서는 고수준의 신뢰성 확보를 위한 매우 다양한 활동이 이루어지게 된다. 실제 하드웨어 또는 하드웨어를 모사하는 시뮬레이터를 통해 위성비행소프트웨어를 동작시키고, 지상 명령의 전송, Telemetry의 수신을 통한 검증 환경의 경우, 많은 지원 환경이 요구된다. 위성비행소프트웨어팀에서는 이러한 검증 활동을 보다 효과적으로 수행하고 이를 통해 위성비행소프트웨어의 신뢰성을 향상, 다양한 위성 개발 프로젝트에 공통으로 사용될 수 있는 위성비행소프트웨어 통합 검증 시스템을 구축 중에 있다. 여기서는 위성비행소프트웨어의 신뢰성 향상을 위한 Agent Base의 확장 가능한 통합 검증 시스템의 설계 및 구축 방안에 대해 소개한다.

## I. 서론

위성의 기본적인 상태를 모니터링하며 자세 제어 및 위성 고유의 임무를 수행하는 위성비행 소프트웨어는 운용 환경 및 그 특수성으로 인하여 매우 높은 수준의 신뢰성이 요구된다. 이를 위하여 위성비행소프트웨어의 개발 과정에서는 주어진 요구 조건을 만족하며 안전성과 신뢰성을 높이기 위한 다양한 활동이 이루어진다. 요구 사항의 분석 및 설계 검토에서, 작성된 코드에 대한 정적 분석 도구를 이용한 코드 품질 검사, 위성탑재컴퓨터를 모사한 시뮬레이터를 이용한 Statement Coverage 이상의 요구도를 갖는 단위 시험, 주어진 기능 요구 사항의 만족 여부를 확인하는 검증 시험 등이 이루어진다.

STBM(Software Test Bed Model)과 같은 하드웨어 또는 실제 하드웨어를 모사하는 시뮬레이터를 통해 위성비행소프트웨어를 동작시키고 지상 명령의 전송, Telemetry의 수신을 통해 위성비행소프트웨어를 검증하는 동적 검증을 위해서는 매우 다양한 지원환경이 요구된다. 위성비행소프트웨어팀에서는 이러한 검증 활동을 보다 효과적으로 수행하고, 이를 통해 소프트웨어의 신뢰성을 향상하기 위하여 다양한 위성개발 프로젝트에 공통으로 사용될 수 있는 위성비행소프트웨어 통합 검증 시스템(IVF: Integrated Verification Facility)을 구축 중에 있다. 테스트의 작성 및 실행, 결과 취합에 이르는 검증의 전 과정을 하나의 시스템에서 지원하며, 특히 소프트웨어 개발자에게 친숙한 테스트 스크립트 및 위성비행소프트웨어에 특화된 기능을 포함한다. 실제 위성탑재컴퓨터 및 시뮬레이터와의 연동을 지원하며, 위성탑재전장품을 모사하는 시뮬레이터와의 인터페이스는 Agent 기반의 아키텍처를 적용하여 향후 개발될 위성 프로젝트에도 효과적으로 적용될 수 있도록 하였다. 본고에서는 위성비행소프트웨어의 가장 기본이 되는 모듈 레벨의 시험에 대해 알아보고, 효과적인 검증을 위한 통

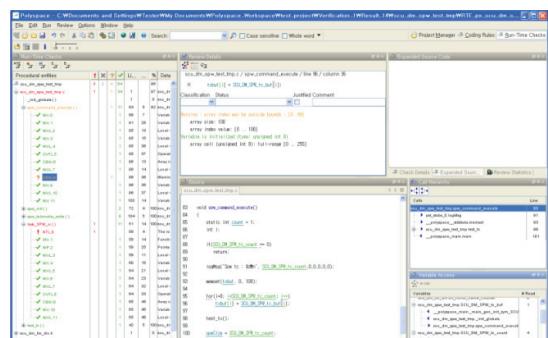
합 검증 시스템의 설계 및 구축 방안에 대하여 소개한다.

## II. 모듈 레벨 시험

서론에서 언급한 것과 같이 위성비행소프트웨어의 개발 과정에서는 주어진 요구 사항을 만족하고 고수준의 신뢰성을 확보하기 위한 다양한 활동이 이루어진다. 요구 사항에 따른 설계가 이루어지면, 이를 코드화하는 과정을 거치게 되며 이렇게 생성된 코드는 먼저 정적 분석을 수행하고, 이어 동적인 단위 시험을 거쳐 위성비행소프트웨어에 통합되게 된다.

### 1. 정적분석 (Static Analysis)

정적분석은 코드의 동적인 수행 없이 코드 내에 포함되어 있는 문제점을 파악하는 방법이다. 정적 분석은 요구 사항에 대한 소프트웨어 동작의 정확성, 다시 말해 기능 요구 사항의 만족을 보는 것이 아닌, 코드 자체의 안전성에 주안점을 둔다. 정적 분석은 그 적용 내용에 따라 다양한 방법이 존재하나, 위성비행소프트웨어팀에서는 수학적인 방법을 통해 코드 내에 잠재되어 있는 런타임 오류를 파악하는 방법을 적용하고 있다. 아래 [그림 1]은 Polyspace를 이용한 정적 분석의 수행을 나타낸다.

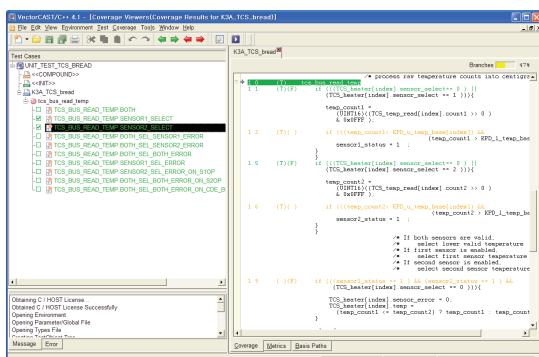


[그림 1] Polyspace를 이용한 정적분석

## 2. 단위 시험 (Unit Test)

단위 시험은 시험의 대상이 되는 개별 모듈(UUT: Unit Under Test)에 대하여 수행하는 시험으로, 주어진 입력(Input data)에 의도된 결과(Expected result)가 나오는지를 확인하는 것으로, 동적 시험(Dynamic Test)의 가장 기본이 된다.

단위 시험의 Success Criteria는 기본적으로 주어진 테스트 케이스가 모두 Pass되는 것이지만, 이러한 테스트 케이스들이 각 모듈에 대해 특정한 Test Coverage를 만족해야 한다. 위성비행소프트웨어팀에서는 Statement Coverage 100%를 기본 요구사항으로 하며, 실행 경로가 복잡한 경우에 대해서는 MC/DC의 추가 Coverage 분석을 권장하고 있다. 아래 [그림 2]는 VectorCAST를 이용한 단위 시험 수행을 보여준다.



[그림 2] VectorCAST를 이용한 단위시험의 수행

## III. 검증 시험 환경

### 1. 검증 시험

위성비행소프트웨어가 구현하고 만족해야 할 요구사항에 대해 테스트를 수행하는 검증 시험을 위해서는 테스트가 수행될 수 있는 환경이 갖추어져야 하고, 테스트에 필요한 여러 기초 데이터, 테스트

시나리오 등이 필수적이다. 또한, 변화되는 요구사항 및 소프트웨어 자체의 개선 사항 발생 시, 기존에 테스트, 검증된 부분에 대한 Regression Test를 수행해야 하는 경우가 많으며, 이는 상당한 비용과 노력이 요구 된다.

본 절에서는 저궤도 관측위성의 비행소프트웨어 검증시험을 위하여 기존에 활용된 VTSP(Verification Test Script Parser)와 SOCE(Satellite Operation and Control Equipment)의 기능 및 특징에 대하여 설명하고 현재 개발을 수행하고 있는 통합 검증 시스템의 필요성에 대하여 설명한다.

#### 가. VTSP

VTSP는 C-Style의 테스트 스크립트 언어를 이용하는 일종의 테스트 자동화 도구이다. 위성비행소프트웨어의 검증 시험을 위해 자체 제작한 시스템으로, 테스트 스크립트의 작성 및 반복 수행이 가능하였다. FLEX와 BISON을 이용하여 작성된 VTSP는 테스트의 수행과 시험결과 출력이 자동적으로 수행되며, 사용자 정의 함수 기능을 이용하여 공통의 기능을 제공함으로써 테스트 스크립트 작성 시간을 단축, 효과적인 검증 시험을 수행할 수 있었다.

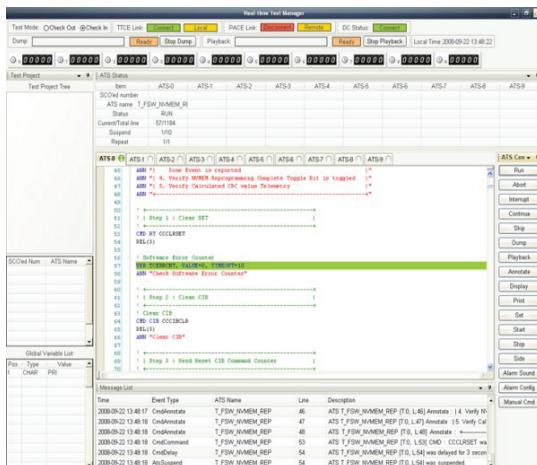
그러나 SUN Workstation에서 RT Works와 연동하여 실행되고, Command Line 인터페이스만 제공되어 시험수행의 편의성이 저하되며 하드웨어적인 제약으로 인하여 한 번에 한 명의 개발자만이 시험을 수행할 수 있었다. 이는 여러 개발자가 참여하는 위성비행소프트웨어의 검증시험에 상당한 기간을 필요로 하게 하는 원인이 되었다.

#### 나. SOCE

SOCE는 최근의 위성 개발 프로그램의 위성 조

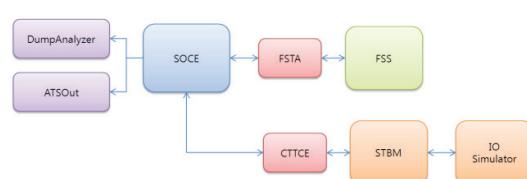
립 및 시험 단계에 사용하기 위하여 개발된 테스트 지원 S/W이다. 최신의 .NET Framework를 기반으로 개발되었으며, 매우 다양한 기능을 지원한다.

SOCE에는 ATS(Automated Test Script)가 존재하는데, 이를 통하여 테스트 스크립트를 작성, 실제 테스트에 활용한 예를 [그림 3]에 나타내었다.



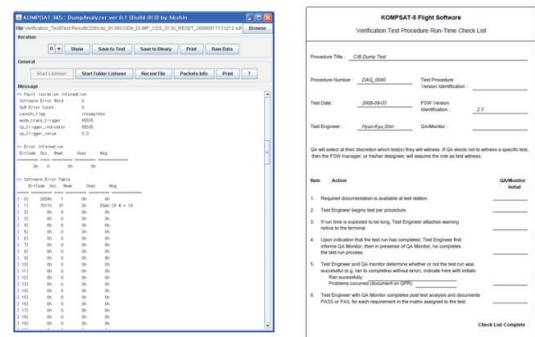
[그림 3] SOCE를 이용한 테스트 수행

위성비행소프트웨어팀에서는 SOCE를 검증 시험에 활용하기 위하여 [그림 4]와 같은 테스트 환경을 구축하였다. FSTA(Flight Software Test Aids)를 통하여 FSS(Flight Software Simulator)와 연동하거나, 실제 하드웨어인 STBM과 연동될 수 있도록 하였다.



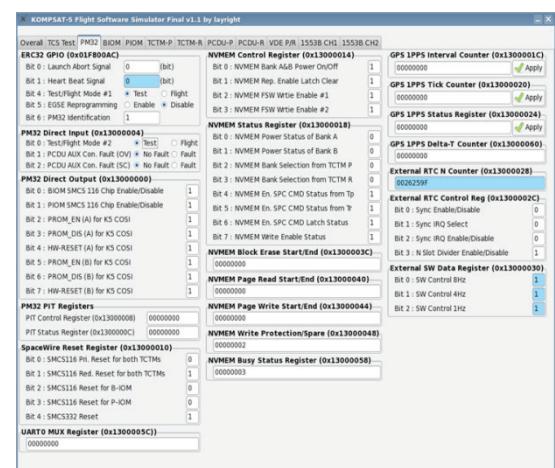
[그림 4] SOCE를 활용한 검증 시험 환경 구축

[그림 5]에 표시된 DumpAnalyzer 와 ATSOOut은 검증 시험 과정에서 생성되는 Dump Data 와 테스트 Report를 자동으로 해석, 생성하기 위한 것으로, SOCE가 사용하는 Database와 연동하도록 개발되었다.



[그림 5] DumpAnalyzer 와 ATSOOut

위성비행소프트웨어팀에서는 [그림 6]과 같이 위성탑재컴퓨터를 모사하는 시뮬레이터를 개발하여 개발자 개인의 PC에서 대부분의 테스트를 진행할 수 있는 환경을 구축하였다. 이를 통하여 검증 시험은 시뮬레이터를 이용하여 보다 효과적으로 수행될 수 있었다.



[그림 6] Flight Software Simulator

## 다. 새로운 검증 환경의 필요성

VTSP는 위성비행소프트웨어팀 자체적으로 개발하였지만, 당시 시뮬레이터의 부재로 실제 하드웨어인 STBM만을 지원하는 점, 특정 RTOS를 기반으로 개발되어 테스트 환경의 제약, 텍스트 위주의 사용자 인터페이스 등 여러 제약사항이 존재하였다.

SOCE의 경우, 다양한 기능을 포함하고 편리한 사용자 인터페이스를 갖추고 있으나, AIT에서의 활용을 목적으로 개발된 테스트 지원 S/W라는 태생적 한계로 소프트웨어 개발 및 검증에 특화되기는 어려웠다.

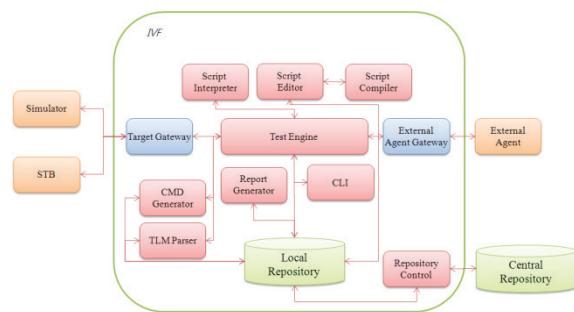
또한, 위성비행소프트웨어팀이 자체적으로 개발한 위성탑재컴퓨터 시뮬레이터가 본격적으로 활용됨으로써 보다 편리한 개발/검증 환경이 가능하게 되었다.

이에 위성비행소프트웨어 개발 과정에서 수행되는 다양한 테스트를 보다 효과적으로 수행하고, 개발에 참여하는 모든 개발자가 테스트 케이스 및 이에 대한 결과를 공유할 수 있는 통합 검증 시험 환경을 개발하게 되었다.

## IV. IVF 개요

### 1. System Overview

위성비행소프트웨어를 테스트하고 검증하기 위한 통합검증환경인 IVF는 그림 7과 같은 형태로 구성된다.



[그림 7] IVF의 구성

IVF는 Network로 연결된 Simulator 또는 STBM 등의 실제 하드웨어 Target과 통신하며 Command와 Telemetry를 주고 받는 시스템이다.

IVF는 테스트를 진행하기 위해 Test Script, Command & Telemetry 파일 그리고 Flight Software Image를 이용하며, 이는 Local Repository 및 Central Repository를 통하여 관리된다.

Test Engine은 이러한 데이터를 이용하여 Test Script에 기술된 대로 Script를 해석하고, 관련된 Command를 전송한다. 또한, Target으로부터 전송된 Telemetry를 해석하여 테스트를 수행한다.

User Interface는 사용자의 입력을 처리하고, 테스트 진행 상황, 위성의 상태 데이터 표시등을 처리한다. 또한, CLI(Command Line Interface)를 통하여 IVF의 주요 기능을 수행할 수 있다.

더불어 IVF는 외부의 다른 S/W와 통신할 수 있는 인터페이스를 제공하여, 데이터의 전송이 가능하며, 중앙 저장소는 테스트 관련 데이터를 전송받거나, 수행한 테스트의 결과를 전송하여 기록함으로써 팀원 간의 공유가 가능하다.

## 2. 운영 요구 사항

위성비행소프트웨어의 개발과정에서 이루어지는 다양한 테스트를 보다 효과적으로 수행하기 위한 통합검증환경 구축을 목표로 하는 IVF는 다음과 같은 주요기능들을 제공한다.

- Test 형상관리
- Target 연동
- Test Script 작성 및 관리
- Test 수행
- Post Processing(후처리) 지원
- Telemetry/Command DB 연동
- 외부 Agent 연동기능

## 3. 개발 환경

IVF는 .NET Framework 4.0을 기반으로 C#을 이용하여 GUI(Graphic User Interface) 환경으로 개발되고 있다. 이러한 개발환경을 통하여 향후 추가 및 변경되는 기능들을 용이하게 적용하기 위한 기능별 모듈화 설계개념을 도입하였으며 사용자의 편의성을 위한 GUI 환경을 제공함과 동시에 다양한 테스트 케이스를 포함하기 위해 CLI 기능도 제공하도록 하였다.

## V. IVF 설계

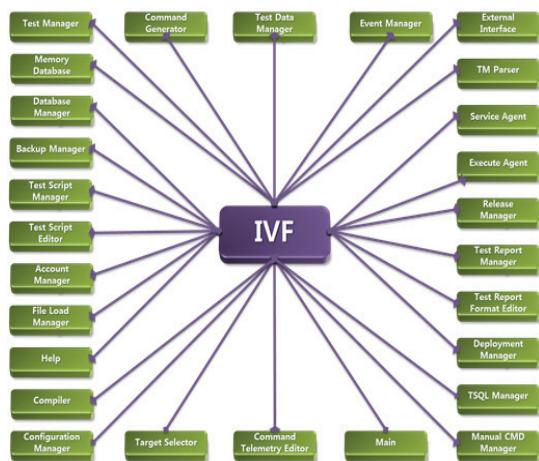
IVF는 사용자가 작성한 테스트 스크립트를 해석하고 실행할 수 있고, 시뮬레이터 등의 Target으로부터 수신하는 정보들을 저장하며 EDI DB에 기술된 Telemetry 정보에 근거하여 실시간으로 분석하여 결과를 화면에 시현하는 기능과 지상명령의 생성 및 전송 기능을 제공한다. 또한 IVF 실행과정에서 발생하는 모든 정보(이벤트, Telemetry, 전송명령 등)들은 별도로 저장되어 후처리 프로그램에서

활용할 수 있다.

IVF는 GUI를 통한 대화식 실행 및 CLI를 통한 수행이 가능하며 테스트 수행 결과에 대한 리포트를 자동 생성하고 사용자의 요청에 의해 이러한 데이터들을 중앙저장소에 전송 및 저장할 수도 있다.

중앙저장소는 사용자 계정을 관리하고 인증을 제공하며 중앙저장소로의 접근에 대해 인증된 사용자로 한정할 수 있는 기능을 제공하여 위성비행소프트웨어의 보안을 강화할 수 있다. 데이터에 대한 백업 및 관리는 운영자에 의해서만 수행되며 각 기능 모듈간의 독립적인 수행을 보장함으로써 하나의 작업으로 인한 다른 작업의 성능저하가 없도록 구성되어 있다.

IVF는 [그림 8]과 같이 .NET Framework 기반의 컴포넌트 형태로, 이를 조합하고, 재구성하여 확장 가능한 형상으로 기능에 대한 제어가 가능하고, 전산 자원이 최대한 활용되는 분산처리환경에 탑재되어 운용될 수 있도록 구성되어 있다.



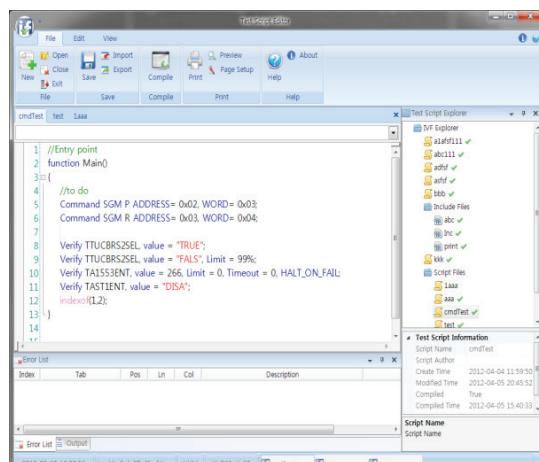
[그림 8] IVF 컴포넌트

이러한 컴포넌트들은 다음에서 설명하는 각각의 기능별 Agent를 구성하여, 새로운 프로젝트에 적

용 시, 해당 Agent의 기능만을 수정, 반영할 수 있도록 하였다.

## 1. Test Script 작성 및 관리

IVF는 C-언어와 유사한 문법을 사용하는 테스트 스크립트를 지원한다. 테스트 스크립트 문법은 위성비행소프트웨어 검증시험에 필요한 별도의 Built-in Function과 Agent와의 통신을 위한 Built-in Function 또는 구문을 지원한다. [그림 9]와 같은 스크립트 작성용 에디터가 별도로 존재하여 작성된 스크립트의 구문오류 등을 체크하는 기능이 제공되며, 각 스크립트에 대한 버전 정보의 관리기능도 제공한다.



[그림 9] Test Script Editor

## 2. Test 수행

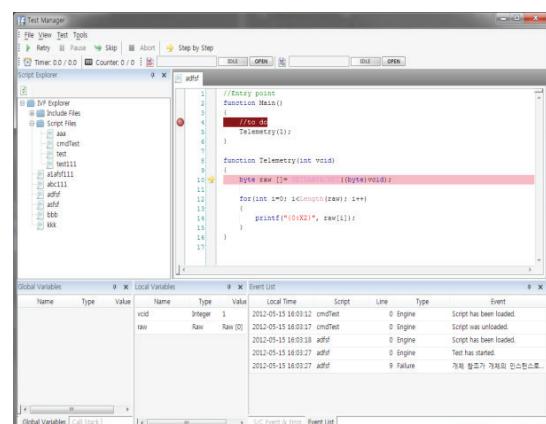
테스트의 수행은 사용자가 작성한 테스트 스크립트를 로드하는 것으로부터 시작된다. IVF는 테스트 스크립트에 기록되어 있는 명령을 위성으로 전송하기 위한 포맷으로 자동 변환하여, Target으로 전송할 수 있으며, Target으로부터 수신된 Telemetry

를 정의되어 있는 방법 및 절차에 따라 분석하여 사용자가 알기 쉬운 형태로의 표시 및 Verify 문을 통한 조건 판단을 수행한다.

테스트 스크립트의 수행 시, GUI를 통한 Interactive 모드를 지원하며, 이 모드는 Start, Pause, Resume, Stop 등의 테스트 진행과 관련된 일련의 동작을 지원해 준다.

위성이 비정상적인 상태가 되었을 때를 가정하여 위성비행소프트웨어의 기능을 검증할 수 있도록 테스트 스크립트에 입력되지 않는 명령을 전송하거나 Telemetry 값을 확인할 수 있는 방법도 제공하며 CLI를 통한 스크립트의 실행도 가능하다. 분석한 Telemetry 값을 별도의 GUI를 통해 실시간으로 반영하여 도시된다. 테스트 수행 후에는 관련 리포트를 자동적으로 포맷에 맞게 생성 및 저장하는 기능을 제공한다.

[그림 10]은 IVF의 Test Manager에서 사용자가 작성한 테스트 스크립트가 수행되는 것을 보여준다.



[그림 10] Test Manager

### 3. Test 형상 관리

검증시험의 수행과 관련된 정보에는 테스트 스크립트, 위성비행소프트웨어 이미지, 메모리 맵파일, Telemetry/Command DB등이 있으며, IVF는 이러한 정보들에 대한 변경 이력을 관리하고 중앙저장소에 저장할 수 있으며 사용자는 중앙저장소에 저장된 정보들을 가져와 테스트 형상을 구축하고 해당 테스트에 적용할 수 있다.

기존의 시스템에서는 사용자들이 개별적으로 테스트 형상을 유지, 관리했어야 했다. 이는 테스트를 수행할 때, 필요한 환경 설정 과정을 모든 사용자가 매번 수행해야 함을 의미했다. IVF는 이를 해결하기 위하여 중앙 저장소에 공유 가능한 유효한 테스트 환경을 등록하고, 각 사용자가 해당 환경 파일을 내려 받는 단순한 작업을 통하여 자동으로 테스트 환경이 설정될 수 있도록 하였다.

[그림 11]은 DB 파일 및 테스트 관련 데이터의 형상을 관리하는 화면을 표시하고 있으며, 이를 통하여 사용자는 중앙저장소의 개별 및 공유 폴더에 접근, 데이터를 등록하고 로드 할 수 있다. 모든 데이

터는 개별적인 변경 이력을 가지며, 특정 시점에 태깅(Tagging)을 통하여 유의미한 테스트 환경 집합을 생성하고 활용할 수 있다.

### 4. CMD/TLM DB 연동

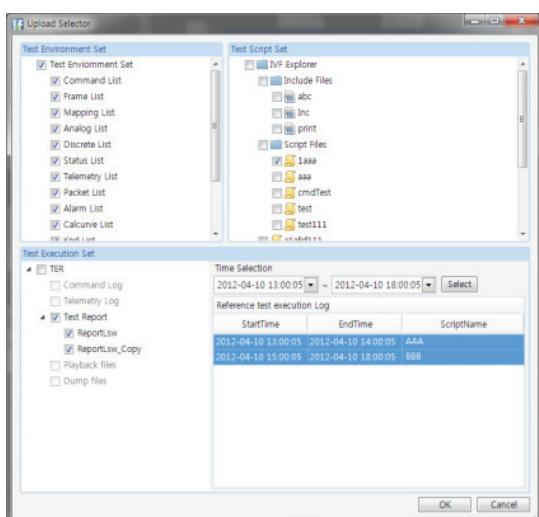
위성비행소프트웨어에 전달되는 모든 명령과 위성으로부터 전달받는 모든 Telemetry는 사전에 정의된 Command & Telemetry Database를 이용하게 된다. IVF 역시, Command를 생성하거나 Telemetry를 분석하기 위해서는 이 Database와의 연동이 필수적이다.

IVF는 이 정보를 이용하여 스크립트 상의 명령을 위성의 정해진 포맷으로 생성하여 전송할 수 있으며 위성으로부터 받은 Telemetry 데이터를 실시간으로 분석하여 사용자가 지정한 정보들을 선택적으로 표시하여 준다. 또한 검증시험 및 디버깅에 필요한 정보를 얻기 위하여 메모리 Map 파일을 이용하여 위성비행소프트웨어의 변수 정보를 활용할 수 있는 기능을 제공한다.

### 5. Post Processing 지원

테스트 수행 시, Target에 전송되거나 Target으로부터 전달받은 모든 데이터, External Agent를 통해 주고 받은 메시지, 사용자의 조작 등의 정보는 Database에 별도로 저장되어 테스트가 종료 된 후에도 Post Processing을 통하여 해당 정보를 분석 할 수 있다.

Post Processing에는 기 정의된 Telemetry Page를 통한 위성 상태 분석, Test Manager Action List를 통한 사용자 입력 조회, Satellite Event List를 통한 위성 이벤트 조회 등의 기능을 제공한다.



[그림 11] Configuration Management

## 6. External Agent 연동

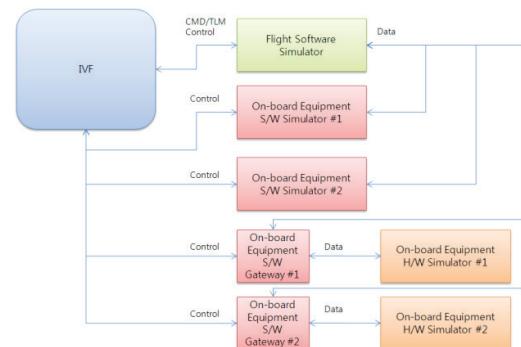
IVF는 시뮬레이터 및 STBM간의 통신을 위한 기능 뿐 아니라 외부 Agent 또는 S/W와 연동하기 위한 통신채널을 지원한다. 외부 Agent와의 연동기능은 향후 개발에 활용될 수 있는 탑재체 및 자세제어관련 센서 등의 시뮬레이터나 I/O 모듈 시뮬레이터와 연동을 가능케 한다. 이는 다양한 위성에 적용 가능한 확장기능으로서 이러한 외부 Agent들의 제어도 IVF를 통하여 수행할 수 있다.

현재는 External Agent와의 메시지 전달에 대한 기본 프로토콜을 설정, 구현하였으며 이를 통한 응용 레벨의 프로토콜에 대한 연구가 진행 중이다.

## VI. 발전 방향

앞에서 살펴 본 IVF는 위성비행소프트웨어의 신뢰성을 향상하기 위한 통합 검증 시스템의 가장 기본이 되는 기능들이다. 위성비행소프트웨어를 검증하는 과정에는 관련된 여러 장치에 대한 모델링 및 처리가 필요하며, 해당 테스트 시나리오에 따라 적절한 동작이 요구된다. 지금까지의 소프트웨어 검증 환경에서는 주변 장치에 대한 처리를 수작업으로 수행하곤 하였다. IVF는 External Agent와의 연동을 통하여 테스트의 준비, 실행, 결과 처리 단계에서 IVF의 자체 기능이 아닌 외부의 다른 S/W 모듈 및 이와 연결된 하드웨어 장치를 사용할 수 있도록 설계되었다. 이를 위하여 IVF의 Test Script 언어인 ITS(IVF Test Script)에 External Agent를 위한 Built-in Function 및 사용자 정의 함수 추가 기능이 포함되어 있다.

[그림 12]는 위성탑재컴퓨터 시뮬레이터뿐 아니라, 탑재 전장품을 모사하는 여러 시뮬레이터와 연동되어 IVF가 구성되는 모습을 보여준다.



[그림 12] IVF를 이용한 통합 검증 환경

## VII. 결론

본고에서는 위성비행소프트웨어의 신뢰성 향상을 위해 개발 기간에 수행하게 되는 다양한 활동 및 이러한 검증 활동을 효과적으로 지원하기 위한 통합 검증 시스템에 대하여 소개하였다.

기존의 저궤도 관측위성용 비행소프트웨어 검증 시험에 활용되었던 검증시스템들에 대한 경험 및 분석을 통하여 사용자 인터페이스의 개선 및 다양한 위성의 요구조건에 적용이 가능하고 위성비행소프트웨어의 검증시험에 특화된 IVF 개발을 수행하게 되었다.

IVF는 사용자들에게 친숙한 C-언어 형식의 스크립트 문법과 해당 기능을 직관적으로 알 수 있는 GUI 환경을 제공하고, .NET Framework를 기반

으로 각 기능별 모듈화를 통하여 향후 개발될 다양한 위성에 적용 가능하도록 하였으며, 위성의 요구 조건에 따른 확장성을 고려한 외부 Agent 연동기 능도 제공한다.

기본 기능에 대한 시제품 개발이 완료된 IVF는 실제 위성 개발에 사용되기 위하여 기능 검증을 수행하고 있다. 자체적으로 개발한 FSS 및 각종 전장 품 모델 및 시뮬레이터와의 통합을 추진 중에 있으며, 새로운 위성 프로젝트로의 적용 방안에 대한 연구도 함께 진행 중에 있다. [1]

## 통우연에서 알립니다~

항상 ‘통신위성·우주산업연구회’를 아껴주시고 사랑해 주시는 회원 여러분께 감사의 말씀을 드립니다.  
년회비를 납부하지 않으신 회원께서는  
아래 계좌로 입금해 주시면 더욱 감사하겠습니다.

### –년회비–

구분	금액	구분	금액
정회원	50,000원	학생회원	30,000원
종신회원	300,000원	특별회원/1구좌	2,000,000원

### –입금계좌–

우리은행 : 122-036471-13-501 (예금주) : 사)통신위성우주산업연구회

※ 문의사항이 있거나, 주소 혹은 연락처가 변경되신 분은 kosst2@kornet.net,  
Tel : 02-597-7396~8, FAX : 02-597-7399로 연락해 주시기 바랍니다.

여러분의 정보를 소중히 다루겠습니다.

# 영상·음향 기반의 Full-HD급 지능형 보안 감시 기술 동향분석

Full-HD Class Intelligent Security Surveillance Technology  
Trend Analysis based on Multimedia

왕세명, 박강호, 김정근, 배경훈, 민경원, 박구만  
서울과학기술대학교

## 요약

오늘날 위성의 자세제어에 사용되는 센서는 여러 가지가 있는데, 그 중 정밀 자세제어에 본 논문에서는 최대 Full-HD급 영상·음향 정보 기반의 지능형 보안 감시 기술에 관한 동향을 분석하였다. 본 연구를 통해 고신뢰도의 지능형 보안 시스템을 위한 Full-HD급 영상인식 기술과 각종 보안 상황을 자율적으로 인식하고 객체 및 보안 상황의 감지 신뢰도가 높은 영상·음향기반의 융합형 보안 알고리즘 및 모듈들에 대해 연구하였다. 또한, 상호 보완적인 다차원의 영상·음향 측정기술을 통해 기존 영상 분석만으로 야기되는 오보 및 사각지대를 줄이게 되었고, 현장의 영상 획득 장치에서 신뢰도 및 정확도 높은 상황 인지 및 확장을 수행할 수 있게 하여, 국내에 실시간 대체 및 보안 데이터 관리를 향상 시킬 수 있는 기술을 모색할 수 있게 되었다.

Key Words : multimedia; full-hd; security system; smart surveillance;  
context-aware;

## I. 서 론

세계적으로 각종 범죄와 테러로 인해 안전 확보에 대한 요구가 증가하고 있으며, 재해감시나 교통감시, 노약자와 아동 감시를 위해 일반가전을 비롯한 일상 생활에서 지능형 보안감시 서비스의 수요가 급증하고 있다[1]. 그중 지능형 보안 시스템은 기존의 영상 감시 시스템과 비교하여 사고가 발생하거나 위험성이 감지될 경우 즉각적인 대처 및 사전 예방이 가능하게 하므로 범죄 및 재난 예방 뿐 아니라 모든 산업분야에 활용이 확대될 것으로 전망되고 있다[2].

지능형 영상 분석 시장의 확대를 위해서 관련 장비 및 솔루션의 대중화를 위해 현재 주요 흐름으로 카메라 부가형 설치 장비, 서버 단에 소프트웨어 패키지 또는 하드웨어 장비로 구축하는 영상 분석 기술 관련하여 국내·외 다양한 지능형 영상 분석 알고리즘에 대한 연구 성과가 지속적으로 나오고 있다. 하지만, 관련된 외국산 SoC업체의 보수적 성향과 성능 문제 등으로 인해 고급의 분석기능 채용을 통한 시장 주도적 제품 출시 및 솔루션 차별화에 어려움을 겪고 있다.

이러한 어려움을 극복하기 위해선 다양한 매체, 산업 분석 기관, 업계에서는 카메라 일체형 지능형 솔루션 제품군으로 향후 지능형 영상 감시 분야의

시장 확산에 핵심적인 역할을 수행할 수 있을 것으로 예측하고 있으며, 국내 업체의 경쟁력 제고를 위한 기존 HD급 영상처리 및 전송을 수행하는 동시에 고급 영상 및 음향 분석을 수행할 수 있는 SoC기반의 지능형 플랫폼의 국내 개발을 진행하고 있다.

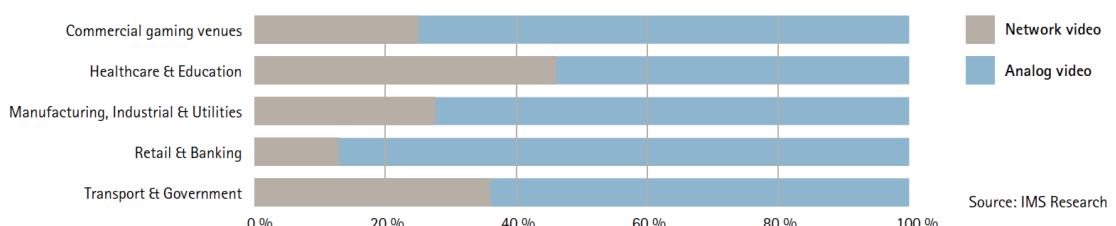
본 연구에서는 기존 선도업체에서 개발하고 있는 영상 중심의 지능형 보안 시스템용 SoC와는 차별적으로 영상·음향 이종의 융합적 분석 처리와 이를 동시에 탑재한 신호처리모듈 S/W융합형 기술과 관련된 동향에 대한 연구를 통해 현재 국내·외 진행되고 있는 지능형 보안 감시 시스템에 대한 이해를 돋고자한다.

## II. 지능형 영상 보안감시관련 해외 동향

### 1. 해외 지능형 영상 보안감시 지향점

영상기반의 감시 시스템은 흥폭화 되는 각종 범죄와 법규 위반, 침입 등의 상황에 대한 효과적인 모니터링을 위해 공항, 군부대, 항만, 도로, 교량 등 주요 국가시설을 비롯해 지하철, 버스, 빌딩, 경기장, 주차장, 카지노 등 폭넓은 영역에 접목되고 있으며 재해감시, 교통감시(ITS), 노약자 및 아동 모니터링을 위한 다양한 용도로도 활용도가 급격하게 확산

Convergence rates by end-user industry 2009



출처: IMS Research, 2010

[그림 1] 아날로그 CCTV카메라 시스템과 네트워크 비디오 CCTV의 응용분야별 점유율

되고 있어 2000년대 후반 이후로도 연간 27%이상의 지속적인 시장 성장률을 유지하고 있다.

네트워크 카메라 세계 1위 업체인 Axis Communications는 2013년이 CCTV 시장이 아날로그 카메라에서 네트워크 카메라로 무게 중심이 옮겨 가는 ‘티핑 포인트’가 될 것으로 판단하고 있으며, 또한 현재 영상감시 시장에서 네트워크 카메라의 점유율은 25~30%에 불과하지만 2015년에는 전체 영상감시 시장의 50%에 달하고, 2020년에는 네트워크 카메라가 100%를 차지할 것으로 전망되고 있다.

시장조사기관인 In-Stat의 2011년 보고서에 따르면 ①직접감시 및 분석의 한계, ②실시간 감시 요구 증대와 ③네트워크 전송 성능 향상, 고성능 프로세서, DSP 및 전용 SoC의 등장과 같은 IT기술의 발전에 따라 H.264, SVC등의 고품질, 고압축 코덱을 기반으로 HD급 화질을 제공하는 IP기반 지능형 영상보안 시스템이 시장에 급격히 확대될 것으로 보고 있다[3].

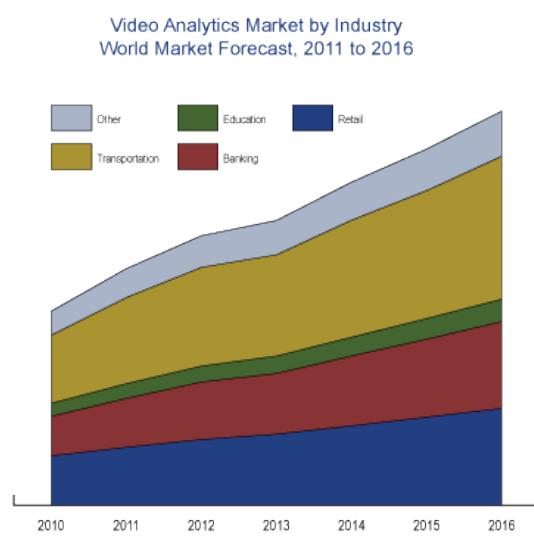
2011년 시장조사기관 IMS Research가 2011년 발표한 보고서에 따르면[4], 2011년 전체 영상감시 시장 가치는 105억 달러(약 12조원)로 추정되고, 향후 5년간 연평균 14%씩 성장해 2016년에는 205억 달러(약 23조원) 규모에 이를 것으로 전망하고 있다.

국내 영상 감시 시장의 시장 규모는 2008년 7,209억원, 2009년 7,823억원 2010년 약 9,423억 원으로 연평균 성장률 14%정도 수준을 유지하고 있으며 2012년 1조 2240억 수준의 규모에서 2014년 1조 5900억 수준에 도달할 것으로 예측된다. 이에 따라 기존의 영상보안 업체들은 지능형 솔루션을 확보하지 못할 경우 향후 시장 경쟁력 확보가 어려우며, 따라서 향후 90% 이상의 업체들이 지능형 솔루션을 제공할 계획을 가지고 있는 것을 감안 시 영상보안 시장에서 지능형 기술은 핵심 요소기술로 자리 잡을 것으로 전망되고 있다.

## 2. 해외 지능형 영상 보안감시 기술 지향점 및 개발현황

지능형 영상보안 시스템 구현을 위해 해외 선진국 업체는 자동 영상분석 및 해석 기술을 기반으로 이동물체 검출, 분류, 추적 및 해위인식 등의 기능을 포함하고 CCTV 카메라 및 DVR 기술로 대변되는 기존의 영상보안 시장과는 달리 영상기반 이동물체 검출 및 추적, 영상기반 개인인식 및 식별, 대규모 영상보안 시스템 구축 기술 등을 개발 진행하고 있다.

해외의 지능형 영상분석 기술선도 업체는 Objectvideo, iOimage, Bosch, SONY, Panasonic 등으로 피플 카운팅, 트립 존, 지능형 모션 감지, 카메라 탬퍼 감지, 스트리밍 메타데이터 등의 각종 기능을 단말 카메라 상의 임베디드 형태로 지원하거나, 서버 상에서 S/W 형태로 구현하고 있다.



출처: ABI Research, 2010

[그림 2] 비디오 분석 시장



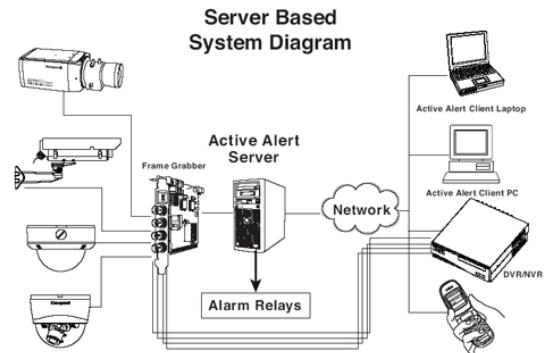
출처: [www.boschsecurity.com](http://www.boschsecurity.com), 2012

[그림 3] Bosch VIDOS 감시 카메라 소프트웨어

지능형 영상보안 시스템의 핵심 기술인 객체 검출 및 추적은 단순 배경 차분을 이용한 방법에서 발전하여 현재는 시스템 동역학을 응용한 칼만필터(Kalman filter), 통계기반의 평균이동(mean shift) 및 입자필터(particle filter), 특징 기반의 스케일 불변 특징 변환(SIFT) 등을 사용한 방법이 연구되고, 단계적으로 실용화되고 있다.

업체별로는 지능형 영상 분석의 타겟 플랫폼중 DVR SoC로 TI는 1GHz Coretex-A8프로세서와 1GHz C674x DSP, HD 코덱 가속기 및 지능형 영상 분석 가속기로 face detection, motion enigne 등을 내장한 TMS320DM816X/814X를 출시하였다. 한편 지능형 영상 분석기능 카메라 SoC로 TI는 800MHz Coretex-A8프로세서와 800MHz C674x DSP, HD 코덱 가속기 및 지능형 영상 분석 가속기로 face detection, motion enigne 등을 ISP 코프로세서와 함께 내장한 다빈치TMS320DM8127 IPCAMERA SoC를 출시하였음. 해당 프로세서는 4Mpixel로 30fps, 2Mpixel로 60fps 인코딩 /디코딩 가능하며,

H264, SVC, MJPEG 코덱을 지원한다. AXIS사는 2012년 1월 세계최초로 H.264 Main-Profile기반의 영상 압축 복원과 지능형 영상 보안 기능을 내장한 NVR(Network Video Recorder)용 SoC인 ARPTEC-4를 출시하였다.



출처: [www.security.honeywell.com](http://www.security.honeywell.com), 2012

[그림 4] Honeywell Video Analytics Active Alert System 구성도

Honeywell사는 특정사람, 자동차, 물체들과 그 상호간의 행위를 인식, 분석하여 물체추적, 위반행위, 배회, 의심화물, 물건제거 등의 행동을 감지하여 경보하는 Active Alert System을 개발하였다. Objectvideo 사는 물체추적, 위반, 배회, 방치화물탐지, 물체 도난행위 검출 등이 가능한 알고리즘 및 S/W를 개발하여 판매 중에 있으며, Intellivision사는 물체추적, 구역위반, 의심화물 탐지, 물체 제거 탐지 등의 행동 감지 시스템인 Video Analytics를 개발하였다. IBM이 개발한 S3는 영상인식에 기반한 행위분석, 차량인식, 얼굴인식, 출입통제, 레이더 분석, 상황검색 등 포괄적 상황인지와 다양한 경보 기능을 바탕으로 하고 있다.

### III. 국내 영상 보안감시 기술 추진 동향

#### 1. 국내 지능형 영상 보안감시 시장성 분석

국내 영상 감시 시장의 시장 규모는 2008년 7,209억원, 2009년 7,823억원 2010년 약 9,423억원으로 연평균 성장률 14%정도 수준을 유지하고 있으며, 2012년 1조 2240억 수준의 규모에서 2014년 1조 5900억 수준에 도달할 것으로 예측되고 있다.

〈표 1〉 국내 영상감시 시장규모 및 전망

구분	2008년	2009년	2010년	2012년	2014년	(단위 : 억원) CAGR
영상감시 시장	7,209	7,823	9,423	12,240	15,900	14.0%

출처: 월간 시큐리티월드, 2009

국내의 경우 영상보안 시장은 CCTV 카메라 및 DVR 시스템 위주로 형성되어 있으며, 업체들은 내수시장 보다는 수출에 주력하고 있어 세계 전체 DVR 시장의 55% 이상을 점유하고 있다. 그리고 국내 영상감시 시장의 시장 규모는 2008년 7,209억 원, 2009년 7,823억원, 2010년 약 9,423억원으로 연평균 성장률 14%정도 수준을 유지하고 있으며 2012년 1조 2,240억 수준의 규모에서 2014년 1조 5,900억 수준에 도달할 것으로 예측된다.

월간 시큐리티월드의 조사에 따르면 2010년 영상감시 시장을 9,423억 원으로 추산하고, 국내 지능형 영상분석 장비 시장은 전체 영상감시 시장의 3% 정도로 추정됨에 따라 2010년 지능형 영상분석 시스템 시장규모를 약 280억원 정도의 규모로 추정 가능함. 동 분석과 전 세계 지능형 영상분석기기 시장의 성장률을 기준으로 국내 지능형 영상분석 시스템 시장 규모를 산출하면 2012년 시장 규모는 약 610억 수준, 2014년 시장규모는 약 950억 수준 정

도로 추산된다.

〈표 2〉 국내 지능형 여상감시 시장규모 및 전망

구분	2008년	2009년	2010년	2012년	2014년	(단위 : 억원) CAGR
지능형 영상감시 시장	215	235	280	610	950	36.2%

출처: 자체산정

시장 분석 자료에서 예측되는 지능형 영상보안 SoC를 내장한 모듈의 세계 시장 규모는 2012년 105백만달러 수준에서 2014년 413 백만달러로 증가할 것으로 예상되며, 2020년 2,826 백만달러 수준에 육박할 것으로 예상되며 국내 시장의 비중은 세계 시장의 3% 수준으로 예상하여 2012년 37억 원에서 2020년에 1,012억원으로 증가할 것으로 추정된다[4].

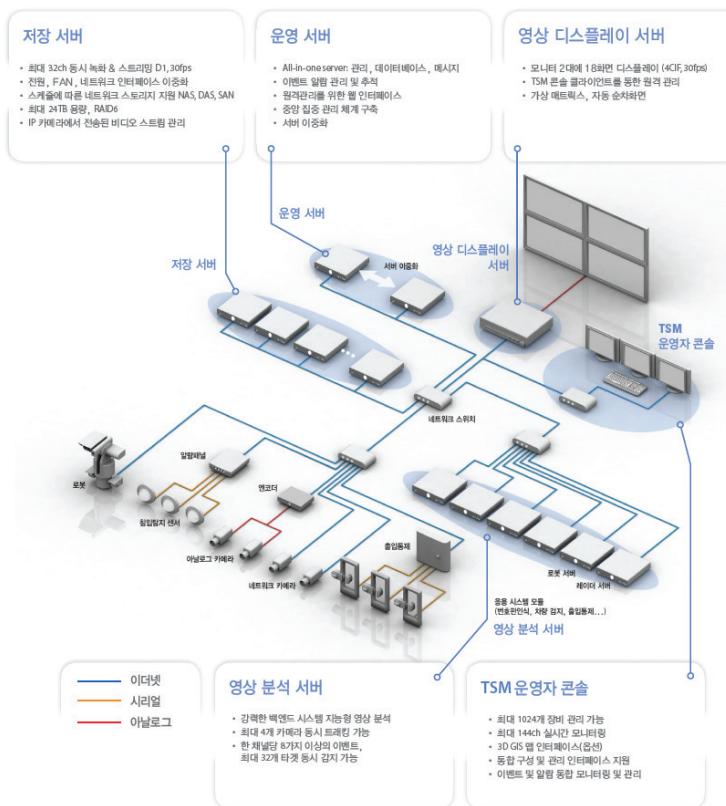
〈표 3〉 지능형 영상보안 SoC 내장 모듈 시장전망

구분	2012년	2014년	2016년	2018년	2020년	(단위 : 억원) CAGR
국내(억원)	37	148	330	603	1,102	50.9%
세계(백만 달러)	105	413	923	1,685	2,826	50.9%

#### 2. 국내 영상 보안감시 기술발전 방향

지능형 보안 감시 시스템은 네트워크형 영상감시 기술 중심으로 기술 개발 중에 있으며, 지능형 보안 시스템은 실시간 감시/분석 및 네트워크 기능을 보강하면서 PC 작동과 같은 편의성을 강조하고 인터넷으로 모니터링이 가능한 제품으로 출시되고 있다.

국내업체에서 에스원은 국내 최초의 무인경비시스템과 경비로봇을 통해서 국내 무인보안경비 시장을 주도하고 있으며, 삼성테크원은 차량과 사람 움직임을 인식해 추적할 수 있는 기능과 원하는 부분만 촬영할 수 있는 사생활 보호 기능 등을 적용한



출처: [www.samsungcctv.co.kr](http://www.samsungcctv.co.kr), 2012

[그림 5] 삼성테크윈에 Total Security Manager 구성도

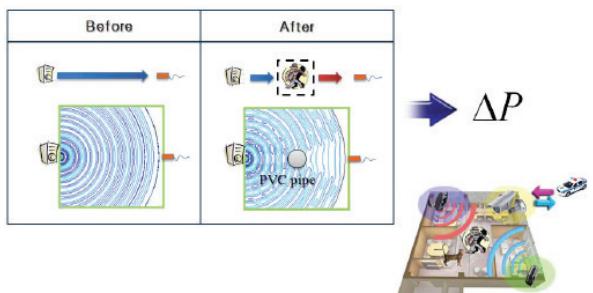
지능형 보안시스템을 출시한 바 있으며, 독자적인 응용프로그램을 적용하기 위해 고성능 플랫폼 개발을 추진하고 있다.

국내의 지능형 영상 보안 SoC 제품은 중국과의 가격 경쟁으로 인해 시장을 상실하고 있으므로 S/W를 융합할 수 있는 고성능 SoC 개발을 통해 기술적 차별화를 이뤄야 하는 과제가 있지만 현재 영상을 이용하여 차선 및 연석을 인식하는 수준까지 개발되어 있으며, 실외에서 동적으로 변화하는 환경 및 물체에 대한 인식 기술은 개념 정립 및 개발은 아직까진 초기 단계에 머물러있다.

ETRI, KIST, KETI 등을 중심으로 영상처리 및 분석 알고리즘 기술 개발이 진행중이나 영상분석

기술 만으로는 오보율이 높지만, ETRI는 음장변화로 침입을 감지하는 공간 감시형 침입감지 알고리즘 기술을 개발하였고, KETI와 함께 다수의 카메라를 탑재한 지능형 자동차에서의 응용을 고려하여 높은 인식률과 함께 고속으로 자동차 및 보행자 등을 인식 할 수 있는 하드웨어 기반 엔진을 개발 중에 있으며, KIST는 4개의 마이크를 장착하여 비명/문닫는 소리/폭발음 등 이상 음향의 유무와 음원 방향을 파악하고 소리 방향으로 회전하는 CCTV 개발 결과를 발표중에 있다.

인텍은 2008년에 4 방향으로 장착된 마이크를 통하여 큰소리가 발생한 곳으로 CCTV를 회전하는 기술을 개발하였고, 서울대에서는 영상기반 객체 특징 점 추출을 통한 이미지 매칭 및 객체 인식에 관한 연구를 수행중이며 KAIST에서는 Geometry, color, texture를 선택적으로 사용하여 지형 재질 정보를 파악하는 연구를 수행하였다. 중앙대는 단일 렌즈를 사용한 계산카메라를 개발하여 실시



출처: TTAK.KO-10.0564, 2012

[그림 6] ETRI 음장변화기반 침입 감지시스템

간 객체 추적 및 거리계산을 가능하게 하는 연구를 수행하고, 감시 상황을 혼합현실로 재구성하여 가시성을 높이는 시스템을 개발하고 있으며, 영상과 음향을 연동한 침입자 추적 기술의 초기 연구중에 있다.

## IV. 결론

본 논문에서는 Full-HD급 영상·음향 정보 기반의 지능형 보안감시 기술에 관한 국내·외 기술적 동향 및 시장성을 분석하였다. 분석을 통해 국내에서도 지능형 보안 감시 소프트웨어의 핵심 기술을 개발하고 해외업체와는 차별화된 신기술 확보를 통하여 제품 국산화 및 해외 시장 개척이 가능한 것을 알게 되었으며, 세계 영상감시 장비 부문은 파나소닉, 보쉬, 하니웰, JVC 등 해외 업체들이 주도하고 있지만 네트워크와 디지털에 강점을 지니고 있는 국내업체들에게 해당 동향기술에 발맞춰 다중센싱 지능형 제품으로의 전환은 국산대체 뿐 아니라 해외진출 성공 가능성을 높일 수 있는 계기에 기회를 제공할수 있음을 보이고 있다.

또한, 임베디드 및 SoC 기반의 지능형 카메라 및 비디오 서버 모듈의 기술 경쟁력을 향상시키고 핵심 기술 확보 및 양산 기반을 마련하여 지능형 보안감시 시스템의 표준화 기술 확보가 가능하고 지적재산권 및 신기술 인증 획득이 가능함을 보이고 있다.

Full-HD급 영상·음향 정보 기반에 지능형 보안감시 기술은 현재 국내 보안감시 기술에 혁신적인 방안으로 도출될 수가 있으며, 나아가 미래 지속 발전 등 다양한 측면에서 의의가 있음을 알 수가 있다. ■

### ◆ 참고문헌 ◆

- [1] 유장희, 문기영, 조현숙 “지능형 영상보안 기술현황 및 동향,” ETRI 전자통신동향분석 제23권, 제4호, 476-486쪽, 2008년
- [2] 이순화, “재난안전 무선통신 서비스 표준화 및 국내 개발 동향”, 한국정보통신산업진흥원, 주간기술동향, 1523, pp. 1-10, 2004년
- [3] In-Stat, “Video Surveillance: Analog and IP Cameras, DVRs, NVRs, Analytics, Semiconductor and Technology”, 2011.02
- [4] 시큐리티 월드, “지능형 영상분석 시장현황”특집, 2010.
- [5] IMS Research, “The World Market for CCTV & Video Surveillance Equipment”, 2011
- [6] 시큐리티 월드, “국내보안시장 전망보고서”, 2009.04
- [7] ABI Research, “Intelligent Video Analytics”, 2011.12
- [8] IMS Research, “High long-term growth for network video”, Annual Report, 2010
- [9] H. Kruegle, CCTV Surveillance: Analog and Digital Video Practices and Technology, Elsevier, 2007.
- [10] IEEE Computer Society, CVPR 2008 Abstracts Book, Anchorage, June 23-28, 2008
- [11] M. Valera and S.A. Velastin, “A Review of the State-of-art in Distributed Surveillance Systems,” in Intelligent Distributed Video Surveillance Systems, S.A. Velastin and P. Remagnino, Eds., IEE, UK, 2006, pp.1-30
- [12] M. Bramberger et al., “Distributed Embedded Smart Cameras for Surveillance Applications,” IEEE Computer, Feb. 2006, pp.68-75.
- [13] J.H. Yoo and M.S. Nixon, “Feature Extraction and Selection for Recognizing Humans by Their Gait,” Lecture Notes in Computer Science, Vol.4292, Springer-Verlag, Nov. 2006, pp.156-165.

※ 본 원고에 기술된 내용은 2012년도 한국산업기술평가관리원 과제기획전담팀 활동의 일부 결과임.

# SCCM 산업화 적용을 위한 Global 산업환경 분석 보고서

이경학  
남서울대학교

## I. 서론

본 분석보고서는 SCCM 기술 적용을 위한 Global 환경을 분석하기 위하여 대륙별 주요 수요 국가들에 대한 시장 환경 및 법제도, 정책방향을 조사 분석하였다. 이를 통하여 SCCM 산업화 적용 및 확산을 위한 기초분석 자료로 활용 할 수 있도록 하였다.

또한, 스마트 트랜스듀서와 네트워크 간 인터페이스 표준인 ISO/IEC/IEEE 21450, 21451-x (IEEE 1451.x)[1-7]을 분석하여 Smart Cold Chain Management (SCCM)의 설계 및 구현 시 요소기술인 센서 인터페이스 개발을 용이하게 하고, 최종적으로 SCCM 환경을 구축하는 기반 지식으로 활용 할 수 있도록 하는데 있다.

본 보고서는 다음과 같이 구성되어있다. 다음 2장에서는 SCCM 기술적용을 위한 Global 환경을 분석하기 위하여, 대륙별 주요 수요국가를 도출하고, 시장동향을 분석하였다. 주요국에 대한 법제도 및 정책 방향을 분석하였으며, SCCM 기술을 적용하기 위한 주요 국가를 선정하여 주요 추진방안을 모색하였다.

3장에서는 ISO/IEC/IEEE 21450, 21451-X (IEEE 1451.x) 각 표준에 대해 소개 하였다. SCCM에 적용을 위한 검토사항으로 RFID-센서 코드체계에 대하여 기술하였다. 현재까지 주로 사용 중인 RFID와 센서 각각의 분야에서의 코드체계를 설명하고, RFID-센서 코드체계를 설계 시 고려해야 할 사항을 두 가지를 소개한다. 마지막으로 4장에서는 결론을 맺는다.

## II. SCCM 기술적용을 위한 환경분석

### 1. 개요

SCCM은 Smart Cold Chain Management를 뜻하며 온도정보 관리뿐만 아니라 일반 산업에서 관리하고자 하는 환경정보에 대한 실시간 관리와 공급망의 환경데이터에 대한 관리 프로세스를 최적화해 제품의 품질관리 향상에 따른 기업 측면에서의 손실방지와 변질된 제품 및 상품으로 인한 비용을 최소화하기 위한 기반기술과 관련 서비스 개발을 목적으로 하는 것이다.

SCCM 적용 가능성이 보이는 주요 국가들을 결정하기 위해서 먼저 저온 물류 유통 현황을 알아보았다. 저온유통(cold chain)은 온도정보 관리를 목적으로 하고 있으며, 각 나라에서 활용되고 있는 저온유통에 필요한 인프라 (교통 및 커뮤니케이션), 보관 시설, 온도 관리 장비 등에 대한 현황조사를 수행하였으며, SCCM이 적용되는 산업군에 대하여 조사를 수행하였다.

### 2. SCCM 수요국가 환경 현황

아시아, 미주, 중동, 오세아니아, 유럽 및 아프리카에 위치한 국가에서 활용되고 있는 SCCM 현황에 대하여 다음과 같이 조사하였다.

#### 가. 아시아 SCCM 현황

##### 1) 중국

중국의 cold chain은 1950년에 해외 신선식품 및 육가공품 수출을 통해 유래되었다. 중국인들의 생활수준이 향상되고, 소비습관이 변화되면서 수산물, 과일, 및 화훼에 대한 수요가 증가함으로써 cold chain에 대한 관심이 증가하였다. 중국 정부에 따르면, 중국 당국은 전 세계의 60% 채소, 30% 과일 및 육류, 40% 계란 및 수산 제품을 생산하고 있다. 하지만 해당 제품에 대한 신선도 모니터링 수치는 각각 5%, 15%, 23%로 나타났다. 중국의 공업 협회 식품 물류 협의회 회장인 장 지엔밍은 일부 부패하기 쉬운 제품들이 cold chain 시스템을 이용해 수송되지 않는다고 공개하였다. 냉동 수송이 필연한 육류의 60%와 우유 및 콩 제품의 80%가 저온유통 방법을 사용하지 않아많은 식품들이 위험에 노출 되어있다.

중국은 2000년부터 Yangtze 강을 이용해 중국 서부의 산업화를 지원하고 있으며, 더 많은 중국 기업들을 서부로 옮기기 위해 세금 환급, 이연 법인세, 낮은 토지 비용 등의 많은 혜택을 제공해왔다. 이러한 정부의 혜택으로 인하여 중국 물류시장이 활성화 될 것으로 예상되고 있다. 또한, 농촌 지역에 특정 제품을 배포할 수 있도록 정부에서 집중적으로 투자하고 있는 것으로 알려지고 있다. 항공으로 출하해야하는 상품은 상하이, 광저우 또는 베이징 해안 항공화물 허브로 수송되어 운송된다.

Cold chain을 필요로 하는 산업은 제약, 과일 및 채소, 해산물, 유제품, 육류 및 가금류, 가공 식품, 화훼, 생물 표본, 혈액 단위와 음료(맥주, 와인) 등으로 조사되었다. 이중 특히 제약과 생명 과학 산업에서 cold chain에 대한 수요가 상당히 높은 것을 나타났다. 세계보건기구(World Health Or-

ganization, WHO)가 진행하고 있는 사전 자격 예방 접촉 프로그램에 중국 당국이 합류하면서 cold chain 수요가 높아지고 있다. 또한, 생명 과학 시장의 규모가 빠르게 증가하고 있어서 아시아 전체의 cold chain 시장이 전 세계 cold chain의 두 배에 이르렀다. 2016년까지 중국은 일본을 제치고 아시아 태평양 지역에서 가장 큰 제약 시장으로 거듭날 것이며, 2017년까지는 중국이 아시아 태평양 지역 국가 전체의 제약 시장의 3분의 1을 차지할 것으로 예상되고 있다.

최근 중국 사과 생산량이 증가하면서 동남아시아 지역에서 사과 수출 대상국으로 미국과 비등한 수준으로 따라잡았으며, 1999년도에 사과 수출 가치가 5천7백만 달러에 불과하였으나 2009년에는 3억 1천백만 달러로 증가하여, 향후 사과 생산 및 수출 국가로써의 많을 가능성을 보인다. 사과 생산 및 수출량이 증가한 이유는 미국 사과의 가격 비해 저렴한 가격 경쟁력에 있으며, 집약적인 노동이 필요한 작물을 키우는데 중국이 이미 많은 수행 경험을 보유하고 있으며, 사과 생산을 위한 경작지에 대한 투자와 높은 품질 향상에 투자를 아끼지 않아, 사과 자체의 품질이 향상되고 있는 것도 한 원인으로 이야기 할 수 있다.

중국에서는 백신 및 여러 의약품들을 농촌 지역을 대상으로 운송하는데 있어, 교통 인프라의 부재, cold chain 배포 지점의 설치 미흡, 보관 시설과 배포 지역의 큰 거리차 등 의약품의 cold chain을 구축하는데 있어 여러 가지 제약사항이 존재한다. 민감한 의약품들이 적합하지 않은 온도에 방치될 가능성이 배제할 수 없다. 이러한 이유 때문에 중국은 미국과 유럽을 제외한, cold chain이 발달된 해외 국가들과 무역 관계를 유지하기 어렵고 무역 물량을 증가시키기 힘겹다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 2012년부터 중국은 교통 인프라 개발이 진전되고 있으며 75,000km 이상의 고속도로를 건설

중이며, 평균 5주에 한 개의 새로운 공항이 생길 정도로 빠르게 발전하고 있다. 내륙 수로와 컨테이너 항만도 지속적으로 개발되고 있는 실정이다. 2011년도에는 상하이 항만이 총 31만 TEU 이상의 컨테이너를 처리하였으며, 중국의 초고속 여객 철도 네트워크의 일부를 컨테이너 철도 화물 수송에 쓸 수 있도록 전환할 예정이다. 전 지역에 교통 인프라 개발을 기반으로, 중국은 온도에 민감한 제품들이 완벽한 품질로, 정확한 시간과 장소에 운송되는 것을 가능케 하는 것을 목표로, cold chain 기술을 적용할 수 있는 토대를 만들어가고 있다.

## 2) 인도네시아

2003년부터 2008년까지 ‘인도네시아 cold chain 개발’ (Indonesia Cold Chain Development) 프로젝트를 진행한 후 인도네시아에서는 cold chain 협회 (The Indonesian Cold Chain Association, ARPI)를 설립하였다. 이를 기반으로 인도네시아에서는 국내 냉동 컨테이너 교통 운수업이 2002년에서 2004년까지 253% 증가 하였으며, 아웃 바운드 (outbound) 선적률 561% 증가시켰다. 해외 선적은 각각 20%, 54%를 증가한 것으로 나타났다.

인도네시아의 대도시, 자카르타에 위치한 냉동 보관 서비스 기업들은 충분한 인프라와 교통 시설을 가지고 있지만 자카르타 외에 냉동 보관 시설이 부족하기 때문에 냉동식품, 음료, 아이스크림, 과일, 육류, 생선 등이 적절하게 보관되지 않고 있는 문제점을 가지고 있다.

인도네시아 상공회의소 (Indonesian Chamber of Commerce and Industry)에 따르면 인도네시아 물류비용이 국내총생산의 24%를 차지하고 전 세계에서 가장 크다고 알려져 있다. 인도네시아 내에서 컨테이너 수송비용이 해외 수송비의 2배 수준

으로 고가의 하역비용이 물류비에 많은 부분을 차지하고 있다. 인도네시아는 군도인데 국가에서 인터 아일랜드 (inter-island) 여행이나 연안 물류를 지원해주지 않기 때문에 수송비가 더 비싸다. 제품의 흐름을 모니터링 해주는 정보와 커뮤니케이션 기술들이 문제가 자주 발생하기 때문에 물류관리 비용이 더 많아졌다.

### 3) 일본

일본은 전 세계에서 생선 및 해산물을 가장 많이 섭취한 국가 중에 하나이다. 세계 평균 쌀 소비량은 15kg로, 미국은 인당 5kg를 소비하고 있으나, 일본에서는 약 38kg의 소비량으로 나타났다. 그러나 2011년에 진도가 9인 지진과 쓰나미가 일본에 발생한 뒤로 일본에서 생산하고 있는 채소, 우유 생산, 쌀, 생선 및 해산물 산업이 후쿠시마 원자력 발전소에서 시작된 방사 때문에 많은 영향을 받고 있다.

총 18,500 어선의 손실로 어업 산업의 90%가 사장되었으며, 가장 많이 영향을 받은 지역에서는 정부에서 쌀 재배를 금지시켜서 쌀 생산이 상당히 많이 감소하였다. 이에 따라 수입 분야에서 농산물 해외 수입이 증가하였다. 멕시코의 식품부 장관의 말에 따르면, 재해 후 멕시코에서 수입한 과일 및 채소의 일본 수출이 30% 이상 증가하였다. 방사능 문제로 인하여 수입된 식품에 대한 일본 소비자의 생각이 바뀌고 있다. 일본에서 생산된 식품 보다 수입된 식품이 더 안전하다고 여겨지고 있으며, 일본 식품의 60%가 중국, 미국, 호주, 태국과 베트남 등 해외 국가에서 수입되고 있다.

일본의 제약 산업이 급성장함에 따라 3PL 분야도 성장하였다. 제약 업체들은 아웃소싱을 통해 의약품을 제공 받고 있으며, 2016년에는 일본이 중국을 추월하여 아시아 태평양 지역에서 두 번째로 큰 제약 산업으로 거듭날 것으로 보인다. 또한, 65세 이상이 넘는 일본인들의 의약품 수요 때문에 2017

년까지는 국가 의료 지출 및 인당 보건 지출 액수가 최상위 국가가 될 것으로 예상된다. 이와 동반하여 제약 저온유통 분야의 수요도 증가될 것으로 예측하고 있다.

### 4) 인도

인도는 2011년도 세계 1위의 원예 제품 생산 국가이다. 인도의 인구 중 3분의 2는 농업에 종사하고 있어, cold chain은 인도에서 성장하는 사업 분야로 인식되고 있다. 인도 식품 시장은 1천8백20억 달러 이상으로 추정되고 있으며, 전 세계의 7천1백50만 톤의 과일, 13천3백7만 톤의 채소와 1천7백60만 톤의 화훼, 코코넛, 베섯, 꿀, 향료 등의 상품들을 생산하고 있다.

2011년 인도의 cold chain 산업시장 규모가 약 30억 달러로 측정되었으며, 향후 매년 증가율이 20-25% 될 것으로 예상되고 있다. 사업비 투자 증가, 기존 시설의 현대화, 민간과 정부의 파트너십 통해 2015년에는 cold chain 산업이 총 80억 달러의 가치가 될 것으로 예상하고 있다. 인도의 우유 생산량은 세계에서 1위로 뽑혔으며, 과일 및 채소 생산량은 2위를 차지하고 있다. <표 2-1>에 따르면 우유 생산량이 1990년부터 2010년까지 지속적으로 증가한 것을 볼 수 있다.

<표 2-1> 1990년~2010년 인도 우유 생산

연도	일인당 소비량 (grams/day)	생산량 (백만 톤)
1990~1991	176	53.9
2000~2001	220	80.6
2005~2006	241	97.1
2006~2007	246	100.9
2007~2008	252	104.8
2008~2009	258	108.5
2009~2010	263	112.5

출처: Department of Animal Husbandry, Dairying and Fisheries, 2010

그 외에 인도에서는 해산물류, 육류 및 가금류 제품을 생산하고 있다. 냉동 창고는 20세기에 처음으로 시작되었으며, 인도의 냉동 보관 센터 전체의 65%가 수도근처의 우타르 프라데(UP), 유타란찰(Uttaranchal), 편잡은(Punjab), 마하라슈트라(Maharashtra), 웨스트 벙골(West Bengal) 등의 도시에 위치하고 있어, 다른 지역에 저온 유통시설에 대한 건설이 저조하여 미국, 유럽과 같은 선진국 수준의 저온 유통시장이 발달되지 못하고 있다. 인도 정부에 따르면 인도는 총 5천4백 개의 냉동 보관 시설이 있으며, 총 용량이 2천3백66 만톤으로, 전체 식품 생산량의 11% 이하만 냉동 보관이 가능하다. 2011년도에 2만5천개의 냉동 차량이 운행했으며, 그 중 80%가 유제품을 운송하는 데에 쓰였으며 나머지 차량을 사용하여 다른 상품들을 이동하였다.

인도에서는 공공 민간 파트너십 모델(PPP, Public Private Partnership)을 기반으로 하여 cold chain의 인프라 작업을 실시하였다. 2006년 1월부터 여러 도로 및 고속도로 프로젝트를 민간 기업이 수행하고 있다. 인도는 세계에서 두 번째로 큰 도로 네트워크를 보유하고 있기 때문에 도로 개발 분야가 우선순위로 선정되었다. 고속도로 인프라 개발로 인해 여객 교통량의 연간 성장률이 12%~15%, 화물 교통 성장률이 15%~18% 증가할 것으로 예상하고 있다. 더불어 인도 정부에서는 국가 철도망 개발 프로그램을 시작하여 cold chain 인프라를 확립하기 위하여 인도 철도그룹과 파트너십을 체결하였다. 해외 기업들도 인도 고속도로 인프라 개발에 적극적으로 참여하고 있다. 2012년을 기준으로 Berhad(말레이시아), Deutsche Bank, Emirates Trading Agency(두바이), The Isolux Corsan Group(스페인), 배림(한국), Dyckerhoff (러시아), Widmann AG(독일), Taisei(일본) 등의 해외 기업들이 사업에 참여하고 있다.

편리한 가공 식품에 대한 소비자 선호도가 증가하면서 인도 정부에서는 30개의 메가 푸드 파크 구현을 계획하고 있으며, 이로 인한 냉동 센터와 교통에 대한 수요 창출할 예정이다. 제약 소매 산업에 대한 수요도 갈수록 높아지고 있으며 2012년도 까지 약 1백20억 달러에서 1백30억 달러;의 시장이 형성될 것으로 예상하고 있다. 제약 제품의 위조를 방지하기 위하여 해외 무역 협의회(DGFT, Directorate General of Foreign Trade)에서는 제품의 추적과 모니터링을 위하여 2011년 7월부터 각 수출 의약품에 바코드를 부착하기로 결정하였다. 우리에 들어있는 제품은 반드시 2D 바코드를 사용해야 되고 2D 바코드에는 배치 번호, 유효 기간과 식별 번호가 포함되어야 한다. 수출시 제품 제조업체나 수입국가에서 승인된 실험실, 또는 인도 마약 통제 기관에서 작성한 분석 증명서가 포함되어 있어야 한다.

2016년까지 인도 cold chain 서비스 시장 규모는 약 100억 달러로 증가할 것 예상되며, 향후 인도 cold chain 시장은 많은 투자와 개발될 가능성 을 보이고 있다.

그러나, cold chain에 적합한 보관 시설이 미비하여, 매년 8천8백만 달러 수준의 식품분야의 생산이익이 손실되고 있는 실정이다. 또한 5,400개 냉동 보관 시설 중에서 4,860개가 감자를 보관하고 있기 때문에 다른 주력 상품인 오렌지, 석류와 화훼 상품을 저온보관 시킬 여유 공간이 없다. 대부분의 창고 보관 용량이 단일 상품에 집중되어 있고 상품들의 적절한 출발지과 목적지 페어링이 되지 않는다는 단점들이 존재한다. 인도는 비효율적으로 설계된 냉동 시스템, 소규모의 토지 소유권, 분산된 cold chain 산업 구조 및 개발되지 자국 내 시장 등으로 인하여 물류 인프라가 열악한 수준이다. 인도에는 연료와 전기 비용이 다른 국가들 비해 높기 때문에 cold chain 산업이 활성화되기 위해선 효

율적인 운영이 필요하다.

우유 외에 다른 식품 운송을 위한 냉동 차량이 부족한 것이 또 다른 문제점으로 나타났다. 첨단 기술이나 저온유통에 대한 지식이 부족한 소규모 기업들이 냉동 운송을 책임지고 있다. cold chain 솔루션을 제공할 수 있고 이러한 분야에 경험이 많은 업체의 도입이 시급한 실정이다.

### 5) 베트남

2007년 이후 룩셈부르크 정부에서는 룩셈부르크의 의약 프로그램(EPI, Expanded Programme on Immunization)을 통하여 베트남의 cold chain 기술 개발을 지원하고 있다. “베트남 산악 및 원격 지역의 cold chain 강화 프로젝트”란 타이틀로 프로젝트를 진행하고 있으며 모든 활동은 2012년에 끝낼 예정으로 알려져 있다. 이미 약 4,000여 개의 냉장창고를 설치하였고, 유지보수 교육 실시하였다. EPI 시스템의 방식으로 683개의 베트남 지역에 기술 개발 지원 활동을 수행하였으며, 향후 유지보수 교육을 강화시키기 위해 국가 유지보수 조직을 만들 계획이다.

베트남 인프라의 개선에도 불구하고 도로와 항만의 질적 수준이 큰 문제가 되고 있어, 이를 해결하기 위한 노력이 계속되고 있다. 베트남은 해외 투자자들과 PPP 프로젝트를 통해 많은 도움을 받고 있으며, 남부 지역은 다른 지역들 비해 빠른 속도로 여러 기관들이 병합하여 개발을 진행하고 있다. 호치민 도시에 위치한 카이 맵(Cai Mep) 항만은 규모가 큰 컨테이너 터미널로 2012년도에 업그레이드 시켜 운행하고 있다. 북부와 남부 지역에 지속적개발로 물류를 처리하는 물류시설이 계속적으로 건설되고 있다. 더 다양한 제품 수송을 위해서는 베트남의 철도와 도로에 대한 개발이 필요하다.

베트남의 저온유통 분야에서 화훼 수요가 증가하고 있다. 네덜란드, 싱가포르, 호주, 사우디아라비아 등에서 베트남 꽃을 대량으로 구매하고 있다. 중앙 고원에 위치한 하노이, 하이퐁, 람동 지역에서 다양한 꽃을 재배하고 있으며, 베트남 지역에서 가장 큰 생산 및 수출 지역인 람동의 다랏 도시에서는 국내 및 해외 시장을 대상으로 약 10만 여개의 묘목을 판매, 수출하고 있다. 이 도시의 재배 지역은 3천5백 헥타르 이상으로, 중국의 화훼 생산 면적의 40%를 차지하고 있으며, 베트남 국가의 화훼 총 생산의 약 50%는 다랏 도시에서 생산되고 있는 실정이다.

베트남 사람들의 건강 상태가 나빠짐으로 의약 품 수요도 높아지고 있다. 2016년에는 베트남의 인구가 아시아 태평양 지역에서 여덟 번째로 클 것으로 예상하고 있다. 노인 인구도 서서히 증가할 것으로 예측되며, 향후 의약품 소비가 증가가 예상되고 있다. 정부에서는 의약품 산업에 꾸준히 투자하고 있으며, 베트남 사업의 상장 가능성은 단편적 예시라고 여겨진다. 2011년 베트남에는 171개의 제약 기업들이 있으며, 그 중 9%가 해외 투자자에 의해 만들어진 기업이고, 합작 투자는 4% 수준인 것으로 알려져 있다. 베트남에서 생산하는 의약 품은 총 9억2천만 달러의 시장을 형성하고 있으며 국가 수요의 48%를 차지하고 있으며, 나머지는 수입에 의존하고 있다. 베트남 의료분야 차관의 말에 따르면 2015년까지 의약품 수요의 70%를 충족시키기 위해서 베트남의 의료 분야에서 국내 제약 산업을 우선순위로 개선시켜야 한다고 말했다. 베트남 정부는 호치민에 위치한 기존 약국을 2020년까지 개선시킬이며, 각 지역에 병원을 하나 더 세울 계획이고 그에 따라 의약품 저온유통에 대한 니즈도 증가할 것으로 정부에서 발표하였다.

## 나. 미주 SCCM 현황

### 1) 미국

미국의 식품 수출량의 20%는 부패하기 쉬운 식품들로, 이러한 식품들은 동아시아 국가, 북아메리카 및 몇몇 유럽 국가들에 집중적으로 수출되고 있다. 미국 중서부에서 생산되는 쇠고기와 돼지고기는 지역별 패킹 하우스에 냉동 보관되며 그 후 멕시코나 서부 항만으로 이동하고 마지막으로 일본과 한국에 수출되고 있다. 과일 및 채소는 미국 캘리포니아주에서 출발하고, 여러 종류의 딸기류의 열매는 워싱턴 주에서 일본에 해운 수송하고 있다. 멕시코나 칠레에서 수출한 아보카도, 상추, 망고, 넥타른 등의 식품은 미국을 거쳐 아시아와 유럽에 수출되고 있다.

1999년도부터 미국의 해외 농업 서비스 학과에서 여러 해외 국가들의 cold chain 개발을 돋기 위해 기금을 모으고 있다. 필리핀, 브라질, 도미니칸 공화국, 중국, 말레이시아, 베트남, 북아프리카, 멕시코, 온두拉斯, 과테말라, 엘살바도르 등의 국가가 지원을 받고 있다. 도움의 주요 목적은 상품의 품질을 유지할 수 있도록 cold chain 기술과 서비스를 향상시키는 것이고 기술 개발에 대한 전문연구 자료 발표나 미국 기업들의 회사 방문을 통하여 지원하고 있다.

2009년에는 세계 바이오분야 시장규모가 1,060 억 달러에 달했으며 미국은 그중 680억 달러에 해당되는 시장 규모를 차지하고 있다. 생물학적 요법 중 특히 세포 치료, 단클론 항체, 크린 시토킨 및 새로운 백신에 cold chain 방법을 적용하고 있다. 2012년까지 바이오산업은 미국 기업들의 재정 자금을 지원받고 있다. 2011년에 미국제약협회에서 (PhRMA, Pharmaceutical Research and Manufacturers of America) 몇 명의 회원들이

총 4백55억 달러를 바이오산업에 투자하였다. 미국에 있는 산업 중 생물 제약 산업이 연구를 가장 많이 해야 하는 산업으로 뽑혔으며, 이 산업은 국내 R&D의 약 20%를 차지하고 있어, 바이오 분야의 저온유통 기술개발이 활발히 진행될 것으로 판단된다.

### 2) 브라질

브라질의 경제는 전 세계에서 가장 빠르게 성장하고 있다. 상파울로(Sao Paulo) 와 리오 데 자네이루(Rio de Janeiro) 도시에는 브라질의 중요한 물류 센터들이 있다. 브라질과 가장 많은 무역을 수행하는 아르헨티나 근처에 위치한 포르토 알레그레(Porto Alegre) 도시도 브라질 물류 사업에 큰 영향을 끼치고 있다. 또한, 브라질 안쪽에 위치한 고이아니아(Goiania)와 벨루오리존치(Belo Horizonte)같은 도시도 중요한 역할을 맡고 있다. 브라질에 물류 서비스를 제공하는 주요 기업들은 DHL, TNT, America Latina Logistica, Companhia Vale de Rio Doce, Expresso Mercurio와 Penske and Ryder이다.

브라질의 지역적 차이 때문에 교통 인프라 개발 정도도 상당히 다른 양상을 보인다. 경제적으로 안정적인 남서부와 남부 지역에는 고속도로가 완벽히 구축되어 있지만 북부에 위치한 아마존 지역에는 인프라 개발의 매우 미비하다. 브라질은 고속도로 네트워크에 크게 의존하면서 국가 교통 시스템을 운행하고 있다. 그러나 인터모듈러 (inter-modular) 배포 센터가 설립되면 이와 관련된 문제점이 해결될 것으로 예견된다.

철도 네트워크는 상파울로, 미나스 젤에이스(Minas Gerais), 리우데자네이루와 리우 그란데도 설(Rio Grande do Sul)에 구축 되었지만 매우 환경이 열악하다. 브라질의 철도 인프라의 수준은 미

국과 유럽의 기준을 따라가지 못하고 있다.

브라질은 라틴 아메리카에서 가장 큰 제약시장이 형성되어 있다. 브라질의 보건복지부(Ministry of Health)에 따르면 제약시장은 매년 총 1백30억 달러에 도달하고 있으며, 계속 성장할 것으로 보인다. 브라질 기업들은 전 세계적인 일반 의약품 생산의 수요의 증가로 인해 해외 매출이 향상되어, 해당 제품의 연구와 개발 분야에 많은 투자를 하고 있다. 전 세계에서 가장 큰 여섯 개의 기업들 중 4개가 브라질 기업으로, 2012년도에는 약 540개의 제약 기업들이 브라질 시장에 등록 돼 있다고 한다. 따라서 매년 이러한 의약품의 수요가 갈수록 높아지고 있으며, 관련 저온유통 시장도 성장할 것으로 예견된다.

다른 주요 수출 품목인 오렌지 주스 수요가 높아지면서 브라질에서는 2012년부터 중동국가들과 무역협정을 맺을 예정이다. 중동 걸프협력회의(GCC, Gulf Cooperation Council)에 포함되는 국가로는 사우디아라비아, 카타르, 아랍에미리트, 시리아, 오만, 쿠웨이트, 레바논과 요르단 등이 있다. 2003년에서 2010년 까지 오렌지 주스 소비량이 20,000에서 30,000톤이었으며 약 51.1% 증가한 것으로 보인다. 같은 기간에 사우디아라비아 내에서의 소비량이 75% 증가한 것으로 알려져 있다. 무역협정을 통하여 오렌지 주스 외에 여러 열대 과일로 만든 주스, 아카이(acai), 아세로라(acerola), 레몬, 구아라나(guarana), 패션 과일(passion fruit), 구아바(guava), 파파야(papaya), 파인애플, 라임과 코코넛 등이 수출제품에 포함되어 있다. 2012년까지 농업관련 사업의 시장 규모가 1000억 달러에 이를 것으로 보인다. 따라서 더 많은 양의 농산물을 수출하기 위하여 제품의 품질 및 식품 안전을 보장하기 위한 cold chain 및 관리 수요가 높아 질 것이다.

2015년에 브라질의 유제품 시장이 총 363억 6,700백만 달러에 이를 것으로 예상되고 있다. 우

유가 유제품 중에서 가장 큰 시장이며 총 유제품 시장의 55.5%를 차지하고 있다. 또한, 미주(아르헨티나, 브라질, 캐나다, 칠레, 콜롬비아, 멕시코, 베네수엘라, 페루, 우루과이, 미국) 유제품 시장에서 브라질의 유제품 차지하는 비율이 24.7%로, 비율 증가가 조금 추락했지만 총 시장 가치는 계속 증가하고 있기 때문에 브라질의 미래 유제품 시장의 고속 성장 가능성이 보인다.

브라질의 농업 부문은 국가의 경제에 매우 중요한 역할로, 국내 총 생산의 약 70%를 차지하고 있다. 농업 부문에서 육류가 가장 큰 산업으로 알려져 있고 지난 50년 동안, 브라질의 육류 생산이 130만 톤에서 900만 톤('12년 기준)으로 증가 하였다. 미국(1140만 톤)에 이어 전 세계에서 육류를 두 번째로 가장 많이 생산하고 있는 브라질의 육류 산업은 해외 육류 시장에 많은 영향을 미치고 있다. EU의 육류 시장 가장 큰 것으로 알려져 있으나, 아시아, 러시아, 중동의 육류 시장도 점차 증가하고 있다. 그러나 2010년도에 미국으로 수입된 육류에서 기생의약품 잔류물이 발견된 후 브라질이 자발적으로 미국과 육류 수출을 중단하였다.

2020년까지 브라질은 전 세계 시장의 45%에 육류를 공급할 것으로 보이며, 부패하기 쉬운 식품인 육류의 수출량이 지속적으로 증가하기 때문에 국가에서 식품 안전 및 추적 시스템 개발에 대한 니즈가 증가하고 있다. 브라질은 EU 국가와 식품 안전에 대한 문제점들을 해결하고자 특수 규제를 만들고 있다.

브라질의 가장 큰 단점으로는 cold chain에 인프라의 부재이다. 브라질은 신흥 시장으로 알려졌으며 전 세계 경제의 더 많은 역할을 맡아야 하기 때문에 인프라가 발달 되어야 한다. 특히 브라질의 가장 큰 문제점은 도로, 항공, 철도 수송 인프라와 모바일 커뮤니케이션이다. 이러한 문제점들로 인하

여 브라질의 농업 수출입량 향상이 어려운 실정이다. 라틴 아메리카 국가 중에서도 브라질 항만이 가장 낮게 평가되었다. 이를 해결하기 위하여 민간 및 공공 부문에서 브라질 인프라 개발에 투자를 확산하고 있다. 특히 높은 개발 효과를 보일 수 있는 도로, 철도와 항만 분야에 집중적으로 투자하고 있다.

### 3) 칠레

칠레는 옥토와 깨끗한 바닷물을 가진 것으로 알려져 있으며, 장벽이 있기 때문에 농업 지역에 따르는 질병이나 기생충이 없어서 전 세계에서 식품 생산이 가장 이상적인 국가로 조사되었다. 칠레의 주요 식품 산업에는 과일, 연어, 와인, 가공 식품, 육류, 해산물이 포함되어 있으며, 이러한 주요 식품 산업은 칠레 국내총생산의 24%를 차지하고 있다. 또한, 칠레는 전 세계에서 수출국 상위 17위를 차지하고 있으며, 지난 10년 동안 국가 수출액이 매년 10% 이상 성장하고 있다. 2012년을 기준으로 칠레는 150개 국가를 대상으로 가공 식품 및 음료를 수출하며 지속적인 커뮤니케이션과 인프라 구축을 통하여 안정적인 무역네트워크를 형성하고 있다.

칠레 도로 시스템은 Pan-American 고속도로부터 시작되어 국제 기준에 적합하도록 건설되고 있다. 칠레의 정부(Ministry of Public Works)에서는 2020년까지 5억6800만 달러를 투자하여 81개의 다리를 개선할 계획이라고 밝혔다. 또한, 파나마 운하의 확장 때문에 항만 시설에 대한 개선에 대한 필요성도 증가하고 있으며, 6억 달러에서 10억 달러의 사업 규모로 인프라 개선에 대해 고려하고 있는 것으로 알려졌다. 칠레와 아르헨티나를 Andes at the Los Libertadores pass로 연결해줄 화물 철도 터널을 구축하기 위해 총 30억 달러를 투자하였으며, 그 외 다양한 분야에도 투자를 계속하고 있다. 2012년부터 철도 인프라 프로젝트인, Africa-La Paz Rail Line과 Empres a de Ferrocarriles

del Estado(EFE) 등을 진행하고 있다. 철도, 도로 인프라 외에 칠레는 세계 최고 수준의 공항과 항구 인프라 갖추고 있다.

해산물 식품 중에서 연어를 가장 많이 수출하고 있다. 2006년에는 총 해산물 식품 중 22억 달러의 연어가 연 매출액 중 30%를 차지하고 있으며 생선 필레 23%, 냉동생선 10%로 나타났다.

칠레의 지리적 장점을 기반으로 품질이 높은 과일 및 채소를 생산할 수 있다. 올리브 오일, 아보카도 오일, 냉동 팔기, 과일 주스, 유제품, 가공 식품, 보존 해산물 등을 생산한다. 특히 미국과 유럽에서의 과일 및 채소 수요가 증가함에 따라, 미국은 칠레의 감귤류 출하의 70%를 차지하고 있으며, 아시아 15%, 유럽 6%로 나타났다. 2006년 기준으로 칠레 수출 식품 중에서 포도 29%, 자두 23%, 아보카도가 16%를 차지하고 있는 것으로 나타났다.

칠레의 유리한 지리적 이점으로 육류 및 가금류가 기생충과 질병에 노출되지 않습니다. 따라서 국제수역사무국(OIE, World Organization for Animal Health)에서는 칠레의 육류 및 가금류를 A급의 등급으로 책정하고 있다.

다음 표에서 보여진 바와 같이, 2006년에서 2010년까지 칠레의 유제품 시장은 꾸준히 성장하고 있다.

〈표 2-2〉 칠레 유제품 시장 규모

연도	시장규모(백만 \$)	증가율(%)
2006	1,274.8	-
2007	1,306.7	2.5%
2008	1,339.7	2.5%
2009	1,375.4	2.7%
2010	1,412.6	2.7%
2006~2010년 연평균 성장률		2.6%

출처: Market Line, 2010

칠레 유제품 시장에서 우유가 가장 많이 판매되었다. 2010년을 기준으로 총 4억4천만 달러의 수익을 창출하였다. 3개의 칠레 유제품 업체들이 시장 매출액의 59.6%를 차지하고 있다. Fonterra Co-operative Group Limited社가 1위 기업으로 유제품 시장을 선도하고 있으며 시장의 28.1%를 차지하고 있으며, Colun社가 17.2%, Nestle S.A社가 14.4%를 차지하고 있다. 대부분의 유제품은 슈퍼마켓과 대형 마트에 유통되고 있으며, 그 중 73.3%가 슈퍼마켓을 통하여 판매되고 있다.

〈표 2-3〉에 따르면 2015년에 칠레의 유제품 시장은 16억2천9백80만 달러에 달할 것으로 전망되고 있다. 유제품 수요 증가로 인해 칠레 유제품 시장이 고속으로 성장할 가능성을 보여주고 있으며, 이와 동반하여 유제품의 신선도를 높일 수 있는 cold chain 시스템 수요도 증가할 것으로 보인다.

〈표 2-3〉 칠레 유제품 시장 규모

연도	시장규모(백만 \$)	증가율
2010	1,412.6	2.7%
2011	1,451.8	2.8%
2012	1,493.1	2.8%
2013	1,375.4	2.9%
2014	1,412.6	3.0%
2015	1,629.8	3.0%
2010~2015년 연평균 성장을		2.9%

출처: Market Line, 2010

#### 4) 기타 라틴아메리카(아르헨티나, 에콰도르, 콜롬비아, 페루)

페루, 칠레, 콜롬비아, 아르헨티나 등의 남미 cold chain 주요 시장은 강한 경제 성장을 보여주고 있다. 중국과 북미를 대상으로 한 상품 수출과 항공화물이 경제 개발에 도움이 되고 있다. 라틴 및 남미에서는 과일이 성장하기 유리한 지리적 조건 때

문에 일 년 내내 과일 생산이 풍부하며 과일 산업의 규모가 상당히 크다. 2011년 사분기에는 딸기류(berry)에서 가장 큰 매출액을 보였다. 남미 국가들은 전 세계 블루베리 수출량의 21%를 차지하고 있으며, 딸기류의 생산량과 수출량이 꾸준히 증가하고 있다. 2013년에는 총 생산량의 약 70%를 홍콩, 일본, 중국, 대만 등의 아시아 국가들에 수출할 것이라고 전망하고 있다.

호주 다음으로 유기농 제품을 생산하는 가장 큰 토지를 보유한 국가는 아르헨티나로 알려져 있으며, 육류에 대한 생산량이 많고, 이중 90%를 해외 여러 국가, 특히 유럽을 대상으로 수출하고 있다. 산티아고, 칠레, 부에노스아이레스, 아르헨티나에서 가장 많이 수출되는 상품 중 하나는 연어이다.

라틴아메리카 및 북아메리카에서 생산되는 저온 유통을 필요로 하는 상품군인 화훼산업은 플로리다에 위치한 마이애미 국제공항 통해 상품이 수출되고 있다. 화훼류는 주로 콜롬비아나 에콰도르에서 생산된다. 콜롬비아와 에콰도르가 미국 화훼 시장의 90%를 차지하기 때문에 저온유통과 저온보관이 반드시 필요하다. 따라서 2012년부터 공항 4곳에서는 냉동냉장 창고에 대한 시설을 확충하고 인프라를 개선할 것으로 알려지고 있다.

#### 다. 오세아니아 SCCM 현황

##### 1) 호주

호주에서는 원격으로 온도를 모니터링을 할 수 있는 기능에 초점을 맞추고 제품의 수송과 보관 시 온도의 정확한 측정을 목표로 냉동 보관 시설과 차량 이동 중인 품목의 온도를 모니터링하고 있다. 호주에서 저온유통을 하는 제품들은 정확한 품목 모니터링, 제품의 추적, 올바른 취급 및 정시 배달 및 핵업에 대한 항목이 관리되고 있다. 호주정부에 따

면 배송, 선내하역업자, 도로 및 철도 사업의 수직 통합 사업 분야에 많은 관심을 두고 있다고 밝혔다.

호주의 대부분의 물류 센터들은 주요 연안 도시에 위치하고 있다. 시드니(Sydney)는 호주에서 가장 큰 도시이며 교통 및 보관 분야의 허브로 사용되고 있다. 멜버른(Melbourne)은 물류 센터로 개발되었고 남부 태평양의 허브로 쓰이고 있다. 또한, 원자재, 가공 진행 중인 물품과 제품들이 멜버른을 통하여 국내와 해외 수출된다.

제약 시장이 세계적으로 성장함으로 호주 시장도 영향을 받았다. 의약품인 백신을 수송하기 위한 특수 냉장 수송용기(Purpose Built Vaccine Refrigerator)를 사용하고 전기로 된 온도 모니터링 장치도 부착하여, 최소 및 최대 온도를 기록하며 일별로 검사를 수행하고 있다.

## 2) 뉴질랜드

뉴질랜드는 매우 효율적인 농업 시스템을 기반으로 농산물을 수출하고 있다. 가장 많이 수출되는 제품은 유제품, 육류, 과일, 채소 및 생선이다.

뉴질랜드는 50국가를 대상으로 과일을 수출하고 있으나, 과일 품질, 위생, 잔류농약 등에 대하여 수출대상 나라보다 엄격한 기준을 가지고 품질을 평가하여 제품의 안정성을 보장하고 있다. 뉴질랜드 과일의 품질 유지할 수 있는 최적 조건에 수송하기 위해 포장 박스(packed boxes)를 이용해 품질을 제어(QC, Quality Control) 하고 있다. 패킹하우스의 QC 직원들이 품질을 먼저 검사하고 해당 제품의 검사 내역을 작성한 QC보고서를 냉동 보관 센터로 이동할 때 QC 임원에게 반드시 제출하도록 하여 제품을 관리하고 있다.

2012년에 뉴질랜드 수출량의 23%가 호주에 수

출되고 있다. 2011년에는 싱가포르와 자유무역 협정(FTA, Free Trade Agreement)을 체결하였으며, 뉴질랜드와 싱가포르는 칠레와 브루나이와 합쳐서 Trans-Pacific Strategic Economic Partnership(TPP)을 2005년 7월에 형성하는 등 활발한 무역활동을 확장하고 있다. 특히, 중국은 뉴질랜드의 큰 수출대상국이며, 중국의 총 수입량의 16%를 차지하는 해산물은, 뉴질랜드에서 약 62억 달러를 수입하였다.

뉴질랜드의 항만은 국제 무역의 90%를 처리하고 있으며 오클랜드(Oakland)와 타우랑가(Tauranga) 항만에는 뉴질랜드 수출 총량의 60%를 처리하고 있다. 뉴질랜드 항만의 가장 큰 제약사항은 토지의 이용도 저하와 수송 네트워크 연계이다. 네트워크의 정체현상과 수주 잔량(backlogs)으로 인한 문제점들이 발생하고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위한 인프라 개선은 자금 문제 및 건설 인력 충원의 어려움으로 개발이 지연되고 있다.

## 라. 유럽, 중동 및 아프리카 SCCM 현황

### 1) 아랍에미리트(UAE)

아랍에미리트의 관광 수요 증가와 생활수준의 향상으로 화훼 시장이 급성장하고 있다. 화훼 시장은 매년 9% 성장률을 보여주고 있으며 매주 2십만 개 이상의 장미가 아랍에미리트로 수입되고 있다. 장미, 국화, 난초, 심비디움(Cymbidium), 카네이션과 백합 등의 수요가 증가하고 있다. 두바이 도시에는 109개의 환경미화 프로젝트가 진행하고 있기 때문에 화훼 시장에 대한 지속적 수요가 발생하여 화훼산업의 계속 성장할 것으로 보인다. 아랍에미리트에는 두바이 국제공항에 위치한 두바이 화훼 센터(DFC, Dubai Flower Center)를 보유하고 있다. DFC는 화훼의 저온유통 보관 창고이며, 제품의 높은 품질을 유지할 수 있도록 한다. 또한, DFC는 원

스톱 숍(one-stop shop)서비스를 제공하여 많은 국내외 구매자, 판매자, 생산자 및 수출업체들이 편리하게 서비스를 제공할 수 있도록 지원하고 있다. 130개 이상의 항공사들이 이미 두바이 국제공항과 계약을 체결하여, 220개 이상의 대상국으로 화물을 수출하고 있다.

## 2) 파키스탄

파키스탄은 경제성장을 유도하기 위해 여러 프로젝트를 진행하여 식품과 관련된 유통물류 교통 체계를 확충하고 있다. 그 중 파키스탄 농산물과 cold chain 개발(PACCD, Pakistan Agriculture and Cold Chain Development) 프로젝트는 2010년에서 2013년까지 진행되며, 미국의 농산물 학과(USDA)의 자금을 지원 받는다. PACCD의 최종 목표는 파키스탄의 발루치스탄(Baluchistan), 라호르(Lahore), 이슬라마바드(Islambad), 키라치(Karachi), 하이데라바드(Hyderabad) 등의 도시와 현대적 판매시장을 가지고 있는 도시와 해외 국가를 연계하여, 식품, 원예 및 해산물 제품을 연계하여 판매하도록 하는 것이다. 발루치스탄은 파키스탄에서 가장 큰 지역으로 총 면적의 44%를 차지하고 있으나, 전체 인구의 5%만이 발루치스탄에 거주하고 있다. 발루치스탄에서는 파키스탄에서 생산하는 전체 생产业에서 포도 90%, 체리 60%, 복숭아, 석류, 살구 각각 60%, 사과 34%, 대추 70%를 생산하고 있음에도 불구하고, 개발되지 못한 인프라와 cold chain에 대한 정보 부족으로 생산한 제품들을 대부분 주요 시장까지 운송하기 못하고 있는 실정이다.

파키스탄에서는 급속한 인구 증가와 가속되는 도시화로 인하여 유제품 및 우유 제품의 소비량이 많아지고 있다. 식품 항목에 대한 가계 지출 중 약 30%가 우유를 차지하고 있다. 2007년도에서 2008년까지 사이에 우유 생산이 연간 4천2백

만 톤에 이르렀으며, 세계적인 최고의 우유 생산국 가로 뽑혔었다. 현 시점에도 유제품 개발을 위한 파키스탄 정부 및 민간단체의 투자가 이루어지고 있다. 파키스탄의 폭발적인 인구 성장에 비해 우유 생산량이 부족한 실정이기 때문에 해외에서 우유를 수입하는 추세이다. 소비자 수요를 만족시키기 위한 우유생산량 증가 및 효율적 유통방법에 대한 개발이 시급하다.

파키스탄은 현대적 패키징 시설과 냉장 수송 시설의 부재로 인하여 미국, 유럽, 일본, 및 중국과의 경쟁 시장에 침투하지 못하고 있다. 품질과 표준 및 식품 안전에 대한 규제 및 법규가 없기 때문이다. 또한, 작물 습도와 온도 조절에 관한 지식이 없어서 품질과 수량에 대한 문제가 자주 발생하고 있다. 파키스탄 정부에 따르면 cold chain 시스템을 개발하는데에 가장 큰 문제점은 공항, 항만, 터미널 도로 노선 간에 냉동 센터의 부재로 나타났다. cold chain의 개선을 위해 필요한 연구소도 없기 때문에 미국과 유럽의 cold chain 시스템을 따라가기엔 아직 많이 부족한 실정이다.

파키스탄의 cold chain 개발을 위한 프로젝트 중 하나인 'Cool Chain System'은 'National Trade Corridor Improvement Project'을 통해 2005년에 시작했으나 2012년까지 프로젝트를 완료하지 못하였다. 프로젝트의 최종 목표는 냉동 센터 56개, 패키징하우스 및 통제된 냉동 보관실 39개, 실험실 6개 및 국도를 구축하는 것이었다. 프로젝트의 완료 실패로 인하여 경제 성장에 대한 기대감이 다소 감소되었다. 기본 cold chain을 구성하는데 필요한 냉동 보관 시설 등의 인프라 시설의 미비로, cold chain 적용 가능성은 낮아 보이나, 해외 국가의 USAID, EU, UNIDO 등의 협회를 통하여 공급망 강화에 대한 지원을 받고 있기 때문에, cold chain 시장 형성에 대한 가능성을 보이고 있다고 여겨진다.

### 3) 서유럽(독일, 프랑스, 영국)

EU는 유럽 냉동 보관 및 물류 협회(ECSLA, European Cold Storage and Logistics Association)와 프로젝트 2개를 진행하였다. ‘ICE-E’와 ‘CHILL-ON’은 유럽 국가들의 냉동 보관 시설을 강화시키고자 하는 프로젝트이다.

ICE-E는 ‘냉동 보관 장비 개선’(Improving Cold Storage Equipment in Europe)을 뜻하며 EU가 냉동 보관 센터 운영자들에게 cold chain에 대한 무료 자료와 도구를 제공하는 프로젝트이다. 또한 센터시설 설계자와 사용자에게 에너지 소비와 이산화탄소 절약에 대한 정보를 제공하였다.

CHILL-ON은 EU cold chain에 맞는 추적 솔루션 서비스를 제공하는 프로젝트이다. 다양한 냉각 및 포장, 지능형 라벨(e-CHILLOn), 수동형 RFID, GPS, GIS, 전자 공급망 관리(e-SCM)와 의사결정 시스템(DSS)을 대상으로 실험을 수행하였다. 냉동식품 공급망은 ‘TRACECHILL’라고 불렸고 테스트 케이스로 온도에 가장 민감한 해산물과 육류를 사용하였으며, 최종결과는 아직 발표되지 않았다.

유럽의 독일, 프랑스, 영국 등은 냉동식품 시장이 장기적인 성장 가능성을 보여주고 있다. 프랑스의 냉동식품 시장은 1990년부터 2012년까지 생산량이 61% 증가하였고 독일에서는 1990년부터 2010 까지 1인당 20 ~ 40kg의 냉동식품 소비량 증가를 보여주었다. 독일은 1인 소비량을 기준으로 가장 큰 시장규모를 갖고 있었으나 2011년 말에 영국이 그 규모를 앞질렸다. 또한 영국에서는 소매 시장분야의 규모가 증가하였으며, 독일의 시장은 점차 감소하고 있는 추세이다.

EU는 제약 제품 무역시장에서 전 세계적으로 가장 활발한 활동을 보여주었으며, 약 1천5백40억 달

러 수준의 무역 시장 규모를 가지고 있고, 제품의 약 65%를 수출하였다. EU의 주요 무역 파트너는 미국이며, 전체 무역량의 35%를 차지하였다. EU에 포함된 국가 중 스위스가 제약 제품을 가장 많이 수입했고 2000년부터 2009까지 무역시장의 규모가 174% 증가하였다. 최근 불경기로 인하여 경제적인 위기상황이나, 제약 제품분야의 무역이 11%나 증가한 것으로 알려져, EU뿐만이 아니라 전 세계의 의약품 수요가 증가했다는 사실을 알 수 있다.

### 4) 남아프리카공화국

남아공은 유명한 아보카도 생산지고, 아보카도는 주로 유럽 시장을 대상으로 냉동 컨테이너에 포장해서 해상을 통해 수출하고 있다. 먼저 냉동 트럭을 이용해 남아공의 수도, 케이프타운(Cape Town)으로 수송하여, 여기서 선박을 이용하여 유럽으로 수송한다.

1989년도에 처음으로 온도 관리 시스템을 사용하였으며, cold chain 관리 시스템은 엄격한 프로토콜을 가지고 통제하고 있다. 관리 시스템에서 가장 중요한 일은 남아공 아보카도 지배자 협회의 해외 기술 책임자가 일주일에 한번 평가하여 그와 관련된 피드백을 남아공 온도 위원회에게 보고하는 것이다.

아보카도 외에 cold chain을 사용하는 산업은 유제품이다. 남아공은 아프리카와 중동에서 사우디아라비아 다음으로 유제품 시장 규모가 가장 크다. 아프리카와 중동 시장에서 각각 16.8%를 차지하고 있다. 여러 유제품 중에서도 우유와 지방성유 제품 소비량이 가장 크고 2010년에는 아프리카와 중동시장의 42.4%, 21.4%를 차지하였다. 총 3개의 유럽과 미국 기업들이 남아공 유제품 시장을 이끌고 있으며 남아공 유제품 시장의 56.3%를 차지하고 있다.

남아공은 2010년도에 인터넷 인프라를 개선하였다. 남아공의 국립과학재단 (NRF, National Research Foundation)에서는 총 8백50만 달러를 인터넷 인프라 개발에 투자하여 남아공의 농촌 지역에 초고속 브로드밴드 광섬유 네트워크를 설치하고자 하였다. 또한, 자국의 교통 인프라 및 전력시설을 개선하기 위하여 정부에서 8백억 달러의 과제 추진하고 있다.

남아공의 의료 인플레이션과 법률적 제약조건에도 불구하고 제약 산업은 꾸준히 성장하고 있다. HIV/AIDS, 결핵(Tuberculosis), 당뇨 등의 질병이 계속 증가하고 있기 때문에 고가 의약품 수요가 증가하고 있다. 2011년에서 2013년 까지 남아공의 제약 산업의 연간 15% 이상의 성장률을 보일 것으로 알려지고 있으며, 2014년까지 제약시장의 규모가 41억 달러에 이를 것으로 전망되고 있다.

### 3. SCCM 주요동향

#### 가. 산업동향

##### 1) 식품소매 산업

전 세계 식품 소매 시장이 2011년부터 2016년까지 약 6% 증가할 것으로 예상하고 있다. 2016년까지 7조 달러의 수익이 창출할 것으로 알려지고 있으며, 편의점, 대형 슈퍼마켓과 할인 판매장이 발전할 것으로 전망되고 있다. 2012년도에 소비자 동향의 변화에 따르면, 식품 소매 시장에서 기존의 서비스 외 다양한 서비스 제공에 대한 니즈가 증가하고 있으며, 특히 유기농 및 지역 특산품에 많은 수요를 보이고 있다. 홍보를 위한 마케팅 전략으로 대형 슈퍼마켓들은 식품 배달 서비스 제공하고 있다. 식품 배달에서는 제품에 대한 품질 유지와 안전성 보장에 중요하기 때문에 식품 소매 시장에서 지속적으로 cold chain에 대한 니즈가 증가하고 있다.

##### 2) 의약품 산업

컨설팅 연구기관인 KPMG에 연구에 따르면, 의료 cold chain 물류 서비스 시장의 규모가 2012년도에 9천억 달러에서 2014년에 12조 달러로 증가할 것으로 전망하고 있다. 의료 제품들의 약 25% 가 온도 민감도가 높고 짧은 유통기한을 가지고 있기 때문에 신속하고 안전한 운송수단은 필수적이다. 허용 온도 범위를 벗어나는 경우 의약품이 변질되는 것은 물론, 의약품을 제공 받아야 할 환자에게도 피해를 줄 수 있다. 고가의 의약품은 빠른 운송이 필요하기 때문에 대부분 항공기로 수송하는데 온도 외에 기후 변화도 주의를 기울여야 한다. 온도에 민감하고, 고품질을 유지해야 하는 제품의 특성상 온도 모니터링과 환경에 적합한 패키징이 매우 중요한 요소이다. 또한, 교통 인프라가 잘 발달되지 않은 여러 신흥 시장에서 cold chain이 필요한 제품들의 수요가 증가하고 있다. 이러한 시장의 니즈를 기반으로 의약품의 cold chain 수요를 대응하기 위하여 집중적으로 인프라 구축을 위한 투자가 이루어지고 있다.

2011년 말, 글로벌 제약 시장 규모는 8천8백억 달러에 도달하였다. IMS 의료 정보학 연구소에 따르면 2014년에는 1조 달러, 2015년에는 1조1000억 달러 규모로 증가할 것으로 예상하고 있다.

제약 산업에는 약물 특허가 중요하다. 약물 특허가 만료된 이후, 주로 개발도상국에서 약물의 특허가 만료되어 제조가 허가된 일반 의약품들을 만들어 내고 있다. 특히 아시아, 중동과 라틴 아메리카 지역에서 일반 의약품들을 제조하고 있다. 중국과 인도 약물 제조업체들은 전 세계에서 만들어지고 있는 활성제약성분(APIs, active pharmaceutical ingredients)을 80% 이상 제조하고 있다. 이러한 개발도상국 국가에서 만들면 제조비용 측면에서 유럽이나 미국에서 만드는 것 보다 저렴하기 때-

문에, 아시아, 중동 및 라틴아메리카 중심으로 제약 산업이 활성화 되어 유통물류 시장이 커질 것으로 보인다.

일부 물류 기업들은 제약, 생명 공학과 의료 기기 산업의 소비자에게 다양한 서비스를 제공하기 위해 제약 업체 파트너십을 체결하여 공동으로 인프라 네트워크를 구축하고 있다. 2011년 12월 UPS는 기업의 의료분야를 넓히기 위해 이탈리아에 위치한 Pieffe Group社와 M&A를 체결하였다. FedEx는 캐나다에 있는 퀘벡(Quebec)市의 약국 체인점인 Jean Coutu Group과 공동 작업을 수행하고 있다. 단기 프로젝트가 아닌 장기 프로젝트 수행을 통한 장기적 전략을 통하여 FedEx의 의료 분야를 강화 시킬 예정이다.

### 3) 유제품 산업

2010년도에 글로벌 유제품 시장이 약 1억4천만 달러에 도달하였고, 2015년까지 4,190억 달러에 이를 것으로 예상하고 있다. 2012년도에는 미주, 유럽, 중동, 아시아 모두 유제품 소비량이 증가하였으며, 이러한 소비 증가 추세는 계속될 것으로 전망되고 있다. 특히 유럽 시장이 2010년에 유제품을 가장 많은 판매한 것, 전 세계 판매시장의 47%를 차지한 것으로 알려지고 있다.

신흥 시장의 인구 증가와 생활수준 향상으로 인한 수입제품의 증가로 유제품 수요가 증가하고 있으며, 특히 단백질이 풍부한 육류, 과일, 유제품을 찾고 있다. 여러 종류의 유제품 중에서도 우유가 가장 많이 팔리고 있다. 그러나 향후 치즈와 요거트 판매량이 더 증가할 것으로 예측되고 있다. 우유 생산 국가는 미국, 인도, 중국과 브라질 등이 있다. 여러 신흥 시장에서도 우유 생산량을 높이고 있다. 그러나 신흥 시장 자국 내 생산량이 소비량을 따라잡지 못하고 있기 때문에 아직까지 소비량을 충족시키는데

많이 부족한 실정이다.

식품 공급 업체들은 웰빙 음식에 대한 관심이 높아지면서 중국, 인도, 브라질 같은 신흥 시장에 웰빙 음식에 대한 유통시장을 확장할 예정이다. 선진국에서는 당지수(GI, glycemic index)가 낮고 유기적인 기능성 식품이나 뼈에 좋은 식품들에 대한 시장이 성장하고 있다. 미국은 관절 및 뼈와 관련된 건강식품 판매량이 전 세계에서 가장 높은 국가기록 일본 시장이 두 번째로 크다. 그 외에 중국, 한국, 캐나다 등 여러 국가에서 기능성 식품 수요가 증가하고 있다. 단오네(Danone)라는 프랑스 식품 기업은 뼈를 강화시켜주는 덴시아(Densia) 요거트를 여러 유럽 국가들한테 판매하여 유럽 슈퍼마켓 및 대형 마트에서 인기리에 판매하고 있다. 특히 유럽의 여성인구의 수요가 많다.

### 나. 기술동향

#### 1) 운송분야 기술동향

##### 가) 항공운송 화물

개발도산국가에서는 저개발된 교통 인프라 때문에 온도 민감한 의약품을 운송하지 못하고 있다. 저렴하지만 느린 해상 운송으로 많은 의약품을 수출입 하지만 유통기간이 짧고 온도에 민감한 의약품들은 항공화물 cold chain을 사용해야 한다. 제약 산업관련 업체도 이와 관련된 사업 분야 확장에 많은 관심을 두고 있어, 항공화물 cold chain에 대한 수요가 높아질 것으로 예상하고 있다.

의약품 외에 농산물도 항공화물로 수송되고 있다. 2004년도와 2009년 사이에 농산물이 항공화물 수송 산업에서 3위를 차지하고 있으며, 빠른 속도로 성장하고 있는 것으로 알려져 있다. 항공화물을 사용하는 주요 국가들과 식품은 다음과 같다.

- 중국: 리치
- 인도: 도미, 아귀, 망고, 리치
- 호주: 양고기, 말고기, 소고기
- 브라질: 창꼬치, 가재, 연어, 망고, 파파야
- 칠레: 창꼬치, 가재, 연어, 베리, 포도
- 미국: 말고기, 아스파라가스, 양치식물, 단풍, 가재, 딸기
- 파키스탄: 양 창자, 콩, 멜론, 망고
- 남아공: 패션 파일, 리치, 파인애플, 아보카도, 포도

농산물은 주로 미국, 유럽, 일본, 아랍에미리트 같은 인당 소득이 높은 국가에게 수출이 되고 있다. 물류 기업 중에서 Kuehne & Nagel社가 부패하기 쉬운 식품의 수송 네트워크를 강화시키기 위해 호주 항공화물 포워더 1위 기업인 Link Logistics International社를 인수하였다.

여러 센서 기술과 물류 기업들이 항공 cold chain 관리를 위한 기술을 연구 개발하고 있다. 전 세계에서 알려진 물류 공급자 Kuehne & Nagel社에서는 항공기 안에서 추적이 가능한 활성 무선 센서를 개발하였다. 의약품을 위한 항공화물 cold chain 안에서 활성 무선 센서를 이용한다는 것은 교통 및 물류 산업이 성장하고 있다는 것 보여주는 단편적 예이다. 항공기 보안을 위해 항공기 안에서 모바일 센서 사용을 못하게 돼 있으나, 항공보안에 영향을 주지 않도록 낮은 방출량을 보이는 KN의 장치를 활용하여 항공 중에도 온도를 정확히 측정하고 기록할 수 있게 되었다.

2011년 말에 DHL社은 고부가가치 화물을 위한 Smart Sentry라는 무선 추적 장치를 런칭하였다. Smart Sentry는 안정성을 증가시키기 위해 개발되었으며, 온도, 습도, 압력, 충격, 위치, 진동과 같은 주요 표준 센서가 탑재하여 보안성을 강화시키고, 추적 투명성을 향상시켜 더 나은 서비스를 제공한

다. DHL의 Smart Sentry는 미연방항공청(FAA, Federal Aviation Association)의 권고사항을 충족시켰으며, 민간 항공사의 승인을 얻었다. 운항 도중 이 장치는 24시간 동안 제품을 모니터링 하는 DHL Same Day (DHL Express의 특별 서비스 그룹)분석 팀에 의해 중앙 모니터링 로케이션에 글로벌 휴대폰 네트워크를 통해 추적 데이터와 분석을 전송한다. 이미 여러 항공사가 Smart Sentry를 승인하고 DHL과 파트너십을 맺었다. Smart Sentry를 사용하여 DHL은 신속한 배송서비스를 요구하는 글로벌 고객에게 안정적인 서비스를 제공할 수 있었다. DHL의 Smart Sentry는 전문부품과 긴급성을 요구하는 배송 품과 온도에 민감한 소모품, 중요한 패키지를 포함해 고부가가치 화물의 신속하고 안전한 배송을 보장하고 있다.

#### 나) 철도운송 화물

자동차 및 항공 산업에서 에너지 효율성 향상 및 CO<sub>2</sub> 배출 감소에도 불구하고, 철도는 교통수단 중에서 가장 친환경적인 교통이다. 또한, 도로 교통에 비해 화물 수송이 더 안전하다. 도로 교통으로 인해 발생하는 환경문제 때문에 철도 시스템이 더 발전하고 확대할 것으로 예상하고 있다. EU는 1990년에서 2005까지 이산화탄소를 21% 감소해서 교통 분야의 환경오염을 전반적으로 감소시켰다. EU 국가의 교통 분야 CO<sub>2</sub> 배출을 2050년까지 95%를 줄이는 것을 목표로 하고 있기 때문에, 철도 시스템을 수요가 증가할 것으로 예측된다. 유럽 철도국에서 철도를 현대화 시키고 있다. 철도국은 유럽 철도 교통 관리 시스템 (ERTMS, European Rail Traffic Management System)프로젝트를 주도적으로 진행시키고 있다.

컨설팅 기업인 롤란드 베거(Roland Berger)社의 유럽 물류기업의 60여명의 매니저 대상으로 실시한 설문조사 결과에 따르면, 국제적 팽창과 시장 동향

에 영향을 받아 철도 시스템이 더욱 더 성장할 것이라고 조사되었다. EU를 포함한, 호주와 일본이 전 세계에서 가장 큰 화물철도 시스템을 가지고 있으며, 포르투갈에는 스페인과 연계하는 화물 철도를 2014년까지 건설할 예정이다.

#### 다) 공로운송 화물

UN 무역개발회의(UNCTAD)에 따르면 2011년에 도로 화물량이 2009년에 비해 7.8% 증가하였고, 그 운송량이 총 9조7천2백십0억 화물-톤-킬로(FTKs, freight ton kilometers)로 나타났다. 2011년의 글로벌 도로 화물 시장 규모가 총 2조 7백8십6억 달러였으며, 전년도에 비해 7.2% 증가하였다.

철도 시스템과 달리 도로 교통은 대안 노선을 제공할 수 있으며 교통비용을 상당히 많이 줄일 수 있는 장점이 있다. 또한, 화물을 추적하는 기술에 대한 도입이 타 운송 수단에 비해 용이하여, 전반적인 개발비용 및 기술도입 비용을 감소시킬 수 있고 동시에 도로 안전성을 높일 수 있다. 인도에서는 공로운송에 적극 투자하고 있으며, 교통 인프라 개발에 대한 급속한 관심과 도시화가 도로 및 철도 개발 산업 성장의 주요 요인이 되고 있다. 중국도 인도와 유사하게 정부의 열두 번째의 '5년 계획' (2011~2015)을 통해서 도로 및 철도 인프라 개발에 투자하고 있다.

#### 라) 복합운송 화물

타 운송 수단의 장점을 활용하여 복합운송을 활용한 일관수송은 비용 절감시킬 수 있고, 환경적 혜택과 도로 안전 등의 장점을 제공받을 수 있다. 선적인 화주는 낮은 요금을 사용하고 가격 예측을 할 수 있다. 또한, 트럭을 사용하는 대신 비용을 상당히 많이 줄일 수 있는 '드랍 (dropped) 트레일러'

를 사용하여 효율적이고 친환경적으로 제품을 하역할 수 있다. 특히 미국에서는 복합운송이 친환경적인 교통 모드로 알려져 있다. 트럭은 이산화탄소 량이 100톤-마일에 19.8 파운드(8.98kg)를 배출하고, 철도는 5.4 파운드(2.45kg)를 배출한다. 따라서 복합운송을 사용하면 전 물류 운송 프로세스에서 발생하는 이산화탄소를 줄일 수 있다. 2012년에는 복합운송 화물 수송 서비스가 유럽 화물 톤의 5-7%만 차지하였다. 향후, EU 국가들은 환경보호를 위하여 도로 화물 수송 보다 복합운송을 더 자주 사용할 예정이다.

냉각 기술이 복합운송이 가능하도록 교통에 많은 도움을 주고 있다. 제조업체들은 도로와 철도에 사용이 가능한 냉각 트레일러를 만들고 있고 트레일러에 최적 온도 범위 제어가 가능한 개인 냉각 장치들을 장착한다. 개인 냉각 장치들은 디젤 엔진으로 사용하며 연료 탱크가 따로 있기 때문에 트레일러에 의지하지 않고 별도로 운영이 가능하다. 이러한 냉각 기술을 바탕으로 타 운송수단을 연계하는 복합운송에 활용되고 있다.

### 2) 보관분야 기술동향

#### 가) 발광다이오드(LED) 조명 기술

캔사스 주립 대학교에서 실시한 연구에 따르면 냉장고에 발광다이오드를 사용하면 소매자들이 에너지 절약이 가능하고 식품 중에서도 특히 소고기의 생존 기간을 연장할 수 있다고 한다. 캔사스 주립 대학의 연구원들이 LED를 사용해 돼지 갈비, 쇠고기 스테이크, 쇠고기, 칠면조와 샌드위치 쇠고기 스테이크 모두 다섯 가지의 육류로 실험한 결과에 따르면, 형광등 대신 LED조명을 사용 시, 변색, 산폐방지 및 운영 효율성 분야에서 모두 높게 평가되었다. 가장 중요한 것은 LED 조명으로 교체하면, 물류보관센터의 운영비용을 줄일 수 있고, 육류의 내

부 온도를 낮게 만들어서 생존 기간을 연장시킬 수 있다는 것이다. 또한, LED 조명은 형광등 비해 시간 당 사이클이 적었기 때문에 더 효율적이다. 소비자들이 육류 구입할 시 변색이 가장 중요한 요인이고 때문에 LED 조명을 쓰면, 제품의 품질을 유지시키는데 유리할 수 있다.

#### 나) 컨테이너 기술

UPS에서는 UPS Temperature True를 2011년 11월에 런칭하였다. 이 서비스는 Door-to-door cold chain 수송 및 모니터링 서비스 시스템으로, 아시아에서 서비스가 제공되기 시작하였다. UPS Temperature True는 온도에 민감한 제품을 안전하게 이동할 수 있는 항공화물 서비스로, 물류 기업은 컨트롤 타워를 이용해 중요한 시점을 모니터링하고 훈련된 UPS 직원들과 품질 보증 팀이 제품과 관련하여 온도변화로 인한 위험을 줄여, 제품의 품질 보장을 지원해주는 서비스이다. 또한, UPS의 제품은 세계에서 가장 큰 세관 브로커 통해 세관통과를 하고 있어, 통관으로 인한 시간 지체 방지로 제품 변질에 따르는 비용을 줄일 수 있다.

PharmaPort 360 컨테이너는 Temperature True와 같이 2011년 11월에 처음 아시아에서 쓰였고 Cool Containers社와 같이 작업해서 개발하였다. UPS Temperature 항공화물 서비스를 사용할 때 PharmaPort 360도 쓰이기 때문에 Cool Containers에서 서비스에 맞게 특별히 제조하였다. 컨테이너는 온도 변동을 줄이고 온도 범위를 100시간 이상 유지할 수 있다. 또한, rechargeable 배터리로 컨테이너의 온도 제어와 모니터링 시스템을 사용한다. 컨테이너의 기술은 dry ice가 필요 없기 때문에 처리 비용과 위험 물질 요금이 나오지 않는다.

#### 다) 온도 모니터링 기술

Cold chain 시장에서는 여러 온도 모니터링 기술이 연구 개발되고 있다. 온도추적 장치를 이용하면 데이터를 수집하기가 쉽고 제품 부실 문제 걱정이 줄어든다. 또한, 기업들은 전반적인 모니터링 비용을 줄일 수 있도록 장치를 연구하고 제조하고 있다. 라벨이나 애플리케이션을 사용해 추적 및 모니터링을 가능케 하는 기술들이 있다. 예를 들어, 2011년 11월, PakSense는 PakSense XpressPDF 라벨을 개발하였다. XpressPDF 라벨은 주로 생명 공학과 제약 산업에 사용되며 특히 온도에 민감한 백신, 임상 시험 자료, 혈액 등을 대상으로 의약품 수송 및 보관에 사용한다. XpressPDF 라벨은 납작하고 방수 기능이 있으며 USB가 포함되어 있다. USB를 컴퓨터에 넣은 뒤 시간과 온도 기록은 물론, 그래프 및 요약 재료를 모두 포함하는 PDF 파일을 생성한다. 이 기술의 가장 큰 장점은 독립적인 작업에 필요한 소프트웨어나 온도 읽기 장치가 필요 없다는 것이다. 또한, 라벨이 제품에 첨부되어 있기 때문에 부피가 큰 온도 레코더 보다 더 정확한 온도를 알려줄 수 있다. XpressPDF는 화물 및 팔레트 단위의 모니터링이 모두 가능하다.

PakSense의 기술과 유사한 온도 기록계가 ShockWatch社에서 TrekView라는 기술을 2012년 6월에 개발하였다. TrekView는 포장을 열지 않고 온도 기록이 가능하며 어떠한 컨테이너 내부 또는 외부에 부착될 수 있기 때문에 cold chain 모니터링을 적용하는데 있어서 유연한 기능을 가지고 있다. 또한, TrekView의 간단한 디자인 때문에 저렴한 비용에 구매할 수 있다. 정해진 온도 범위를 벗어났을 경우, 제조업체, 처리기 및 화주에게 경고를 전달하여 최적화된 cold chain을 구현할 수 있도록 설계되었다.

어플리케이션을 사용해 추적 및 모니터링이 가능하도록 개발한 기술은 DeltaTRAK社의 ThermoTrace Time and Temperature Indicator(TTI)이다. ThermoTrace TTI는 산업용 통신(WiFi/GSM/CDMA)을 활용하여 바코드 리더나 스마트폰으로 제품 온도와 품질을 추적할 수 있도록 만든 바코드이다. 따라서 식품 프로세서, 제조업체, 식품 서비스 기업들이 쉽게 모니터링 할 수 있다. 미리 정해진 리시버에게 라벨의 시리얼 번호를 문자 메시지나 이메일 전송하여 제품의 품질 상태를 알려주고 있다. 라벨을 스캔할 때마다 빠른 속도로 제품 품질과 온도 정보를 “좋음” “신선함,” “숙명이 80% 남음” “판매하지 마시오.” 등의 메시지를 전송하고 있다. 스캐닝하기 전에 스캐너 어플리케이션을 설치하면 온도 정보를 바코드 리더에 바로 찾을 수 있다.

#### 다. 법규/정책동향

##### 1) 국제기구별 SCCM 관련 규약 및 제도

###### 가) 세계 보건 기구(WHO)

세계 보건 기구는 건강 관련 정책에 영향을 끼칠 수 있는 글로벌 보건 규제가 포함되어 있다. UN 소속 국가들은 누구나 WHO의 회원국이 될 수 있으며 2012년도 까지 총 193국가가 등록되어 있다. WHO의 규제는 cold chain 기술 적용 가능성성이 보이는 중국, 인도네시아, 일본, 인도, 베트남, 브라질, 칠레, 미국, 아랍에미리트, 파키스탄, EU, 호주, 뉴질랜드와 남아공에서 쓰이고 있다.

WHO에서 의약품 품질과 무결성을 위해 cold chain 프로세스 및 유통에 대한 문서를 발행하였다. 특정 질병을 대상으로 한 백신을 자국 내에서 수송 할 때는 WHO의 규정에 따르도록 하였다. 회백수염, 홍역, 디프테리아, 페루티스, 파상풍, 결핵, B형 간염과 멸스의 백신은 유아, 어린이들이 예방

접종에 사용된다. WHO에서 백신에 대한 철저한 관리를 요구하고 있다. 모든 백신은 최적의 온도 보관 범위가 있고, 범위를 벗어나면 백신은 처분해야 한다.

〈표 2-4〉 백신의 온도 민감도

온도 민감도	대상백신
가장 민감함	폴리오생바이러스백신 (OPV, Live oral polio vaccine)
	홍역 (Measles)
	페루티스 (Pertussis), 멍스 (Mumps)
	B형 간염 (Hepatitis B)
	디프테리아-파상풍-페루티스 (DTP, Diphtheria-Tetanus-Pertussis)
	황열(YF, Yellow Fever)
	디프테리아-파상풍 백신 (DT, Diphtheria-Tetanus)
민감함	파상풍 변독소(TT, Tetanus Toxoid)

출처: WHO, Cold Chain

WHO는 최소 48시간이 소요되는 국제 수송시 각 백신의 최소 및 최대 허용 온도를 규정하고 있다. 규정 허용온도는 〈표 2-5〉와 같다.

각 백신 수송할 시 데이터를 수집을 가능케 하기 위해 온도 모니터링 장치를 포함하는 것을 WHO에서는 권고하고 있다. 데이터는 화물을 받는 이한테 참고 자료로 제공할 수 있으며 온도 범위를 언제, 어디서, 어디까지 도달 했는지를 조달 기관이 알 수 있다

전자 장치에 제대로 작동한다는 기호가 액정표시 장치(LCD)에 부착되어 표시하는 것을 권고하고 있다. 액정이 스캔할 때 선명하게 보이도록 하기 위해 기호는 플래시나 깜빡이는 표시가 아닌 정적인 표시여야 한다.

백신이 드라이아이스를 사용해 수송할 때 전자

〈표 2-5〉 운송/보관 온도 권고사항(최소 48시간 보관 보장)

백신종류	외부온도	최저온도	최고온도
폴리오생바이러스	+43°C	제한 없음	+8°C
비씨지	+43°C	제한 없음	+30°C
멈스			
황열			
수막구균			
디프테리아-파상풍-페루티스	+43°C	+2°C 최저 온도는 외부 온도(+43°C)에서 +2°C 이상 유지	+30°C
B형 간염	-5°C	+2°C 최저 온도는 외부 온도(-5°C)에서 +2°C 이상 유지	+30°C
디프테리아-파상풍			
파상풍 변독소			
소아마비			

출처: WHO, Guidelines on the international packaging and shipping of vaccines

장치 대신 cold chain 모니터링 카드를 제품에 부착하는 것이 중요하다고 한다. 전자 장치는 배터리가 있는데 매우 낮은 온도에는 이 배터리가 작동하지 못한다.

〈표 2-6〉 백신의 운송을 위한 저온 운송장비 최소 권고사양

항 목	최소 권고사양
보관 온도 범위	-20°C ~ +70°C
작동 온도 범위	-20°C ~ +55°C
디스플레이 가시도 범위	-10°C ~ +55°C
온도 측정 정확도	± 0.5°C 또는 0.5°C 이상
리코딩 전에 초기 지연	1시간 (60분)
리코딩 기간	10일
보관 전 장치의 활성화	최소 18개월
불활성화 후 데이터 보유	최소 6개월

출처: WHO, Guidelines on the international packaging and shipping of vaccines

냉장고, 냉각장치, 냉각 박스 등의 cold chain 장비에는 내부 온도를 측정하는 온도계를 부착하면 명확히 관리할 수 있다. 주로 쓰이는 온도계는 알코올이나 수은 온도계, 다이얼 온도계(dial ther-

mometer), 레코딩 온도계 등이다. WHO에서는 온도를 하루에 두 번 기록하는 것을 권고한다.

백신을 수송할 때 가능하면 직행 노선을 선택하는 것이 유익하다. 노선에는 온화한 기후가 있는 국가에 냉동 보관 시설이 포함된 공항을 선택하고 제조업체에서 최종 공항 목적지의 최대 운송 기간이 48시간을 넘으면 안된다. 하지만 사전에 UNICEF나 UN기관과 합의된 작성 문서가 있는 경우 예외가 적용될 수 있다. 배송은 받는 국가의 주중이나 또는 공휴일에 도착하면 않아야 하며, 도착 날짜와 시간에 앞서 항공 예약을 수행해야 한다.

#### 나) 국제 식품 규격 위원회(Codex)

국제 식품 규격 위원회(Codex Alimentarius Commission)의 위해요소증점관리기준(HACCP, Hazard Analysis Critical Control Point)에 따르면 ‘국제 식품 규격 및 안전 규제’, ‘국제 식품 무역 품질 및 공정성 규제’ 분야로 나누어진다. ‘부패하기 쉬운 식품(냉동식품 포함) 처리 방법’ 규정에는 식품을 고품질로 유지하기 위해 여러 국가와 기

업들에게 위해요소중점관리를 기준으로 기존 식품 규격에 적용하도록 권장하고 있다. 여러 나라에 국가 법률 제정으로 쓰이고 있으며 Codex의 회원국은 세계 인구의 99%를 포함하고 있다.

위해요소중점관리기준(HACCP)은 UN과 WHO의 식품 및 조직 농업기구(FAO)가 합동으로 Codex 위원회에서 식품 위생과 안전성을 보장하기 위하여 만든 식품 관리 시스템이다. HACCP 시스템은 식품 안정성의 위험들을 확인하고, 평가하며, 제어하고 있다. 식품 관리법에는 프로세서, 배포자와 유통업체에서 위험 가능성이 있는 식품을 확인하기 위해서 7개의 원칙을 반드시 따라야 한다. 위험을 예방하고 제거하는 방법도 포함되어 있다.

HACCP과 Codex에서 지정된 보관기간을 넘어서 식품의 폐기를 줄이기 위해서 식품 냉동 및 냉장 보관 센터에서 선입선출(First In-First Out) 체계

를 사용하라고 권장하고 있다.

Cold chain에서는 식품 온도를 유지 하기 위해 모니터링이 가능한 온도 관리 시스템을 쓰는 것을 선호한다. 식품의 주위 온도를 모니터링 하기 위해 온도 센서를 사용하면 컴퓨터 냉각 시스템에서 발생하는 문제를 진단하고 데이터를 컴퓨터에 저장할 수 있다. 신선 과일 및 채소는 작은 공기 온도 레코더를 가장 높은 온도가 발생하는 패키지 사이사이에 끼워 넣는 것을 권고한다.

차량 구획 또는 컨테이너는 제품 품질을 유지하기 위해 식품 하역 사전에 냉각시켜야 한다. 차량 및 컨테이너 운행자는 다음의 업무를 수행해야 한다.

- 하역 당시 적절한 식품 온도 감독해야 한다.
- 외부 열이 화물 진입을 막기 위해서 효과적인 loading 필요하다

〈표 2-7〉 식품의 냉동 보관 온도 및 보관 기간

제품군	식품종류	온도	보관 기간
육류	육류, 생선, 가금류	5°C 이하	3 일 이하
	조리된 육류, 생선, 가금류	5°C 이하	2 일 이하
유제품	계란	5°C 이하	1 주
	액상유 (Fluid Milk)	5°C 이하	5 일
	환원우유 (Reconstituted Milk)	5°C 이하	5 일
	버터	5°C 이하	2 주
	경질 치즈 (예: 체다, 로마노)	5°C 이하	2 주
	연질 치즈 (코티지 치즈, 크림치즈)	5°C 이하	3 ~ 7 일
과일	사과	5°C 이하	2 주
	베리	5°C 이하	5 일
	바나나, 아보카도, 배, 포도, 파인애플, 복숭아	5°C 이하	5 일
	오렌지, 레몬, 그레이프프루트	5°C 이하	2 주
	자두, 크렌베리	5°C 이하	1 주
아채	감자, 스쿼시, 뿌리채소 외에 모든 신선 채소	5°C 이하	2 ~ 5일
	냉동식품	-18°C 이하	2개월

출처: HACCP, Food Production Policies, Procedures and Standards, Codex Alimentarius Code of Practice for the Processing and Handling of Quick Frozen Foods

- 운송할 시 정확한 온도 조절 설정이 포함한 효율적인 운행을 해야 한다.
- 도착지에서 적절한 방법으로 하역해야 한다(주파수 및 기간).
- 냉동 시스템의 적절한 관리와 차량 청소를 해야 한다.

컨테이너 적재할 때, 규모가 비슷한 컨테이너들끼리 적재하면 안전성을 높일 수 있다. 무게가 많이 나가는 컨테이너를 먼저 적재하는 것이 중요하며, 식품은 냄새 또는 독성 화학 잔류물을 통해 오염 위험 가능성이 보이는 화물은 반드시 따로 보관해야 한다.

#### 다) 국제항공운송협회(IATA)

국제항공운송협회(IATA, International Air Transport Association)는 국제 무역기구이며 총 118국가의 약 240 항공사를 대표하고 있으며 전 세계 항공 교통의 84%가 이 협회에 가입되어 있다. IATA는 항공 산업에 매우 중요한 역할을 수행하고 산업이 더 크게 성장하도록 하는 규정을 만드는 것이 협회의 목표이다.

화훼 산업은 IATA에서 화훼 처리 규정을 따른다. 대부분의 화훼 종류 최적의 보관 온도  $0 \sim 2^{\circ}\text{C}$ , 습도 95%로 저온으로 인한 냉해(chilling injury)를 입을 수 있다.

열대 화훼는 사전에 냉각 시키지 않아야 한다. 냉동 트럭으로 수송할 시, 열대 화훼는 냉각 공기 노출을 피해야 되기 때문에 중간에 위치해야 한다. 크리сан테뭄(chrysanthemum), 알스트로메리아(alstroemeria), 마거릿 데이지(marguerite daisies) 같은 화훼가 어둡고 온도가 높은 시설에 보관 될 경우, 나뭇잎이 노래지는 현상이 발생할 수 있다. 온도가 떨어지는 경우, 물 손실이 적어진다. 또한, 수

획 후 화훼는 깨끗한 물을 사용해야 한다. 오염된 물을 사용하는 경우 꽃줄기에 세균이 생길 가능성이 높다.

환경자극(tropisms)으로 인해 화훼 품질의 손실이 발생할 수 있다. 굴지성 (geotropism)은 중력의 자극에 의해 굴성이 일어나는 것을 말하고 굴광성 (phototropism)은 빛의 자극이 식물의 생장에 미치는 효과를 말한다. 화훼가 이동할 경우 굴지성인 장미, 금어초(snapdragon), 글라디올러스(gladiolus)같이 스파이크가 있는 작물이 수평으로 보관되어야 제품의 품질 손해를 낮출 수 있다.

부패 화물 법률(PCR, Perishable Cargo Regulations) 규정서에는 의료부터 식품의 온도 제어와 각종 제품의 cold chain 관리가 포함 되어있다. 여러 부패하기 쉬운 상품을 분류시키고 가장 최신의 항공 정보를 알려주고 있다. 부패하기 쉬운 화물에 대한 특종 규제도 가지고 있다.

항공화물 산업은 여러 제품을 항공 수송하는데 사용하는 패키징과 부패하기 쉬운 식품 관리 방법을 알려주는 IATA의 PCR 규정서를 활용하고 있다. 규정서 안에는 온도에 민감하고 생존 기간이 짧은 의약품의 항공 수송 요구 사항이 쓰여 있다. 또한, 2010년 7월 1일에 IATA에서 직접 만든 '시간 및 온도 민감 라벨'을 소개하였으며, PCR 규정서에도 언급되어 있다. 이러한 라벨은 항공화물 산업에 반드시 필요한 기술이기 때문에 2012년 7월 1일 이후에 의약품을 항공 수송할 때 반드시 부착해야한다는 규제가 발효될 것이다.

자세한 규격과 법률은 모든 사람에게 공개되지 않기 때문에 IATA에서 명세서를 구입해야 한다. 시간 및 온도 민감 라벨(Time and Temperature Sensitive Label)은 의료 산업 관련 배송에 반드시 부착해야하는 라벨이며 발송자는 라벨이 제대

로 착용됐는지를 확인해야 한다. 라벨의 아래쪽에는 외부 교통 온도 범위가 적혀져 있어야 되며 온도는 반드시 섭씨로 표기되어야 한다.

## 2) 국가별 SCCM 관련 법규 및 정책현황

### 가) 아시아 SCCM 법규/정책 현황

#### ① 일본

##### 식품 관련 정책

일본의 부패하기 쉬운 식품 관련 정책은 '식품위생법'에 포함되어 있다. 식품위생법은 모두 후생노동성(MHLW, Ministry of Health, Labor and Welfare)에서 관리하고 있다. 법령 기준에 부합하지 않는 식품에 대한 수입이나 자국 내 판매가 되지 않는다. 2011년도에 일본에 쓰나미가 발생한 후 총 식품 수입량을 많아지고 있기 때문에 부패하기 쉬운 식품 관련된 정책 및 절차가 더 중요해지고 있다.

##### 신선 과일 및 채소

신선 과일 및 채소가 일본에 수입될 경우 식물 검역검사를 받아야하며 수송 중에는 검역 증명서가 있어야 한다. 수입된 과일 및 채소는 일본 세관을 통과하기가 매우 어렵고 식물보호법에 따라 일부 해외국가에서 특정식품의 수입을 금지시키고 있다.

##### 마른 과일 및 채소

신선 과일 및 채소에 비해 마른 과일 및 채소를 수입하는 것은 더 쉽지만 수송 중에는 정확한 내용과 양이 명시된 검역 증명서가 필요하다.

##### 냉동 과일 및 채소

냉동 과일 및 채소가 완전히 냉동 상태이면 세관 통관 문제가 없을 것이다. 그러나 출품자는 나리타 공항에서 냉동 보관 시설을 직접 찾아야한다. 검역 증명서에 '-18°C 이하로 냉동됨' 표시가 있으면 해

동 식품을 다시 냉동시켜 검사를 다시 할 수 있다. 그러나 다시 냉동시키거나, 신선 과일 및 채소가 발견되는 경우, 폐기되거나 다시 출하할 수 없다. 제품이 냉동식품으로 간주되면 일본의 냉동식품규제 기반으로 분석 검사를 수행하며, 검역 증명서에는 정확한 내용과 양을 표시되어야 한다.

##### 육류

육류는 후생노동성에서 관련된 정책을 담당하고 있다. 일본의 수입 과정은 EU 국가와 미국과 매우 비슷하며 일본 시장에는 농장에서 도살장까지, 도살장에서 프로세서까지, 유통업체에서 소매자들까지 추적이 가능한 시스템이 있다. 신선, 냉동, 냉각, 조리된 모든 육류는 검역검사를 받아야 한다. 특정 국가에서의 육류 수입은 금지되어 있다. 육류 수입이 가능한 국가는 수입 금지된 국가를 통해 수송하지 못한다.

##### 해산물

해산물 수입할 시 국가에서 수입금지 할 가능성 이 있기 때문에 사전에 학명을 국가에 알려야 한다. 고등어, 정어리, 바다 식품 등의 여러 해산물은 수입 할당량이 있다. 따라서 이러한 해산물은 할당량이 이미 정해진 전문 기업들 통해서 수입되고 있다. 신선 생선과 냉동된 생선은 쉽게 수입이 가능하다. 냉동 보관이 필요한 냉동 생선은 출품자가 직접 냉동 보관 시설을 찾아야 한다.

##### 유제품

유제품 중에서 우유를 수입할 때는 농림수산성 또는 다른 제어 기관에 등록하고 라이선스를 따야 한다. 치즈 재료, 생산 방법과 라벨에 대한 법률이 있고 후생노동성에서 책임지고 있다.

##### 의약품

일본의 후생노동성에서 의약품 규제 사무를 전체적으로 책임지고 있지만 특히 후생노동성의 의약품

및 식품 안전성 지국(PFSB, Pharmaceutical and Food Safety Bureau)이 담당하고 있다.

#### 식물 및 화훼

화훼 수입은 식물 보호법(Plant Protection Act), 식물 다양성 보호 및 종자 법(Plant Variety Protection and Seed Act), 세관 관세법(Customs Tariff Act), 세관법과 멸종위기에 처한 야생 동식물종의 국제거래에 관한 협약(CITIES, Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora)의 외환 및 무역 법률에 따라야 한다.

식물 보호법 (Plant Protection Act)에 따르면 수입된 식물은 반드시 검사를 받아야 한다. 수입자는 즉시 검역소에 수출 국가의 정부 기관에서 발행한 '식품 수입 신고서'와 '식물검역증명서'를 제출해야 한다. 일본의 몇몇 항만에만 검역소가 있기 때문에 수입할 시 수입자는 정확한 항만으로 수송해야 한다. 위반 행위가 발견되면 수입자는 폐기 또는 수입한 국가로 재발송한다. 통관항에서 검사를 합격하면 '알림 인증'을 발행해 준다. 다음의 항목들은 모두 일본에서 허용되지 않는 항목들로, 수입 금지법은 수입하는 국가의 지역 또는 식물의 종류마다 다르다.

- 1) 식물이 식물 보호법령에 따라 지정된 영역에서 또는 영역을 통해서 수입
- 2) 집행 규정 하에 지정된 지역에서 자생하는 식물
- 3) 해충
- 4) 흙이 붙어있는 식물
- 5) 1)~4)의 패키징 및 컨테이너

#### ② 중국

2009년에 보건부에서 식품안전법을 공표하였다. 식품안전법에는 국가 식품 안전 규제는 물론, 더 철저한 식품 첨가물 검사와 수출 및 수입 활동과 패키

징 및 라벨링 대한 법이 포함되어 있다.

식품의약국(SFDA, State Food and Drug Administration)에 속한 모든 지역 약물 제조업체, 운송업자 및 수입 업체는 SFDA에 등록해야 한다. 또한, 모든 판매 단위, 케이스 및 팔레트에는 식별 번호가 인쇄되어야 한다.

식품안전법이 있음에도 불구하고 중국은 세관 규정 해석 및 응용문제를 겪고 있다. 따라서 가공 단계를 지연하고 물류 네트워크 내에서 발생할 수 있는 문제에 대한 해결방법 및 관련 규정을 추가해야 한다.

#### ③ 베트남

베트남에는 식품 안전과 관련된 정부기관이 총 여섯 개로 구성되어 있다.

##### 보건부(Ministry of Health)

보건부는 베트남의 식품 안전 코디네이터 역할을 맡고 있다. 식품 위생 감독, 수화 후에 포함되는 취급, 가공, 준비와 마케팅에 대한 식품 안전, 수입 식품 안전에 대한 감독을 보건부가 맡고 있다. 보건부 내에서 베트남 식품부(VFA, Vietnam Food Administration)가 보건부의 식품 안전 관리를 지원하고 있다.

식품 안전 서류 중에서 가장 중요한 '식품 안전 및 위생에 관한 조례' (Ordinance on Food Safety and Hygiene)는 모든 베트남 및 해외 조직과 개인이 반드시 신선 및 원료 식품의 생산, 판매, 가공, 보관, 수송과 수출입에 대한 조례에 지정된 사업 조건에 따라야 한다. '상품의 품질에 관한 조례' (Ordinance on the Quality of Goods)에는 생산과 식품 무역을 하는 개인과 기업은 반드시 보건부 또는 현지 보건 당국에 품질 기준을 보고해야 하

며, 기업과 개인이 유통 판매하는 식품의 품질 기준은 반드시 베트남의 기준을 충족해야 한다. 모든 기업과 개인이 취급하는 상품들은 정기적으로 검사를 받아야 한다.

#### **농촌개발부**

(Ministry of Agriculture and Rural Development)

농촌개발부는 작물의 농업 생산, 가축의 도축 및 검사, 농산물 수확 후 처리를 담당하고 있다.

#### **농수산부(Ministry of Fisheries)**

농수산부는 어업 및 양식업과 관련된 수출 시장 처리를 맡고 있다. 생산 지역의 식품 위생과 안전 규제를 검사 및 인증업무를 수행한다.

#### **산업부(Ministry of Industry)**

산업부는 식품 가공 중에 미생물 오염 및 화학 잔류물을 제어하고 여러 산업에 안전 제어 프로그램을 지원한다. 우유, 알코올, 식물성 기름, 밀가루와 녹말 등의 산업이 여기에 포함된다.

#### **과학기술부(Ministry of Science and Technology)**

과학기술부는 수출입 되는 제품의 표준 및 품질 제어를 담당하고 있다. 또한, 국가 표준을 발행하며 Codex의 변경 사항을 베트남에 적용하는 권한을 가지고 있다. 과학기술부 밑에는 베트남 식품 표준화위원회가 있으며 정부가 수립한 자국 내 식품 관련 기준을 적용할 수 있도록 보급하고, 해외 및 지역 협회와 같은 식품 표준화 활동 참석하며, 해외 식품 표준화위원회와의 협의를 통하여 베트남에서 식품 관리 정책을 제안하기 위한 활동을 수행하고 있다.

#### **무역부 (Ministry of Trade)**

무역부에서는 식품 안전에 직접 관련이 없지만 전반적인 품질 관리에 중요한 역할을 수행하고 있다. 제품의 라벨링과 관련된 규정을 정하고, 입법화시키는 역할을 한다.

#### **④ 인도**

인도 식품 안전 및 표준 위원회(FSSAI, Food Safety and Standards Authority of India)는 2006년의 식품 안전 및 기준법을 제정하기 위하여 출범하였다. FSSAI는 과학지식을 기반으로 식품 표준을 만들었고 제조, 보관, 유통, 판매와 수입되는 모든 식품의 안전성을 관리하고 있다. 2006년의 식품 안전 및 기준법은 FSSAI가 만든 정책을 참조하고 있으며, 국제 표준을 준수하여 Codex 규제사항도 포함하고 있다. 1차 가공식품, 가공 육류, 가금류, 우유 및 과일이 적용대상에 포함된다.

기준법에 따르면 상품 추적에 대한 정보를 관리해야 한다. 모든 식품 유통업체는 제조업체에게 모든 2차(중간) 식품을 알려야 한다. 판매되는 식품이 지정된 기준을 위반할 경우 공급망에 포함된 모든 업체들은 리콜(recall) 절차를 밟도록 권고하고 있다.

모든 수입품은 식품안전법을 따라야 한다. 인도에서 생산되는 신선, 냉장, 냉동제품 등의 다양한 제품의 육류가 축산물에 포함된다. 또한, 가금류, 돼지, 양, 염소의 조직이나 기관, 계란, 달걀가루, 우유 및 유제품 등이 가금류에 포함된다.

축산물은 항구 또는 공항으로 수입이 가능하며 동물 검역 및 증명서 서비스 센터가 있는 항구와 공항에만 수입이 가능하다. 뉴델리(New Delhi), 뭄바이(Mumbai), 콜카타(Kolkata)와 첸나이(Chennai) 등의 도시에 센터가 위치하고 있다. 축산물이 검문소에 도착하면 동물 검역 및 증명서 서비스 센터의 임원 또는 농림산업부(Department of Animal Husbandry and Dairying)가 승인한 담당자가 검사를 수행한다.

#### ⑤ 인도네시아

인도네시아의 식품 규제는 국제 규정인 Codex기반으로 대상 제품에 규제를 적용하고 있으며, 농산물을 위한 식품 안정 제어 시스템을 지속적으로 개발하고 있다. 약물 및 식품 관리 국가기구에서는 다음의 법률을 적용하고 있다.

- 인도네시아의 식품 법 7/1996 (Food Act of the Republic of Indonesia 7/1996) : 생산, 보관, 수송관련 책임자를 대상으로 식품 규제가 적용된다.
- 식품안전, 품질, 영양법 28/2004(Government regulation of the Republic of Indonesia number 28/2004 on food safety, quality and nutrition)

인도네시아에서는 모든 수입 식품이 식품의약청에 반드시 등록해야한다는 법이 있다. 또한, 식품의약청에서 모든 가공 식품, 원시 식품과 여러 식품 관련 재료를 승인해야 수입이 가능하다. 모든 식품 수입 서류는 영문으로 작성되어 준비 되어야 한다. 모든 서류가 작성되면 세관을 2일~7일 만에 통과할 수 있다.

육류 및 가금류를 수입할 경우, 수입 추천 승인(RPP, Import Recommendation Approval)과 수입 허가(SPP, Import Permit) 서류들이 추가로 필요로 하다. SPP는 무역부에서 발급되며 모든 육류 및 가금류 동물 식품들이 포함된다. SPP는 RPP를 농림산업부 또는 식품의약청에서 받은 후에 발급된다. RPP를 요청할 때 수입 업체들은 반드시 식품 양과 목적지가 쓰인 서류를 제출해야 한다.

인도네시아의 규제에 따르면 유제품 같은 동물에서 생산된 제품들을 수출하고자 하는 해외 국가들은 인도네시아의 농무부에 사전에 등록하여 허가

를 받아야 한다.

#### 나) 미주 SCCM 법규/정책 현황

##### ① 미국

미국에서는 다음의 기관에 의하여 cold chain 관련 활동을 수행하고 있다.

**환경 보호국(EPA, Environmental Protection Agency)**  
EPA의 목적은 인간과 환경의 건강을 보호하는 것으로, 미국의 cold chain에 영향을 주는 ‘위험 관리 프로그램’, ‘화학 재고 보고서’, ‘긴급 알림’ 및 ‘폭발물 관리’라는 네 가지 프로그램을 진행하고 있다.

##### 식품 의약청(FDA, Food and Drug Administration)

FDA의 역할은 다음과 같다.

- 기존에 있는 문서 검토
- 신제품 승인
- 식품과 의약품 안전성 및 적절한 라벨 부착된 것 확인
- 국외 나라 협력으로 규제 부담 감소
- 과학 전문가, 소비자들과 협력으로 의무를 효과적이게 수행

2002년도에 제정된 바이오테리법에 의하여 모든 국내 및 국제 식품 시설은 식품의약청에 반드시 등록되어야 한다. 또한, 미국에서 제조, 운송, 보관 시설에서 건강에 문제를 일으키는 식품이 생기거나 문제가 발생할 가능성이 높으면 반드시 24시간 내에 식품의약청에 보고해야 한다.

##### 농무부(USDA, U.S. Department of Agriculture,)

미국 농무부는 식품, 농산물, 천연 자원 등의 가장 근접한 과학 및 효율적 관리의 대한 공공 정책을 만들고 있다. 식품안전조사청에서는 육류, 가금류,

계란 및 계란 식품에 적절한 라벨이 부착하여 품질의 기준 보장해 준다.

### 육류 수입 규제

미국에 육류를 수입하기 위해서는 농무부의 법률을 따라야하며 미국 세관을 통과하기 전에 반드시 동식물검역국과 식품안전검사청에 식품 검사를 받아야 한다.

### 의약품 관리 규제

비영리단체인 미국약전회의에서는 전 세계에서 제조된 식품 재료, 의약품, 식이 보조제의 대한 규제를 만들고 있다. “보관 및 수송 사례”, “모니터링 장치- 시간, 온도, 습도, “와 ”의약품 안정성”에 의하여 의약품 보관, 유통, 배송에 대해 규정을 제정하고 있다. 해당 의약품 기준은 FDA에 의해 미국에서 시행하고 있다. 각 의약품은 라벨에 쓰여 있는 지정된 온도에 보관해야하며, 냉장고, 냉동고 등의 모든 보관 시설은 이러한 규제를 따라야 한다.

**비경구약물협회에서 작성한 “온도 제어된 의약품 : 교통 환경 통해 온도에 민감한 의약품의 품질을 유지하는 설명서”**라는 기술 보고서에 따르면 공급망에 필수적인 원칙과 온도에 민감한 제품을 수송하기 위한 실천 규제가 명시되어 있다. 제품의 온도 민감 정도와 교통 방법에 따라 여러 패키징 종류도 있다. 또한, 각 의약품에 수송 시뮬레이션을 실시하는 방법과 유통 및 모니터링에 참여하는 사람을 대상으로 한 교육 시스템도 제시되어 있다.

### ② 브라질

세계무역기구 회원인 브라질은 Codex Alimentarius와 HACCP 규제의 원칙을 따른다. Codex 외에 ‘위생 감시 국립 기관’(ANVISA, National Agency of Sanitary Surveillance) 통해 있는 농림업 축산 식품 공급부(MAPA, Ministry of Agri-

culture, Livestock and Food Supply)와 보건부가 위생감시 국립 기관을 통해서 규제를 만들고 있다. 농림업 축산 식품 공급부는 육류, 신선 과일 및 채소, 알코올음료, 주스, 곡물, 씨앗과 사료를 대상으로 생산 및 관리를 담당하고 있다.

외교통상부(MDIC, Ministry of Development, Industry and Foreign Trade)에서는 브라질 내외 수입 제품에 포함된 산업 및 식품이 각각 포장재의 안전 라벨 사양을 충족하는지에 대한 검사를 수행하고 있다.

브라질의 보건부의 규제 기관에서는 수입되는 모든 의약품 등록에 대한 승인을 받아야 한다. 기존 제품에 대한 새로운 버전의 등록 절차는 보통 3-6 개월이 소요되며, 시장에 처음으로 소개되는 의약품은 6개월 이상의 시간이 걸리며, 브라질에서 완벽한 임상 시험을 통과하기 위해서는 1년 이상의 시간이 소요될 수 있다.

### ③ 칠레

칠레는 전 세계 국가들이 자유롭게 칠레에 수송 할 수 있다는 의미를 갖고 있는 “open skies”라는 항공 수송 정책을 가지고 있다. 해외 기업들이 해외 해상 교통화물을 통해 칠레 시장을 진입 하려면 반드시 칠레와 규약이 체결되어야 한다. 하지만 칠레의 공항을 사용하는 해외 국가들은 협약 없이 자유롭게 이용할 수 있다.

신선 과일의 생산자와 관련된 규제 프로그램(GAP, Good Agricultural Practices)을 홍보하고 있다. 칠레는 세계에서 가장 포괄적인 농업 활성화 프로그램을 가지고 있으며 가장 현대적인 생산 및 처리 프로세스, 살충제 사용, 보관 시설, 작업자 위생의 엄격한 통제가 포함되어 있다. GAP 프로그램은 HACCP의 포장, 보관, 수송 시설

과 Codex의 국제 식품 안전 규제를 따르고 있다.

#### 다) 오세아니아 SCCM 법규/정책 현황

##### ① 호주

위생 관리 대책은 호주에서 매우 중요하며 특히 부패하기 쉬운 식품 위생분야에 많은 관심을 보이고 있다. 여러 관리 방법 중에 온도 제어가 부패하기 쉬운 식품의 신선도를 높일 수 있다.

호주의 식품규제규정에 따르면 위험 가능성 식품(PHF, Potentially Hazardous Foods)은 반드시 온도를 관리해야 한다. PHF에 속한 식품은 다음과 같다.

- 원료 및 조리된 육류 또는 육류가 포함된 식품
- 유제품
- 해산물(살아있는 해산물 제외)
- 가공 과일 및 채소
- 조리된 쌀 및 파스타
- 계란, 콩, 견과류가 포함된 단백질이 풍부한 식품
- 신선식품 재료가 들어간 식품 (예: 샌드위치, 롤)

PHF관련된 특정 규제는:

- PHF는 반드시 5°C 이상 또는 60°C 이상에 보관 및 전시되어야 한다.
- PHF는 5°C-60°C 범위에 4시간 이상 보관 또는 전시되었으면 반드시 폐기해야 하다.
- PHF는 5°C-60°C 범위에 2-4시간 보관 또는 전시되었으면 바로 사용해야 한다.
- PHF는 5°C-60°C 범위에 2시간 이하로 보관 또는 전시 되었으면 냉동보관 하거나 바로 사용해야 한다.

어떠한 기업이 식품을 지정된 범위에 받거나, 전시하거나, 수송하거나 보관할 경우 안전 대체 시스템의 집행 임원에게 알려야 한다. 식품의 온도를 측

정하기 위해서는 +/-1°C의 정확도가 있는 온도계를 사용해야 한다.

호주의 식품 규제 코드에 유제품을 수집 및 운반할 경우에는 사용되는 모든 장치 및 컨테이너가 위생적 이여야 한다. 모든 유제품 운반 사업은 유제품의 즉각적인 공급자와 수신자를 확인하는 시스템과 시간 및 온도 제어 시스템을 가지고 있어야 한다.

##### ② 뉴질랜드

뉴질랜드 자국 내에서 식품을 판매하는 기업들은 '식품법률'(Food Act of 1981), '호주-뉴질랜드 식품규제코드', '식품위생법'과 '식품안전법'을 철저히 준수해야 한다. '식품법률'은 호주 법안에 주요 부분이며 국가에서 판매되는 식품 안전과 여러 위생 규제가 규정되어 있다. '호주-뉴질랜드 식품규제코드'는 두 국가의 합의에 의해 통일된 규제를 사용한다. 1974년에 만든 '식품위생법'은 두 부분으로 나뉘어져 있다. 하지만 대부분의 식품 보관에 대한 기업 운영 규제는 두 번째 부문에 수록되어 있다. 뉴질랜드는 국제 식품 규격 (Codex Alimentarius)의 회원국이며 부패하기 쉬운 식품은 모두 Codex 규제를 따르고 있다. 유해 미생물 성장을 줄이기 위해서는 부패하기 쉬운 식품을 모두 4°C 이하 온도로 보관해야 한다.

#### 라) 유럽, 중동 및 아프리카 SCCM 법규/정책 현황

##### ① 아랍에미리트(UAE)

아랍에미리트에서는 표준 측량청(ESMA, The Emirates Authority for Standardization and Metrology)에서 국가의 규제를 담당하고 있다. 국민의 건강, 안전성 확보 및 환경 보호를 보장하기 위해 수입 또는 자국 내에서 생산된 식품이 아랍

에미리트의 규제를 따르고 있는지 확인하고 있다. ESMA는 국제표준화기구인 Codex Alimentarius의 회원으로 Codex의 규정을 따르고 있다.

농림수산부(MAF, Ministry of Agriculture and Fisheries)에서는 식물, 동물 등의 모든 수입, 수출, 생산 제품에 대한 검사를 수행하고 있다. 걸프 협력이사회에서 만든 식물 검역 법에 따라 모든 식물에 대한 농산물 검역 시스템을 통과해야 한다. 또한, 농산물 위탁은 금지되어 있지만 수출 국가의 유능한 당국의 승인과 수출국에 있는 아랍 국가 대사관에서 증명한 식물방역증명서가 있으면 농산물 위탁을 허용된다.

아랍에미리트는 걸프협력이사회 관세동맹(Gulf Cooperation Council Customs Union)을 합류하여, 해당 회원국 간에 동등한 관세를 부과하도록 규정을 정하였다. 대부분의 수입 상품의 세관 관세는 5%이지만 식품과 같은 주요 필수 상품은 세관 관세가 부과되지 않는다. 무역 면허장을 받은 기업만 이 아랍에미리트 내에서 수입활동을 수행할 수 있으며, 면허장을 발급한 아랍에미리트 안에서만 무역이 가능하다. 아랍에미리트는 국가는 아부다비(Abu Dhabi), 두바이 (Dubai), 살르자 (Sarjah), 아이만(Aiman), 움알카이와인(Umm Al-Qaiwain), 푸자이라(Fujairah), 라스 알 카이마(Ras Al-Khaimah) 등 7개의 에미리트로 구성되어 있다. 모든 에미리트는 자국 및 관세동맹 내의 이사회의 규제를 따르고 있으나, 각 에미리트에서 수입 가능한 제품과 면허장 제한규정은 각 국의 규정에 따라 다르다.

수입품이 아랍에미리트에 도착하기 전에 모든 수입통관 서류를 수출 국가에 있는 UAE 대사관에서 인증 받아하며, 지정된 인증 비용을 지불해야 한다. 대리인은 배송 에이전트에서 배달 주문을 받아야하고 원산지 증명서, 선하증권, 상업송장과 각

종 정부/대사관 증명서 등의 표준 무역 서류를 제출해야 한다.

아랍에미리트에서 의약품은 면세품으로, 약물 및 의약품은 반드시 보건부에 포함된 약물 제어학과의 기술 업무부서와 두바이 보건 센터에서 등록되어야 한다.

## ② 파키스탄

파키스탄에는 통합된 법제도를 가지고 있지 않으나, 식품 안전에 대한 두 가지 법률이 있다.

1. 순수 식품 조례 (The Pure Food Ordinance of 1960): 위험성이 있는 식품을 제조, 준비, 가공하는 것을 금지한다. 또한, 수출입을 금지하며 위생에 대한 규제와 실험실에서 식품 샘플에 대한 검사 및 조사를 받아야 한다.
2. 파키스탄 표준 및 품질 관리 기관 법(Pakistan Standards and Quality Control Authority Act of 1996): 표준 및 품질 관리 기관 법으로 인해 파키스탄 규제 및 품질 제어 위원회(PSQCA, Pakistan Standards and Quality Control Authority)를 구성해야 한다. PSQCA는 해당 제품과 서비스 검사를 시행한다.

파키스탄의 규제와 법은 필수 준수 사항으로 규정하고 있으나, 모니터링이나 정기적 검수와 같은 정부의 활동이 부족하여, 식품 법률의 엄격한 집행에 문제점들이 생기고 있다.

EU의 재정 지원으로 무역 관련 기술 지원 프로그램(TRTA, Trade-Related Technical Assistance Programme)을 통하여 어선에서 수행하는 어업활동부터 수출 지점 공급하는 어업 공급망의 위생 및 품질 관리를 개선하고 있다. 또한, 파키스

탄은 미국 국제개발처에서 총 9천만 달러의 자금을 지원 받아 생선 및 육류 가공, 냉동 보관, 패키징, 유제품 농장의 보관시설 강화 등의 저온유통 시설을 구축하고 있다.

#### ③ 유럽연합(EU)

유럽 내 국가 내에서는 EU의 특정 식품 위생 규정을 따라야 한다. 주요 규정은 다음과 같다.

a) 제852호 2004년 규제에서는 생산 과정의 모든 단계(1차 생산에서 EU 소비자까지)에서 식품 위생 절차를 보고하도록 되어 있다. 위생 조치는 다음의 6개 사항과 같다.

- EU 식품 미생물 기준 준수
- 규정의 위생 목표를 달성하기 위한 절차
- 위생을 보장하는 데 필요한 절차를 수행
- 온도 제어 요구 사항 준수
- cold chain 유지
- 샘플링 및 분석

EU에서는 식품 사업 운영자가 식품을 생산한 이후, 유통, 수송, 보관, 생산 현장에서 1차 제품 처리와 동물 수송에 대한 활동에 대하여 HACCP 방법론을 준수하도록 권고하고 있다.

EU 국가들 사이에서 식품 수출할 경우, 식품 당국에서 품질 및 안전 요구 사항을 적용하는지 확인하고 있다. 식품 공급자가 EU 국가가 아닐 경우 공급자는 EU의 신뢰를 얻기 위해서는 HACCP 기반의 인증 제도를 채택해야 한다.

b) 제853호 2004년 규제는 제852호 2004년 규제에 동물 유래 식품 사업에 관련된 특정 규제를 추가하였다.

c) 제854호 2004년 규제는 인간 소비를 위한 동물 유래 식품을 공식적으로 제어하는 조직의

특정 규제이다.

초저온냉동 보관이 반드시 필요한 식품이 수송 및 보관할 경우 내부 온도는 반드시 모니터링되어야 한다. 초저온냉동에서는 열 안전화 후 제품의 최종 온도를 -18°C 이하로 유지해야 한다.

EU로 수입되는 육류는 반드시 신뢰할 수 있는 모니터링 시스템과 추적 절차가 있어야 한다. 유럽 연합 시장은 식품 높은 안전도, 농약 잔류물 제어 및 관리, 위생의 투명성과 위생 검사를 요구하고 있다.

#### ④ 남아프리카공화국

식품류, 살균제, 화장품과 관련된 법률(FDCA, The Foodstuffs, Disinfectants and Cosmetics Act)은 식품 제조, 수출입 및 판매를 관리하도록 1972년 제정되었다. 식품관련 법률은 국제 기준인 Codex Alimentarius 기반으로 만들어졌다.

남아공에서는 다음의 기관을 통하여 식품에 대한 규제 및 관리를 수행하고 있다.

1. 보건국(Department of Health)
2. 농림수산국 (Department of Agriculture, Forestry and Fisheries)
3. 남아공 규격청(The South African Bureau of Standards)

식품 및 관련 산업부(FAI, Department of Food and Associated Industries)의 검사관은 여러 정부국과 작업하면서 해당 지역에서 제조하거나 수입한 해산물 및 생선 통조림의 안전성에 대한 문제가 발생하지 않도록 문제들을 해결하고자 하고 있다. 품질 및 해산물 제품에 대한 건강 증명서 준수도 업무에 포함되어 있다.

남아공에 수입되는 모든 식품 및 농산물은 샘플

및 해충 검사 후 유통, 판매하고 있다. 항만 관리 위원회는 식품 산업과 관련 산업들을 도우기 위해서 센서, 미생물, 화학, 3개지 실험 중에서 하나를 실시하여, 결과에 따라 세관에서 화물을 보류하거나 억류를 연장시킬 수 있다.

#### 4. SCCM 주요 수요국가 기술적용을 위한 방향 도출

지금까지 조사한 글로벌 SCCM의 환경분석 및 법규제 정책 분석을 통하여 인프라 구축 수준, 법 규제의 제한사항 및 cold chain 지식 정도와 물류 비용을 고려하여, 경제성, 시장·산업 발전 규모와 cold chain 산업 발전 가능성을 고려하여 SCCM 적용 가능 상위 4개국을 칠레, 브라질, 인도와 아랍 에미리트 등으로 선정하였다. 각 나라는 SCCM 적용 가능 산업이 있으며 기술 동향과 정책 및 규제 제도에 따라 가장 유리한 적용 방법을 도출하였다.

##### 가. 칠레

2012년 현재까지 칠레의 물류 성과 지수(LPI, Logistics Performance Index)는 3.17로 브라질의 LPI(3.13) 보다 높은 점수를 보였다. 인프라 개발 수준과 법규정책 및 규제 측면에서 칠레는 라틴 아메리카에서 SCCM 적용 가능성이 가장 높다고 평가되었다. 칠레는 150국가 이상을 대상으로 제품들을 수출하고 있으며, 무엇보다 저온유통을 필요로 하는 과일 및 채소 산업과 수산업이 발달되어 있다.

고속도로, 공항, 항만, 커뮤니케이션 등의 모든 인프라는 2012년 현재까지 개발되고 발전되고 있는 상태이며, 냉동 보관 시설은 2009년부터 지속적으로 건설되고 있고 칠레 항만들도 계속적으로 개발되고 있는 실정이다. 또한, 화물 도로 터널 개발 프로젝트를 통하여 아르헨티나, 볼리비아, 페루 등의 이웃 국가들과 보다 긴밀하게 연결이 되어 편리한

교통시설이 제공될 수 있을 것이다. 고속도로는 칠레에서 미국 알래스카 주까지 총 47,958km가되는 대표적인 Pan-American 고속도로를 보유하고 있으며, 세계 수준의 공항 및 항만을 가지고 있다.

브라질과 비교했을 때, 칠레에는 해외 기업들이 많이 진입하지 못했다. 브라질의 의약품 산업의 규모가 크기(의약품 산업 판매량의 20.6% 차지) 때문에 약 540개의 해외 의약품 업체만이 시장에 진출해 있는 상황이다. 해외 업체들의 적극적인 진출이 아직 이루어지지 않았다는 장점과 편리한 교통시설 인프라와 풍부한 과일 및 채소, 생선 생산 및 수출량을 보유하고 있는 점으로 볼 때 SCCM의 적용 가능성이 크다고 판단된다. 또한, 칠레의 개방적인 비즈니스 환경과 라틴 아메리카에서 가장 낮은 GDP 채무 비율은 SCCM 기업이 진출하는데 있어 다른 장점으로 여겨질 것이다.

항구는 상품 이동에 매우 중요한 역할을 맡고 있다. 칠레의 지리적 위치로 인해 대부분의 해외 무역은 해상운송을 통해 이루어진다. 캐나다, 미국, 멕시코, 유럽연합, 중국, 일본 등의 여러 해외 국가들과 자유무역협정을 체결하였기 때문에, 칠레의 항구를 통한 해외 무역이 지속적으로 성장할 가능성을 보이고 있다. 칠레 항만은 총 35개가 있으며 그 중 해안선에 위치하고 가장 활동적인 항만은 발파라이소와 샌안토니오로, 이 두 항만은 공유지역으로 칠레의 과일 및 채소와 해산물을 가장 많이 처리하고 있다. 2011년-2012년의 경우, 발파라이소 항만의 과일 출하가 16% 증가한 것으로 기록되어 있다.

상품들이 칠레 항만에 도착한 즉시, 도로나 철도를 이용해 최종 목적지까지 수송하고 있다. 아래 <표 2-8>에서 나타난 바와 같이, 2008년 칠레의 총 화물량의 운송수단을 살펴보면, 상당히 많은 화물량이 해상운송이 되고 있으며 cold chain이 해상운송에서 니즈가 증가할 것임을 알 수 있다. 따라

서 해상 교통으로 이동되는 부패하기 쉬운 화물에 SCCM을 적용하는 것이 가장 합리적이고 효과적인 것으로 보인다. 물론 칠레에서는 파일 및 채소와 해산물 산업 성장 가능성이 크기 때문에 이러한 식품들을 가장 많이 처리하는 발파라이소와 샌안토니오 항만에 진입하는 것이 유리할 것으로 판단된다.

〈표 2-8〉 칠레의 화물 이동수단 점유율

교통 방법	수출	수입	평균
해상	96%	87%	91%
도로 (고속도로)	3%	10%	6%
항공	1%	0%	1%
철도	0%	0%	0%
기타	0%	3%	2%

출처: CEPAL Organization and Chilean Maritime Authority, 2008

칠레에서 항만 개발을 위해 2020년까지 총 18억 달러를 투자할 예정이다. 2009년부터 컨테이너 터미널 장비 및 관리 시스템, 안전, 내륙 지역 물류 지원과 도로 연결에 집중적으로 개발 중에 있다. 칠레 항만을 개선하고 개발하는데 있어 저온유통에 대한 관리시스템 및 모니터링 시스템에 대한 니즈도 증가할 것으로 판단되며, 새롭고 혁신적인 시스템을 요구 할 가능성이 높아 보인다.

#### 나. 브라질

브라질은 라틴 아메리카에서 신흥 시장으로 도약 하였으며, 특히 의약품 산업으로 알려져 있다. 그러나 cold chain이 필요한 의약품 산업은 저개발 인프라로 인해 산업 개발 성장에 저해되고 있다. 브라질에 복합운송을 통한 협동일관수송 시스템이 개발된다면 모든 의약품 수송 교통 문제가 해결될 가능성이 높다. 공공 및 민간 부문에서 적극적으로 브라질 인프라에 투자하고 있기 때문에 정부에서 도로 및 철도 인프라 가능성은 물론, 협동일관수송

시스템 개발에 대한 적용 가능성이 높다. 의약품 시장에 SCCM 적용 가능성이 높게 평가되지만 이미 많은 해외 기업들이 진입했기 때문에 경쟁이 치열할 수 있다. 2008년부터 브라질에서는 의약품에 대한 추적 시스템 개발되고 있으며, 지속적으로 발전시켜 의약품을 위한 공급망 관리 시스템을 개발하고 있다.

결론적으로 브라질의 저온유통 시장 진입하기 위해서는 의약품 시장보다 브라질의 오렌지 주스, 유제품, 육류 산업에 초점을 맞춰서 진입하는 것이 유리할 것으로 보인다. 브라질에서는 전체적인 추적 시스템이 이미 발달된 상태이지만 부패하기 쉬운 식품의 안전에 필요한 cold chain 개발은 부족한 실정이다. cold chain에 대한 개발 시스템의 미흡에 비해 육류 수출량은 매년 증가하고 있기 때문에 해당 분야의 저온 유통 시스템 관리에 대한 필요성이 증가할 것으로 전망하고 있다.

도로 교통은 화물 운송에서 매우 중요한 요소를 차지하고 있지만, 도로 관리가 부족하고 통행료도 고가이다. 국민교통연합(National Confederation of Transportation)에 따르면 브라질 총 도로의 69%가 적절히 수리되지 않은 상태이며, 도로 이용률 또한 15년 만에 58%(2012년)에서 33%로 떨어질 것으로 예상하고 있다. 이용률 저하에도 불구하고 오렌지 주스, 유제품과 육류가 포함된 브라질 농산물 생산량의 60%가 트럭으로 이동되고 있고 보관 시설도 부족하기 때문에 도로 교통 수요는 증가하고 있다. 총 농산물 생산량의 70%가 생산되는 국경 지역이 아닌 남부 지역에 위치한 보관시설에 대부분이 보관되고 있다. 적절한 보관에 보관하기 위해서는 생산 지역에서 운반할 도로 차량이 반드시 필요하다. 도로 차량은 최종 목적지에 도달하기 위해 수천 킬로미터를 가야할 상황이 많기 때문에 SCCM을 적용한다면 공급망 관련 사업들은 상당한 손실 비용을 감소할 수 있을 것이다.

철도와 항만은 개발이 미흡한 상태로, 대부분 도로를 활용한 차량들 농산물의 수송을 책임지고 있다. 또한, 브라질의 환경 보호를 위해 인프라 개발이 중지되고 있는 실정이다. 그러나 정부에서 철도 시스템에 대한 필요성을 증가함에 따라 철도 분야에 대한 집중적 추자가 예정되어 있다. 교통부에 따르면 2012년에서 2012년 후, 철도는 브라질의 화물 운송량의 32%를 차지할 것으로 예측하고 있다(2012년 현재까지 철도는 브라질의 물류 시스템의 25%를 차지하고 있음). 브라질 철도는 아르헨티나, 볼리비아, 우루과이와 연결되어 있으며 대부분의 철도는 남서부 지역에 밀집되어 있다. 가장 많이 수송하는 화물은 곡물, 철강 제품, 와인, 물, 돌과 시멘트이다. 정부에서 2023년까지 총 1만2천km의 철도를 구축할 예정이다. 따라서 철도 시스템의 cold chain 관리 시스템을 적용할 기회로 보인다.

SCCM 통합을 확장하려면 부패하기 쉬운 화물의 해상 운송 시장에 침투해야 한다. 2012년 현재 까지 해상 운송 분야가 지속적으로 성장하고 있고 해외 무역량의 90%가 브라질 항만에서 처리되고 있다. 브라질의 항만은 남미에서 가장 낙후되었지만 15년 후 항만을 통한 해외 무역량이 13%에서 29% 증가할 예정이고 따라 부패하기 쉬운 화물의 cold chain 관리 수요가 높아질 것으로 판단된다. 또한, 브라질의 육류 수출량이 2012년에서 2022년까지 약 40% 증가할 것이라고 예측되고 있다. 육류 해외 수출을 지원하기 위해서는 브라질의 항만도 효율적으로 바뀌어야하며 식품 안전을 위한 지능형 관리 시스템 수요도 증가할 것으로 보인다.

## 다. 인도

인도는 BRIC 국가들 중에 하나로, cold chain 산업을 확장하고 있으며, 지속적으로 교통 인프라를 개발하여 경제적으로 강화되고 성장하고 있다. 인프라 개발은 cold chain 산업을 확장하는 데

매우 중요한 부분이며, 2011년에 전 세계에서 2번째로 가장 큰 도로 네트워크를 구축하여 cold chain 산업의 확장 가능성을 보여주고 있다. 또한, 인도 정부에서 도로 개발을 우선순위로 정하였고 2012년 현재, 말레이시아, 아랍에미리트, 스페인, 대한민국, 러시아, 독일과 일본을 포함한 여러 해외 국가들이 인도 도로 개발에 투자를 하고 있어, cold chain 산업에 필요한 교통 문제를 해결해주면서 더 빠른 속도로 저온 유통 산업을 확장시키고 있다.

cold chain 산업의 연평균 증가율이 20~25%에 이르며, 2015년까지 시장규모 80억에 도달할 것으로 보인다. 인도 사람들의 생활수준의 향상으로 식생활 문화가 바뀌며 유제품 같이 몸에 좋은 식품을 많이 찾음과 동시에 소득 상승과 중산층의 급 성장에 따라 유제품, 특히 우유 소비량이 증가하고 있다. 전 세계적으로 인도는 우유를 가장 많이 생산하고 있는 나라이다. 총 생산량은 2011년 기준으로 1억2천2백만 톤에 이르며, 국가유제품개발위원회 (National Dairy Development Board)에 따르면 2011년에 카나타카 (Karnataka) 지역에 있는 여러 마을의 경우, 우유 배달량이 2011년에서 2012년에 이르는 동안 약 100리터 가량 증가하였다고 밝혔다. 국가유제품개발위원회에서는 2016년에 1억5천5백만 톤, 2022년에 2억천만 톤을 도달할 거라고 예상하고 있다. 우유 시장은 명백하게 성장하고 있으며 품질과 안전을 보장할 수 있는 운송업자나 업체 또는 생산업체들이 첨단 기술을 활용하여 우유를 관리할 수 있도록 지능화된 시스템을 필요로 할 가능성이 매우 높은 것으로 보인다.

인도에서 생산되는 대부분의 우유는 농촌 지역에 위치한 작은 마을에서 매일 작은 양으로 생산된다. 농촌 지역에는 냉동·냉각 보관 시설들이 인도 도시보다 드물기 때문에 정부에서 매일 두 번씩 신선한 우유를 모아서 도시에 있는 보관 시설로 이동시킨다. 이동 거리가 멀고 차량 내 탑재된 온도 제어 시

스템이 빈약하기 때문에 높은 교통비용을 부담하게 되어, 생산자에게 이러한 비용이 전가하고 있는 실정이다. 우유를 생산하는 여러 마을이 경제적인 문제를 겪고 잠재 용량 이하로 생산함에 따라 기능적인 생산이 이루어지지 못하고 있다. 인도 정부에서 이러한 문제점을 개선하기 위해 고심하고 있다. 우유 유통 프로세스에 SCCM 방법을 적용하면 cold chain에 소요되는 비용을 전체적으로 절감할 수 있을 것으로 판단된다.

#### 라. 아랍에미리트

아랍에미리트를 방문하는 관광객들이 점차 증가함에 따라 화훼 시장이 발달하고 있다. 관광객의 규모는 지속적으로 증가할 것으로 보이며, 2021년까지 6.5%의 연간 성장률을 보일 것으로 예측된다. 또한, 아랍에미리트 내 국가사업을 통하여 109개의 조경 프로젝트를 진행할 것으로 보여, 화훼산업에 대한 수요가 증가할 것으로 보인다.

화훼 시장 관련 시설로는 두바이 국제공항 옆에 위치한 두바이화훼센터(Dubai Flower Center)가 있으며, 화훼센터에서는 기내 온도 조절, 위치 추적 시스템을 제공하고 있으며, 낮은 세금과 개방된 법 제도를 기반으로 해외 기업에 우호적 환경을 제공하고 있다. 5%의 낮은 세율이 모든 타 국가에 균등하게 유지됨으로 시장의 진입 장벽이 낮다. 2012년 현재까지 두바이 공항에는 130개의 항공사가 존재하며 약 220개의 지역과 연계되어 있다. 해외에서 운송되는 꽃의 신선함을 유지하기 위해 여러 가지 첨단 기술을 사용하고 있어, 저온유통과 관련되어 첨단 모니터링 시스템에 대한 니즈가 증가할 것으로 보인다.

## III. SCCM Global 표준화 방향 도출

### 1. 개요

ISO/IEC/IEEE 21450, 21451-x (IEEE 1451.x)는 센서와 구동소자를 통칭하는 트랜스듀서와 네트워크 간 인터페이스를 규정하기 때문에 센서나 구동소자 업체는 연결될 네트워크의 종류나 연결 구조에 상관없이 오직 표준 인터페이스만 제공하면 되고, 네트워크 입장에서는 연결된 트랜스듀서의 종류에 상관없이 공통 인터페이스를 통해 정보를 취득할 수 있게 된다.

본 보고서에서는 트랜스듀서들이 기계가 읽어서 처리할 수 있는 형태로 보유하고 있는 고유의 데이터 시트인 TEDS (Transducer Electronic Data Sheets)와 스마트 센서와 네트워크를 연결하는 NCAP (Network Capability Application Processor) (1451.1), 트랜스듀서와 1451.5), CAN-open 인터페이스(1451.6), 스마트 RFID 태그 간 통신을 위한 데이터 포맷(1451.7)에 대한 분석을 통해 SCCM을 설계시 RFID-센서 코드 설계 부분에 대한 고려사항을 제시한다.

### 2. SCCM Global 표준화 분석

#### 가. IEEE 1451 개요

IEEE 1451 표준 명칭은 “A Smart Transducer Interface for Sensors and Actuators”로서 1993년 9월부터 표준화 작업이 시작되었으며, 현재 IEEE 1451.0부터 IEEE 1451.6까지 표준안이 출판되었거나 작업 중에 있다. 이 표준은 네트워크와 트랜스듀서 간에 표준 인터페이스를 규정한다. 즉, 센서나 구동소자 업체는 연결될 네트워크의 종류나 연결 구조에 상관없이 오직 표준 인터페이스만 제공하면 되고, 네트워크 입장에서는 연결된 트랜

〈표 3-1〉 IEEE 1451.x의 세부 내용

표 준	내 용
IEEE 1451	스마트 트랜스듀서와 네트워크 간 인터페이스
ISO/IEC/IEEE 21451-1 [IEEE 1451.1]	트랜스듀서와 네트워크를 연결해주는 NCAP(Network Capability Application Processor) 정의
ISO/IEC/IEEE 21451-2 [IEEE 1451.2]	트랜스듀서와 NCAP간 STIM(Smart Transducer Interface Module)을 이용한 점대점(point-to-point) 인터페이스
ISO/IEC/IEEE 21451-3 [IEEE 1451.3]	트랜스듀서와 NCAP간 높은 대역폭 지원을 위한 멀티드롭버스 인터페이스
ISO/IEC/IEEE 21451-4 [IEEE 1451.4]	아날로그 및 디지털 신호가 동일한 선을 공유하는 혼합모드 인터페이스
ISO/IEC/IEEE 21451-5 [IEEE 1451.5]	트랜스듀서와 NCAP간 무선 인터페이스 정의
ISO/IEC/IEEE 21451-6 [IEEE 1451.6]	고속 CANopen 기반 트랜스듀서 네트워크 인터페이스
ISO/IEC/IEEE 21451-7 [IEEE 1451.7]	RFID 시스템과 스마트 RFID 태그간 통신을 위한 데이터 포맷 정의

스듀서의 종류에 상관없이 공통 인터페이스를 통해 정보를 취득하고 제어할 수 있게 하자는 것이다.

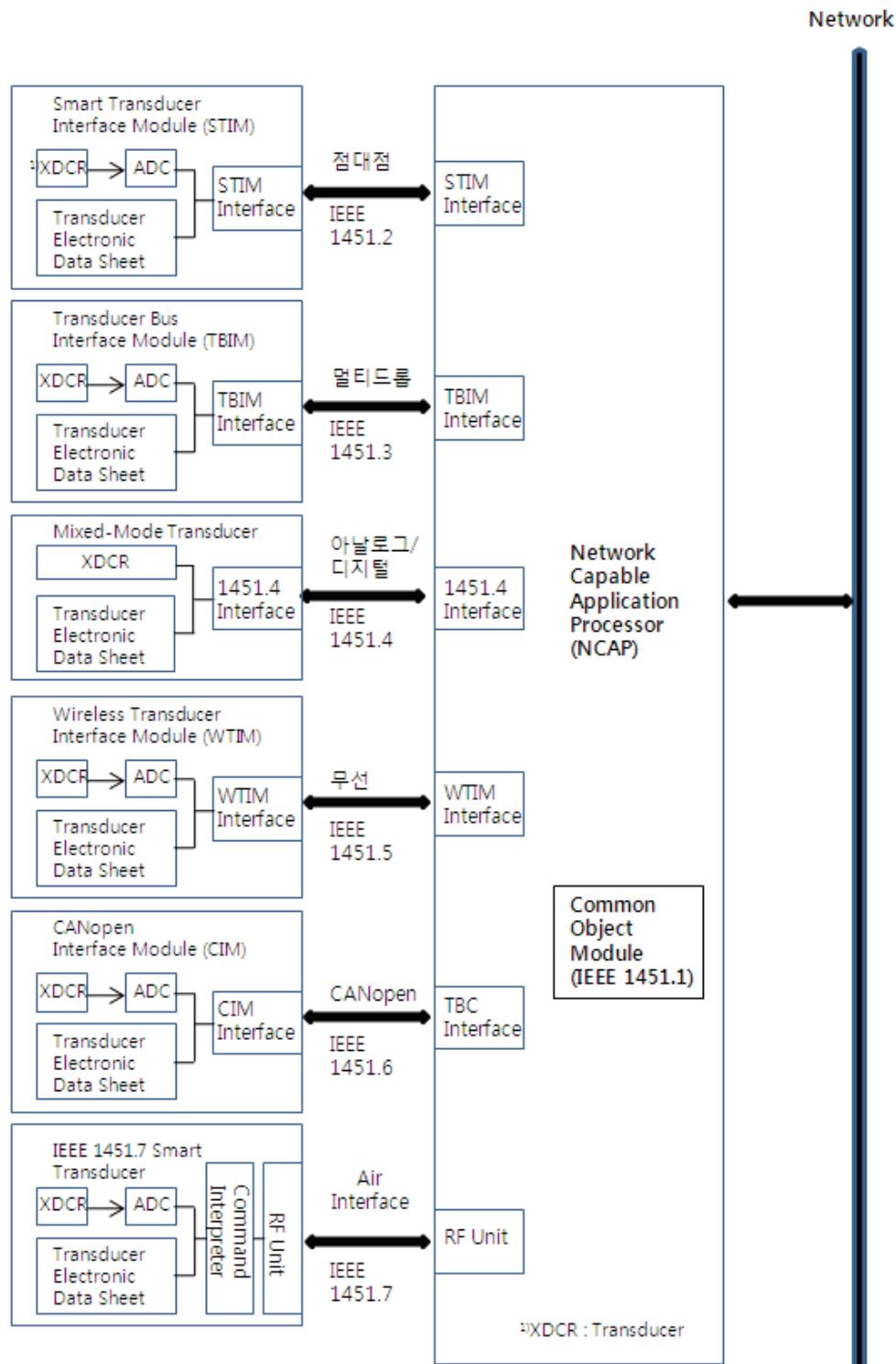
IEEE 1451에서 가장 중요한 요소로 TEDS, TIM, NCAP 세 가지 있는데, TEDS는 트랜스듀서의 특성을 기술하는 데이터 시트로서 전자적으로 읽기 가능한 메모리 형태로 저장되며 과거에는 측정 시스템을 설치하고 구성할 때 소프트웨어에서 센서 데이터를 변환하고 해석할 수 있도록 범위, 감도 및 배율 인자와 같은 중요 센서 매개변수를 수동으로 입력해야 했으나 현재에는 스마트 TEDS 센서를 이용하면 시스템 구성 시 발생할 수 있는 오류 요소를 최소화하여 신뢰성을 향상시키면서 시스템 설정 시 발생하는 단순 반복 작업들을 자동화할 수 있다.

또 하나의 중요한 요소는 TIM (Transducer Interface Module)으로서 TEDS, 트랜스듀서, 데이터 컨버터, 주소 로직으로 구성된다. 총 255개의 센

서 또는 액추에이터와 같은 독립적인 트랜스듀서를 포함할 수 있으며 각 트랜스듀서 채널은 TEDS에서 기술된다. 마지막으로 NCAP(Network Capable Application Processor)은 TIM과 네트워크 사이의 통신을 위한 디바이스로서 네트워크 통신 프로토콜 스택, 응용 펌웨어 등을 포함하고 있다. 설명한 구성요소들을 통한 IEEE 1451의 개념적인 구조를 보여주며, 1451.X는 여러 네트워크에 대응되는 TEDS와 트랜스듀서 인터페이스를 정의한다.

#### IEEE 1451.0(Published)

IEEE 1451.0은 1451.1, 1451.2 이후에 표준들 간의 통일성 유지를 목표로 설계되었다. 공통으로 지원하는 TEDS(Transducer Electronic Data Sheets)의 구조, 1451.1과 1451.X 사이의 계층적 통신 프로토콜(Layered protocol stack), 그리고 트랜스듀서에 대한 기본 명령어 집합의 정의를 주 내용으로 하고 있다.



[그림 3-1] IEEE 1451 Standard Family

### IEEE 1451.1 (1999년)

IEEE 1451.1은 NCAP(Network Capable Application Processor)의 정보 모델(Information Model)을 정의하고 있다. NCAP은 각 트랜스듀서 및 네트워크 사이에 중개 역할을 하며 응용 프로그램 모듈 또는 계측신호 처리 모듈을 구성하여 데이터의 처리를 할 수 있는 연산 능력을 제공한다.

IEEE 1451.1은 하드웨어에 무관한 정보 모델 또는 인터페이스를 제공함으로써 소프트웨어 개발이 용이하고 재사용 가능성 및 객체성을 높일 수 있다. 이를 위해 공통의 제어 네트워크 정보(객체 모델)를 규정하고 있다. 각 모델들은 크게 트랜스듀서 블록, 기능 블록(Function Block), 네트워크 블록으로 나누어진다.

### IEEE 1451.2 (1997년)

IEEE 1451.2는 트랜스듀서 및 Network Capable Application Processor (NCAP) 간의 하드웨어 레벨의 통신 채널에 대해 정의하였다. 하나의 NCAP에 하나의 Smart Transducer Interface Module (STIM)이 연결되는 구조이며 STIM과 NCAP 사이의 하드웨어 인터페이스는 Transducer Independent Interface (TII)라 부르는 10개의 라인으로 구성되어 있다. TII는 제어신호, 데이터 신호 및 전원라인 등을 포함하고 있으며 직렬 인터페이스(SPI, Serial Peripheral Interface)를 기반으로 동작한다.

STIM에는 트랜스듀서가 최대 255개 까지 연결될 수 있고, STIM에 연결된 트랜스듀서 각각에 대해 TEDS를 읽어 STIM의 비휘발성 메모리 영역에 기록해둔다. IEEE1451.2는 현재 RS-232, USB 등의 인터페이스를 지원하기 위해 개정작업 중에 있다.

### IEEE 1451.3 (2003년)

IEEE 1451.3은 트랜스듀서, NCAP간 높은 통

신대역폭이 요구되는 경우를 위하여 설계되었다. NCAP는 트랜스듀서 버스 인터페이스 모듈(TBIMT, ransducer Bus Interface Module)을 처리할 수 있는데, 하나의 NCAP가 다수의 TBIM을 가지고 있는 멀티 드롭 버스(MD, Multi Drop Bus) 시스템의 인터페이스를 지원할 수 있다. 버스는 다층 구조로 표현할 수 있는데 OSI 7 계층 모델에서 각 계층에 대응하는 계층별 통신 프로토콜의 스택을 정의하고 있다 물리 계층은 2개의 라인을 사용하며 데이터, 동기신호 등은 주파수 분할 등의 기술을 이용하여 다중화 할 수 있다. 그리고 시스템은 동작 중인 상태에서 각각의 트랜스듀서, TBIM의 연결과 제거가 가능한 Hot Swapping 기능을 정의하고 있다.

### IEEE 1451.4(2004년)

IEEE 1451.4는 아날로그 및 디지털 신호가 동일한 하드웨어 라인을 공유하는 MMI(Mixed Mode Communication Interface)를 기반으로 구성되었다. 신호의 극성에 따라 아날로그 신호와 디지털 통신으로 구분되는 Class 1 인터페이스와 별개의 디지털 통신 라인을 사용하는 Class 2 인터페이스가 정의되었다. 하나의 NCAP에 여러 개의 트랜스듀서들이 버스 형태로 연결 가능하며 플러그 앤 플레이(Plug-and-Play) 기능이 지원된다.

1451.4는 상대적으로 적은 노력으로 표준을 지원할 수 있으며 플러그 앤 플레이 기능의 장점을 부각시켜 National Instrument 등 다수 업체들이 이 표준을 지원하는 제품을 공급하고 있다. MMI 인터페이스에서 디지털 통신 부분은 Maxim (Dallas)사의 1-wire 기술을 채택하고 있다. 따라서 1451.4 인터페이스를 지원하는 IC를 개발하려면 특허 문제를 먼저 검토해야 한다.

### IEEE 1451.5

IEEE 1451.5에서는 트랜스듀서와 NCAP 사이의

무선 인터페이스 연결에 대해 표준 작업이 진행되고 있다.

#### IEEE 1451.6

표준 작업이 진행 중인 IEEE 1451.6은 물리 계층에 CAN (Consolidated Auto Network) open 버스를 사용하는 버스 구조의 인터페이스이다. 1451.3에 비해 더 많은 시장의 지지를 받으리라 예상된다.

#### IEEE 1451.7

IEEE 1451.7은 RFID(Radio Frequency IDentification) 시스템과 트랜스듀서를 내장한 스마트 RFID 태그간 통신을 위한 데이터 형식을 정의하는 표준으로서, IEEE 1451 표준에 기반을 둔 스마트 RFID 태그를 위한 새로운 TEDS 형식도 정의한다.

#### 나. ISO/IEC/IEEE 21450 [IEEE 1451.0]

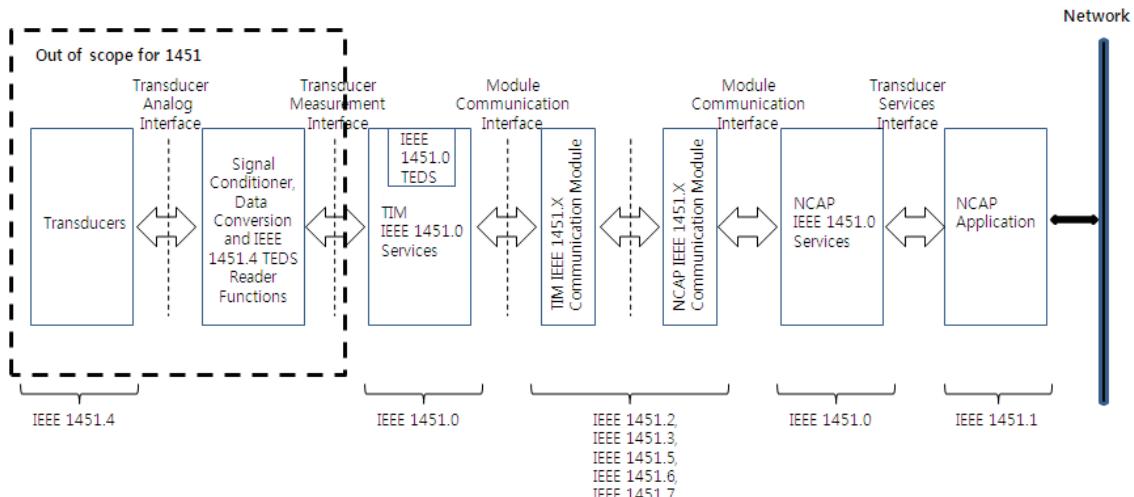
IEEE 1451.0 표준은 1451.1이나 1451.2 이후 다른 표준들의 개발 과정에서 표준들 간의 통일성을 유지하기 위해 개발되었다. 이 표준은 공통으로 지원하는 TEDS의 구조, 트랜스듀서 인터페이스 모듈(Transducer Interface Module: TIM)에 의해 수행되는 기능, TIM을 셋업 및 제어하기 위한 명령어, 트랜스듀서에 대한 기본 명령어 집합, 1451.1과 각 1451.X 사이의 계층적 통신 프로토콜을 정의하였다.

본 절에서는 IEEE 1451.0에서 IEEE 1451 표준의 전체적인 구조를 모델링한 IEEE 1451 참조모델과 IEEE 1451 표준에서 트랜스듀서들은 기계가 읽어서 처리할 수 있는 형태로 고유의 데이터 시트인 TEDS(Transducer Electronic Data Sheets)를 소개한다.

#### 1) IEEE 1451 참조모델

다음 [그림 3-2]는 다양한 IEEE 1451 표준들 간 관계를 보여주고 있다. 그림의 각 요소를 간단히 설명하면 다음과 같다

- Network : Network에 대한 정의는 IEEE 1451 표준의 범위 밖이며, 사용자가 원하는 어떤 형태의 Network도 가능하다. 다만 한 가지 요구사항은 NCAP이 Network과 통신하기 위한 적절한 네트워크 인터페이스 하드웨어/소프트웨어를 가지고 있어야 한다는 것이다
- Network access module : Network access module은 NCAP의 부분이며, 통신 네트워크 와의 인터페이스를 제공한다.
- Transducer Service Interface : 이 인터페이스는 API(Application Programming Interface) 형태로 제공하는 소프트웨어 인터페이스로서 응용이 T트랜스듀서 접근 및 관리, TEDS 관리 등을 위해 사용
- NCAP IEEE 1451.0 services : NCAP 통신모듈과 NCAP 응용에게 제공되는 명령어 집합과 TEDS와 같은 기능과 트리거링, 센서들의 동기적 샘플링 등의 서비스를 정의
- Module Communication Interface : NCAP IEEE 1451.0 서비스와 NCAP IEEE 1451.X 통신 모듈간 정보 전달을 위해 API 형태로 정의
- Physical Interface (PHY) : NCAP와 TIM 간 물리적 인터페이스는 IEEE 1451의 타 표준에서 정의
- TIM IEEE 1451.X Communication Module : 이 모듈은 NCAP IEEE 1451.0/X Communication Module에 대응되는 것으로 TIM이 요구하는 서비스를 제공하기 때문에 똑같지는 않다. 이 모듈의 세부적인 부분은 IEEE 1451의 타 표준에서 정의
- TIM IEEE 1451.0 Services : 이 표준에서 정의하는 서비스를 수행하는 부분으로 NCAP ser-



[그림 3-2] IEEE 1451 Family 참조 모델

vices에 대응되는 모듈임

- Transducer measurement API : 이 부분은 표준의 범위를 벗어나며 제조자가 정의해야 되는 인터페이스
- Signal conditioner and data conversion function : 자세한 이 기능에 대한 정의는 표준의 범위를 벗어남
- Transducer analog interface : 이 인터페이스는 신호조절 및 데이터변환 기능 간 물리적인 인터페이스로 IEEE 1451.4를 제외하고 표준의 범위를 벗어남
- Transducer : 이 부분에 대한 정의는 표준의 범위를 벗어남
- TEDS : 기본 TEDS 및 이에 대한 접근방법은 본 표준에서 정의하고, 물리적 인터페이스 등과 같은 정보 및 이에 대한 TEDS는 IEEE 1451 타 표준에서 정의하고 있음

## 2) TEDS

### 가) TEDS의 일반형식

모든 TEDS는 다음 <표 3-2>와 같은 일반형식을

가진다. 이 TEDS의 일반형식은 TEDS 길이, 데이터 블록, 체크섬 항목으로 구성이 되어 있다. 각각에 대한 간단한 설명은 다음과 같다.

- TEDS 길이 : 이 항목은 4octets(=bytes) 부호 없는 정수 데이터 형을 가지며 전체 TEDS 데이터 블록과 체크섬을 합한 길이를 octets 단위로 표시
- 데이터 블럭 : 특정 TEDS에 의해 정의되는 구조로서 Type/Length/Value( TLV ) 데이터 구조를 사용한다. TLV의 Type 필드는 1octet 길이의 TLV 식별자이며, Length 필드는 Value 필드의 octet 수를 나타내며, Value 필드는 실제 데이터를 포함한다.
- 체크섬 : 체크섬은 체크섬 필드는 제외하고 TEDS 길이 및 데이터 블록을 포함한 전체 데이터에 대한 1의 보수 합을 계산한 값이다.

&lt;표 3-2&gt; TEDS의 일반형식

필드	명칭	타입	# octets
-	TEDS 길이	UInt32	4
1 to N	데이터 블럭	가변	가변
-	체크섬	UInt16	2

〈표 3-3〉 TEDS 종류와 기능

명칭	기능	필수/선택
Meta-TEDS	임의의 트랜스듀서 채널에 대한 정보 및 이 채널에 대한 접근정보를 제공	필수
TransducerChannel TEDS	트랜스듀서 채널을 동작시키기 위한 트랜스듀서 채널에 관련된 정보 제공	필수
Calibration TEDS	보정소프트웨어가 트랜스듀서 채널과 연결되어 동작시 필요로 하는 모든 정보제공	선택
Frequency Response TEDS	트랜스듀서 채널의 주파수 응답과 관련된 정보를 제공	선택
Transfer Function TEDS	트랜스듀서의 전달함수를 위한 상수값 시리즈를 제공	선택
Text-based TEDS	운영자에게 디스플레이를 위해 정보를 제공하는 TEDS로 6개의 TEDS(Meta-Identification TEDS, TransducerChannel Identification TEDS, Calibration-Identification TEDS, Commands TEDS, Location and Title TEDS, Geographic TEDS)가 이 범주에 속한다.	선택
End User Application Specific TEDS	사용자가 TIM 혹은 TransducerChannel과 함께 유지하고자 하는 응용 의존적인 데이터를 저장하기 위한 공간 제공	선택
User's Transducer Name TEDS	시스템이나 사용자가 트랜스듀서를 식별할 수 있도록 트랜스듀서 이름을 저장할 수 있는 공간 제공	필수
Manufacturer-defined TEDS	제조자의 응용 소프트웨어가 요구하는 임의의 형태를 가질 수 있으며, 일반 시스템에서는 이 TEDS를 분석 혹은 해석하려는 시도를 해서는 안되는 TEDS	-
PHY TEDS	임의의 채널에 공통인 정보 및 채널 접근정보를 제공	필수

#### 나) TEDS의 종류

IEEE 1451.0 표준에는 Meta-TEDS, TransducerChannel TEDS, Calibration TEDS 등 10 개의 TEDS가 정의되어 있다. 각 TEDS의 기능 및 필수적인 TEDS인지의 여부에 대해 다음 〈표 3-3〉에 나타내었다.

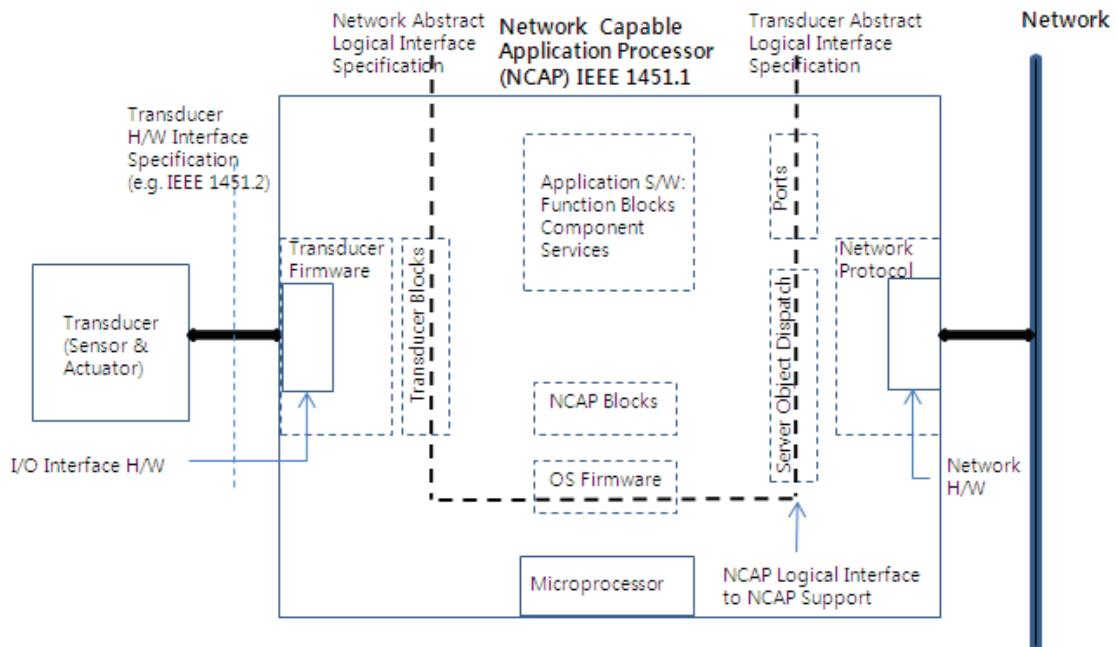
#### 다) ISO/IEC/IEEE 21451-1 [IEEE 1451.1]

IEEE 1451.1 표준에서는 NCAP(Network Capable Application Processor)의 소프트웨어 모델(Information Model)을 정의하고 있다. NCAP은 각 트랜스듀서 및 네트워크 사이에 가교 역할을 하며 일정 부분 응용 프로그램에서 데이터의 처리를 할 수 있는 연산 능력을 제공한다.

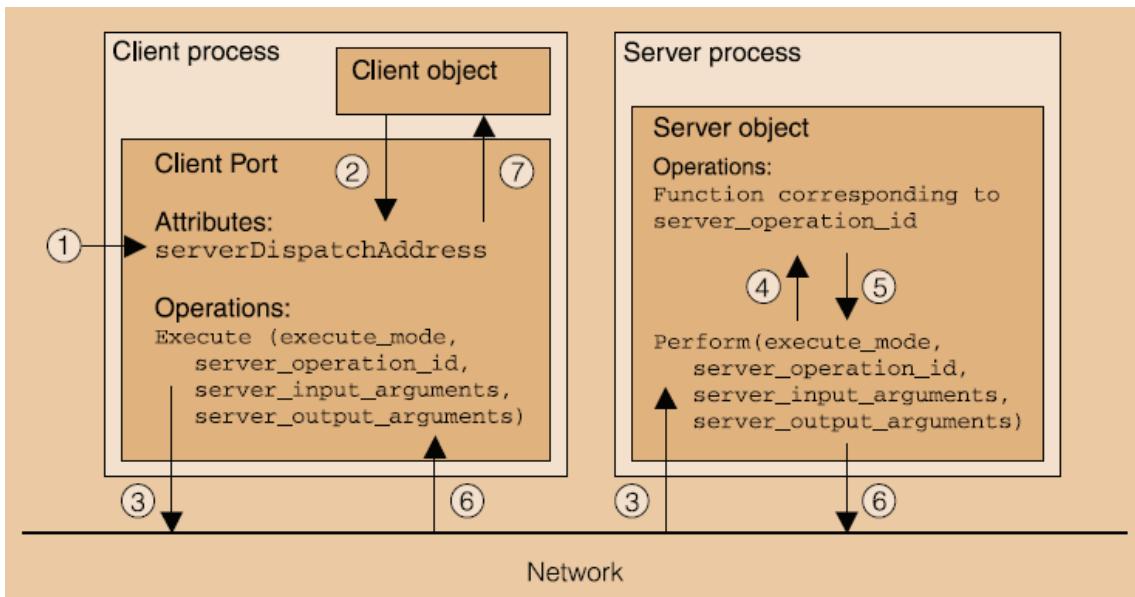
이 표준의 주요 목적은 하드웨어/네트워크에 무관한 소프트웨어 모델 또는 인터페이스를 제공함으로써 소프트웨어 개발이 용이하고 재사용 가능성을 높이자는 것이다. 이를 위해 IEEE 1451.1은 트랜스듀서 디바이스 환경의 세 가지 다른 모델인 정보 모델, 데이터 모델, 네트워크 통신모델로 정의된다.

정보 모델은 특정 트랜스듀서 디바이스 추상 개체 혹은 속성, 메소드, 상태 동작을 가지는 클래스를 정의하는 모델로서 다음과 같이 세 가지 범주로 나누어진다.

- 블록 클래스 : 처리를 수행
- 컴포넌트 클래스 : 데이터를 캡슐화
- 서비스 클래스 : NCAP간 통신 및 시스템 동기화



[그림 3-3] IEEE 1451.1 표준



[그림 3-4] Client/Server 통신모델

데이터 모델은 지역 혹은 원격 개체 인터페이스로 정보를 전송하기 위한 데이터 타입을 정의하며, 기본 데이터 타입(Boolean, Octet, Integer, Float, String, Array)을 지원한다. 또한 시간이나 측정값을 표현하기 위한 구조화된 데이터 타입도 지원한다.

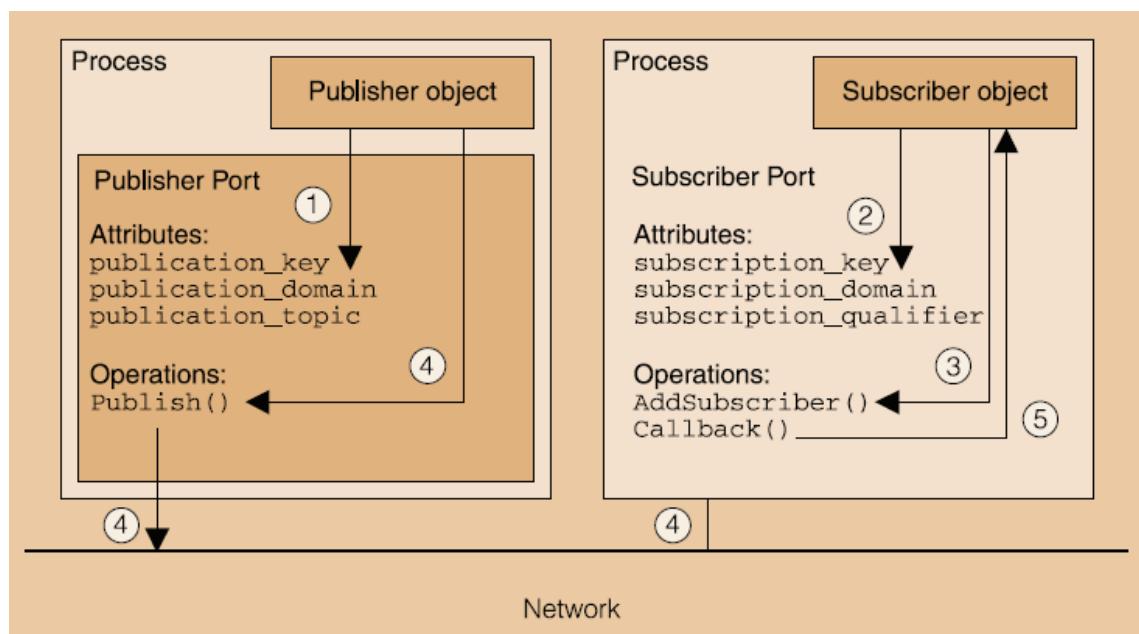
네트워크 통신 모델은 NCAP간 정보 교환을 위한 클라이언트/서버와 발행/가입 패러다임을 지원한다. 클라이언트/서버 모델은 일대일 통신을 위한 밀결합된 점대점 모델로서 구성, 속성 접근자, 동작 호출을 위해 사용한다. 다음 [그림 3-5]는 이 모델의 다이어그램을 보여주고 있다. 그림의 각 단계에 대한 설명은 다음과 같다

- ① 클라이언트 프로세스의 클라이언트 포트는 서버개체의 server- DispatchAddress를 속성으로 가진다.
- ② 클라이언트는 원격 서버 개체의 실행을 위해 클라이언트 포트의 실행함수를 호출한다.
- ③ 네트워크는 목표 서버 개체의 실행함수를 호출한다.

- ④ 실행함수는 원하는 서버개체 동작을 호출한다.
- ⑤ 서버 개체는 동작이 완료시 실행함수에 출력인자를 반환한다.
- ⑥ 네트워크는 클라이언트 포트에 결과 값을 반환한다.
- ⑦ 클라이언트 프로세스의 실행함수는 수행 결과 값을 호출 클라이언트에게 반환한다.

발행/가입 스타일은 일대다, 다대다 통신을 위한 느슨한 결합 모델로서 측정 데이터 및 구성관리 정보를 브로드캐스팅 혹은 멀티 캐스팅하기 위해 사용한다. [그림 3-5]는 전형적인 발행/가입 통신과 관련된 단계를 보여주고 있다. 그림의 각 단계에 대한 설명은 다음과 같다.

- ① 발행자는 발행자 포트의 공표 메타데이터를 구성한다.
- ② 가입자는 가입자포트의 가입 메타데이터를 구성한다.
- ③ 가입자는 만약 유효한 발행을 수신하게 되면 호출될 콜백함수를 등록하기 위하여 가입자



[그림 3-5] Publish/subscribe 통신 모델

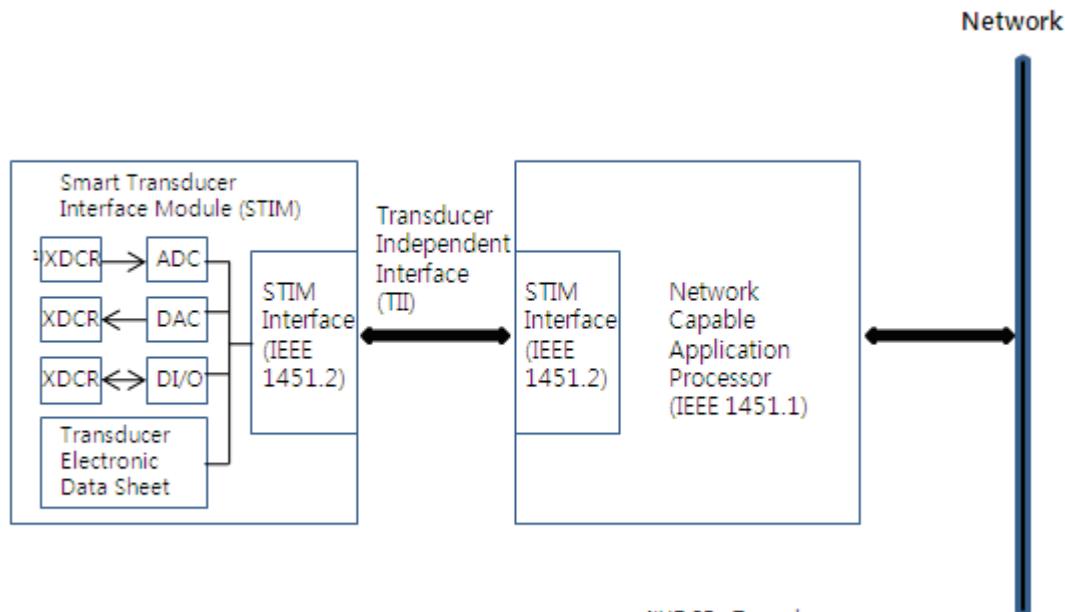
- 포트의 AddSubscriber함수를 호출한다.
- ④ 발행자는 발행 내용을 입력 인자로 발행자 포트의 발행 함수를 호출한다.
  - ⑤ 가입자포트는 발행 메타데이터와 포트 메타데이터를 비교하여 들어오는 발행을 필터링한다.
- 라. ISO/IEC/IEEE 21451-2 [IEEE 1451.2]

보통 벤더는 트랜스듀서와 마이크로프로세서간 디지털 통신 인터페이스를 위해 자신만의 고유 인터페이스를 이용한다. 그러나 만약 독립적, 개방적으로 정의된 인터페이스가 없다면 트랜스듀서 인터페이스 및 통합작업은 매우 비경제적이고 중복된 노력이 필요하게 되는데, 이러한 문제를 해결하고자 본 표준에서는 트랜스듀서와 마이크로프로세서간 트랜스듀서 독립적인 절대점 연결 인터페이스를 정의한다.

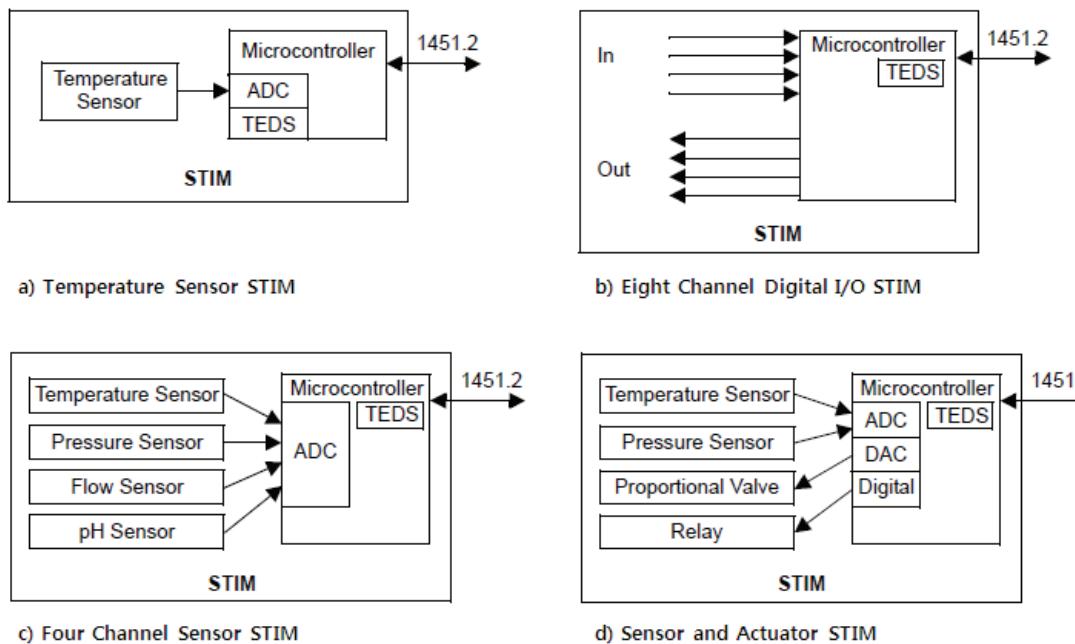
IEEE 1451.2 표준은 다음과 같은 세 가지를 정의한다.

- 트랜스듀서와 마이크로프로세서를 연결하는 디지털 인터페이스를 정의
- TEDS와 다양한 트랜스듀서를 접근하기 위한 전기적 인터페이스, 읽기, 쓰기 논리함수를 정의
- 전기적 데이터 시트인 TEDS와 TEDS의 데이터 형식 정의

첫 번째로 이 표준은 트랜스듀서와 NCAP 간의 하드웨어 통신 채널에 대해 최초로 정의하였다. 이 표준에서는 스마트 트랜스듀서 인터페이스 모듈 (Smart Transducer Interface Module : STIM)의 개념을 소개하는데, STIM에는 최대 255개의 트랜스듀서가 연결될 수 있으며, STIM 자신과 연결된 트랜스듀서 각각에 대한 TEDS를 비휘발성 메모리로 내장하고 있다. 이 STIM에 하나의 NCAP가 연결된다. STIM과 NCAP 간의 하드웨어 인터페이스는 TII(Transducer Independent Interface)



[그림 3-6] IEEE 1451.2 표준



[그림 3-7] IEEE 1451.2 스마트 트랜스듀서 인터페이스 모듈의 예

라 부르며, SPI(Serial Peripheral Interface)를 기반으로 제어 신호 및 전원 등을 추가하여 10개의 라인을 사용한다. [그림 3-7]은 STIM의 예를 보여주고 있다.

두 번째로 이 표준은 TEDS, TEDS의 데이터형식, TEDS 및 다양한 트랜스듀서에 접근하기 위한 전기적 인터페이스, 읽기 및 쓰기 논리 함수를 정의한다. 그러나 신호조절, 신호변환, 또는 어떻게 TEDS 데이터가 응용에서 사용하는 지에 대한 정의는 본 표준의 범위를 벗어난다. 이 표준은 현재 RS-232 및 USB 인터페이스를 지원하기 위해 개정 작업 중이다.

세 번째로 IEEE 1451.2는 전기적 데이터시트인 TEDS와 TEDS의 데이터 형식을 정의한다. 이 표준은 <표 3-4>와 같은 6개의 TEDS인 Meta TEDS, Channel Identification TEDS, Calibration

Identification TEDS, Calibration TEDS, End User Application Specific TEDS, Industry Extension TEDS를 정의한다.

#### 마. ISO/IEC/IEEE 21451-3 [IEEE 1451.3]

IEEE 1451.3 표준은 트랜스듀서 및 NCAP 간에 높은 통신 대역폭이 요구되는 경우를 위하여 만들 어졌다. 가장 큰 특징은 하나의 NCAP에 여러 개의 TBIM(Transducer Bus Interface Module)이 연결되는 버스(Multi-Drop Bus) 구조의 하드웨어 인터페이스를 지원한다. 이 버스 구조에서 물리 계층(Physical layer)은 2개의 라인을 사용하며, 데이터 및 싱크 신호 등은 주파수를 나누어 사용하고 있다. 기존의 상용 제품 중 HomePNA의 칩셋으로 물리 계층을 구성할 수 있다. 시스템이 동작중인 상태에서 개별의 트랜스듀서나 TBIM이 연결 또는 제거 가능한 Hot Swapping을 지원한다.

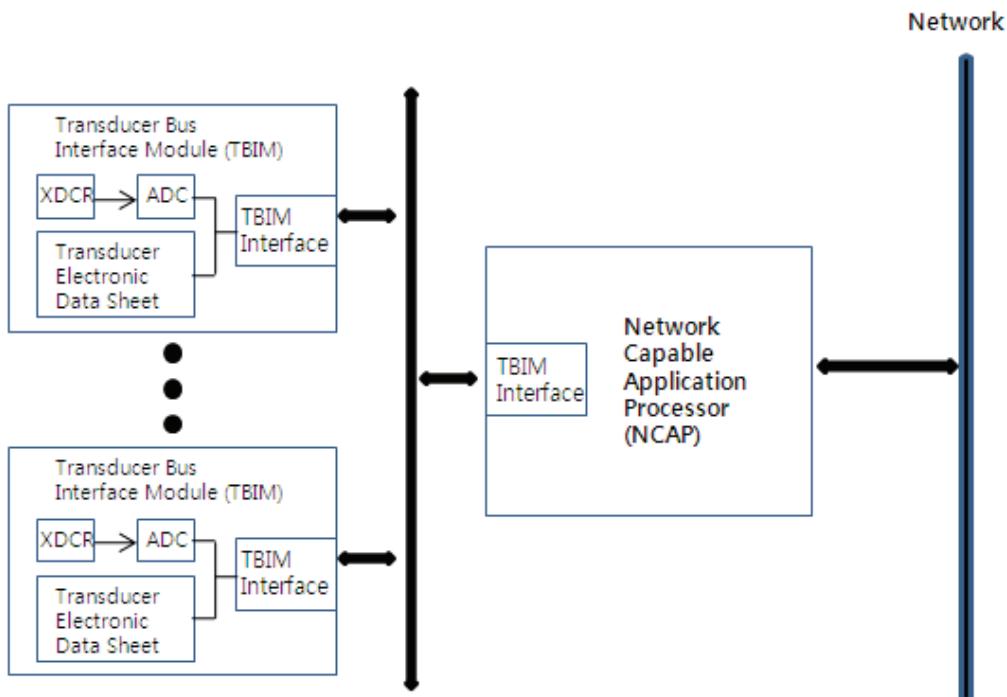
〈표 3-4〉 IEEE 1451.2 TEDS 종류와 기능

명칭	기능	필수/선택
Meta-TEDS	임의의 트랜스듀서 채널에 대한 정보 및 이 채널에 대한 접근정보를 제공. Meta-TEDS는 읽기 전용임	필수
Channel-Identification TEDS	트랜스듀서 채널을 동작시키기 위한 트랜스듀서 채널에 관련된 정보 제공	필수
Calibration-Identification TEDS	보정소프트웨어가 트랜스듀서 채널과 연결되어 동작 시 필요로 하는 모든 정보제공	선택
Calibration TEDS	보정소프트웨어가 트랜스듀서 채널과 연결되어 동작 시 필요로 하는 모든 정보제공	선택
End User Application Specific TEDS	사용자가 TIM 혹은 Transducer Channel과 함께 유지하고자 하는 응용 의존적인 데이터를 저장하기 위한 공간 제공	선택
Industry Extensions TEDS	시스템이나 사용자가 트랜스듀서를 식별할 수 있도록 트랜스듀서 이름을 저장할 수 있는 공간 제공	선택

본 표준은 베스 구조를 지원하기 위하여 ISO 7 계층 모델에 대응하는 각 계층 별 통신 프로토콜의 스택을 정의하였다. 1451.3 표준은 시스템 구현을 위해 1451.1 기반의 소프트웨어 및 프로토콜 스택들의 개발이 필요하며, HomePNA 네트워크가 시

장에서 광범위하게 적용되고 있지 않으므로 아직까지 큰 호응을 얻지 못하고 있다.

다음 [그림 3-8]에서 나타나듯이 IEEE 1451.3 표준은 하나의 TBC(Transducer Bus Controller),



[그림 3-8] IEEE 1451.3

하나이상의 TBIM(Transducer Bus Interface Module), 하나 이상의 데이터통신채널 및 옵션인 동기화 신호로 구성되어 있다. 하나의 버스에 연결된 NCAP가 자신의 버스 제어기를 다수의 TBIM과 통신한다. TBC와 TBIM은 시스템 소프트웨어나 드라이버의 변경 없이 트랜스듀서의 기본적인 동작을 지원하는 플러그앤플레이 방식으로 동작하여야 한다.

### 1) 주소

트랜스듀서 버스 상에서는 TBIM 앤리어스와 트랜스듀서채널 번호를 결합한 16-비트 주소가 사용

된다. TBIM 앤리어스는 디스커버리 과정 중에 시스템에 의해 할당되며 16-비트 주소의 MSB(Most Significant Bit) 8bit를 사용한다.

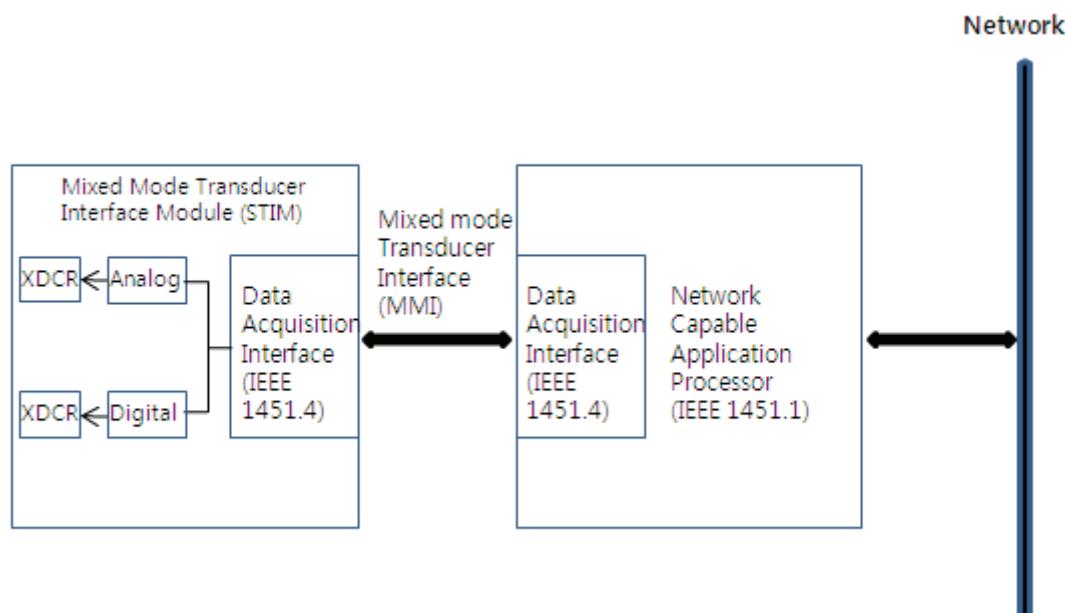
트랜스듀서채널 번호는 TBIM 제조사에 의해 영구 할당되는 값으로 16-비트 주소의 LSB(Least Significant Bit) 8bit를 사용한다. 주소는 <표 3-5>와 같은 네 개의 클래스와 하나의 특정 주소로 구성된다.

### 2) TEDS

이 표준은 몇 가지 TEDS를 정의하고 있는 데,

<표 3-5> 주소 클래스

Address class	TBIM Alias	TransducerChannel number
Global	Zero	Zero
AddressGroup	Zero	Non-zero
TBIM	Non-zero	Zero
TransducerChannel	Non-zero	Non-zero
TBC address	255	Zero



[그림 3-9] IEEE 1451.4 표준

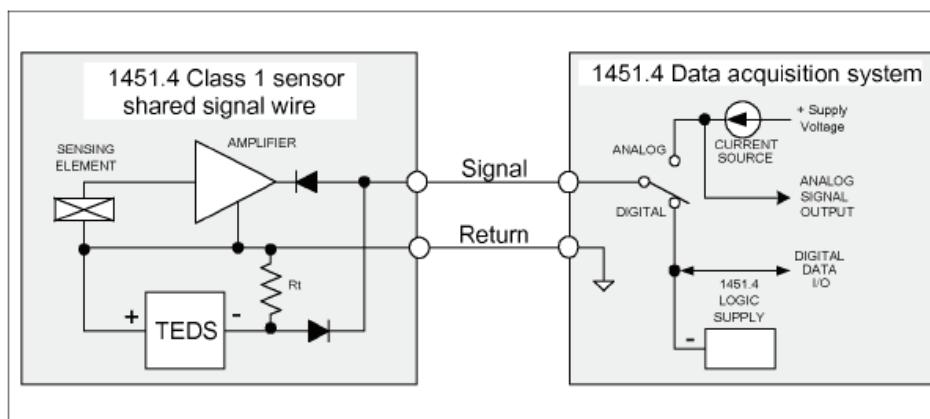
Meta-TEDS, TransducerChannel TEDS, Calibration TEDS, Frequency Response TEDS, Transfer Function TEDS, Text-based TEDS, End user application specific TEDS, Commissioning TEDS, Manufacturer-defined TEDS, PHY TEDS 이다.

#### 바. ISO/IEC/IEEE 21451-4 [IEEE 1451.4]

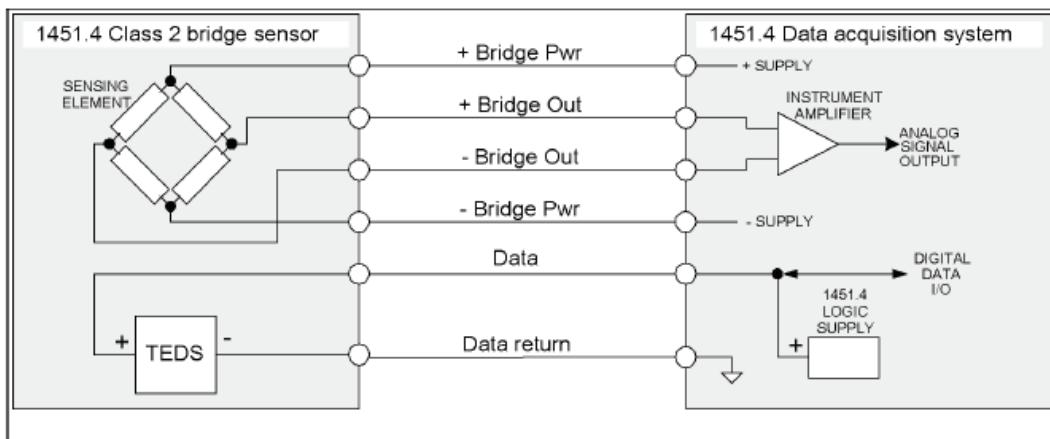
IEEE 1451.4 표준은 아날로그 및 디지털 신호가 동일한 하드웨어 라인을 공유하는 혼합모드 인터페이스(Mixed Mode Communication Interface

: MMI)와 센서가 자기 자신을 인식하기 위한 TEDS 를 정의한다. 혼합모드 인터페이스는 신호의 극성에 따라 아날로그 신호와 디지털 통신으로 구분되는 Class 1 인터페이스와 별개의 디지털 통신 라인을 사용하는 Class 2 인터페이스가 정의되었다. [그림 3-10]에서 보듯이 Class 1은 아날로그 신호 및 디지털 데이터를 위하여 두 개의 라인을 사용하여 필요한 라인 연결을 최소화한다.

아날로그 신호는 양의 전압으로 디지털 데이터는 음의 전압으로 전송된다. 디지털 데이터의 논리 0은 0 volt로 논리 1은 -5 volt로 정의한다. Class 2는



[그림 3-10] IEEE 1451.4 Class 1 MMI



[그림 3-11] IEEE 1451.4 Class 2 MMI

[그림 3-11]에서 보듯이 아날로그 신호와는 독립적인 별개의 데이터 연결선을 정의하여 TEDS와 연결된다. 별개의 트랜스듀서로 신호와 디지털 TEDS 데이터 라인을 사용하기 때문에 신호 및 데이터 접근이 동시에 발생할 수 있다. Class 2에서 디지털 데이터의 논리 0은 0 volt로 논리 1은 +5 volt로 정의된다.

IEEE 1451.4는 플러그앤플레이 트랜스듀서를 위해 센서가 자기 자신을 식별할 수 있도록 하는 TEDS에 대한 표준 형식을 정의한다. TEDS는 제조자, 모델번호, 트랜스듀서의 일련번호 등을 포함하고 있다. 또한 대부분의 TEDS는 측정 범위, 민감도, 온도계수, 그리고 전기적 인터페이스와 같은 센서나 액추에이터의 중요한 속성을 나타낸다. <표

3-6>은 Basic TEDS에 대해 보여주고 있다. Basic TEDS는 전체 64비트를 사용하며 비휘발성 메모리에 저장된다. 또한 에러검출을 위한 체크섬도 사용한다.

<표 3-6> IEEE 1451.4 Basic TEDS

BASIC TEDS		
필드명	비트수	범위
제조자 ID	14	17-16381
모델 번호	15	0-32767
버전 문자	5	A-Z(non Ascii)
버전 번호	6	0-63
시리얼 번호	24	0-16777215

<표 3-7> TEDS Template

타입	템플릿 ID	템플릿 명칭
Transducer Type Templates	25	Accelerometer & Force
	26	Charge Amplifier (attached accelerometer)
	43	Charge Amplifier (attached force transducer)
	27	Microphone with built-in pre amplifier
	28	Microphone Preamplifier (attached microphone)
	29	Microphones(capacitive)
	30	High-Level Voltage Output Sensors
	31	Current Loop Output Sensors
	32	Resistance Sensors
	33	Bridge Sensors
	34	AC Linear/Rotary Variable Differential Transformer Sensors
	35	Strain Gauge
	36	Thermocouple
	37	Resistance Template Detectors (RTDs)
	38	Thermistor
	39	Potentiometric Voltage Divider
Calibration Templates	40	Calibration Table
	41	Calibration Curve (Polynomial)
	42	Frequency Response Table

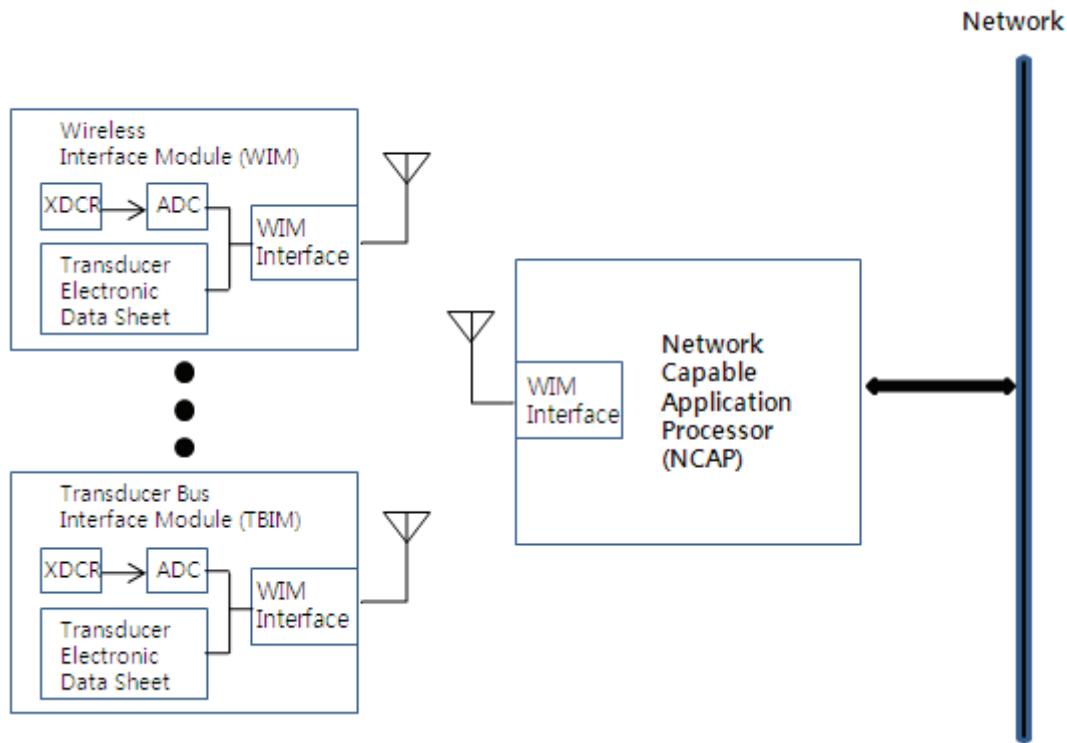
TEDS 템플릿은 트랜스듀서 식별 및 트랜스듀서 관련 데이터에 관한 정보를 저장하는 TEDS 데이터의 메모리 구조를 나타낸다. <표 3-7>과 <표 3-8>은 각각 전체 TEDS 템플릿 및 브릿지 센서 템플릿을 보여주고 있다. 템플릿 작성은 Template Description Language(TDL)로 하며 템플릿은 트랜스듀서 블록(T-Block)에 위치한다. 이 트랜스듀서 블록은 IEEE 1451.4 트랜스듀서를 나타내는 소프트웨어 개체이다.

#### 사. ISO/IEC/IEEE 21451-5 [IEEE 1451.5]

IEEE 1451.5 표준은 센서를 위한 무선 인터페이스를 정의한다. 구체적으로 이 표준은 무선 트랜스듀서 인터페이스 모듈(WTIM, Wireless Transducer Interface Module)과 NACP를 연결하는 통신모듈 및 라디오 프로토콜에 대한 TEDS를 정의한다.

<표 3-8> 브릿지 센서 템플릿

Bridge Sensor Template 33				
필드명	비트수	데이터타입	단위	
템플릿 ID	8	정수형	-	
전기적 신호타입	0	브릿지 센서	-	
선택 유닛	6	선택 케이스	-	
최소 물리적인 값	32	단일 값	Any	
최대 물리적인 값	32	단일 값	Any	
선택 정밀도	2	선택 케이스	-	
Case 0	최소 전기적인 값	11	상수형	V/V
Case 0	최대 전기적인 값	11	상수형	V/V
Case 1	최소 전기적인 값	19	상수형	V/V
Case 1	최대 전기적인 값	19	상수형	V/V
Case 2	최소 전기적인 값	32	단일 값	V/V
Case 2	최대 전기적인 값	32	단일 값	V/V
매핑 방법	0	선행	-	
브릿지 타입	2	열거형	-	
센서 임피던스	18	상수형	옴	
응답 시간	6	상대적 상수형	초	
명목 여기(Excitation Nominal)	9	상수형	볼트	
최소 여기	9	상수형	볼트	
최대 여기	9	상수형	볼트	
보정 일자	16	DATE	-	
보정 이니셜	15	CHR5	-	
보정 주기	12	부호없는 정수형	일	
측정 위치	11	부호없는 정수형	-	



[그림 3-12] IEEE 1451.5 표준

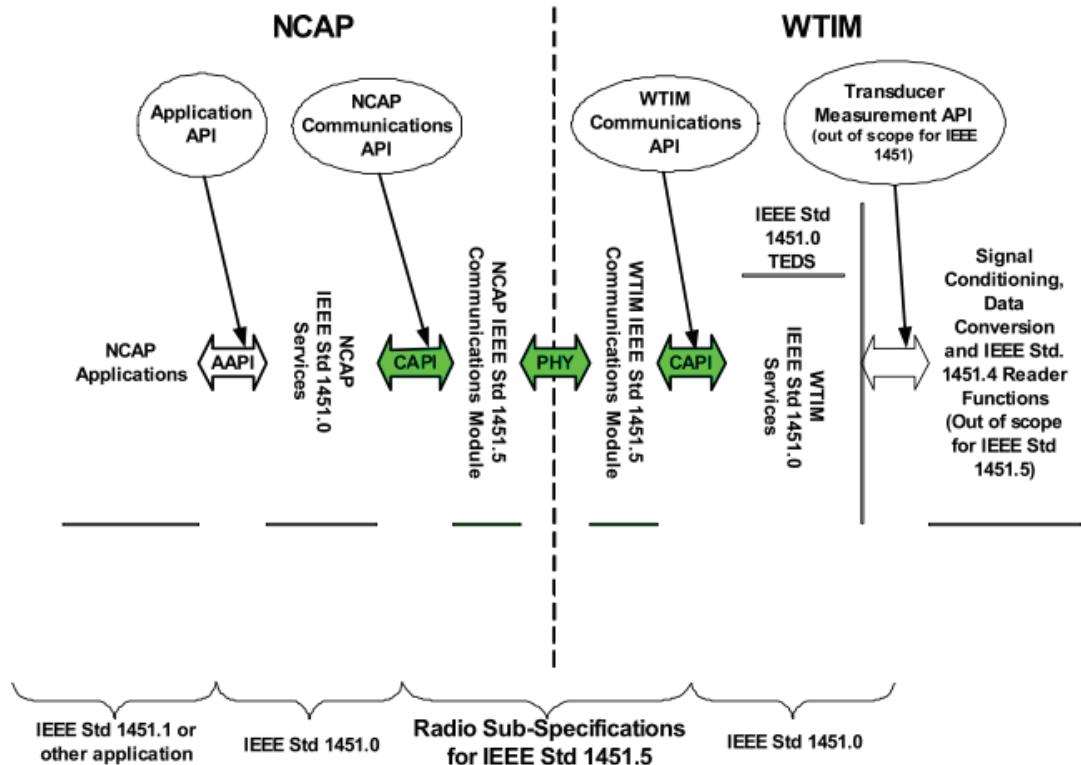
IEEE 1451.5에서 승인한 라디오 기술(Dot5AR)은 IEEE 802.11(무선랜), IEEE 802.15.4, IEEE Bluetooth, IEEE Zigbee로서 WTIM은 이 Dot5AR(Approved Radio)를 비롯한 신호조정 모듈, AD/DA 변환기, 트랜스듀서를 포함하고 있다. WTIM은 한 센서 혹은 액추에이터와 라디오를 포함하는 간단한 구조에서부터 다양한 트랜스듀서 및 라디오를 포함하는 복잡한 구조까지 다양한 복잡도를 가진다. 이 WTIM은 무선통신을 위해 Dot5AR을 갖추고 있기 때문에 이와 통신하게 될 NCAP도 통신이 가능하기 위해 같은 Dot5AR을 갖추고 있다.

이 표준은 트랜스듀서와의 통신을 위한 통신 방법, 데이터 형식, IEEE 1451 개념에 기반을 둔 TEDS 및 TEDS와 트랜스듀서 데이터를 접근하기

위한 프로토콜을 정의하고 있다. 트랜스듀서 디자인, 신호 조정, 무선시스템 물리계층 디자인 혹은 사용, TEDS 사용 등은 이 표준에서 정의하지 않는다.

많은 회사들이 센서를 위한 다양한 무선 통신 인터페이스 및 프로토콜을 개발하는 데, 현 다양한 무선 기술을 수용하는 공개적으로 정의된 무선 트랜스듀서 통신 표준은 사용자, 트랜스듀서 제작자 및 시스템 통합자의 개발 및 사용 관련 위험부담을 줄여준다. 또한 트랜스듀서 연결을 위한 무선기술의 허용도를 개선해 준다.

다음 [그림 3-13]에서 보이듯이 NCAP IEEE 1451.5 통신모듈은 NCAP IEEE 1451.0/5 통신 API를 통해 IEEE 1451.0 Services와 연결된다.



[그림 3-13] IEEE 1451.5 서비스 기능 블록도

이 NCAP IEEE 1451.5 통신모듈은 WTIM IEEE 1451.5 통신모듈과 IEEE 1451.5 라디오 무선 PHY를 통하여 통신한다. 반면에 WTIM에서 WTIM IEEE 1451.5 통신모듈은 WTIM IEEE 1451.0/5 통신 API를 통해 IEEE 1451.0 Services와 연결된다.

#### 아. ISO/IEC/IEEE 21451-6 [IEEE 1451.6]

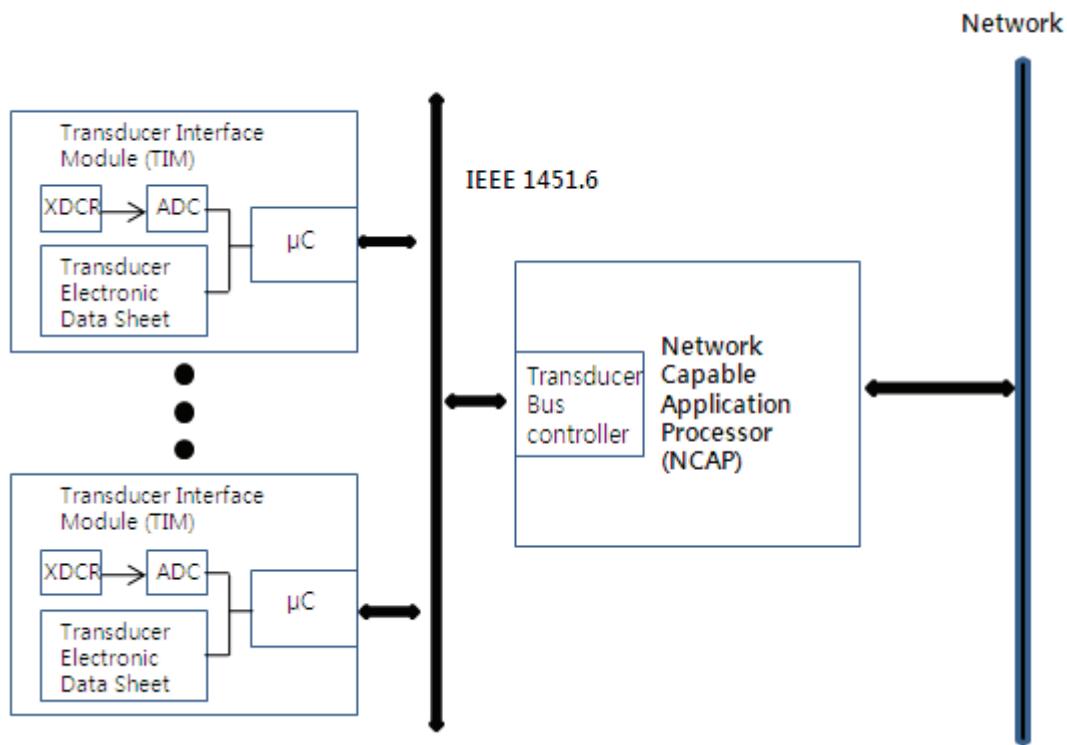
IEEE 1451.6은 본질적 안전화(intrinsically safe) 네트워크에서 트랜스듀서 페루프 제어기 동작을 위한 표준이다. 본질적 안전화 네트워크의 전송계층은 직렬 CAN(Consolidated Auto Network) 버스로서 다양한 마이크로컨트롤러를 이용하여 온보드 직렬인터페이스로 구현하거나 몇몇 회사에서 제조한 독립형 CAN 제어 칩을 이용하여 구

현될 수 있다. 응용계층은 라이센스나 로열티 없이 구현될 수 있다.

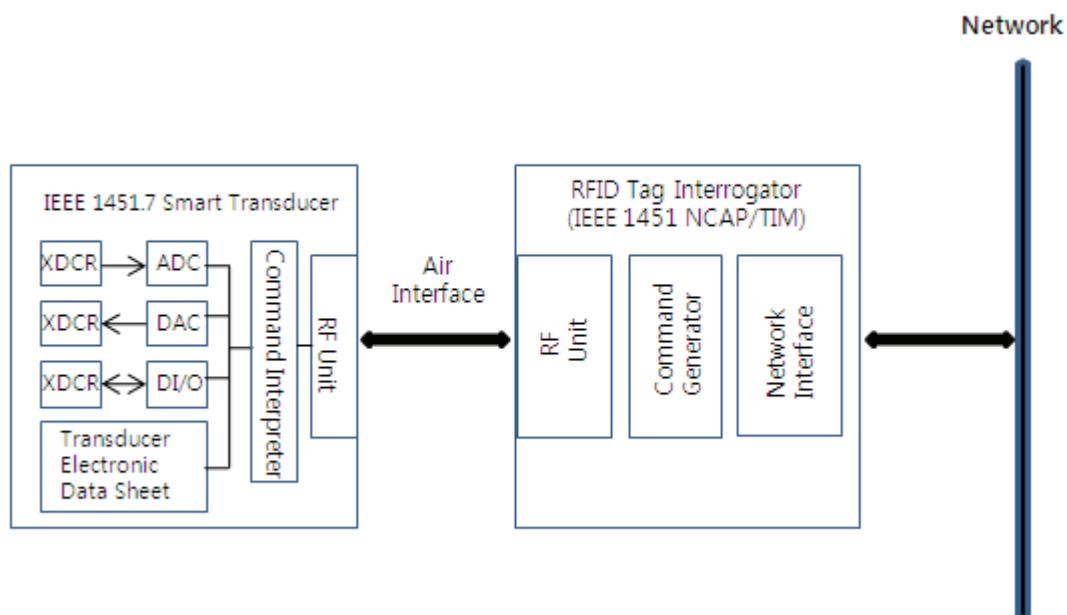
본질적 안전화에 대한 정의가 없는 IEEE P1451.6 표준은 지난 십 수 년간 DS404라는 명칭을 가지는 CANopen 장치 프로파일 표준으로 많은 트랜스듀서와 페루프 제어기를 이용하여 개발되었다. 따라서 이 표준은 충분히 필드에서 테스트가 이루어지고 증명된 것이라 여겨지기 때문에 IEEE 1451.3에 비해 더 많은 시장의 지지를 받으리라 예상된다.

#### 자. ISO/IEC/IEEE 21451-7 [IEEE 1451.7]

IEEE 1451.7 표준은 RFID(Radio Frequency Identification) 시스템과 트랜스듀서를 포함하는



[그림 3-14] IEEE 1451.6 표준



[그림 3-15] IEEE 1451.7 표준

〈표 3-9〉 기본 센서 특성 TEDS

필드	명칭	비트수	설명
1	TEDS type	3	TEDS 형식을 식별하는 필드
2	Sensor Type	7	센서의 형태를 정의하는 필드
3	Units extension	5	화학센서의 화학물질을 나타내기 위해 정의된 필드
4	Sensor map	16	센서가 서비스하는 데이터 형을 나타내는 필드
5	Data resolution	5	데이터 형식을 식별하는 필드 ex) 00000 <sub>2</sub> : 1비트 출력, 11111 <sub>2</sub> : 32비트 출력
6	Scale Factor Significant(SFS)	11	측정 데이터 R을 $R = N * SF + SO$ 로 표현 시 SF 값은 $SF = SFS * 10^{SFE}$ 로 표현 가능한 데, 이때 SFS의 가수부분
7	Scale Factor Exponent(SFE)	6	측정 데이터 R을 $R = N * SF + SO$ 로 표현 시 SF 값은 $SF = SFS * 10^{SFE}$ 로 표현 가능한 데, 이때 SFS의 지수부분
8	Scale Offset Significant(SOS)	11	측정 데이터 R을 $R = N * SF + SO$ 로 표현 시 SO 값은 $SO = SOS * 10^{SOE}$ 로 표현 가능한 데, 이때 SOS의 가수부분
9	Scale Offset Exponent(SOE)	6	측정 데이터 R을 $R = N * SF + SO$ 로 표현 시 SO 값은 $SO = SOS * 10^{SOE}$ 로 표현 가능한 데, 이때 SOS의 지수부분
10	Data uncertainty	3	전송데이터의 정확도를 표현하는 코드를 포함
11	Sensor Reconfiguration Capacity	1	사용자가 센서를 재구성하는 기능을 지원하는지를 나타내는 필드
12	Memory Rollover Capability	1	메모리가 꽉 찻을 때 첫 레코드에 새로운 데이터를 overwrite하게 하는 필드
13	Air Interface Security Capability Code	3	Air Interface 보안과 허용 가능한 보안 수준을 지원하는지를 나타내는 필드
14	Sensor Security Capability Code	3	센서 자체 보안과 허용 가능한 보안 수준을 지원하는지를 나타내는 필드
15	Sensor Authentication Encryption Capability Map	7	센서 인증을 위해 사용하는 암호화 알고리즘을 나타내는 필드
16	Sensor Data Encryption Capability Map	7	센서 데이터 암호화 알고리즘을 나타내는 필드
17	Sensor Authentication Password/Key Size	3	센서 인증 비번/키의 크기를 알려주기 위해 사용하는 필드
18	Sensor Data Encryption Key Size	3	센서 데이터 암호화키의 크기를 알려주기 위해 사용하는 필드
19	Random Number Sizes Supported	3	센서에 의해 지원되는 난수의 크기를 나타내는 필드
20	Continuing Authentication Capability Field	2	센서 혹은 리더가 매 명령 및 응답마다 연속해서 인증하기 위한 필드(optional)
21	Data Encryption Capability Field	2	센서와 리더 간 링크에 데이터 암호화가 적용되었는지를 나타내는 필드
22	Clock Accuracy	3	시계 정확도를 나타내는 필드
23	RFU	17	
TOTAL		128	

스마트 RFID 태그 간 통신을 위한 데이터 형식, TEDS 형식, 명령어 구조 및 통신프로토콜을 정의한다. 트랜스듀서 데이터는 센서 측정결과이고, TEDS는 특정 스마트 트랜스듀서의 구성 및 수행 능력 정보를 저장하고 있다. 명령어 구조는 스마트 트랜스듀서의 액션을 제어하기 위한 언어이고, 통신 프로토콜은 스마트 트랜스듀서와 외부세계 간 직접적인 링크를 제공한다.

RFID Tag Interrogator에서 입력은 명령어 생성기(Command Generator)에 의해 처리되고 RF Unit으로 전송된다. IEEE 1451.7 트랜스듀서에서 명령어 해석기(Command Interpreter)는 RF Unit에서 전송된 무선신호를 낮은 레벨의 제어신호로 처리하여 스마트 트랜스듀서가 이에 따라 다

양한 기능을 수행하게 한다.

샘플 및 구성 레코드는 구성 시 UTC 타임스탬프, 샘플인터벌, 모니터 지연시간, 메모리 롤오버 관련된 필드 및 센서 보안을 위한 에어인터페이스 보안 기능코드, 센서 보안함수 코드, 센서데이터 암호화 기능 코드 등을 포함하고 있다.

이벤트 관리 레코드는 RFID interrogator가 얼마나 많은 센서 값을 저장할 수 있을지 정확하게 계산하는 정보를 포함하고 있다. 또한 알람을 트리거하기 위한 필드, 샘플 카운트, 패스워드/키 읽기 잠금 및 쓰기 잠금 상태 플래그를 포함하고 있다.

〈표 3-10〉 샘플 및 구성 레코드

필드	명칭	비트수	설명
1	UTC time stamp at configuration, or upon successfully beginning a mission	32	센서 구성 시 UTC(Universal Time Coordinated) 기준 시간 값을 나타내는 필드
2	Sample interval	16	센서데이터의 연속적인 샘플들 간의 시간 간격
3	Monitor delay	16	미션시작과 모니터링 시작간의 시간 간격
4	Alarm values set	2	알람사용 여부 및 사용 시 low, high 임계값 사용여부를 나타내는 필드
5	Monitor rollover enabled	1	메모리 롤오버 사용 여부를 나타내는 필드
6	Air Interface Security Function Code	3	태그 보안 상태 코드에 따라 실행 가능한 명령어를 나타내는 필드
7	Sensor Security Function Code	3	인증 패스워드/키의 유무에 따라 실행 가능한 명령어를 나타내는 필드
8	Sensor Authentication Encryption Function Code	3	인증 암호화의 사용여부, 사용 시 특정 인증 암호화 방식을 지정하기 위한 필드
9	Sensor Data Encryption Function Code	3	데이터 암호화의 사용여부, 사용 시 특정 데이터 암호화 방식을 지정하기 위한 필드
10	Security Timer Duration	3	보안타이머의 지속시간을 나타내는 필드
11	Begin-End-Mission Authority	1	미션을 종료하거나 새로운 미션을 시작 시 사용자의 읽기/쓰기 권한 수준을 정하기 위한 필드
12	Upper alarm threshold	1~32	알람의 위쪽 임계 치를 정의하는 필드
13	Lower alarm threshold	1~32	알람의 아래쪽 임계 치를 정의하는 필드

〈표 3-11〉 이벤트 관리 레코드

필드	명칭	비트수	설명
1	Code 10 Sample capacity	11	측정코드 10에 할당된 최대 메모리 크기를 세그먼트 단위로 표시하는 필드
2	Code 11 Sample capacity	3	측정코드 11에 할당된 최대 메모리 크기를 세그먼트 단위로 표시하는 필드
3	Code 12 Sample capacity	11	측정코드 12에 할당된 최대 메모리 크기를 세그먼트 단위로 표시하는 필드
4	Code 13 Sample capacity	11	측정코드 13에 할당된 최대 메모리 크기를 세그먼트 단위로 표시하는 필드
5	Sample count	16	모니터링 시작 후 샘플링 된 샘플 수
6	Alarm triggered	4	알람의 설정여부 및 설정 시 어떤 종류의 알람이 설정됐는지를 나타내는 필드
7	Sample count at predetermined time	16	미리 지정된 시간에 샘플링 된 샘플 수
8	Sample count at critical event	16	인증 암호화의 사용여부, 사용 시 특정 인증 암호화 방식을 지정하기 위한 필드
9	Sample count of events Outside either threshold	16	임계 치 밖에서 발생한 이벤트 수를 포함하는 필드
10	Sample count at the first threshold event	16	첫 번째로 임계 치 밖 데이터가 측정되었을 때 샘플 카운트 값을 포함하는 필드
11	Password/key(s) Read-Lock and Write-Lock status flags	4	읽기 잠금 및 쓰기 잠금 관련 상태 플래그를 나타내는 필드
12	Mission in Progress	1	센서가 정지중인지, 미션이 진행 중인지를 나타내는 필드

〈표 3-12〉 1451.7 명령어 요약

명령어	요약
Read-Sensor-Identifier	센서 식별자를 읽는 명령어로 교체 가능한 센서를 지원하는 RFID 태그 아키텍처에서 사용
Read-Primary-Characteristics-TEDS	센서의 기본기능에 대한 정보를 제공하기 위한 명령어
Write-Sample-and-Configuration	전체 샘플과 구성레코드를 비트스트링 형태로 센서에 쓰는 명령어
Read-Sample-and-Configuration	샘플과 구성레코드에 세트했던 값을 알람레벨의 임계값까지 포함하여 읽는 명령어
Read-Alarm-Status	센서에 알람이 세트되었는지에 관한 정보를 응용에 제공하는 명령어
Read-Single-Memory-Record	단일 값 형태의 측정치를 응용에게 제공하기 위한 명령어
Read-Event-Administration-Record	응용에게 이벤트레코드나 타 주요 레코드를 처리하기 위한 모든 필수 파라미터를 제공하는 명령어
Read-Event-Record-Segments	특정 이벤트레코드의 명시된 수만큼의 세그먼트를 읽고자 할 때 사용
Read-Partial-Event-Record-Segment	RF 상황이 안좋거나, 전체 세그먼트보다 적은 부분 레코드만 읽으려고 할 때 사용
Write-Event-Administration-Field-7	응용에 의해 계산된 샘플카운트 값을 센서에 쓰는 명령어
Read-Any-Field	응용이 센서의 임의 레코드 중 단일 필드 데이터를 읽게 해주는 명령어

명령어	요약
Erase-Event-Administration Record	이벤트 관리 레코드의 5, 6, 7, 8, 9, 10번째 필드를 0으로 세트하는 명령어
Erase-Event-Records	이벤트 레코드 전체를 제거하는 명령어로서 센서를 재구성하려고 할 때 반드시 호출되어야 함
Erase Sample-and-Configuration Record	센서를 다시 재구성하기 전에 기존 전체 샘플과 구성레코드를 제거하기 위해 사용
Begin-End-Mission	센서의 메모리와 배터리를 절약하기 위하여 센서가 한 번에 구성되고 차후에 미션을 시작하게 하는 명령어
Challenge	태그가 자신을 리더에게 인증하기 위해 양방향 인증절차를 시작할 때 사용
Reader-Authenticate	태그가 리더를 인증할 수 있도록 보안 토큰 혹은 비밀번호를 제공하기 위해 사용
ReadWriteLock-Keys	센서 키를 이용하여 보안을 제공하는 센서를 위해 이 명령어는 키를 읽기, 쓰기, 잠금 읽기, 잠금 쓰기를 하기위해 사용
Request-RN	인증 혹은 인증/암호화를 위해 센서에게 난수제공을 요청하는 명령어
Encryption-ON-OFF	암호화를 켜거나 끌 때 사용하는 명령어
Close-Secure-Session	보안연결을 종료하기 위해 사용하는 명령어로서 센서 보안이 지원이 되는 경우에만 사용가능

이 표준에서 정의하는 명령어의 요약을 보여주고 있다. 이 명령어들은 다음의 4가지 주소기법 중 한 가지를 지원한다.

- 태그수준 주소기법 ex) 포트 번호
- 센서가 선언한 부 주소번호
- 64비트 유일한 센서 식별자를 서브주소로 사용
- 센서특성 TEDS의 첫 세 개 필드를 서브주소로 사용

### 3. SCCM 기술개발 과제의 Global 표준화 추진을 위한 방향 도출

SCCM(Smart Cold Chain Management)은 제품의 온도정보 관리뿐만 아니라 일반 산업에서 관리하고자 하는 환경정보에 대한 실시간 관리와 Full Supply Chain 상에서의 환경데이터에 대한 관리 프로세스를 최적화해 제품의 품질관리 향상에 따른 기업 측면에서의 손실방지와 변질된 제품/상품으로 인한 일반 국민의 사회적 손실비용을 최소화하기 위한 기반기술과 관련 서비스 개발을 목적으로 하고 있다.

과거 유통물류 부문에서는 단순히 제품의 수량과 정보를 파악하는데 중점을 두고 있어, 제품 품질에 대한 소비자의 욕구는 이를 통해서만 충족시킬 수 없었다. 이에 기존의 제품 정보에 더하여 주변 환경(온도 등)에 따른 제품의 상태정보와 운송·보관되는 유통물류상의 환경정보가 중요한 요소로 부각됨에 따라 기존의 유통물류에서 사용되었던 단순히 제품정보만을 관리할 수 있는 RFID 기술로는 부족하며 환경정보까지 센싱·관리 할 수 있는 Cold Chain 환경 센싱 기반기술 개발 및 RFID와 센서를 통합하기 위한 방안이 필요하게 되었다.

환경정보를 센싱할 수 있는 센서와 네트워크와의 인터페이스를 정의하는 IEEE 1451.x 표준에 대해 분석하였다. 이 표준은 센서와 네트워크 간 접대점, 멀티드롭버스, 혼합모드, 무선, CANopen 등의 형태로 연결 시 인터페이스에 대한 정의하고 있다. 특히 IEEE 1451.7 표준은 RFID(Radio Frequency Identification) 시스템과 트랜스듀서를 포함하는 스마트 RFID 태그 간 통신을 위한 데이터 형식, TEDS 형식, 명령어 구조 및 통신프로토콜을 정의한다.

기존의 RFID 기술과 환경정보를 센싱하기 위한 환경 센싱 기술의 통합을 위한 RFID 및 센서 코드 체계를 소개하고 코드 통합에 대한 검토사항을 제시한다. 3.1절에서는 RFID와 센서 코드에 대한 전반적인 개요를 설명하고, 3.2절에서는 RFID 코드 체계, 3.3절에서는 센서 코드체계, 그리고 3.4절에서는 SCCM RFID 및 센서 코드 체계 설계 시 두 가지 사항을 고려해 보고자 한다.

### 가. RFID-센서 코드체계

#### 1) 개요

현재 RFID 및 센서 네트워크 분야에서는 객체 혹은 센서 식별을 위해 여러 형태의 코드가 사용되고 있다. RFID 분야에서는 EPCglobal에서 표준화한 사실상의 RFID 표준인 EPC 코드를 비롯하여 우리나라에서 KKR 코드라는 이름으로 사용되고 있는 ISO/IEC 15459 코드, 최상위 식별 국제 표준 체계로 제안된 OID(Object IDentification) 코드 등이 주로 사용되고 있다. 또한 센서 네트워크 분야에서는 센서노드를 식별하기 위한 S-Code, 센서네트워크를 계층적으로 관리하면서 각 센서노드를 식별하기 위한 hcode, 위치정보 및 그 위치에 대한 범위, 거리를 표현을 위한 지리적 코드인 GGC(Geo-Graphical Code) 등 다양한 코드가 존재한다.

RFID와 USN 분야에서 정의된 각각의 코드체계는 각 분야의 객체 식별용도로 사용되기에에는 부족

함이 없지만, 스마트 콜드체인관리와 같이 RFID와 USN이 통합되어 사용되어야 하는 서비스에 적용되기 위해선 상품에 대한 식별 코드 및 상품의 저장 및 운송환경에 대한 코드 값 통합관리 문제가 발생한다. 향후 코드를 통합 시 참조할 수 있도록 RFID와 USN 분야에서 현재 사용하고 있는 대표적인 코드 체계에 대해 알아본다.

### 나. RFID 코드체계

#### 1) EPC 코드

##### 가) 개요

EPC 코드는 유럽 상품 코드 표준화 기구인 EAN(European Article Number)과 북미 지역 상품 코드 표준화기구인 UCC(Uniform Code Council)의 통합으로 설립된 EPCglobal이 보급하는 사실상의 국제표준 코드로서 GS1 코드를 기반으로 하고 있다. EPCglobal의 최신 코드 체계인 EPCglobal TDS v1.4에 따르면 EPC 코드는 SGTIN(Serialized Global Trade Item Number), SSCC(Serial Shipping Container Code), SGLN(Serialized Global Location Number), GRAI(Global Returnable Asset Identifier), GIAI(Global Individual Asset Identifier), GID(General Identifier), DoD(the United States Department of Defense) 7개가 정의되어 있다.

〈표 3-13〉 EPC 코드 체계

EPC	헤더	필터값 (옵션)	도메인 식별자		
			일반관리자 번호	객체 클래스	일련번호
비트수	8	가변적	28	24	36
용량	최대 256		최대 268,435,456	최대 16,777,216	최대 68,719,476,736

### 나) EPC 코드의 구조와 종류

EPC 코드의 일반유형은 다음과 같이 헤더, 필터값, 도메인 식별자로 구성된다. 도메인 식별자는 일반관리자 번호, 객체 클래스, 일련번호 필드로 세 분화된다. 헤더는 EPC 코드의 유형 구분에 사용되며, 예를 들어 GID-96코드의 경우 헤더 값은 0011 0101로 정의되어 있다. 필터값은 각 EPC 코드 내부 옵션용으로 정의되어 사용된다. 일반 관리자 번호는 EPCglobal이 관리하고 부여하는 조직(회사, 기관 등)의 식별자로서 95,100,000 ~ 95,199,999 범위의 정수로 할당되고 있다. 객체클래스는 일반 관리자번호에 해당하는 조직에서 관리하고 부여하는 식별자로서 물건의 등급이나 유형을 식별할 때 사용한다. 예를 들어 재고보유단위, 혹은 도로표지판, 신호등 같은 구조물에 부여 할 수 있다. 일련번호는 일반 관리자번호에 해당하는 조직에서 부여하고 관리하는 식별자로서 객체 클래스 내에 물품 등을 식별하기 위해 사용된다.

EPC 코드는 다음과 같이 7개 종류로 나누어 다양한 분야에서 적용 가능하다.

- SGTIN은 바코드에서 사용되는 GTIN과 개별 식별자인 Serial을 병합한 코드로 거래 상품의 용역의 개별 객체를 식별하는데 사용
- SSCC는 자체로 개별식별이 가능하기 때문에 Serial 없이 특정 수송 단위에 부여한 코드로 물류 단위(팔레트, 컨테이너 등)를 식별하기 위해 사용
- SGLN은 GLN(Global Location Number)코드에서 check digit를 삭제한 코드로서 물리적 위치, 법인, 조직체와 부서를 파악하는데 사용
- GRAI 역시 check digit를 삭제하여 EPC GRAI로 변환하며 회수 가능한 자산을 식별하는 데 사용
- GIAI는 개별 자산 식별코드로서, 조직이 소유하고 있으면서 매매하지 않는 자산을 식별하는

데 사용한다.

- GID는 Auto-ID Center에서 개발한 기존 코드체계와 관계없이 설계된 범용적인 RFID용 식별코드 일반적인 식별 용도에 사용
- DoD는 미 국방성에서 필요한 무기, 일반물품 등 군수품을 납품하는 업체에 부여되는 군수품의 객체를 식별하는데 사용한다.

### 2) ISO/IEC 15459 코드(KKR 코드)

#### 가) 개요

ISO/IEC 15459는 전자문서교환(EDI, Electronic Data Interchange), XML 메시지 교환 등에 사용되는 바코드나 2차원 바코드 식별 및 RFID를 위해 1999년 ISO/IEC에 의해 처음 제정되었다. ISO/IEC 15459는 세부적으로 ISO/IEC 15459-1에서 15459-6까지 제정되었으며 각 세부 표준내용은 다음과 같다.

- ISO/IEC 15459-1은 수송단위(박스 등)에 대해 정의
- ISO/IEC 15459-2는 코드체계 등록 절차에 대해 정의
- ISO/IEC 15459-3은 일반적인 규칙에 대해 정의
- ISO/IEC 15459-4는 개별 품목(상품, 물품 등)의 단일 객체에 대해 정의
- ISO/IEC 15459-5는 반환 가능한 수송아이템에 대해 정의
- ISO/IEC 15459-6은 생산품의 그룹화에 대해 정의

#### 나) ISO/IEC 15459 코드 체계

ISO/IEC 15459 코드는 <표 3-14>와 같이 발급자 코드와 하위영역으로 구분된다. 발급자 코드란, ISO/IEC 15459 코드를 발급받아 사용하는 기관을 의미하며, 3자리로 구성된다. 또한, K영역이 존

재하는데 이는 각 국가에서 사용가능한 영역을 의미 한다. 즉, K+ 국가코드 2자리(ISO 3166에서 정한 2자리 알파벳)를 통해 해당 국가를 나타내며, 한국의 국가코드는 KR이기에 본 코드에서는 KKR이 한국을 나타낸다. 하위영역은 발급자 코드를 할당받은 기관에서 정의하여 사용한다. 즉, 한국에서 KKR을 사용하도록 할당받은 기관은 하위영역을 정의하여 국내에서 사용할 수 있다.

〈표 3-14〉 ISO/IEC 14549 코드체계

ISO/IEC 15459	발급자 코드	하위 영역
문자수	3자	발급기관에서 정의

#### 다) KKR 코드 체계

ISO/IEC 15459 코드의 발급자 코드 부분은 K + 국가코드(2자리)를 통해 해당 국가를 나타내는 데 한국의 경우 국가코드가 KR이므로 발급자 코드가 KKR이 될 때 한국에서 정의해서 사용하는 ISO/IEC 15459 코드가 되며 이를 KKR 코드라고 한다. 이 KKR 코드 체계는 Issuing Agent Code(IAC), CC(Company Code), Prefix, IC(Item Code), SC(Serial Code)로 구성되어 있다.

〈표 3-15〉 KKR 코드체계

KKR	IAC	CC	Prefix	IC	SC
문자수	3	3	1	가변	가변

각 필드의 의미는 다음과 같다.

- IAC는 3문자크기이며 첫 문자가 K인 경우 이 코드를 사용하는 국가를 나타낸다.
- CC는 이 코드 체계를 사용할 회사의 코드로서 '000'~'9ZZ'는 예약용, 실제 사용은 'A00'~'ZZZ'값을 사용
- Prefix는 IC 필드의 길이 값을 결정하는 필드
- IC는 가변길이를 가지면서 아이템을 식별하는 코드

- SC는 가변길이를 가지면서 IC내 객체단위로 식별하는 코드

#### 3) OID 코드

##### 가) 개요

OID(Object Identifier)은 전기통신 및 정보처리 분야에서 객체들을 구분하기 위한 최상위 식별 국제 표준 체계로서 ITU-T X.660 | ISO/IEC 9834-1에 정의되어 있으며, ISO/IEC 15961은 RFID에서 OID 역할, 인코딩 방법에 대한 내용을 정의하였다.

ISO/IEC, ITU-T 표준에서는 RFID 태그에 OID를 이용하여 코드종류를 판별 하도록 기술되어 있다. ISO/IEC 18000-6C에 의하면, EPC 코드 이외의 코드인 경우 UII DATA 영역의 ObjectID에 ITU-T X.660에서 정의한 OID를 삽입함으로써 RFID 코드를 판별할 수 있도록 정의하였다.

ITU-T X.660(OID) 기반의 코드체계란, 새로운 코드체계를 정의한 후 OID를 삽입하여 코드체계를 식별할 수 있도록 하는 것이다. 이는 모바일 RFID 코드, ISO/IEC 15459 코드 등 기존의 코드체계에도 사용되는 방법으로 국제표준 ISO/IEC 15961에 명시되어 있다. 본 코드체계는 기존의 틀에 짜여진 코드가 아닌 새롭게 체계를 만들어 코드를 설계/적용할 수 있다는데 가장 큰 장점이 있다.

#### 4) uCode

##### 가) 개요

uCode는 일본의 Ubiquitous-IDCenter에서 제안한 코드로 ID 태그, 스마트카드, 소형 능동 칩 등 모든 종류의 초소형 장치에 사용된다. 이 코드

는 현존하는 다양한 식별 코드를 수용할 수 있음은 물론, 미래 타 식별코드도 수용할 수 있게 메타코드 체계로 설계되었다. 뿐만 아니라 인터넷 연결을 위해 각 호스트에 할당되는 IP주소에서 일반 전화 번호까지 폭넓게 수용할 수 있다는 특징을 갖는다.

#### 나) uCode 구조

uCode는 코드 길이가 128bit 단위로 확장되어 정의되기 때문에, 128bit, 256bit, 384bit 등과 같은 다양한 크기를 가질 수 있다. 특히 128bit는 기존의 JAN(Japanese Article Number), EAN(European Article Number), UPC(Universal Product Code) 등의 바코드 체계를 비롯하여 ISBN(International Standard Bibliographic Number) publication ID 등을 수용할 수 있다.

#### 다. 센서 코드체계

##### 1) IEEE 1451.7 센서 코드

###### 가) 개요

IEEE 1451.7에서는 센서를 식별하기 위한 센서 식별자를 소개하고 있다. 이 식별자는 IEEE 64-bit 확장 유일 식별자(Extended Unique Identifier : EUI-64)에서 정의된 글로벌 식별자 형식을 준수 한다.

###### 나) IEEE 1451.7 센서 코드 구조

센서 식별자는 24비트 혹은 36비트인 Company\_ID(기관 고유 식별자(OUI, Organizational Unique Identifier)와 40비트 혹은 28비트의 길이를 갖는 확장 식별자로 구성된다. Company\_ID는 IEEE 등록 기관에 의해 할당되며, 확장 식별자

는 센서 제조사에 의해 할당되고, 64비트 센서 ID는 센서 제조사에 의해 인코딩 된다.

〈표 3-16〉 센서 ID

Company_ID	Extension Identifier(확장 식별자)
OUI-24 24 비트	40 비트
OUI-36 36 비트	28 비트

##### 2) S-Code

###### 가) 개요

S-Code는 센서노드를 식별하기 위한 코드 체계 중 하나로서 국내에서 가장 인지도 있는 센서 코드 체계이다. 이 S-Code는 USN내에 센서가 고정된 고정형 USN, 센서가 이동형 물체에 부착되어 위치가 변하는 이동형 USN, 내부관리 및 폐쇄 서비스를 제공하기 위한 개별형(Private) USN, 불특정 다수 사용자에게 서비스를 제공하는 공공형 USN에 모두 적용가능하다.

###### 나) S-Code 구조

기본 S-Code는 여섯 개의 필드 즉 IAC(Issuing Agency Code), CC(Company Code), P1(Prefix1), P2(Prefix2), IC(Item Code), SC(Serial Code)로 구성되어 있다. 각 필드의 의미는 다음과 같다.

- IAC는 S-Code를 발행하는 기관의 코드
- CC는 S-Code를 사용할 회사의 코드
- P1은 IC 필드의 길이 값을 결정하는 필드
- P2는 SC의 길이 값을 결정하는 필드
- IC는 서비스, 노드, 혹은 센서네트워크 정보를 나타내는 코드
- SC는 센서네트워크에서 유일한 값이나 식별자를 나타내는 코드

### 3) hcode

#### 가) 개요

hcode는 계층별 센서노드 식별체계로서, 센서노드 ID를 계층적으로 구성하고 각 계층 내에서만 유일성을 보장하는 단순한 ID들과, 계층별로 정의된 단순한 ID들을 결합하여 글로벌 환경에서 유일성을 보장할 수 있는 코드체계이다.

#### 나) hcode 구조

hcode는 계층별 IAC(Issuing Agent Code), SPID(Service Provider ID), GWID(Gateway ID), SNID(Sensor Node ID), SAID(Sensor/Actuator ID) 총 다섯 개의 코드체계가 계층적으로 존재하며 이를 조합하여 USN 서비스의 각 계층을 식별한다. 이 다섯 코드 체계 필드의 의미는 다음과 같다.

- IAC는 hcode를 발행하는 기관의 코드
- SPID는 hcode를 이용한 USN 서비스 제공자의 식별 ID
- GWID 게이트웨이 식별 ID
- SNID 센서네트워크에서 센서노드를 나타내는 식별 ID
- SAID 센서노드에서 센서나 액추에이터를 나타내는 식별 ID

〈표 3-17〉 hcode 코드 체계

hcode	계층	하 ← → 상			
		IAC	SPID	GWID	SNID
비트수	8	16	20	20	8

#### 라. SCCM RFID 및 센서 코드 체계 설계 시 고려사항

이 장에서는 SCCM RFID 및 센서 코드에 대한 설계에 대한 두 가지 사항을 고려한다. 첫째, 코드 체계 설계는 이진수로 한다. 이는 RFID-센서 코드 설계 시 2진수로 설계하는 것이 효율성 면에서 더 우수하기 때문인데, 코드 자체는 2진수로 인코딩 되지만, 코드 설계 시 영문, 문자 등으로 코드를 구성하면, 이를 표현하는 2진수를 모두 사용하지 않고 일부분만 사용하기에 코드 자원 낭비 및 태그 메모리 낭비가 생길 수 있다. 예를 들어, 알파벳 대문자 [A-Z] 26자를 RFID-센서 코드로 사용하기로 결정했다면, 이를 2진수로 나타내면 5비트(00000)로 표현해야 한다. 5비트는 총 32개의 문자를 나타낼 수 있으나, RFID-센서 코드 설계를 알파벳으로 했기에, 32개 문자 중 알파벳 26자만 나타낸다. 결론적으로 코드 자원 효율성을 고려하여 이진수로 결정한다.

둘째, 코드 내 각 필드는 필드의 길이가 고정된 고정형 코드체계로 설계한다. 고정형 코드체계(FFT, Fixed Form Type)는 하나의 행으로 이뤄지며, 각 필드의 길이가 고정된 코드체계를 의미한다. 이에 반해 가변형 코드체계(VFT, Variable Form Type)는 복수의 행으로 이뤄지며, 필드 내 Class 등으로 각 행의 필드 구조가 가변적인 코드체계를 의미한다. 코드체계가 고정형일 경우, 해석 시스템에 한 번의 질의/응답을 통해 코드체계 해석이 가능하지만, 가변형 코드체계는 해석 시스템에 두 번 이상의 질의/응답을 통해 해석이 가능하다. 결국 고정형 코드체계 사용이 해석 시스템에 질의/응답을 최소화 시키므로 더 빠르고 안정적인 RFID-센서 서비스 이용이 가능하다.

## IV. 결론

본 보고서를 통하여 조사한 산업 동향에 따르면 유제품과 제약 산업분야에 cold chain 기술에 대한 니즈가 분석되었으며, 산업화 전용 현황을 분석한 결과에도 이러한 산업분야에 SCCM을 적용하는 것이 가장 적합하다고 조사되었다. 그러나 주의 할 부분은, 이미 이러한 산업 분야에 국내 및 해외 기업들이 많이 진출되어 있어, 유제품과 제약 산업에 SCCM을 바로 적용하는 것보다 여러 신흥 시장(국가)에서 장기적인 가능성이 많아 보이는 특수 산업을 선정하여 SCCM을 적용하고, 기존의 CCM에 통합시키면 보다 Global 저온유통 시장을 진입할 수 있는 효과적 방안으로 판단된다.

여러 가지 법률 및 규제를 통합 해본 결과, 선진국, 혹은 시장이 활성화된 국가의 경우, 법률 및 규제의 기준과 엄격함 정도가 상당히 높은 수준으로 조사되었다. 그러나 비교적으로 cold chain에 대한 인프라 설비가 갖추어지지 않고, 개발을 필요로 하며, 해외 기업의 참여가 활달하지 않은 나라 같은 경우에는 관련 법률 및 규제가 비교적 유연하였다. 칠레의 경우 해외 국가에 대한 규제를 완화함으로서 해외 기업들이 더 적극적으로 참여하게 장려하고 있다. 이미 저온유통이 발달된 시장 SCCM 산업화 적용을 위해서는 엄격한 법률 및 규제제도에 따르는 비용과 진입 비용이 많이 들것으로 예상이 된다. 그러므로 경제적으로 성장하고 있는 국가나, cold chain 산업이 급속히 확장하고 있는 국가를 대상으로 SCCM의 산업화를 적용하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

각 나라에는 SCCM을 적용하는 산업, 시장, 기술 동향 및 국가 경제 규모, cold chain 산업 개발 및 저온유통 프로젝트 진행경과에 대한 여러 현황 분

석을 기반으로 저온유통분야에 많은 필요성을 보이고 있으나, 아직 개발되지 않은 칠레, 브라질, 아랍에미리트와 인도 등의 국가에 SCCM 산업화를 적용할 수 있는 방안을 분석하였다.

또한 본 보고서에서는 IEEE 1451 스마트 트랜스듀서 네트워크 인터페이스 표준에 대해 조사 분석하였다. IEEE 1451 표준은 트랜스듀서와 네트워크를 연결해주는 NCAP(1451.1) 및 NCAP와 트랜스듀서간 점대점(1451.2), 멀티드롭(1451.3), 혼합모드(1451.4), 무선(1451.5), CANopen 인터페이스(1451.6) 및 스마트 RFID 태그 간 통신을 위한 데이터 포맷(1451.7)을 정의하였다. 또한 IEEE 1451 표준에서는 트랜스듀서들이 기계가 읽어서 처리할 수 있는 형태로 고유의 데이터 시트인 TEDS를 가지고 있는데 TEDS는 트랜스듀서의 특성을 기술하는 데이터 시트로서 전자적으로 읽기 가능한 메모리 형태로 저장되는 것으로 조사되었다.

SCCM은 기존의 RFID 기술에 온도, 습도와 같은 환경을 모니터링 하는 기반 기술이 필요하기 때문에 RFID 코드와 센서 코드에 대한 통합이 필요하다. 두 분야 코드의 통합에 대해 고려하기 위해 각 분야 코드에 대한 소개를 하였다. RFID 센서 코드 체계인 EPC, ISO/IEC 15459, OID, uCode 뿐만 아니라 센서 코드인 IEEE 1451.7 센서 식별자, 국내에서 제안된 S-Code, hcode에 대해 간단히 요약하였다. 이와 같은 두 분야 코드체계를 기반으로 새로운 통합 코드를 설계 시 두 가지 사항을 고려하였는데, 첫째는 코드 체계 설계는 이진수 형태로 하는 것이 바람직하다는 것이다. 이는 코드 체계 설계를 문자나 숫자 형태로 할 경우 효율성이 떨어지기 때문이다. 둘째는 코드 내 필드의 길이는 가능한 한 고정 길이로 하는 것이 바람직하다는 것이다. 코드 길이를 가변으로 할 경우 코드 길이에 대한 데이터를

읽은 후에 이를 기반으로 실제 코드 데이터를 읽어야 하므로 동작이 느려지게 된다. 그러므로 코드길이를 고정하여 한 번에 코드 값 전체를 읽을 수 있도록 설계해야 할 것이다. [5]

### ❖ 참고 문헌 ❖

- [1] IEEE Standard for a Smart Transducer Interface for Sensors and Actuators-Common Functions, Communication Protocol and Transducer Electronic Data Sheet (TEDS) Format, IEEE Std. 1451.0, 2007.
- [2] IEEE Standard for a Smart Transducer Interface for Sensors and Actuators-Network Capable Application Processor (NCAP) Information Model, IEEE Std. 1451.1, 1999.
- [3] IEEE Standard for a Smart Transducer Interface for Sensors and Actuators-Transducer to Microprocessor Communication Protocols and Transducer Eletronic Data Sheet (TEDS) Format, IEEE Std. 1451.2, 1997.
- [4] IEEE Standard for a Smart Transducer Interface for Sensors and Actuators-Digital Communication and Transducer Electronic Data Sheet (TEDS) for Distributed Multidrop Systems, IEEE Std. 1451.3, 2003.
- [5] IEEE Standard for a Smart Transducer Interface for Sensors and Actuators-Mixed-Mode Communication Protocols and Transducer Electronic Data Sheet (TEDS) Formats, IEEE Std. 1451.4, 2004.
- [6] IEEE Standard for a Smart Transducer Interface for Sensors and Actuators-Wireless Communication Protocol and Transducer Electronic Data Sheet (TEDS) Formats, IEEE Std. 1451.5, 2007.
- [7] IEEE Standard for a Smart Transducer Interface for Sensors and Actuators-Transducers to Radio Frequency Identification (RFID) Systems Communication Protocols and Transducer Electronic Data Sheet Formats, IEEE Std. 1451.7, 2010.
- [8] D. Wobschall, "IEEE 1451-A Universal Transducer Protocol Standard," in Proc of Autotestcon, pp. 359-363, Sept. 2007
- [9] Jin Mitsugi, et al., "Architecture Development for Sensor Integration in the EPCglobal Network," AUTOIDLABS-White Paper WP-SWNET-018, Software and Networks, July 2007.
- [10] Jongwoo Sung and Daeyoung Kim, "Sensor Profile Requirements for Sensor Network Capability Information in the EPCglobal Network," AUTOIDLABS-White Paper WP-SOFTWARE-027, March 2009.
- [11] V. Viegas, M. Pereira, and P. Girao, "A Brief Tutorial on the IEEE 1451.1 Standard - Part 13 in a Series of Tutorials in Instrumentation and Measurement," IEEE Instrumentation & Measurement Magazine, vol 11, pp 38-46, April 2008
- [12] EPCglobal home page: <http://www.epcglobalinc.org/standards/tds/>
- [13] FTA home page : <http://www.fta.go.kr/>
- [14] HACCP home page : <http://www.kqm21.co.kr/>
- [15] IEEE1451 home page <http://www.nist.gov/el/isd/ieee/ieee1451.cfm>
- [16] Market Line home page : <http://www.marketline.com/>
- [17] PhRMA home page : <http://www.phrma.org/>
- [18] SmartSensorSystem home page <http://www.smartsensorsystems.com>

- [19] WHO home page : <http://www.who.int/>
- [20] 김병희, “텔레메트릭스의 핵심 ‘네트워크 센서’,” *Embedded World*, pp 68-74
- [21] 최성규, 박원근 등, RFID/USN 사용코드 및 네트워크 현황조사, 한국인터넷 진흥원 2010.
- [22] 이종태, 신용태 등, RFID 코드 설계 및 적용 지침서, 한국인터넷 진흥원 2008.
- [23] 정재영, 여준호, 이형섭, 표철식, “센서태그 기술동향,” *전자통신동향분석* 제22권 3호 2007.
- [24] 조재완 외 8인, 원전 극한환경적용 센서 통신망 기술, 한국 원자력 연구원 기술현황분석보고서, KAERI/AR-795, pp 74-80 2008
- [25] 오세원, 채종석, 표철식, “RFID 기술 표준화 동향,” *전자통신동향분석* 제 25권 제 4호, pp. 1-11, 2010

### 통우연에서 알립니다~

항상 ‘통신위성·우주산업연구회’를 아껴주시고  
사랑해 주시는 회원 여러분께 감사의 말씀을 드립니다.  
년회비를 납부하지 않으신 회원께서는  
아래 계좌로 입금해 주시면 더욱 감사하겠습니다.

#### – 년회비 –

구분	금액	구분	금액
정회원	50,000원	학생회원	30,000원
종신회원	300,000원	특별회원/1구좌	2,000,000원

#### – 입금계좌 –

우리은행 : 122-036471-13-501 (예금주) : 사)통신위성우주산업연구회

※ 문의사항이 있거나, 주소 혹은 연락처가 변경되신 분은 [kosst2@kornet.net](mailto:kosst2@kornet.net),  
Tel : 02-597-7396~8, FAX : 02-597-7399로 연락해 주시기 바랍니다.

여러분의 정보를 소중히 다루겠습니다.



## 연구회 소식



### 제 21 차 정기총회 개최 – 은종원 회장 선출



△ 참석자



△ 수상식

2012년 1월9일 오후6시 호텔캐피탈 백제룸에서 21차(2011년도) 정기총회를 개최했다. 회의에 앞서 리셉션 티타임을 가진 후 개회하여 먼저 2011년도 공로자에 대한 시상식을 가졌다. 2011년 Best Paper Award에 이상운 교수(남서울대), 김수영 교수(전북대), 감사패에 ㈜쎄트랙아이, 공로패에 박시철 사무국장, 감사장에 은종원 교수(남서울대), 안도섭 부장(ETRI), 차재상 교수(서울과기대), 황도순 실장(KARI), 정인철 교수(성공회대), 전태현 교수(서울과기대)가 수상을 하였다. 안건심의는 제1호 의안: 업무현황보고를 접수하였고, 2호 의안: 결산

및 감사보고, 3호 의안: 임원선출, 4호 의안: 2012년도 사업계획 및 예산(안)을 처리하였다. 2호 의안 의결하였고, 3호 의안 임원선출에서 회장에 은종원 부회장(남서울대 교수)을 선출하고, 감사에 윤용중 (선보통신 대표), 권영모(전 KT 위성사업단장) 두 분을 선출하였다. 그 외 임원선출은 신임회장에게 위임하였으며, 4호 의안은 새 임원 구성하여 임원회 의에서 의결하도록 위임하였다. 안건심의 후 간담회를 가져 업계 및 정책 동향, 연구회 발전방안 등 다수의 의견을 교환하고 폐회(20:00)하였다.



## 연구회논문지 증편 발행(2012년도 3회, 2013년도 4회)

우리 연구회 논문지 '통신위성우주산업연구회논문지'는 2012년 6월부터 분기별 1회씩 발간하기로 하였다. 2012년도엔 과도기로 년3회(6월, 9월, 12월)를 발간하고 2013년도부터는 년4회를 발간함으로서 회원들의 논문 게재를 더욱 활성화시킬 수 있게 되었다.

그동안 회원 여러분의 끊임없는 연구 활동을 통하여 이룩한 연구논문들을 수록하여 발표하였으며, 발표한 논문들은 우리 연구회가 추구하는 관계 영역의 학술과 기술 이론을 발전시켜온 계기를 마련하게 되었다. 2012년 6월에 발간된 제7권 1호는

22편, 9월에 발간된 제7권 2호는 18편의 논문을 게재하였으며 12월에 발간될 제7권 3호에서도 약 20편의 논문지가 게재될 예정이다. 특히 위성 전파통신 및 우주산업 분야의 논문 발굴이 쉽지 않은 현실에서 회원 여러분의 꾸준한 연구 활동에 힘입어 우리 연구회 논문지가 관련분야의 학술 및 기술 이론 발전을 이끌어왔으며 앞으로도 많은 회원들의 논문 투고를 기대한다. 논문지 증편발행으로 논문 투고를 해주신 회원 여러분과 논문지 심사와 편집으로 아낌없는 봉사해 주신 논문지 편집위원회 위원 여러분께 경의와 깊은 감사를 드린다.



## 연구회논문지 등재후보지 유지

우리 연구회 논문지 '통신위성우주산업연구회논문지'는 2012년 9월 한국연구재단에 의해 실시된 "학술지평가 계속평가" 결과 체계평가 47점, 패널평가 29점, 인용평가는 8점을 득점하여 총점 84점으로 등재후보를 유지하게 되었다.

이로서 2013년도 학술지평가만 통과하게 되면 우리 연구회 논문지는 한국연구재단에서 등재지의 지위를 획득하게 되어 2013년부터 게재되는 논문은 한국연구재단에서 정식으로 인정하는 등재지

에 수록되는 논문이 되는 것이다. 따라서 연구회 회원들의 논문 게재를 더욱 활성화시킬 수 있게 되었으며 연구회 논문지의 권위를 높일 수 있게 되었다.

그동안 많은 회원들의 노력 속에 연구회 논문지가 7권 2호까지 발간되었으며 이 달중 7권 3호까지 발간될 예정이다. 여러 가지 어려운 여건 하에서 논문지가 발간과 학술지평가 준비를 위해 수고를 아끼지 않으신 회원 여러분, 특히 논문지 편집위원회 위원 여러분께 존경과 감사를 드린다.



## 차기 민군위성 국산화 심포지엄

연구회는 지난 6월 14일 '차기 민군 위성체계의 자립화 개발 타당성'이라는 주제로 차기 민군위성 국산화 심포지엄을 공군회관 3층 그랜드볼룸에서

개최하였다. 국내 위성 자립화를 위한 민군 위성사업 추진의 타당성을 모색하고, 향후 우리나라가 지향할 국내 위성 자립개발 역량을 세미나(정책, 기술,



△ 참석자



△ 워크샵 광경

경제성), 전문가 패널토의로 차기 위성개발 사업의 관주도에서 민주도로 전환되는 시기의 선제적 대응 방안을 모색하는 매우 의미 있는 심포지엄이었다. 은종원 회장이 대회장으로 구본양 산학이사가 간사로 기획하여 추진되었으며, 3개 Session으로 제1부는 ‘개회식 및 Keynote Speech’, 제2부에서 ‘발표: 위성 국내 자립기술 확보현황 및 자립개발 경제

성 분석’, 제3부 ‘패널토의: 차기 민군 위성체계 국내 자립개발 어떻게 할 것인가?’를 주제로 진행하여 모두 7개 Topic이 발표되고 논의 되었다. 이 행사는 국방NCW포럼, 과학기술정책연구원이 공동 주최하였고 KT, 쭈솔탑, 하이게이안테나 후원으로 개최하였다.

## 우주좌담회 개최



연구회는 지난 10월 4일 ‘우리나라 우주개발, 도약을 위해 무엇을 어떻게 준비하여야 하는가?’라는 주제로 서울 프레지던트호텔에서 통우연 우주좌담회를 개최하였다. 본 좌담회는 우리나라 우주개발



에 있어 정책적, 기술적 현황을 고찰하고 미래 우주 강국으로 도약하기 위한 실질적 방안을 논의하는 뜻 깊은 자리였다. 이번 좌담회는 전자신문과 공동으로 주최하는 행사로서 사회엔 은종원 회장, 패널

로는 김두환 아주대 교수, 류장수 AP우주항공 회장, 정선종 전 전자통신연구원장, 조황희 과학기술정책연구원 부원장이 참석했으며 전자신문 박희범 기자가 종합하였다. 이 날 개최된 우주좌담회는 11

월 23일 전자신문에 게재되어 우주개발 분야의 많은 호응이 있었으며 차후 단발행사가 아닌 연속개최를 실시하기로 하였다.



## 2012 Joint Conference on Satellite Communications(JC-SAT 2012) 개최



△ 발표



△ 참석자

연구회는 지난 10월 24~25일 여의도 중소기업회관에서 한·일 양국의 위성관련 연구원들의 Joint Conference를 개최하였다. 2001년부터 시작된 JC-SAT은 매년 한·일 양국이 순환 개최하는데 작년엔 일본에서 개최되었으며 올해는 한국에서 개최되어 많은 연구원들이 위성통신에 관련한 정보를 공유하는 시간을 가졌다. 금번 JC-SAT 2012는 이틀에 걸쳐 총 7개 Session으로 구성되었으며 1일차는 제1부 'Current Status and Future Plans', 제2부 'Satellite Communication systems and applications', 제3부 'Satellite Communication Technologies', 제4부 'Satellite System Technologies', 2일차는 제1부 'Disaster Recovery Operations and

Utilization Safety-I', 제2부 'Disaster Recovery Operations and Utilization Safety-II', 'Closing Session'으로 진행되었다. 이번 JC-SAT 2012의 Best Paper는 한국측 오종우 교수(남서울대학교) 'GIS based Implementaion of the Communication Network Disaster Management System for Solar Maximum'이고 일본측은 Julian Webber(ATR)의 'Perforrmance Investigtion of a Polarization Multiplexing Satellite System with a Simple Channel Model'이 수상하였다. 이 행사는 본 연구회와 일본측 IEICE의 공동주최, 한국전자통신연구원, 한국항공우주연구원, KT, SK텔레콤이 후원으로 개최하였다.

## 2012 전파자원 정책 및 기술 워크샵 개최



△ 발표

연구회는 지난 11월7일 캐피탈호텔에서 'Mobile Big Bang을 대비한 스마트 전파정책 및 기술'이라 는 주제로 워크샵을 개최했다. 매년 개최하는 '전파자원 기술 워크샵'의 일환으로 이번이 제7회째 행사다. 스마트사회를 맞아 그 수요가 기하급수적으로 늘어나고 있는 시기에 전파의 효율적이고 창의적인 이용을 위한 기술과 정책 발전에 지혜를 모으기 위하여 경제 사회적 관점에서 관리 정책을 찾아보고 아울러 국내외 기술과 정책 동향 분석을 통하여 관련 산업의 전향적 발전방안을 모색하는 매우 시사점이 높은 행사였다는 평가다. 은종원 회장이 대회장으로 김재명 고문이 조직위원장, 최승원 부



△ 참석자

회장이 운영위원장(기술)으로 기획하여 추진되었으며, 3개 Session으로 제1부는 '스마트 전파정책 방안', 제2부에서 '새로운 전파정책 개발', 제3부 '주파수 자원의 효율적인 이용 기술'을 주제로 진행하여 모두 10개 Topic이 발표되고 논의 되었다. 이 행사는 한국전자통신연구원, 연세대학교 방송통신정책연구소, 한양대학교 HY-MC센터, 인하대학교 Wireless Innovation기술연구소 공동 주최, 한국전자통신연구원 및 한국전파진흥협회, 한국전파진흥협회, 한국통신사업자연합회, 한국무선인터넷산업연합회 후원으로 개최했다.

## 1/4분기 정기이사회 개최

지난 3월20일 호텔캐피탈 백제룸에서 2012년도 1/4분기 정기이사회를 개최했다. 이날 회의에 앞서 서애숙 대전기상청장은 '천리안위성 운용현황과 향후 발전방향' 주제로 특별강연을 했으며, 회의에서는 • 일반 업무현황보고 • 분과별 현황 및 추진업무 계획 보고회를 가졌다. 분과별 업무보고에서 총무

분과 사항으로 임원연수회 추진계획 보고, 국제분과 사항으로 JC-SAT 2012 추진계획을 보고하였다. 은종원 회장은 연구회 중장기 발전방안 수립을 위한 임원연수회에 전임원진의 적극 참여를 권고하였다.



△ 회의장면



△ 참석자

## 3/4분기 정기이사회 개최



△ 회의장면



△ 강연회

지난 9월25일 프레지던트호텔 아이비룸에서 2012년도 3/4분기 정기이사회를 개최했다.

회의에 앞서 LGCNS 김창휘 부장은 '지휘통신 통제체계 운영 개념 및 발전방향'과 '소형항공기용 통합항법전자 시스템 개발 계획'을 주제로 특별강연을 했으며, 회의에서는 • 일반 업무현황보고 • 분과

별 현황 및 추진업무계획 보고회를 가졌다. 분과별 업무보고에서 학술분과 사항으로 '2012 전파자원 정책 및 기술 워크샵' 추진계획 보고, 편집분과 사항으로 논문지 제7권1호 발간 사항과 제7권2호 추진계획 보고, 한국연구재단이 주관하는 2012년도 학술지 평가과정을 보고하였다.



# 논문지 논문 모집안내

사단법인 통신위성·우주산업연구회는 위성통신, 전파·방송 및 우주 산업 기술 분야의 학문적 발전에 기여함과 아울러 관련 산업기술 발전을 도모하기 위하여 논문지를 발간하고 있습니다. 동 분야 여러분들의 적극적인 학술 활동을 권장하며 아래와 같이 다양한 분야에서의 논문을 모집합니다. 본 논문지는 한국연구재단에 등재후보지로 정식 등록되었으며, 모든 게재논문은 등재지 논문으로 인정됩니다.

## ■ 모집분야—위성분야

- Satellite communications and broadcasting
- Mobile and personal satellite communications
- Satellite and terrestrial network integration for Ubiquitous society
- Earth station and onboard equipment technologies
- New services and applications using satellites
- Efficient usage of satellite spectrum and orbit resources
- Market analysis and business issues in satellite and space technologies
- GPS, Remote Sensing technology      • Mission analysis and design / Orbit mechanics

## ■ 모집분야—전파분야

- |  |   |
|--|---|
| • Communication Modem and Networks                   | • Wave Theory and Antenna Technology        |
| • RF and Microwave Technology                        | • Space channel model and Radio Propagation |
| • Spectrum sharing Technology (UWB, Cognitive Radio) |   |
| • Digital Broadcasting and Image processing          | • Signal processing and Security            |
| • Mobile Communications and applications             | • Wireless component design and H/W         |
| • Green IT Technology and Policy                     |   |

※ 상기 분야 외에도 위성통신 및 전파분야와 관련된 논문의 투고를 환영합니다.

## ■ 응모기한 : 수시

## ■ 참고사항

- 작성요령 : <http://www.kosst.or.kr> 논문투고요령 및 논문양식 참조
- 논문선정 : 연구회 규정의 소정 심사를 거쳐 선정하며, 필요시 논문의 수정보완을 요구할 수 있음.

## ■ 보낼 곳 : (137-070) 서울시 서초구 서초동 1599-11 리더스빌딩 1405호

통신위성·우주산업연구회 사무국 (전화 : 02-597-7396/8)

E-mail: [kosst2@komet.net](mailto:kosst2@komet.net) <http://www.kosst.or.kr>

## ■ 기 | 타 : 기타 의문사항은 홈페이지([www.kosst.or.kr](http://www.kosst.or.kr))참고하거나, 사무국에 문의 바랍니다.

**통신위성우주산업연구회 논문지 편집위원회**



# 입회안내

통신위성·우주산업연구회는 우리나라 위성통신·전파·방송 및 우주 분야 산업과 기술 발전을 도모하기 위하여 1991년 결성된 전문가 단체입니다. 이에 뜻을 같이하는 전문가 여러분의 참여를 환영합니다.

## 1. 회원의 구분 및 자격

- (1) 정회원 : 당 연구회의 목적사업에 참여하고자 하는 자
- (2) 학생회원 : 당 연구회의 목적사업에 참여하고자 하는 대학 및 대학원 재학생
- (3) 명예회원 : 우주과학 기술발전과 위성통신 방송산업 발전에 크게 공헌하고 학식과 덕망이 높은 자
- (4) 특별회원 : 당 연구회의 발전 및 운영에 크게 이바지하는 단체(회사)

## 2. 입회금 및 회비

- (1) 입회비: 20,000원 (재외국인 \$20.00)
- (2) 년회비
  - (가) 정회원: 50,000원 (재외국인 \$50.00)
  - (나) 학생회원: 30,000원
  - (다) 명예회원: 없음
  - (라) 특별회원: 상장기업 및 대기업 2,000,000원/1구좌  
중소기업 및 기관·단체 1,000,000 ~ 2,000,000원
- (3) 종신회비: 300,000원

## 3. 입회절차

본회의 취지에 찬동하는 분(또는 단체)으로서 입회신청서(소정양식)를 제출하고 입회비 및 입회년도 년회비를 납부하여 이사회의 승인을 득함으로써 회원의 자격을 얻는다.

## 4. 입회신청서 제출 및 입회비·년회비 납부처

- (1) 입회신청서 제출(홈페이지 [www.kosst.oo.kr](http://www.kosst.oo.kr)에서 양식 다운받아 작성)  
서울시 서초구 서초동 1599-11 리더스빌딩 1405호 (137-070)  
(사)통신위성·우주산업연구회  
전화: (02)597-7396/8 팩스: (02)597-7399, E-mail: [kosst2@komet.net](mailto:kosst2@komet.net)
- (2) 입회금 및 년회비 납부
  - 납입은행: 우리은행
  - 계좌번호: 122-036471-13-501
  - 예금주: 사)통신위성우주산업연구회

사단법인 **통신위성 · 우주산업연구회**

# 입회원서

# 입회원서

단체(회사)명:

상기 단체(회사)는 귀 연구회의 취지에 찬동하여 귀 연구회의 특별회원(단체)으로 입회하고자 입회원서를 제출합니다.

년 월 일

(신청인) 주 소  
상 호  
대표자 (인)

## 단법인 통신위성 · 우주산업연구회 회장 귀하

상 호	한글			한자				
	영자							
대표자	성명		한자		영자			
주 소					설립년도			
사업자 등록번호			업종			총업원	名	
간 사	성명		직위		전화번호		FAX	
	성명		직위		전화번호		FAX	
	E-Mail							
주요사업 실적 및 특기사항								

# 위성통신과 우주산업

Satellite Communications and Space Industry

제19권 제1호 통권 34호 2012년 12월 31일

편집위원장 차재상 (서울과기대 교수)

부위원장 이상운 (남서울대 교수)

편집위원 김윤길 (AP시스템(주) 부장)

백명진 (KARI 책연)

신천식 (ETRI 책연)

이상현 (Satrec 박사)

이 한 (Skylife 팀장)

이호형 (KARI 책연)

이황재 (전파연 연구관)

정문규 (SKT 과장)

전태현 (서울과기대 교수)

정인철 (성공회대 교수)

최경수 (ETRI 책연)

최성호 (KT 부장)

홍인기 (경희대 교수)

황도순 (KARI 실장)

발행인 은종원

편집인 차재상

발행처 통신위성·우주산업연구회

(우) 137-070 서울시 서초구 서초동

1599-11 리더스빌딩 1405호

전화 : 02-597-7396~8

팩스 : 02-597-7399

E-mail : kosst2@kornet.net

<http://www.kosst.or.kr>

발행일 2012년 12월 31일

인쇄처 미래미디어 TEL.02-815-0407

## 투고 요령

1. 투고는 논문, 기술 및 정책논단, 기술동향 참관기, 특별기고를 대상으로 하며 원고는 MS-Word 및 Hwp로 작성하여 전자 우편으로 제출한다.

원고의 분량은 논문, 기술 및 정책논단, 기술동향은 A4 10매 이내, 참관기 및 특별기고는 A4 5매 이내로 작성하다.  
(E-mail : kosst2@kornet.net)

2. 그림은 인쇄할 수 있도록 깨끗이 그려야 하며, 그림화일도 함께 제출한다.

3. 그림, 표는 [그림 1], [그림 2], <표 1>, <표 2>, … 등으로 표시하고 간단한 설명을 붙여야 하며, 그림의 설명문은 그림 밑에, 표의 설명문은 표 위에 기입한다.

4. 논문은 본문, 부록, 참고문헌의 순으로 한다.

5. 원고중 장에 해당하는 번호는 로마자(I, II….)로, 절에 해당되는 번호는 아라비아자(1, 2, 3, …)로 표기한다.

6. 원고중 장, 절의 제목에 해당하는 영문은 단어 첫자마다 대문자로 표기하고 나머지는 소문자로 표기한다. 본문 중에서도 문장에 처음 시작하는 첫자만 대문자로 표기하고 나머지는 소문자로 표기한다.

7. 원고의 참고문헌은 반드시 본문에 인용한 것만을 기재하되 기재 방법은 아래 예와 같이 표기한다.

가. 논문지 : 저자명, 제목, 잡지명, 권, 호, 페이지, 월, 년도

나. 회지 : 저자명, 도서명, 출판사명, 페이지, 년도

8. 저자의 사진, 약력, 주소, 관심분야, 전화, 팩스번호, E-mail을 첨부한다.