

세계 로켓의 발사취(하)

채연석

한국항공우주연구소 우주추진기관연구그룹장

21세기의 우주 로켓들

로켓은 인공위성이나 우주선을 발사하여 원하는 궤도나 지점으로 운반 하기 위한 수단이다. 21세기의 우주 로켓은 어떻게 하면 지구궤도에 인공위성을 경제적으로 발사할 수 있을까? 하는 문제점을 해결하기 위한 로켓들이다.

지금까지 인공위성을 지구궤도에 발사하는 방법은 지상에 있는 발사장의 발사대에서 로켓의 윗부분에 인공위성을 싣고 수직으로 발사한 뒤 점차 비행 궤도를 지구의 지평선과 수평이 되게 한 뒤 인공위성이 지구를 돌 수 있는 속도인 초속 7.9km가 되게 해주는 방법인 것이다.

이러한 도구로 사용되는 로켓들이 미국의 아틀라스, 델타, 타이탄, 그리고 러시아의 소유즈, 보스토크, 코스모스, 프로톤, 그리고 프랑스의 아리안, 일본의 H-2 로켓, 중국의 장정 로켓 등인 것이며 지금까지 우주로 발사된 수천개 이상의 로켓들이 거의 모두 이러한 방식으로 발사되었다. 그리고 이러한 재래식 우주 발사 로켓의 단점은 1회밖에 사용하지 못한다는 점이다.

재사용 우주로켓 및 우주선(우주왕복선)

미국의 우주왕복선 개발 계획은 1972년 1월 5일 당시 닉슨 대통령의 승인을 받아 시작되었다. 이 계획은 한번밖에 사용할 수 없었던 우주 발사 로켓과 우주선을 가능한 한 여러 번 사용하지는 것이 목표였다.

달로켓인 새턴-5 로켓의 경우 111m 높이의 로켓과 아폴로 우주선 중에서 임무를 끝내고 지구로 돌아오는 것은 높이 3m, 지름 4m 크기의 원추형 캡슐뿐이며, 이 캡슐 역시 한번만 사용되었으므로 100% 1회용 소모품인 것이다. 가격 역시 4억 달러 이상으로 무척 비쌌다. 국민들의 여론 역시 아폴로 11호의 달탐험 성공 이후 미국의 우주개발이 너무 낭비적이라는 비판이 많았다.

이러한 분위기 속에서 구상된 계획이 바로 여러 번 재사용 할 수 있는 우주왕복선 개발계획인 것이다.

현재의 우주왕복선과 같은 형태는 1972년 결정되었고 5년간의 개발기간을 거쳐 1977년 초 첫 우주왕복선이 완성되어 각종시험을 거친 후 1981년 4월 12일 오전 7시 케이프 케네디 우주센터에서 발사되어 2일 6시간 20분 동안 지구를 36회전하고 비행기처럼 활주로에 착륙함으로써 성공적인 첫 비행을 마쳤다. 그리고 이것이 본격적인 우주 수송 시스템(space transportation system)의 첫 등장이기도 했다. 한국에서 미국까지 비행기로 여행을 하는데 한번밖에 사용할 수 없는 비행기를 타고 간다면 비행기 요금이 얼마나 비쌀까? 아마도 몇 천만원에서 1억원 가까이 되지 않을까 싶다. 다만 현재의 점보여객기는 탑승객을 많이 태우면서 비행기를 수백회 사용할 수 있기 때문에 비행기 요금이 현재와 같이 100만원 이하로 싼 것이다.

우주왕복선은 비행기처럼 생긴 궤도선(orbiter)과 외부 탱크(external tank) 그리고 두 개의 추력 보강용

고체 추진제 로켓(solid propellant rocket booster)으로 구성되어 있다.

궤도선의 크기는 길이 37.24m, 높이 17.25m, 날개 폭 24m, 무게는 72톤이며, 전후방 자세 제어용 연료를 채웠을 때의 무게는 84톤이다. 짐을 싣는 화물칸의 길이는 18.3m, 지름은 4.6m이며, 발사 때에는 27.2톤 무게의 짐을 싣고 우주로 갈 수 있으며, 지구로 돌아올 때는 14.5톤의 화물만 실을 수 있다.

비행기처럼 생긴 궤도선은 승무원실, 화물칸, 엔진 등으로 나눌 수 있다. 승무원실은 왕복선의 앞부분에 있으며, 열 명까지 탑승할 수 있도록 설계되어 있으나, 보통 일곱 명이 탑승한다.

승무원은 조종사 한 명, 선장 한 명, 비행 임무 전문가 한 명, 탑재물 전문가 한 명, 기타 세 명의 기술자가 탑승한다.

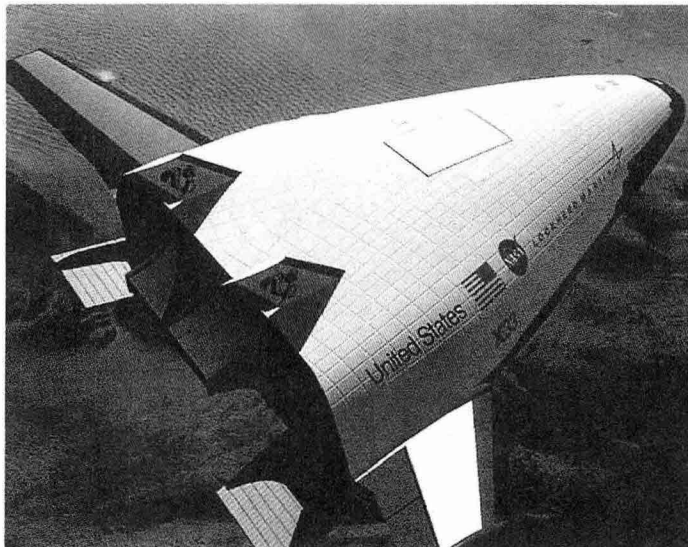
우주왕복선은 화물칸에 인공위성을 싣고 발사되어 지구궤도에 진입한 뒤 인공위성을 지구궤도에 내려놓는 방식이며, 궤도가 다른 경우에는 인공위성에 부착된 로켓을 이용하여 지구 저궤도에서 다른 궤도로 다시 발사하면 된다.

현재 미국의 우주왕복선으로 인공위성을 발사할 경우 재래식 무인 로켓으로 발사하는 것보다 더 비싼데 그 근본적인 이유는 우주왕복선에 우주 비행사를 탑승시키기 때문에 우주선의 제작비용이 무척 비싸기 때문이다. 앞으로 우주왕복선을 무인화하여 제작비용을 절감한다면 아주 좋은 인공위성 발사 시스템이 될 것이다.

재사용 로켓으로는 미국에서 개발 중인 델타 클리퍼(DC-X)로켓이 있는데 1993년 후반기의 1차 비행 시험에서 성공한 바 있다. 델타 클리퍼는 우주왕복선보다도 더 완벽하게 재사용을 할 수 있는 우주 발사 로켓으로 지구에서 이륙하여 지구궤도에 진입 인공위성을 지구궤도에 내려놓고 다시 지구로 돌아온 뒤 계속해서 같은 방식으로 여러번 사용 가능한 로켓으로 완성되면 인공위성 발사 비용을 줄일 수 있을 것으로 기대된다.

새로운 우주왕복선(X-33, Venture Star)

미국은 1996년 7월 새로운 우주왕복선의 개발을 선언하였다. X-33이라는 이름으로 개발을 시작한 새로운 우주왕복선은 완전 재사용형 우주왕복선으로 추진제만



▲ X-33 미국의 차세대 우주왕복선

주입하면 100회 정도 계속 사용이 가능하도록 설계하고 있다. 현재 우주왕복선의 재사용범위를 보면 궤도선은 100%, 추력보강용 고체 추진제 로켓은 60%정도 재사용을 하나 초대형 연료통(궤도선이 발사시에 붙어 있는 곳)은 1회밖에 사용하지 못하는 반재사용 우주왕복선인 것이다. X-33은 미국의 새로운 우주왕복선의 축소형으로 99년까지 완성하여 비행시험에 성공하면 2004년까지는 벤처스타(Venture Star)를 개발하여 지금의 우주왕복선을 대체한다는 계획이다. 벤처스타는 완전한 재사용형 우주왕복선으로 지금 왕복선의 인공위성 수송비보다 1/10 가격으로 운용시킬 계획이다. 인공위성 발사에 대혁신이 일어 나는 것이다.

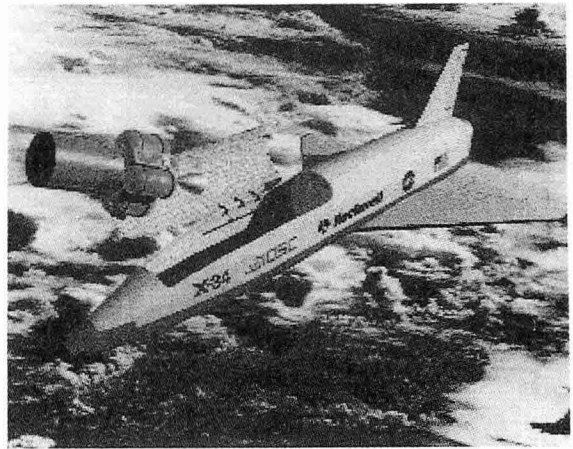
비행기에서의 발사(페거서스, X-34, Burlak)

페거서스(Pegasus) 우주로켓은 발사비용을 줄이기 위해 비행기에서 발사되어 우주로 올라가 인공위성을 발사하는 방법을 쓰고 있다. 미국의 OSC사에서 B-52 비행기에 페거서스 로켓을 매달고 지구 상공 10km까지 상승한 후 발사 200~300kg의 인공위성을 지구 저궤도에 발사 서비스 해주고 있다. 아주 싼값(\$15M)에 소형 위성을 지구궤도에 발사할 수 있는 장점이 있으므로 현재까지는 가장 수익성이 좋은 인공위성 발사 로켓인 셈인데, 로켓의 크기 때문에 450kg이상의 인공위성은 발사할 수 없는 것이 문제이다. 페거서스 우주로켓처럼 비행기에서 발사하는 경우 비행기가 일반 우주 로켓의 1단 역할을 해주며 몇 100회씩 재사용을 할 수 있기 때문이다. 즉 1단은 비행기에서 사용하는 연료 값만 있으면 되기 때문이다.

Burlak은 현재 러시아에서 개발중인 비행기 발사형 우주로켓이다. 1톤 무게의 인공위성을 지구저궤도에 쏘아 올릴 수 있는 Burlak은 1, 2단 로켓으로 액체 추진제 로켓을 사용할 계획을 세우고 있는데 재사용은 할 수 없는 시스템이다.

X-34는 미국의 NASA와 OSC(페거서스 우주로켓으로 발사 서비스를 하는 회사)와 공동으로 X-34 우주로켓을 개발하고 있다. X-34계획은 지금의 페거서스

우주 로켓처럼 비행기로 지상 10Km까지 상승 한 뒤 비행기에서 떨어져 지구저궤도까지 상승한 뒤 인공위성을 궤도에 진입시킨 뒤 되돌아오는 방식으로 재사용형 페가수스 우주로켓인 것이다. X-34계획은 900억원을 들여 OSC사와 같이 98년까지 개발을 완료하려는 계획이다. X-34가 성공적으로 개발되면 무게 1톤 이하의 인공위성을 \$4M(36억원)의 가격으로 지구저궤도에 발사서비스를 할 수 있을 것이다. 지금의 발사 서비스 가격이 \$20M(180억원) 정도이므로 약 1/5 정도의 가격인 셈이다.



▲ 인공위성을 발사하고 있는 X-34 우주로켓

1회용 경제적 우주 로켓

그 동안에 사용되고 있던 1회용 우주 로켓은 1회만 사용하고 말 것인데도 불구하고 너무 비싼 가격으로 만들어 졌다. 현재까지 개발된 1회용 우주로켓 중 그래도 경제적인 로켓은 고체 추진제를 사용하는 우주로켓들이다. 미국의 페거서스, 토러스, LLV-1 등이다. 이와 같은 고체 추진제 우주로켓은 구조가 간단하고, 군사용으로 이미 개발하여 사용되었던 고체 추진기관을 재사용 하여 개발비가 적게들어 경제적 이었다. 그러나 10년후 지금보다 인공위성 발사비용을 1/2~1/10까지 줄이려고 하고 있기 때문에 지금보다 제작비를 줄이는데는 한계가 있는 고체 추진제 로켓은 상업용 우주로켓

으로 전망이 좋은 편은 아니다. 제작비를 더 줄이기 힘든 이유는 구조가 간단하고 추진제가 화공약품의 일종으로 생산단가가 비싸기 때문이다. 최근 개발을 완료한 고체 추진제 로켓을 이용한 소형위성 저궤도 우주 발사체의 제작비와 발사서비스 비용을 살펴보면 다음과 같다.

쟁력을 확보 할 수 있을 것이다. 더욱이 요즘 국제적인 위성 통신시장의 추세는 저궤도에 소형위성을 많이 발사하여 저궤도 통신망을 구축 활용하는 방향이므로 연간 100기 이상의 소형 통신위성 발사 수요가 있다는 좋은 전망이다.

로켓	개발국	무게 (톤)	발사 능력 (kg)	첫발사	개발비	단가	서비스 가격	비고
J-1 (NASDA)	일본	89	900	1996	\$90M	\$42M	\$50M	기존로켓개량
M-V (ISAS)	일본	130	1800	1996	\$133M	\$36M	\$55M	새로운 로켓
Taurus (OSC)	미국	73	1400	1994	-	\$18M	\$21M	페저서스에 1단 부착
LLV-1 (Lockheed)	미국	66	500	1997	-	\$17M	\$20M	'95년 발사실패

위의 표를 보면 일본의 J-1, M-V 로켓은 생산 단가가 \$42M과 \$36M으로 미국의 토러스나 LLV-1보다 훨씬 비싸므로 정상적인 국제 발사 서비스 시장에 참여하기가 쉽지 않을 것으로 보이며, 서비스 시장에 참여하기 위해서는 현재의 제작 단가를 반이하로 줄여야 할 것이다. 앞으로는 새로운 우주발사체를 개발하는 것 보다 개발 후에 발사서비스를 경쟁력 있게 할 수 있을 정도로 경제적인 우주 발사체를 개발하는 것이 더 중요할 것이다. 현재 미국에서는 10년 이내 저궤도에 소형위성을 발사하는 경우 \$10M(90억원) 이하로 발사 서비스를 하기 위한 각종 우주로켓들이 개발되고 있는데 가장 큰 공통점은 가장 싼 로켓 추진제인 액체산소와 석유를 추진제로 사용하고 있는 점이다. 그리고 고체 추진기관 관련 기술을 최대한 이용한 간단한 구조의 저압 엔진을 개발하여 사용하고 있다는 점이다.

우리나라는 아직 본격적인 우주로켓의 개발은 시작되지 않았지만 우리의 우주로켓은 경제적이며 안정적인 우주발사체를 개발하여야 개발후 국제적인 가격 경

쟁력 있는 아이디어로 2005년까지 경제적인 저궤도 소형위성 발사체를 개발할 수 있다면 우리나라는 세계 10대 인공위성 자력발사국이 되면서 바로 소형 위성 발사 서비스 시장에 진출하는 우주선진국에 진입할 수 있을 것이다.

筆者紹介



채연석

- 1975년 : 경희대학교 (이학사, 물리학)
- 1977년 : 경희대학교 (공학석사, 기계공학)
- 1984년 : 미국 미시시피 주립 대학교 (이학석사, 항공우주공학)
- 1987년 : 미국 미시시피 주립 대학교 (공학박사, 항공우주공학).

1979년~1981년 : 유한공업전문대학 기계공학과 교수

1988년~1990년 : 천문우주과학연구소 선임연구원

1991년~현재 : 한국항공우주연구소 책임연구원

※주관심분야 : 로켓 추진기관 시스템