

우주발사체 연구개발과 산업동향

글 / 최 수 미 csmi@kari.re.kr

한국항공우주연구원 정책연구소

1. 서론

세계 최초의 로켓인 금나라의 '비화창(飛火槍)', 우리나라의 '주화(走火)와 신기전(神機箭)', 아라비아의 '스스로 날아가는 달걀', 이탈리아의 '로케타', 중세의 '거북이 로켓'에서부터, 본격적인 현대 액체 추진제 로켓의 시작인 V-2의 개발에 이르기까지 로켓개발의 역사는 흥미진진한 애깃거리로 가득하다.¹⁾ 비록 현대 로켓 개발의 시작점은 전쟁이었으나 오늘날 개발되고 있는 로켓은 인류에게 우주라는 신세계와 통신, 방송, 측위, 재난방지 등의 무한한 혜택을 선사하고 있다.

로켓에 실려 궤도로 진입되는 위성과 이것을 이용한 서비스, 그리고 그 기능에서 파생되는 여러 가지 현상들은 현대 문명의 패러다임을 바꿀 만큼 혁명적인 것이었다. 이러한 사회적 변화와 더불어 위성 및 우주발사체의 상업적 발전과 시장의 조성은 세계 경제를 이끄는 또 하나의 변수로 등장하게 되었다.

본고에서는 주요 발사체 개발 국가의 연구개발 동향을 살펴보고 발사서비스 업체의 연구개발과 주요 발사체에 대하여 알아보겠다. 또한 최근까지의 발사서비스 및 서비스 거래시장의 현황, 그리고 끝으로 향후 발사체 시장의 변화와 수요전망을 살펴보고자 한다.

2. 연구개발 동향

항공우주 분야의 연구개발이 고비용·고위험의 구

조를 띠고 있다는 것은 자명한 일이다. 특히 우주발사체 개발은 기술의 난이도나 정확성, 그리고 발사성공에 대한 불확실성이 상당히 높아 기술뿐만 아니라 산업 및 시장의 진입장벽도 아주 높은 분야에 속한다.

오늘날 우주발사체의 개발은 과거 정부주도의 연구개발 프로그램이 지배적이던 추세를 벗어나 기관간 연구교류 양상이 두드러지게 나타나고 있다. 공동개발 또는 합작연구 방식을 채택하는 경우가 많아 연구개발 프로그램과 활동에는 정부와 서비스 업체 및 제작업체의 혼재양상이 나타나기도 한다.

본 절에서는 주요 발사체 개발 국가를 중심으로 연구개발 동향을 살펴보도록 하겠다.

2.1 미국

1950년대와 1960년대의 X-15, 그 후의 유인우주비행을 가능하게 했던 Mercury, Gemini, Apollo와 우주왕복선(Space Shuttle), 이러한 경험을 바탕으로 NASA와 미 국방부(DoD)는 1980년대와 1990년대에 우주왕복선을 고 신뢰성 및 비용 효율성을 갖추고 비행기처럼 날 수 있는 운영체제로 향상시키고자 하는 노력을 기울여 왔다. 1999년 NASA는 우주왕복선의 성능계량 프로그램의 일환으로 '통합 우주수송 계획(Integrated Space Transportation Plan: ISTP)을 소개하였으며, 이 프로그램에는 우주왕복선을 대체하는 제 3세대와 제 4세대의 새로운 재사용 가능 발사체개발(the Space Launch Initiative: SLI)과 그에 따른 기술개발 지원금 480억 달러가 포함되어 있었다. 2002년 NASA와 군은 본 계획을 국제우주정거장(ISS) 개발과 연계시키는 쪽으로 방향을 수정하였으며, ISS 승무원의 수송을 위하여 SLI를 Orbital Space Plane(OSP)의 개발로 재구성하는 등 대대

1) 채연석, 로켓이야기, 승산, 2002 참고

적인 프로그램 재평가와 수정을 단행하였다. 현재는 우주왕복선의 폭발사고로 인하여 OSP의 개발이 시급해진 상태이며, 2005년까지 일차디자인을 완성할 계획에 있다. 2012년부터는 4명의 우주비행사 수송이 가능해 질 것으로 전망하고 있다.

관련 기술개발을 위하여 SLI의 수정계획에 포함되어진 '차세대 발사체 기술 프로그램'에는 엔진, 구조, 운영체계, 그리고 케로신 원료의 1단형 엔진 디자인과 진보형 극초음속 엔진의 연구에 초점이 맞춰져 있다. 기술연구와 병행하여 개발되어질 RLV는 2015년 이후 시험비행이 계획되어 있다.

정부 관련 연구개발 프로그램으로는 DARPA (the Defence Advanced Research Projects Agency)가 주도하는 소형탑재체용으로 사용될 재사용 가능 발사체 개발 프로그램인 The Responsive Access, Small Cargo, and Affordable Launch(RASCAL)가 있다. 이것은 2단형 공중발사 시스템을 개발하는 것으로서, 저궤도(LEO)상으로 100Kg까지의 탑재체를 올릴 수 있는 발사체이다. RASCAL의 제 1단에는 제트엔진 항공기가 채용되어 고도 30,500m까지 비행할 것이고, 탑재체의 무게가 50Kg이하인 경우 어떤 각도로도 비행이 가능하며, 75Kg 이상인 경우에는 태양동기궤도(SSO)까지, 그리고 그 이상인 경우에는 적도궤도로 발사할 수 있다. 이 시스템을 위하여 RASCAL은 Mass Injected Pre-Compressor Cooling(MIPCC)이라고 불리는 엔진 기술을 비행체에 사용할 계획에 있다.

2.2 유럽

미국의 콜롬비아호 참사 이후 새로운 우주왕복선의 개발은 우주개발의 지속성 확보를 위하여 시급히 해결되어야 할 문제로 등장하였다. 문제해결을 위한 노력으로 유럽에서는 Future Launcher Preparatory Programme(FLPP)을 통해 지속적인 기술개발과 성과도출을 위해 움직이고 있다. 그러나 이 프로그램은 아직 초기 단계에 있으며, 다음 개발단계로 진입하기 위한 예산확보에 어려움을 겪고 있는 것으로 알려지고 있다.

독일 브레멘에 위치한 EADS의 Space Transportation에서는 Phoenix-1의 시제기(무게 1.2톤, 길이 6.9m, 날

개폭 3.8m) 개발이 한창 진행 중이다. 2004년 5월에 자동착륙시스템의 테스트를 위해 스웨덴 키루나(Kiruna)에서 헬리콥터를 이용한 시험이 있을 예정이다. ESA의 소크라테스 프로그램의 일환으로 개발되어질 Phoenix-2는 Phoenix-1에 비해 무게가 10배 증가한 것으로 재사용 발사체로 개발되고 있다. 2007년에서 2010년의 기간동안 마하 6~8의 속도로 여러 차례의 비행시험을 실시하여 성능시험을 마칠 계획에 있다.

프랑스의 CNES는 EADS Space Transportation, 스넵마 모터스(Snecma Moteurs), 다쏘(Dassault Aviation), 그리고 ONERA와 함께 유럽의 진보형 재사용 우주수송시스템인 Everest의 개념설계를 진행 중에 있다. 본 시스템은 무게 7.5톤의 콧셋(comsat)을 지구정지전이궤도(GTO)로 진입시키는 것으로서 완전 재사용(FRLV), 1단 재사용(RFS) 그리고 부스터 재사용(Barguzin)의 세 가지 연구가 병행되고 있다. 모든 엔진은 단별 연소방식(staged-combustion), 저온(cycronic) 디자인이 채용될 예정이다.

소형발사체의 개발을 위하여 프랑스와 이탈리아의 합작연구프로젝트인 'Vega 프로젝트'가 2000년 11월 착수되어 진행 중에 있다. P80FW에 기초한 Vega 발사체는 아리안 5의 부스터기술을 도입한 80톤급 고체 로켓모터와 복합재 외피로 감겨진 혁신적인 필라멘트가 채용되었으며, 이는 향후 아리안 5의 새로운 버전에 사용될 가능성도 있다고 한다. Vega는 아리안스페이스가 운용할 계획에 있으며 초도비행은 2006년 초로 예정되어 있다. Vega는 1.5톤의 탑재체를 700Km circular polar orbit으로 진입시키는 것을 목표성능으로 하고 있으며, 발사서비스 금액은 약 1,850만 달러로 책정하고 있다.

2.3 일본

일본은 1998년 7월 고비용의 발사체인 J-1을 대체하기 위하여 소형 발사체인 GX(Galaxy Express)를 채택하고 록히드 마틴과의 합작개발에 들어갔다. 2001년 2월 민관합작으로 GX의 개발과 운용을 위한 조인트 벤처가 체결되었으며 일본의 NASDA(현재 JAXA)와 몇몇 정부기관이 소요 예산의 ⅔를

제공한 것으로 알려지고 있다. 당초 계획상으로는 2004년에 운용을 개시하고자 했으나 2002년 우주 활동위원회의 권고에 따라 2006년으로 연기하게 되었다. 연기 권고의 주된 이유는 미국의 수출통제로 인한 기술접근이 어렵다는 점이었다. GX의 발사비용은 1,800~2,000만 달러를 목표로 하고 있으며, 1996년 처음 발사된 J-1이 4,500만 달러였던 것과 비교하면 높은 가격경쟁력을 확보한 것으로 분석되어 진다.

N 시리즈 다음으로 개발된 H 시리즈 발사체는 1986년 H-1의 시험발사를 시작으로 현재까지 꾸준히 개발되어 오고 있으며, H-2에 이어 현재는 H-2A의 개발이 계속되고 있다. 2001년 8월 H-2A의 첫 발사에 성공한 이후 2003년 11월 실시된 5번째 발사에 실패하였다. 현재는 8톤급의 H-2A 로켓을 2007년을 목표로 개발 중에 있다. 직경 5m의 제 1단은 두개의 LE-7A 저온엔진과 2~4개의 SRB-A 고체연료 보조부스터가 장착될 것이다. 그리고 제 2단은 현재 H-2A와 동일하게 LE-5B엔진이 채용될 것이다. 이는 직경 5.1m 페어링에 2개의 탑재체를 실을 수 있도록 설계 되었다. 또한 2008년 서비스에 들어갈 예정인 10톤급의 H-2A는 직경 5m의 페어링이 제 2단에 채용될 것이다.

현재 JAXA는 차세대 발사체로 NGLV의 개발을 2013년 목표로 추진 중에 있다. 제 1단은 4개의 새로운 디자인의 저온엔진과 다수의 고체 보조부스터가 장착될 예정이다. 제 2단에는 동일하게 저온엔진이 채용될 것이며, 현재 H-2A보다 2m 길어지거나 무게가 10% 줄어들고 성능은 10~20% 향상시키는 것으로 디자인 할 것이다. 본 발사체는 현재 H-2A의 발사비용인 3,700만 달러보다 50% 저렴하게 제공되는 것을 목표로 하고 있다.

2.4 인도

2007년 개발완료로 목표로 인도의 발사체인 GSLV Mark 3가 개발되고 있으며, 이의 사양은 높이 42m, 이륙추력 629t이다. 현재 Gramsat-5를 탑재하고 여덟 차례의 시험비행을 완수한 상태이다. 본 발사체는 핵심 단에 액체추진제(L110)를 사용했으며, 측면에는 두 개의 고체 보조 부스터(S200)가 장착되어 있다. 현재 운용중인 GSLV와

반대로 구성되어 있다. 상단(C25)에는 현재의 7.5톤 엔진 대신 9.5톤의 저온엔진이 사용될 것이다.

2.5 중국

중국의 장정(LM)-5는 2008년 완성을 목표로 개발하고 있다. 3단형에 2개의 엔진이 채용된 장정-5는 25톤 이상의 탑재체를 저궤도에 그리고 14톤은 GTO까지 쏘아 올릴 수 있다. 중국은 우주 정거장으로 발사할 계획으로 522 버전을 개발 중에 있으며, 이는 이륙추력 842t에 20톤의 탑재체는 저궤도까지 그리고 10톤의 탑재체는 GTO까지 운반할 수 있다. 현재 가장 강력한 버전으로 개발 중인 504는 이륙추력 1,086t에 탑재체 수용능력은 25톤(LEO), 14톤(GTO)이다. 이들 발사체의 서비스 연한이 10~20년인 것을 고려해 볼 때, 새로운 발사체로의 대체는 2020년~2030년까지는 일어나지 않을 것으로 보인다.

3. 산업 및 시장동향

지난 10년 동안 발사체 산업에 나타난 주요 변화는 러시아와 우크라이나 업체가 국제 발사체시장에 진입하면서 생겨나게 되었다. 이들 사업자는 주로 미국의 록히드 마틴, 보잉 등과 손을 잡고 자국의 발사체를 제공하는 사업방식을 택하고 있으며, 이는 저비용의 발사체라는 장점을 무기로 시장진입에 성공한 사례에 속한다.

지구정지궤도 발사서비스를 주도하는 아리안스 페이스, 보잉, 그리고 ILS는 오늘날 침체기에 접어든 상업 GEO 시장과 그에 따른 발사율의 하락으로 새로운 발사체인 아리안-5, 델타-4, 아틀라스-5의 발사비용을 줄여야하는 국면에 처해있다.

본 절에서는 주요 발사서비스 업체의 연구개발과 주요 발사체에 대하여 알아보고, 두 번째로 발사서비스 현황과 발사체 시장의 경쟁양상 및 추세를 살펴보도록 하겠다.

3.1 발사서비스 업체의 현황

지난 십년 동안 (1992년~2001년) 194억 달러

에 육박하는 상업용 발사체 시장의 47% 정도를 아리안스페이스가 독차지하고 있었으며, 특히 지구정지궤도(GEO) 발사서비스의 51%가 아리안스페이스에 의해 이루어 졌다. 그 다음으로 24.4% 정도의 시장점유율을 차지하는 회사는 1995년 미국과 러시아의 조인트 벤처로 탄생한 International Launch Service(ILS)이다. 나머지 시장에서는 보잉과 Sea Launch(12.3%), 프로톤 발사체를 사용하는 Khrunichev(9.5%), 그리고 중국의 장정(LM)로켓을 사용하는 China Great Wall Industry Corp. (CGWIC)(6%)가 활동하고 있다.

3.1.1 Arianespace

아리안스페이스는 발사체시스템의 생산과 운영, 마케팅을 위하여 ESA의 임무를 대행하는 회사로 1980년 설립되었다. ESA가 발사체 시스템의 디자인에 대한 권한을 갖고 연구개발 책임기관으로 활동했으나, 아리안-5 시스템 개발을 계기로 1998년 말 아리안스페이스가 개발 및 디자인에 대한 권한을 모두 이양받게 되었다. 사실상 민영화 기업으로 볼 수 있는 아리안스페이스는 자본구조의 대대적인 구조조정을 통해 실제 개발에 참여하는 정도와 지배구조가 동일한 수준으로 재편 되었다.

1973년 유럽의 자력발사를 목표로 개발되기 시작한 아리안 시리즈는 1970년 후반부터 국제적인 발사체 서비스를 제공하였다. 아리안 시스템은 지구 정지궤도 서비스에 최적화 되어있으며, 1979년~1989년까지 총 28대의 아리안-1, 2, 3 시리즈

를 쏘아올리고, 1988년 6월부터는 아리안-4의 서비스를 시작하였다. 현재는 1970년 말 CNES에서 연구되어 오던 것을 토대로 아리안-5의 개발이 진행 중이며, 2004년과 2005년에 각각 6기씩의 발사를 계획하고 있다.

대형발사체인 아리안-5는 지금까지와는 완전히 다른 디자인에 기초하고 있으며, 핵심 단인 EPC는 하나의 Vulcain 엔진과 두개의 EAP 고체 보조 부스터로 구성되어 있고, 그 윗 단인 EPS는 소량의 저장 추진체를 포함하고 있다. 아리안-5G (Genetic)는 6,800Kg까지의 단일 탑재체를 GTO로 쏘아 올릴 수 있으며, 이는 아리안-4의 최고 탑재용량에 비해 36%까지 향상된 것이다.

아리안-5는 5G를 기초로 총 세 가지의 버전으로 개발되고 있다. 그 중 첫 번째 버전인 아리안-5ESV (Versatile)는 윗단인 EPS에 하나의 추진체를 추가하여 개량하고 관성비행능력(coast phase capability)도 갖추게 되었다. 탑재체 용량은 8,000Kg 까지 향상되었으며 2004년 9월 ESA의 ATV(Automated Transfer Vehicle)를 ISS로 운반시키는 임무를 수행하게 된다. 두 번째 버전인 아리안-5ECA는 10,000Kg의 탑재체를 GTO로 운반하기 위하여 ESP 윗단의 엔진을 아리안-4의 3단을 변용한 ESC-A 저온엔진을 채용했다. 세 번째 버전인 아리안-5ECB는 엔진부분의 안전성과 성능을 높이기 위하여 155-kN 엔진인 Vinci를 채용할 계획에 있다. 2001년 11월 Vinci 엔진의 개발을 위하여 2002년~2006년까지 총 6억 9,900만 유로화의 예산이 추가로 배정되었다.

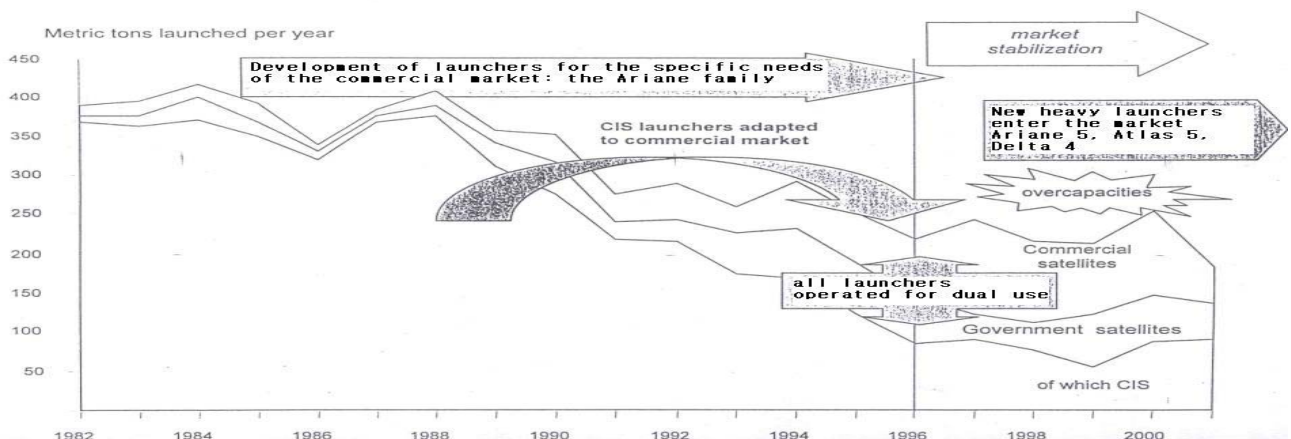


그림 1. 지난 20년부터 현재까지 발사체 산업의 흐름

자료: Euroconsult, Launch Services Market Survey, World prospects to 2011, 2002, pp. 32

아리안스페이스는 러시아의 비교적 저렴한 발사 서비스에 대응하고 시장의 선두자리를 유지하기 위하여 서비스의 질을 유지한 채 발사비용을 대폭 축소해야 하는 국면에 처해 있다. 또한 아리안스페이스는 발사와 관련하여 고객서비스 및 고객유인책의 일환으로 발사보험회사(1986년 설립)와 금융지원회사(1996년 설립)를 자회사로 설립하여 운영 중에 있다.

3.1.2 Boeing Launch Service(BLS)

1995년까지 Boeing Defence & Space는 Inertial Upper Stage(IUS) 생산에만 주력을 쏟았다. 그러나 1995년 4월 Sea Launch 컨소시엄의 리더격으로 활동을 시작하면서 서비스 시장에 본격적으로 참여하게 되었다. 1996년의 Rockwell Space System을 인수하고, 1997년 McDonnell Douglas와 합병을 하면서 델타(Delta) 프로그램을 넘겨받고, 타이탄(Titan) 및 우주왕복선 프로그램의 하청업자로 일하게 된다. 또한 Hughes Electronics의 위성제작사업을 인수하면서 위성시스템 공급자(위성제작 + 발사서비스)로서 록히드 마틴과 EADS의 경쟁자로 부상하였다. 2001년 9월 보잉은 상업발사서비스를 하나로 통합하고 Boeing Launch Service(BLS)로 태어나게 된다.

보잉은 McDonnell Douglas가 개발한 델타 발사체를 이용하여 2002년 6월까지 총 291회의 발사 서비스를 제공했으며 16회의 발사실패가 있었다. 2004년 미래의 대형발사체 대열에 속해있는 델타 4는(그림 2 참고) 지금까지의 델타와는 다르게 새로운 디자인과 설계가 적용되어 개발되고 있다.

델타 발사체는 미국 정부와 군의 요구에 따라 발전해 왔다고 할 수 있다. (1998년~2002년 동안 제공된 서비스 중 56%인 42회의 서비스가 정부를 대상으로 제공되었다.) 미 공군의 중형발사체(MLV-1) 요구에 따라 델타 2가 처음 개발되어졌으며, 그 뒤 NASA의 Med-Lite 획득정책에 포함되어 있는 우주시험과 과학위성을 위한 발사체요구에 따라 델타 2의 성능과 가격을 50% 축소시킨 델타 2-7320과 7420 시리즈를 개발했다. 델타 2H, 델타 3 역시 미국 정부를 주 고객으로 개발 및 서비스가 제공되었다.

McDonnell Douglas는 1996년부터 미 공군의 EELV(Evolved Expandable Launch Vehicle)에 대응하고자 정부의 지원을 토대로 델타 4 시리즈를 개발하기 시작했다. 현재는 중형발사체급인 델타 4M과 대형발사체급인 델타 4H의 개발이 진행 중이다. 탑재체 중량은 타이탄 4보다 약간 작지만 대형발사체급은 5.09m 지름의 페어링이 채용될 것이다. 4H는 현재 단일 및 이중 탑재체용으로 개발되고 있으며, 이는 미 공군의 요구사양이기도 하다. 현재 보잉 Rocketdyne은 상단의 엔진 MB-60의 개발을 위하여 일본 미즈비시 중공업과 함께 연구 개발을 하고 있다.

3.1.3 International Launch Service(ILS)

ILS는 1995년 Lockheed Martin Commercial Launch Service(LMCLS)와 Lockheed Khrunichev Energia International(LKEI)의 조인트 벤처로 태어났다. 아틀라스(Atlas)와 프로톤(Proton) 발사체의 공동 마케팅으로, 보다 나은 발사일정과 가격, 그리고 보험옵션을 제공할 수 있을 것으로 기대되었다. 그러나 기술적으로 너무도 상이한 두개의 발사체가 융화하기란 쉬운 일이 아니었으며, 첫 계약인 DirectTV-5 위성 발사에 사용될 발사체를 아틀라스에서 프로톤으로 변경하는 일까지 벌어지게 되었다.

계속되는 서비스 수주의 난항으로 급기야 아틀라스 3을 저가로 제공하고, 아틀라스 2의 생산을 중단하기 위하여 남은 2기의 서비스도 저가로 계약하기에 이르렀다. ILS는 2002년 아틀라스 2와 프로톤 서비스를 종료하고 아틀라스 3 시리즈와 프로톤M, 그리고 앙가라(Angara)를 소개하게 되었다. 이들 버전은 2003년~2005년 동안 홍보될 계획이다.

아틀라스 2의 엔진을 재 기용한 아틀라스 3은 엔진의 수를 9개에서 2개로 줄이고, 부품을 10,000개 수준으로 감소시켜 엔진과 구조비용을 20%~40%까지 줄이는 것을 목표로 하고 있다. 또한 엔진을 줄이고 발사되는 동안의 staging events를 줄임으로써 발사체의 신뢰도를 높이고자 하였다. 아틀라스 3은 GTO로 탑재체 중량 4,060Kg 까지 운반할 수 있으며, 이는 아틀라스 2AS에 비해 9% 성능이 향상된 것이다. 아틀라스 3B 버전은 탑재체를 단일 엔진 채

용 시 4,119Kg까지, 두개의 엔진 채용시 4,500Kg 까지 탑재할 수 있으며 이는 아리안 44LP에 맞먹는 성능이다. 아틀라스 3 시리즈는 12회의 발사서비스 후 아틀라스 5로 대체될 것이다.

아틀라스 5는 미 공군의 EELV에 대응하고자 개발되기 시작했으며 보잉과 마찬가지로 정부로부터 5억 달러의 연구개발금과 6억 5천만 달러 정도의 발사계약을 수주하였다. 이는 정부가 보잉이나 록히드 마틴의 독점을 방지하기 위하여 두 기업에 동일한 지원을 한 것으로 분석되고 있다.

아틀라스 5 디자인은 RD-180엔진을 주 부스터에 기용할 것이며, 아틀라스 3의 주 단 보다 길이와 너비가 조금 더 크고 넓게 설계되었고, 탑재체의 중량과 보조 부스터의 무게를 견딜 수 있도록 단단한 재질의 탱크가 사용되었다. 록히드 마틴은 상업발사체 시장을 위하여 미군의 요구사항 이상의 것을 아틀라스 5에 디자인하고 있다.

ILS 역시 보잉(BLS)과 마찬가지로 NASA나 해군 등의 정부고객이 주를 이루고 있다. 타이탄 4의 발사실패와 아틀라스 시리즈의 빈약한 활동 등으로 ILS의 명성은 오랫동안 타격을 입었으며 정부고객도 보잉의 델타를 선호하게 되었다. 더욱이 시장전망 역시 위성체 발사가 줄어들고 있는 것으로 나타나고 있어 정부로부터의 재정적인 보조가 시급한 상태에 있다. 미 정부 또한 델타와 아틀라스의 유지

를 위한 보조금은 계약을 통해서든 혹은 발사비용을 통해서든 지급하게 될 것이라고 전문가들은 전망하고 있다. 발사체 산업의 독특한 구조를 볼 수 있는 사례라 할 수 있겠다.

3.1.4 China Great Wall Industry Corp. (CGWIC)

1960년대부터 유도미사일 기술을 바탕으로 개발되기 시작한 발사체 개발은 로켓개발 8개년 계획(1965년~1972년)을 토대로 세 가지 종류의 액체 추진제 사용 발사체인 DF-2, DF-3A, 그리고 DF-4의 성과를 보게 된다. DF-4는 1969년 장정 1호(CZ-1)인 우주 발사체로 변형되어 1970년과 1971년 두 차례의 비행에 성공하였다. 대륙간 유도미사일이었던 DF-5는 1970년대 초 장정-2와 Feng Bao-1(FB-1, "Storm")으로 개조되었다. 1984년의 장정-3은 미국의 델타발사체와 동급의 사양으로 개발되어 졌다.

1985년부터 중국은 장정(CZ, "Long March")로켓을 이용한 발사서비스를 전 세계로 제공하기 시작했다. 장정-3B(A)는 탑재체 중량 6,000Kg까지 GTO로 발사할 수 있는 것으로서 아리안-5급과 경쟁하는 발사체이다. 1999년 5월 중국이 공식적으로 발표한 바대로, 1.5 내지 2.5단으로 디자인된 발

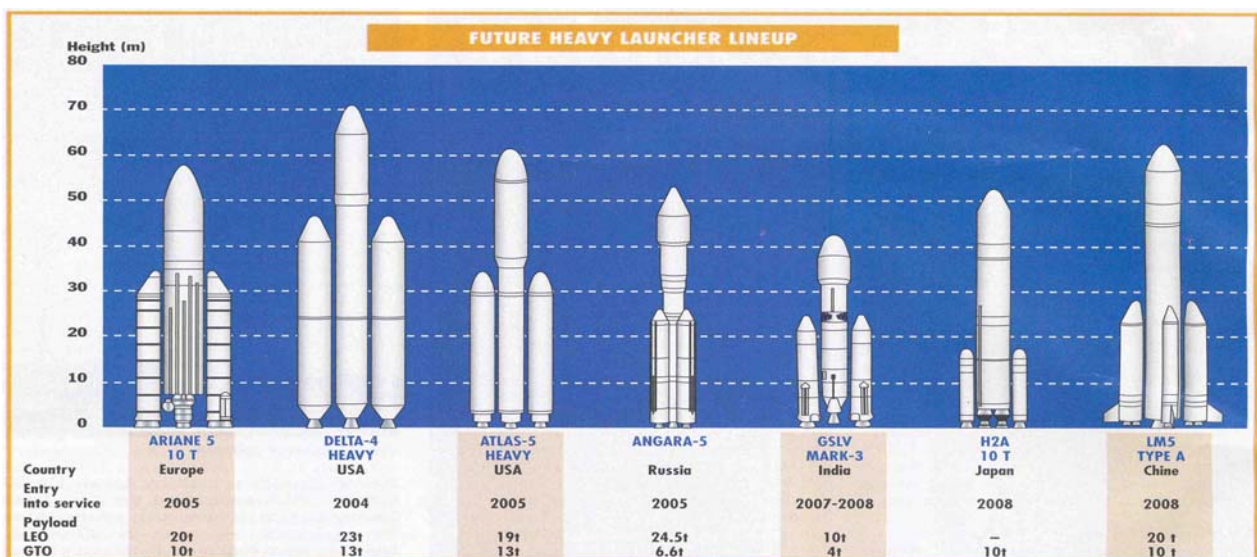


그림 2. Future Heavy Launcher Lineup

자료: Interavia Space & Technology, No. 674, 2003, 12, pp.30

사체가 개발 중에 있으며 이는 LEO와 GTO 시장을 겨냥한 것이다(LM-5A). 본 모델에는 두개의 새로운 타입의 엔진이 채용될 것이며, 상단의 직경은 5m, 3.5m, 2.25m이며, 액체 산소/케로신, 그리고 액체 산소/액체 수소가 추진제로 사용될 것이다. 탑재 용량은 LEO까지는 24톤, GTO까지는 13톤이 가능하다. 이 발사체는 대략 2005년/2007년에 사용 가능할 것으로 보이며, 이를 계기로 유럽의 아리안 5ECB 또는 미국의 델타-4, 아틀라스-5와 대적할 만한 경쟁력을 갖추게 될 것으로 분석되고 있다.

발사서비스를 본격적으로 제공하게 된 1990년부터 중국은 일련의 발사실패로 시장점유에 타격을 입게 되었다. 이로 인하여 중국 발사체는 상대적으로 저렴한 발사비용을 상쇄하고도 남을 만큼 고비용의 보험료를 지불하게 되었으며, 1995년과 1997년 30%라는 초유의 보험 프리미엄을 기록하게 되었다. 1997년부터 시작된 성공적인 발사서비스를 통하여 보험 프리미엄을 18% 수준으로 낮추어 놓은 상태이지만 이는 여전히 높은 수준이며, 중국 발사체는 비용은 적게 들지만 위험도가 높다는 인식을 심어주게 되었다.

중국의 발사서비스는 1998년부터 미국의 기술보호 정책으로 난항을 겪게 된다. 1999년 3월 미 의회가 위성의 수출을 상무성이 아닌 국무성의 통제아래 놓는다는 법안을 통과시키면서부터 위성의 수출은 무기나 군수품과 동일한 규제를 받게 되었다. 법안이 통과된 후 1개월도 채 못 된 1999년 4월 아시아 태평양 이동통신(APMT)사가 미국으로부터의 수출허가 불허를 이유로 휴즈사(Hughes Space & Communications)와의 계약을 취소하게 되었으며, 5월에는 휴즈사와 스페이스 시스템/로탈(Space Systems/Loral)사가 발사체와 관련된 중요 기술을 불법으로 중국에 넘겼다는 의혹이 제기되어 결국 총 2,000만 달러의 벌금이 선고되는 일이 발생하였다.

1999년부터 중국 우주프로그램의 중추를 이루어 왔던 상업 발사체 시장의 개척은 이러한 배경에 의하여 현재 네비게이션, 통신, 원격탐사, 그리고 유인우주비행에 초점이 맞추어져 있다.

3.2 발사서비스 시장

발사서비스 시장은 1991년부터 지금까지 줄곧

위기에 처해있었다는 분석이 지배적이다. 한 ESA의 우주분야 전문가는 공공시장(정부 및 군)이 더 이상 상업시장의 불황을 상충시킬 수 없는 지경에 이르렀다고 말한다. 수요가 하락하는 반면 발사서비스 공급은 서비스 업자의 과잉경쟁을 심화시키며 지속적으로 성장해가고 있다. 이러한 현상은 발사체 분야가 시장을 형성할 수 없는 분야임을 증명하는 것이라고 전문가들은 평가한다.

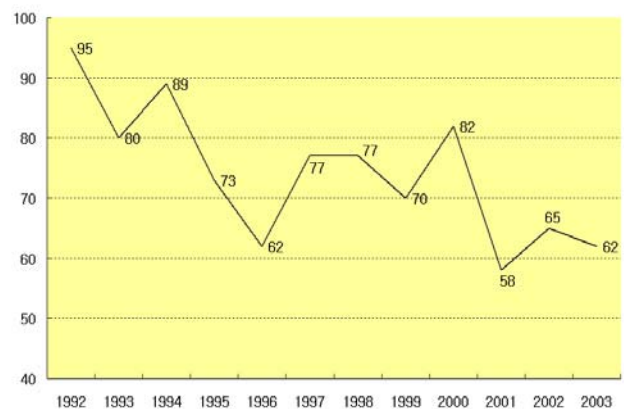
민간기업의 인공위성 개발과 그들의 사업 환경 변화, 그리고 정부의 개발 계획 및 지원과 밀접하게 연관되어 움직이는 발사체 시장은 인공위성과 공생 관계를 유지하는 듯 보이나 실제로는 전적으로 그들의 수요에 의존해 있는 독특한 시장구조를 지니고 있다.

본 절에서는 현재까지의 발사서비스 현황과 서비스 시장의 움직임에 대하여 살펴보도록 하겠다.

3.2.1 발사 현황

1957년부터 2003년 현재까지 성공적으로 수행된 발사는 총 4,313회에 이른다. 1992년부터의 흐름을 보면 아래의 그래프와 같다.

그래프 1. 성공적인 발사, 1992년~2003년



자료: Euroconsult, Launch Services Market Survey, World prospects to 2011, 2002

발사서비스에 사용된 발사체 현황을 주요 국가별로 세분하면 2003년 현재 미국이 가장 많은 26대, 러시아가 21대, 유럽이 4대로 미국과 러시아 발사체의 압도적인 우위를 볼 수 있다.

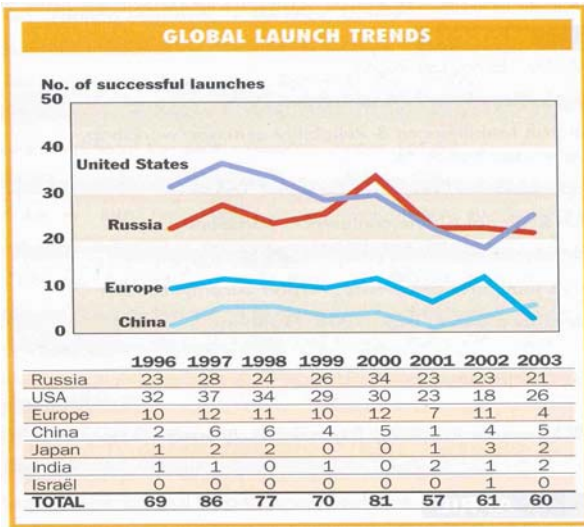
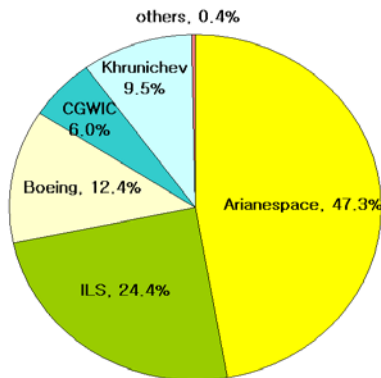


그림 3. 주요국의 발사서비스 제공 현황

자료 : Interavia Space & Technology, No. 675, 2004, pp.47

1992년부터 2001년까지 상업용 발사서비스는 총 194억 달러의 매출을 기록했으며, 서비스를 제공한 업체의 시장점유율은 아리안스페이스가 47.3%, ILS가 24.4%, 보잉이 12.4%이다.

그림 2. 상업용 발사서비스 제공업체의 시장점유율, 1992년~2001년



자료 : Euroconsult, Launch Services Market Survey, World prospects to 2011, 2002, pp. 35

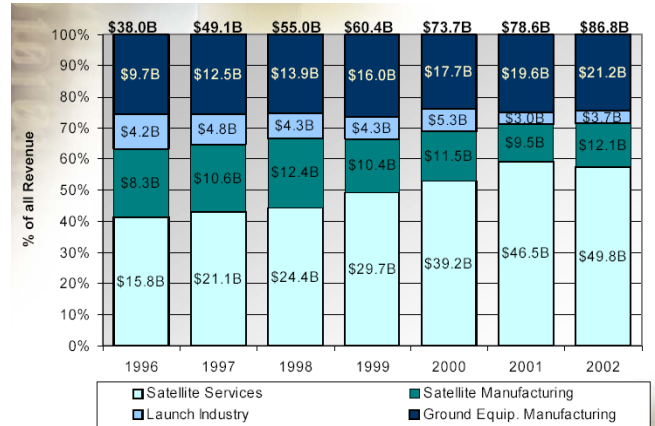
3.2.2 시장현황

우주산업 시장은 현재 ‘과잉(overcapacity)’상태에 있다고 평가된다. 대표적으로 위성 주파수대역, 중형·대형 발사체, 그리고 상업용 GEO 통신방송위성 시장이 과잉상태에 있으며, 이들 시장은 현재 기업의 합병이나 정리를 통해 알맞은 시장크기를 찾고자 노력하고 있다. 그러나 정부와 민간기업의 활동이 혼재하는 우주분야의 특성상 시장조정 역시

전적으로 시장경제 원리가 적용되고 있지는 않다. 현재 상업 우주시장의 불황을 타개하기 위하여 시행된 트랜스폰더 대여방식 조정, 위성 제작업체의 재편, 그리고 발사체 분야의 EELV 보조나 아리안스페이스의 10억 달러 긴급 구제조치 등의 정부개입은 시장의 회생을 저해하는 요인으로 평가되어 진다.2)

우주분야 시장을 위성서비스, 위성제작, 발사체 산업 그리고 지상장비 제작으로 나누고3) 1996년부터의 매출구조를 살펴보면 발사체 산업의 매출이 지속적으로 감소하고 있음을 알게 된다. (2002년 현재 37억 달러)

그림 3. 우주산업의 분야별 수익, 1996년~2002년



자료 : Philip McAlister, "The State of the Space Industry", 2004, pp.6

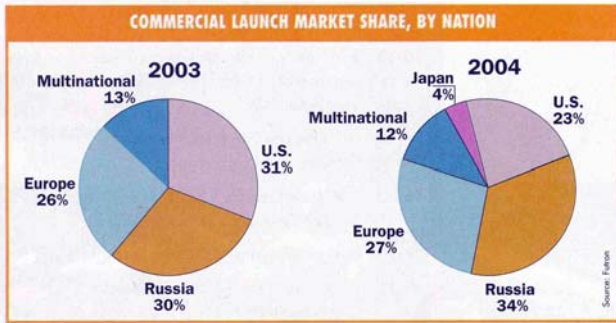
발사체서비스 시장은 크게 위성의 사용 목적에 따라 상업용 발사와 정부고객(군 포함) 중심의 비상업용 발사로 구분되고, 발사되는 궤도에 따라 GEO, MEO, LEO, 그리고 Deep Space로 나뉜다. (GEO를 제외한 나머지 궤도를 N GEO로 구분하기도 한다.)

2) 상업우주시장의 불황은 기본적으로 자금압박에서 비롯되는 것으로 분석된다. 이러한 우주관련 시장의 자금조달을 용이하게 하여 궁극적으로 우주의 상업화를 촉진하고자 하는 목적으로 현재 UNIDROIT를 중심으로 우주자산(Space Asset)의 담보권설정에 관한 논의가 진행 중에 있다. 우리 나라는 현재 항공기 의정서를 비준하고자 외교통상부를 중심으로 검토 작업을 진행하고 있으며, 우주자산 의정서의 완성을 위하여 외교통상부와 과학기술부, 항공우주연구원이 공조하고 있다.

3) 위성제작은 위성제작, 부품 및 서브시스템 제작을 포함하고, 위성서비스는 트랜스폰더 대여, 무선전화, 데이터서비스, 원격탐사 등의 서비스를 포함한다. 또한 발사체 산업은 발사서비스, 발사체 제작, 부품 및 서브시스템 제작을 포함하며, 지상장비는 통제국, 게이트웨이, 이동 터미널, VSATs & USATs 등을 포함한다.

1998년과 1999년에는 상업용 발사와 비상업용 발사가 동일한 수준이었으나, 2000년부터 2002년까지는 비상업용 발사가 2배가량 많아졌으며, 여전히 GEO로의 발사가 지배적이다. 아래 그래프와 표는 주요 국가별 상업발사체 시장 점유율과 상업용 발사 및 비상업용 발사 빈도를 국가별로 나타낸 것이다.

그래프 4. 주요 국가별 상업용 발사서비스 시장점유율



자료 : Interavia Space & Technology, No. 672, 2003, pp.47

표 1. 주요 국가별 발사, 1998년~2002년

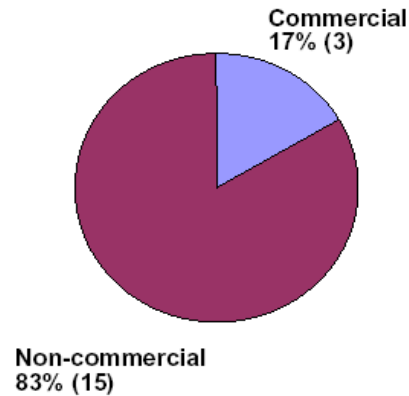
(상업용)					
나라	1998	1999	2000	2001	2002
미국	22	15	7	3	5
러시아	5	13	13	3	8
유럽	9	8	12	8	10
중국	4	1	0	0	0
多國참여	0	2	3	2	1
일본	0	0	0	0	0
인도	0	0	0	0	0
브라질	0	0	0	0	0
이스라엘	0	0	0	0	0
합계	40	39	35	16	24

(비 상업용)					
나라	1998	1999	2000	2001	2002
미국	14	16	21	19	12
러시아	19	15	23	20	17
유럽	2	2	0	0	2
중국	2	3	5	1	5
多國참여	0	0	0	0	0
일본	2	1	1	1	3
인도	0	1	0	2	1
브라질	0	1	0	0	0
이스라엘	1	0	0	0	1
합계	40	39	50	43	41

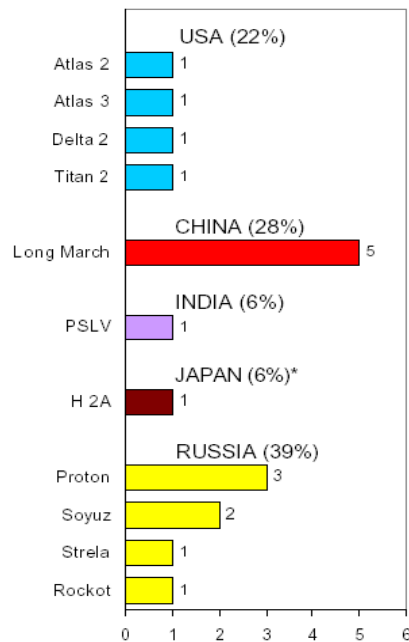
자료: Futron Corporation, "The Space Launch Industry Recent Trends and Near-Term Outlook", 2003, pp.4~5

2003년 4/4분기에 수행된 총 18회의 발사서비스도 역시 비상업용 발사가 지배적이며, 전체발사의 83%인 15회를 차지하고 있다. 주로 사용된 발사체 구성은 그래프 5와 같다.

그래프 5. 2003년 4/4분기의 발사서비스 구성



2003년 4/4분기에 사용된 발사체

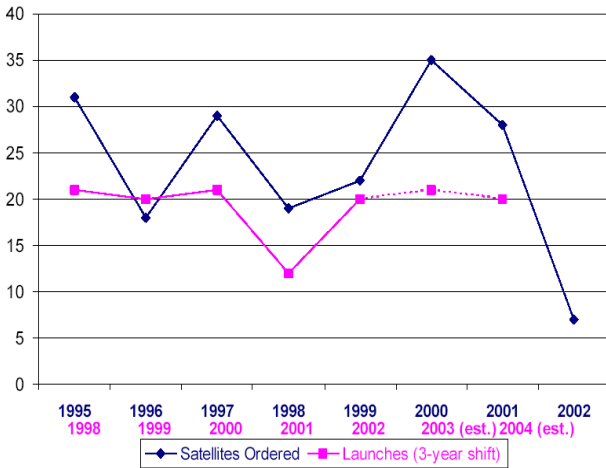


자료: United States Department of Transportation, Federal Aviation Administration, Associate Administrator for Commercial Space Transportation, "Commercial Space Transportation Quarterly Launch Report", 2004, pp. 4~5

상업용 발사서비스 시장의 성장은 주로 TV와 통신서비스를 위한 GEO, 통신서비스용 LEO로의 서비스가 주도해 왔으나 두 시장의 수요 감소로 인하여

여 현재는 성장이 멈춘 상태이다. 이는 상업 GEO 시장의 주기적인 투자패턴이 반영된 결과이기도 하며, 위성의 생산성 증대에 기인하기도 한다.

그래프 6. 상업용 GEO 통신위성 계약수와 관련 발사의 3년 주기 패턴



자료: Futron Corporation, "The Space Launch Industry Recent Trends and Near-Term Outlook", 2003, pp. 9

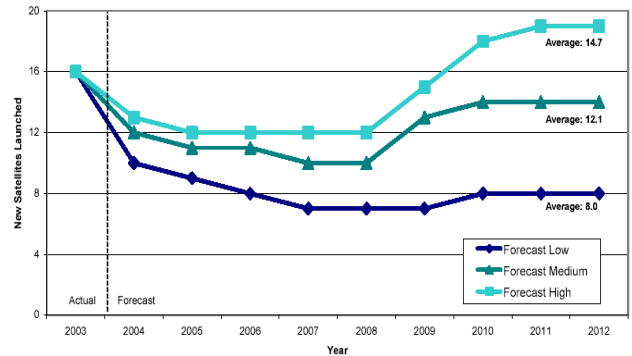
4. 시장 전망

발사체 서비스시장은 앞 절에서 언급되었듯이 위성체 수요와 연계되어 있다. 위성의 수요는 상업 위성운영업체 혹은 정부의 서비스 확장계획에 따라 변동을 겪는다. 상업적인 수요는 농업이나 해양, 주택건설 및 부동산 등의 산업과 연계된 통신방송, 인터넷 서비스 제공, 지구관측 정보의 요구 정도에 따라 변동하게 되며, 공공 혹은 군사상으로 운영되는 경우는 국가안보 내지는 기상변화의 관찰, 네비게이션 서비스, 우주탐사를 통한 과학적 수혜정도에 따라 위성체의 수요가 변하게 된다.

현재 위성운영업체는 과거 항공사가 거쳤던 인수와 합병의 시기를 맞고 있다. 1980년대 위성서비스가 확장되기 시작하면서 정부 주도의 위성운영 분야에 사기업의 참여가 늘어나기 시작했으며, 그 후 독자적인 운영이 어려워지면서 록히드 마틴, 보잉, 모토롤라 등과 같은 거대 제작업체들이 서비스 고객확보를 목적으로 영세기업의 인수를 시작하게 되었다. 이와 더불어, 위성운영업체들은 보다 효율적인 운영을 위하여 생산성이 높아진 하나의 위

성4)을 기초로 서비스의 질을 높이고 서비스 내용의 폭을 확대하는 방향으로 나아가고 있어, 향후 위성체 수요 역시 크게 늘어나지 않을 것이라고 전망된다. 현재 금액측면에서 발사체 서비스를 주도하고 있는 GEO 위성의 수요만 보더라도 이 같은 환경변화는 쉽게 파악할 수 있다.

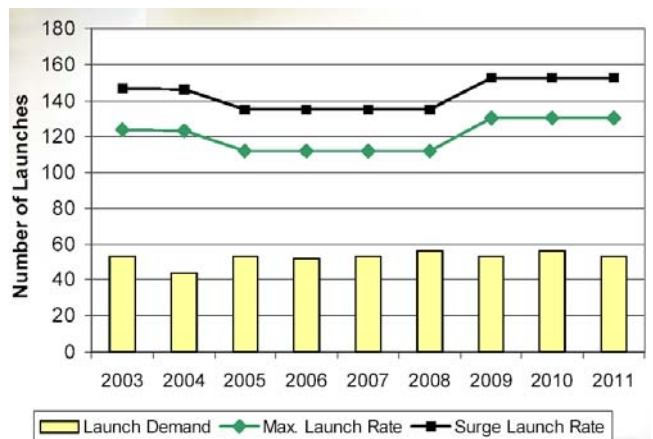
그래프 7. 상업 GEO 위성의 수요전망



자료: Futron Corporation, "How many Satellites Are Enough? A Forecast of Demand for Satellites, 2004~2012", 2004, pp. 5

위성체 수요와 연계하여 전망된 중·대형 발사체의 수요를 살펴보면 2011년까지 큰 변동이 없을 것으로 분석된다. 반면 수요와는 별개로 발사서비스 시장의 과잉현상은 지속될 것으로 전문가들은 전망하고 있다.

그래프 8. 중대형 발사체 수요전망



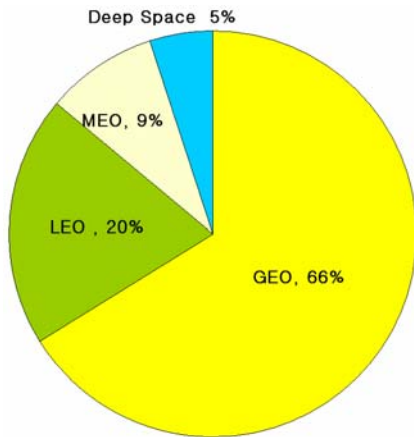
자료: Philip McAlister, "The State of the Space Industry", 2004, pp. 11

4) 오늘날의 위성은 1990년의 위성에 비해 900% 정도 생산성이 높아졌다고 한다. 생산성이 높아진 것은 주로 Increased satellite power, Increased transponder per satellite, longer service life의 세 가지 기술적 발전에 기인한다.

궤도별 발사서비스는 2011년까지 350억 달러~270억 달러 규모로 전망되며, 구성비를 보면 GEO가 66%, LEO가 20%, MEO가 9%를 차지하고 있다. GEO 발사서비스 이용 고객별 구성을 보면 상업용 발사가 66%, 군사용 16%, 공공용 18%로 예측되고 있다. LEO 서비스는 정부 공공목적이 63%, 군사용이 28%, 상업용이 9%로 구성되어 있다. MEO 서비스는 군사용이 59%, 정부 공공목적이 41%로 전망된다.

그래프 9. 궤도별 발사서비스 전망 (2002~2011)

< 시장가치 350억 달러~270억 달러 >



궤도별 서비스 이용고객

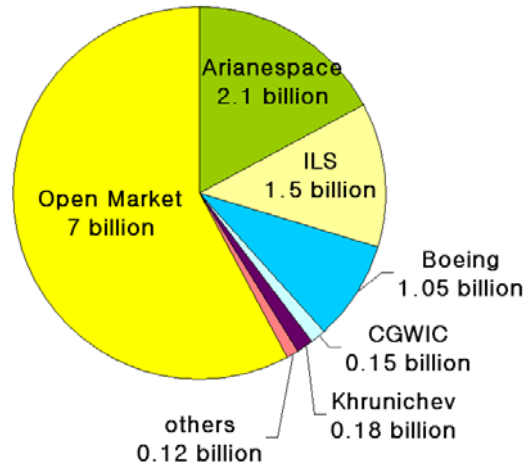
구분	commercial	military	civil government
GEO	66%	16%	18%
LEO	9%	28%	63%
MEO	-	59%	41%

자료 : Euroconsult, Launch Services Market Survey, World prospects to 2011, 2002, pp. 9

상업용 발사서비스의 2002년~2011년 동안의 시장전망을 살펴보면, 전체 시장규모는 최대 176억 달러에서 최소 121억 달러가 될 것으로 전망되고 있다. 2011년까지의 전망에서 최소의 시나리오에 해당하는 121억 달러 중 42%는 2002년 7월 이미 발사서비스의 계약이 끝난 상태이다. 본 계약은 거대 3사인 아리안스페이스, ILS, 보잉을 중심으로 이루어진 것이며, 특히 아리안스페이스와 ILS의 주

문은 GTO와 NGEO가 많은 상태이다. 거대 3사는 아직 미정으로 남아있는 GEO발사 시장의 확보를 위해 앞으로 치열한 경쟁을 벌이게 될 것으로 예상된다. 이 시장의 규모는 67억 달러~114억 달러에 달할 것으로 추정된다.

그래프 10. 상업 발사서비스 시장전망 (2002년~2011년)



자료: Euroconsult, Launch Services Market Survey, World prospects to 2011, 2002, pp. 35

5. 맺음말

최근 일어나고 있는 위성관련 산업체의 도산과 정부의 발사체 긴급보조금 지급, 기업간 합병 등의 사례는 위성과 발사체 관련 산업구조의 변화를 예고하고 있다. 발사서비스를 이용하는 위성운영 기업에서는 위성의 효율도를 높이고 더불어 발사비용의 부담을 줄이는 방향으로 사업구조를 변경하고 있으며, 이러한 요구를 만족시키기 위하여 발사체 제작과 서비스를 제공하는 기업에서는 발사비용 감축과 발사체 성능향상 등 효율성이 제고된 발사체 개발에 초점을 맞추고 있다.

우리 나라는 우주개발중장기계획을 근거로 자력 발사 시스템을 개발 중에 있으나 여전히 외국의 발사서비스를 구매하는 입장에 놓여 있다. 우주개발중장기계획에 의하면 2015년까지 16기의 위성개발이 진행될 것이며, 이의 발사를 위해서는 총 6억 달러 이상의 비용이 소요될 것으로 예측되고 있다.

우리 나라는 주요국의 발사체 연구개발과 발사체 산업 및 시장의 변화 모두를 면밀히 주시하고 분석해야 할 입장에 있는 것이다.

오늘날 사용되고 있는 화학로켓의 연구개발은 이미 미래의 로켓으로 불리며 기초연구나 구상이 진행되고 있는 원자력로켓, 핵융합로켓, 성간램제트로켓 및 광자로켓 등의 연구로 서서히 진보해 나가고 있다. 또한 국제사회에서는 기술적인 장벽의 극복을 위한 노력과 동시에 원자력이나 핵연료를 사용하는 경우의 효율성 및 잠재위험성에 대한 사회과학적 연구와 논의가 활발하다.⁵⁾

위에서 언급한 바와 같이 발사체 분야는 새로운 기술에의 도전이라는 연구개발 측면의 변화와, 관련 산업 및 시장의 구조조정이라는 시장변화가 동시에 진행되고 있다. 자력 발사국으로의 도약을 꿈꾸고 있는 우리 나라는 이러한 변화를 적극적으로 능동적인 자세로 받아들여 견고한 도약의 발판으로 삼아야 할 것이다.

참고문헌

1. 세계의 항공우주산업, 한국항공우주산업진흥협회, 2003
 2. (재)일본우주소년단, 한국항공우주연구원 정책연구실 편역, Space Guide 2001, 2002
 3. 채연석, 로켓이야기, 승산, 2002
 4. 한국항공우주연구원, 세계 우주개발 현황 및 전망, 2003, 1
 5. Administrator for Commercial Space Transportation, Federal Aviation Administration, Associate, "2003 U.S. Commercial Space Transportation Developments And Concepts: Vehicles, Technologies, And Spaceports", 2003, 1
 6. Andrea Maléter, "Satellite Industry Consolidation: Why, When and Where?", Space News Commentary, 2003, 6
 7. Aviation Week & Space Technology, 2004 Aerospace Source Book, p. 141~143, 2004, 1
 8. Euroconsult, Launch Services Market Survey, World prospects to 2011, 2002
 9. Futron Corporation, "How many Satellites Are Enough? A Forecast of Demand for Satellites, 2004~2012", 2004, 2
 10. Futron Corporation, "The Space Launch Industry Recent Trends and Near-Term Outlook", 2003, 7
 11. Interavia Business & Technology, No. 672, 2003, 7/9
 12. Interavia Business & Technology, No. 674, 2003, 12
 13. Interavia Business & Technology, No. 675, 2004, 1/2
 14. Philip McAlister, "The State of the Space Industry", 2004, 1
 15. United Nations, "Highlights in Space 2002", 2003
 16. United States Department of Transportation, Federal Aviation Administration, Associate Administrator for Commercial Space Transportation, "Commercial Space Transportation Quarterly Launch Report", 2004, 1
-
- 5) 위성 및 발사체의 핵연료 사용에 관한 사회과학적 견해는 Space Policy, 2001 참고