

일본의 HAPS 개발 및 성능 시험 동향 분석

Current Status of Development and Performance Test of HAPS in Japan

박종민(J.M. Park)
오대섭(D.S. Oh)

광대역무선전송연구팀 선임연구원
광대역무선전송연구팀 연구원

성층권에 무선중계기지를 구축하여 통신에 이용하는 개념은 이미 오래 전부터 제안되어 왔으나 구현상 기술적 난이도가 높아 그 동안 현실화되지 못했다. 그러나 최근 새로운 통신 서비스에 대한 시대적 요구와 고효율의 태양 전지 및 연료 전지, 고정밀 GPS 항법 시스템과 같은 신기술 개발로 인하여 성층권 비행선을 이용한 무선통신 시스템 구현이 점차 가시화 되고 있으며, 세계전파통신회의(WRC)를 계기로 성층권통신 시스템용 주파수가 분배됨에 따라, 선진국을 중심으로 HAPS(High Altitude Platform Station) 상용화를 위한 연구개발이 활발히 진행중에 있다. 특히, 우리나라와 인접한 일본은 정부의 적극적인 지원과 산/학/연의 효율적인 공조 체제를 바탕으로 HAPS 개발과 관련하여 과히 세계 선두 진열에 들어서 있다고 해도 과언이 아니다. 아직 HAPS 개발에 필요한 기술적, 재정적 기반이 부족한 우리나라로서는 이웃한 일본의 연구개발 동향을 항시 주시하고 정확하게 분석한다면 향후 독자적인 연구개발 수행 시 많은 도움이 될 것이다.

1. 서론

기존 무선망이 제공하는 음성 및 저속 데이터 서비스에 불만족한 이용자들에게, 고속 멀티미디어 이동통신 서비스를 제공할 수 있는 무선 통신 인프라의 필요성과 중요성이 점차적으로 증대되고 있다.

이러한 무선 통신 인프라의 하나로 최근 제시되고 있는 성층권 통신 시스템은 고도 20~30km의 성층권에 통신용 중계장치를 탑재한 비행선을 위치시켜 지상의 통신 신호를 중계하는 시스템으로 이 시스템에 대한 실용화 연구가 미국, 일본, 유럽 등을 중심으로 진행되고 있다.

성층권 통신 시스템은 광역성, 동보성, 회선 구성의 유연성, 광대역성 등 위성통신의 장점과 수요에 따른 적기 공급, 시설 및 유지보수 용이 등 지상이동통신망의 장점을 동시에 보유하고 있고, 또한 비행선 제작 및 운용 등의 비용이 위성에 비해 경쟁력이

있으며, 장애 발생시 지상으로 하강, 수리가 가능한 것도 큰 장점이다.

성층권 비행선에 필요한 기술들은 초경량, 극한 환경 내구성, 고신뢰성, 고효율을 요구하므로 최근 예서야 개발이 이루어지고 있는 실정으로, 일부는 개발 성숙단계이나 몇몇 기술은 개발이 진행중이어서 현재 성층권 비행선은 전세계적으로 실용화된 사례가 없다.

비록 우리 나라는 일본과 비슷한 시기에 성층권 플랫폼에 대한 연구를 시작하였지만, 일본은 우리나라에 비해 훨씬 더 많은 재정적 지원과 사회적 관심을 바탕으로 세계적으로 성층권 플랫폼 연구개발 분야에서 선도적인 역할을 수행하고 있는 실정이다.

일본은 성층권 플랫폼 연구개발을 “밀레니엄 프로젝트”로 선정하여 1998년도부터 관련 연구를 수행해오고 있는데, 주로 27/31GHz 대역에 초점을 맞추어 통신 탑재체 개발에 주력을 다하고 있으며,

2002년도부터 부분별 성능 시험을 수행한 바 있다.

본 고에서는 일본의 성층권 플랫폼 연구개발 및 성능 시험 현황을 분석하였는데, 이는 우리 나라가 성층권 플랫폼 연구개발을 수행하는 데 있어서 매우 유용한 참고자료가 될 것이다.

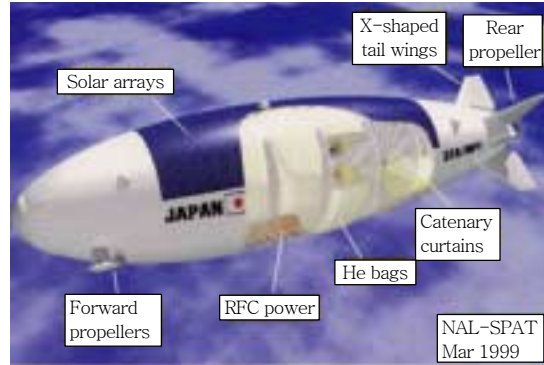
II. 일본의 HAPS 연구개발

성층권에서 장기간의 안정적 임무 수행을 위해 개발하려고 하는 무인 비행선은 태양 전지와 연료전지를 전원으로 하고, 전장 약 245m, 총 무게는 약 32.4ton에 이르며, 성층권에 2~3년간 장기 체공할 수 있다.

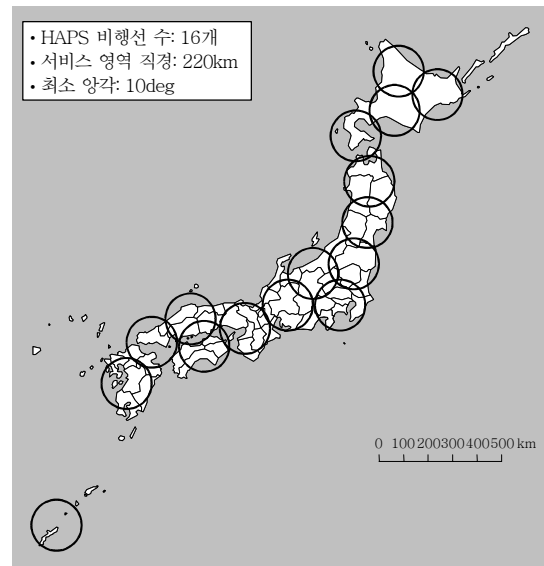
일단 이러한 성층권 플랫폼이 개발되면 방송 접속 시스템이나 ATM 교환 네트워크의 기능을 수행할 수 있는 새로운 통신 인프라의 무선국으로서 매우 유용하게 이용될 수 있을 것이다. 이 새로운 성층권 무선 접속 네트워크는 밀리미터파 광대역 무선접속 링크, 플랫폼간 광 링크, 그리고 40 내지 50km 마다 배치된 다중 ATM 교환장치가 설비된 플랫폼들로 구성될 수 있다. 최대 가능한 전송률은 대부분의 단말기들에 대해서 25Mbps 이상, 그리고 제한된 사용자 단말기에 대해서는 620Mbps 이상이 될 것이다. 약 100개 가량의 플랫폼으로 일본 전역을 커버하여, 지상 광 네트워크를 이용하지 않고 이 시스템을 통하여 사용자간 모든 무선 통신을 실현하려고 하고 있다.

일본은 국가적인 프로젝트로서 비행선 형태의 비행체 개발을 진행중이며, HAPS용 비행선으로 (그림 1)과 같은 형태를 예상하고 있으며, (그림 2)는 이러한 비행선을 이용하여 일본 전역을 커버하는 하나의 예로서, 최소 양각이 10도일 때에는 서비스 커버리지가 직경 220km로 16개의 비행선으로 일본 전역을 커버할 수 있을 것으로 예상하고 있다.

일본의 성층권 플랫폼 연구개발의 목표는 국가 연구개발 기관 등이 핵심 시스템이 되는 비행선 시스템을 구현하고, 성층권 플랫폼을 이용한 통신, 방송 임무 및 지구 관측 임무의 달성을 통하여 가능한 조기에 성층권 플랫폼의 실용화를 이루는 것이다.



(그림 1) 일본의 상용단계 HAPS용 비행선의 예상도



(그림 2) 일본의 HAPS 배치 예

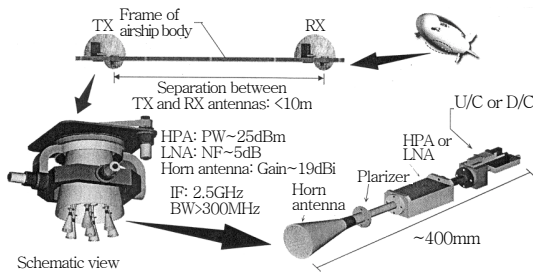
<표 1>은 일본이 추진하고 있는 성층권 플랫폼 연구개발의 각 분야와 연구개발 항목을 정리한 것이다.

특히, 통신 탑재체에 대한 연구개발 분야에서 일본이 가장 많은 결실을 얻고 있는데, 요코스카 CRL의 무선 이노베이션 시스템 그룹(舊, 제2연구팀)이 주도적인 역할을 수행하고 있다. 이들은 현재 시험 비행용 탑재 멀티 빔 안테나 시스템을 개발하고 성능 시험을 수행하였다.

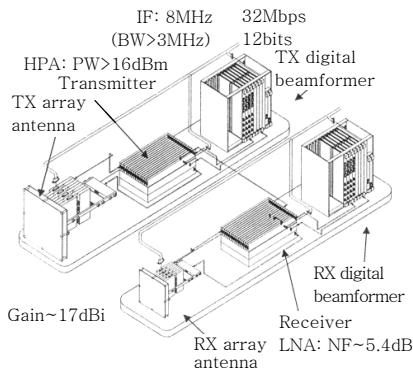
47/48GHz 대역에 대해서는 멀티 빔 혼 안테나를 제작하고, 기계적 제어에 의한 플랫폼 요동의 보

<표 1> 일본의 성층권 플랫폼 연구개발 항목

분야	연구개발 항목
비행선 시스템	<ul style="list-style-type: none"> 전체 시스템 기의 연구개발 요소기술 연구개발 추적 관제 기의 연구개발
통신, 방송 임무	<ul style="list-style-type: none"> 전체 통신 시스템 연구개발 탑재체, 지상장비 및 무선 액세스 제어 기술 개발 응용 연구개발
지구 관측 임무	<ul style="list-style-type: none"> 전체 관측 시스템 연구개발 요소 기술 확립과 센서 개발 이용기술 확립
기술 실증	임무 기기를 탑재한 비행선을 실제 환경에서 운용하여 전체 시스템에 대한 종합 기술 실증



(그림 3) 멀티 빔 혼 안테나 시스템(47/48GHz)



(그림 4) DBF 안테나 시스템 구성도(28/31GHz)

상, 최대 25Mbps의 고속 인터넷 접속, 고화질의 영상 전송, 강우 페이딩의 보상 기법 등에 대한 시험을 수행하였다. (그림 3)은 멀티 빔 혼 안테나를 구성하고 있는 요소 중 혼 안테나 소자와 저잡음 증폭기(LNA)의 시제품이다.

또한, 28/31GHz 대역에 대해서는 DBF(Digital Beam Forming) 안테나를 선정, 그 시제품을 개발

하여 SDMA, 모바일 사용자 추적, DOA 추정에 의한 전파 위치, 불법 전파 감시, 위성 시스템으로의 간섭 경감, DSP에 의한 배열의 자체 교정 등에 대한 시험을 수행하였다. (그림 4)는 DBF 안테나 시제품이다.

III. 일본의 HAPS 성능 시험

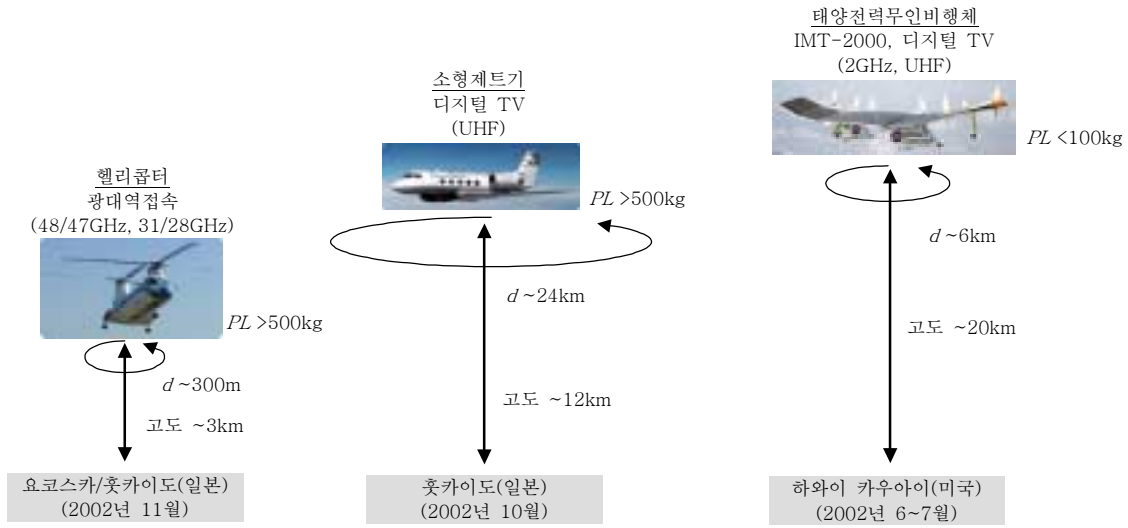
일본은 2002년 HAPS 개발 분야에서 세계에서 가장 앞선 성과를 얻었다. 헬리콥터 및 제트 비행기를 이용한 성능 시험과 무인 비행체를 이용한 성층권에서의 통신 시험을 성공적으로 수행한 것이다. (그림 5)는 지난 한 해 동안 수행한 시험의 개괄적 내용을 나타낸 것이다.

1. 태양 전력 무인 비행체를 이용한 시험

가. 시험 개요

일본의 CRL과 미국 SkyTower 사는 2002년 6월~7월 사이에 미국 하와이 카우아이 섬에서 성층권의 고도를 태양 에너지를 사용해서 비행하는 무인 비행체를 이용하여 고화질 디지털 TV 방송 및 IMT-2000 시험을 수행하였다. 미국 NASA가 개발한 무인 비행체 "Pathfinder Plus"가 지상의 기지국 역할을 대신해 지상에 있는 사용자들에게 고속의 음성, 데이터, 비디오 서비스를 실현할 수 있는 가능성 검증을 위한 시험이었다. 성층권을 추가적인 동력없이 태양 에너지로만 비행을 하는 Pathfinder Plus는 기존 지상의 빌딩 위에 위치하는 기지국보다 훨씬 넓은 커버리지를 제공할 수 있고, 또한 인공 위성보다는 훨씬 더 적은 지연 현상을 얻을 수 있다는 점에서 그 응용 가능성이 높은 것으로 기대하고 있다. (그림 6)은 본 시험에 플랫폼으로 이용된 Pathfinder의 실제 모습이다.

첫 비행에서는 비행체가 고화질 텔레비전의 한 방식인 HDTV 신호를 송신하고 지상에 있는 수신기가 선명한 고화질 비디오 데이터를 디코딩하는 시험이 수행되었다. 성층권에서의 데이터 전송은 그간



주) PL : 임무탑재체 d : 정점 채공 직경

(그림 5) 일본의 HAPS 성능시험 개요



(그림 6) 태양 에너지를 이용하는 무인비행체
“Pathfinder Plus”

지상파를 이용한 방송의 문제였던 커버리지의 문제를 해결함과 동시에 사용되는 전력 또한 획기적으로 낮출 수 있다. 이번 시험에서는 24메가비트의 고속 데이터가 단지 1와트의 전력으로 전송 가능하다는 것이 입증됐는데, 이는 지상파를 사용한 방송의 1만분의 1에 해당한다.

또한, IMT-2000 방식의 통신 시스템의 성능 검증도 일본의 도코모의 장비를 이용해서 이뤄졌는데, 무선 모뎀을 통한 384kbps의 데이터 송수신이 실제 시험에서 입증됐다. 이번 시험은 실제 단 1개의 기

<표 2> 시험 일정

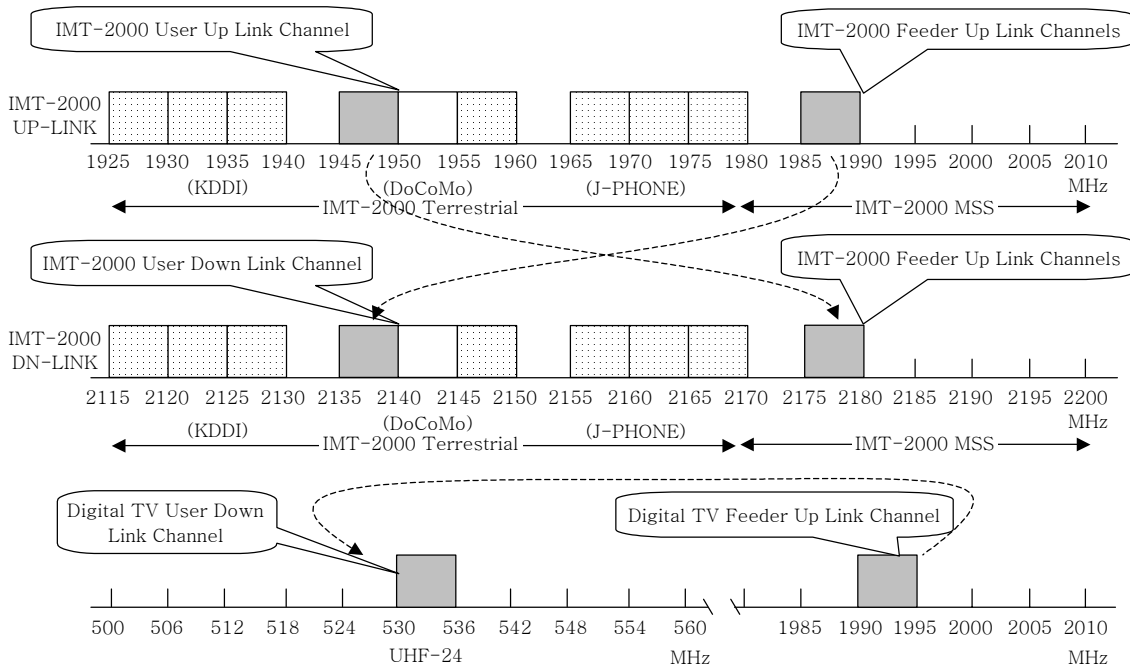
일 자	구 분	임 무
2002년 6월 24일	1차 비행	Digital TV(High Definition TV)
2002년 6월 28일	2차 비행	IMT-2000(Voice, Video, and Packet Data)
2002년 7월 20일	3차 비행	Retrial of the 2nd flight test(IMT-2000)

<표 3> 하와이 시험 참여 기관과 그 역할

기관(국가)	업무 분담 내역(수행업무)
CRL(일본)	탑재 통신 시스템/IMT-2000용 지상국
TAO(일본)	디지털 TV/RF 지상국
NASA(미국)	무인 비행체
AeroVironment(미국)	비행체 조립/비행체 운용
SkyTower(미국, 일본)	통신사업/임무조정

지국만으로 대도시 지역의 커버리지를 완벽히 커버할 수 있는 가능성을 타진한 것으로 네트워크 구축에 필요한 인프라 비용의 혁신적인 절감도 가능할 것으로 예상되고 있다.

비록 이번 시험은 50kg 정도의 탑재체 중량의 한계 때문에 디지털 TV 방송 및 IMT-2000 신호를 중



(그림 7) 사용 주파수

계하는 단순한 형태의 시험이긴 하나, 본 시험에서 획득한 기술적 데이터나 노하우는 Ka 및 V 대역에서 HAPS를 이용하는 고정업무와 같은 다양한 응용분야의 연구개발에 매우 유용할 것으로 기대하고 있다.

<표 2>와 <표 3>은 각각 시험 일정과 이번 시험에 참여한 기관 및 그 역할을 나타낸다.

나. 주파수

시험 항목은 앞서 언급한 바와 같이, 디지털 TV 전송 시험 및 IMT-2000 서비스 전송 시험(음성, 영상, 데이터 전송 시험)이며, 사용 주파수는 (그림 7)과 같다.

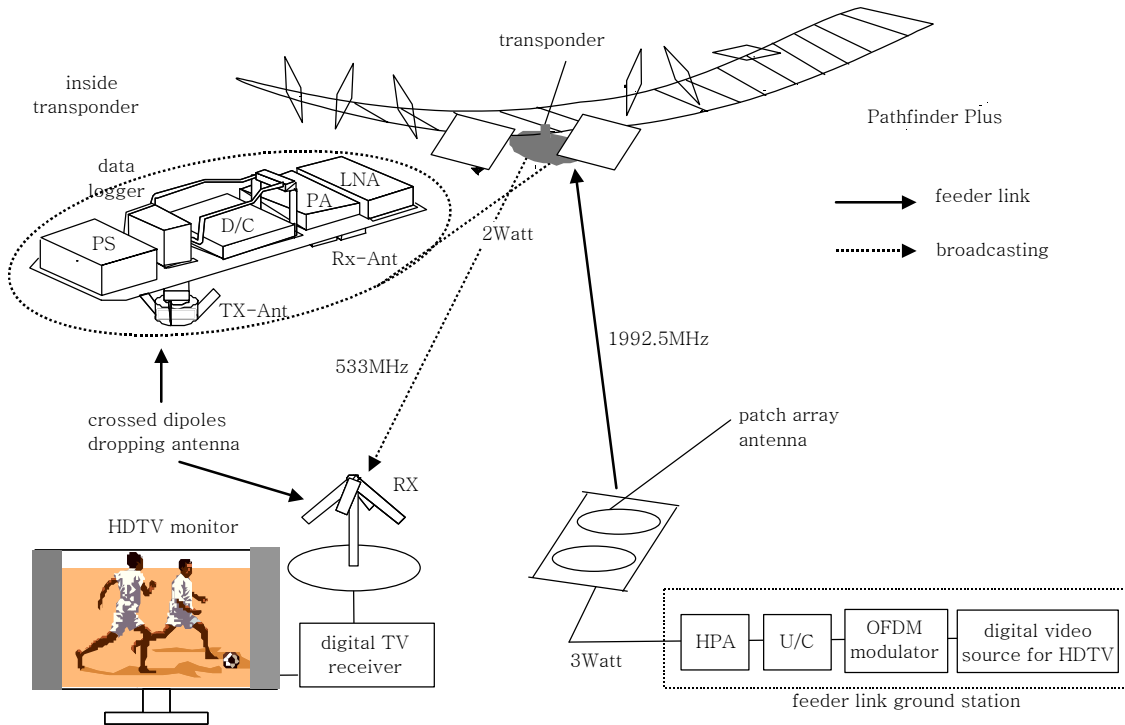
다. 플랫폼

HAPS의 개발에서 주된 역점 사항은 탑재체를 싣고 고정 위치에 정점 제공할 수 있는 커다란 비행선 개발이다. 그러나 개발 비용, 중량 축소, 에너지 시스템, 바람에 대응할 수 있는 운용 기법 등등 여러 가지 기술적 어려움 때문에, 고도 20km의 성층권에서 비

<표 4> Pathfinder Plus의 규격

내역	규격
날개길이	36.3m
날개폭	3.4m
추진엔진	8개의 DC 모터
비행속도	98km/h@18km 고도
탑재체 요구 무게	50kg 이하
Mission 전력	600W
동력원	연료전지/태양전지

행할 수 있는 동력 비행선의 비행을 세계에서 어느 누구도 실현하지 못하고 있다. HAPS에 대한 또 다른 후보 비행체로 태양 전력의 무인 비행체(UAV)를 들 수 있다. 태양 전력을 이용한 무인 비행체인 Pathfinder Plus는 미국 NASA의 ERAST(Environmental Research Aircraft and Sensor Technology) 프로젝트의 일환으로 개발되어 AeroVironment사에 의해 제작 운용되었다. 이 Pathfinder Plus(날개 길이: 37m)는 이미 1998년에 24km의 고도에서 비행을 실현하였고, 날개 길이가 두 배인 후



(그림 8) HAPS를 이용한 디지털 HDTV 방송실험을 위한 시스템 구성

속 모델 Helios는 2001년도에 고도 30km의 비행 기록을 세웠다. 이 비행체의 특징은 그 구조에 있는데, 단지 상부 표면에 솔라 셀을 덮은 날개, 새의 구조로부터 착안된 경량의 유연한 골격, 그리고 분산된 다수의 프로펠러만으로 구성되어 있다.

<표 4>는 그 주요 규격을 정리한 것이다.

라. 디지털 TV 방송 시험

2002년 6월 24일, Pathfinder Plus가 오전 9시 37분에 이륙하여 오후 3시 37분에 고도 20km에 도달한 뒤, (그림 8)과 같은 형태의 실험 시스템을 이용하여 디지털 TV 방송 신호 중계 테스트가 수행되었다. 중계된 신호를 지상 수신기에서 수신하고 모니터가 선명한 HDTV 영상과 음향을 전시하였다. 이 실험에는 일본의 지상 디지털 방송에 이용되고 있는 ISDB-T 방식을 포함하였다. 이 시스템은 가장 심한 파라미터(Mode 3, 64QAM, inner FEC

rate 7/8)를 가지고서도 좋은 수신 상태를 얻을 수 있음이 확인되었다.

이 시험에 이용된 시스템의 주요 파라미터는 다음과 같다.

- 변조방식: OFDM-16QAM
- 전송속도: 20Mbps
- 지상국 송신전력 2.0dBW
- 지상국 송신주파수(대역): 1992.5MHz(6MHz)
- 지상국 송신안테나: Single Patch type
- 탑재체 송신 주파수: 533MHz
- 탑재체 송신 전력: 0.0dBW
- 사용자 수신 안테나: 십자형 다이폴 type

(그림 9)는 이 시험에 이용된 트랜스폰더인데, Pathfinder Plus 중앙 날개 아래에 장착되었다.

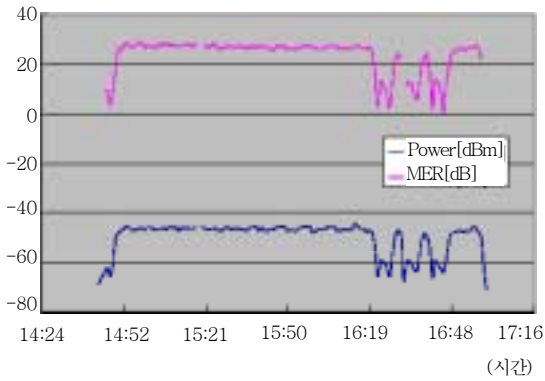
(그림10)과 (그림 11)은 이 시험의 결과물들로서 각각 수신신호 및 MER(Modulation Error Rate)과 모니터에서 확인한 영상을 보여준다.



(그림 9) 디지털 HDTV 방송 시험용 트랜스폰더



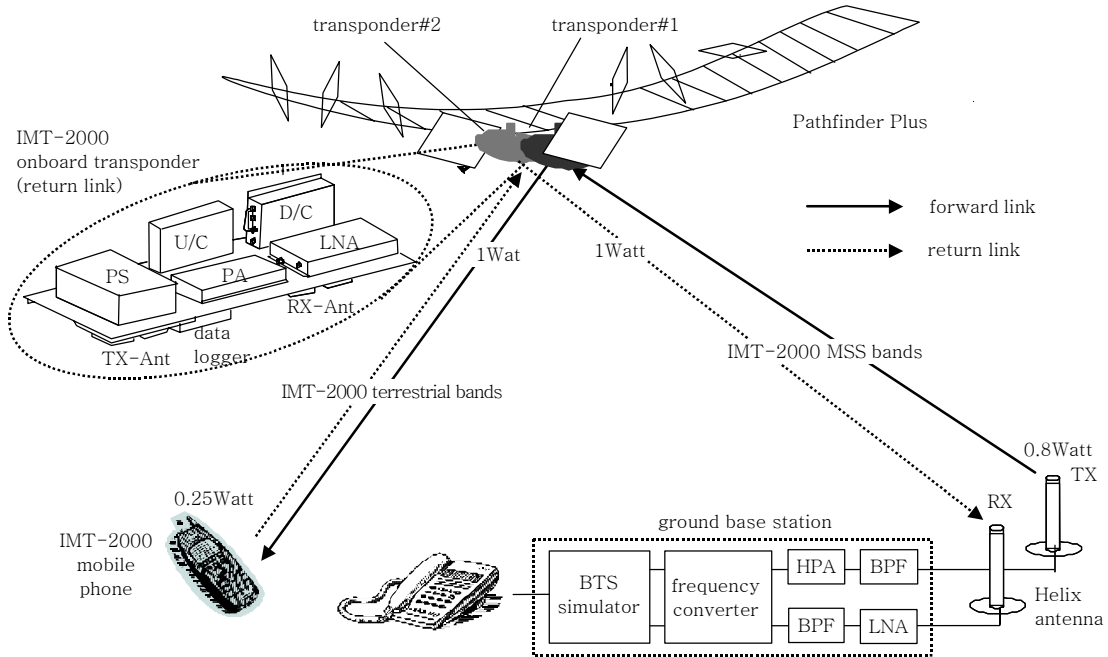
(그림 11) 모니터 수신 영상 화면



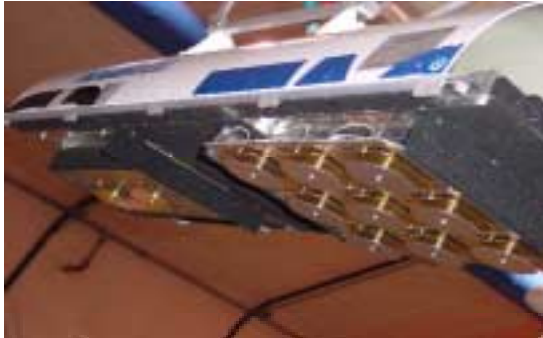
(그림 10) 수신신호 전력 및 MER

마. IMT-2000 통신 시험

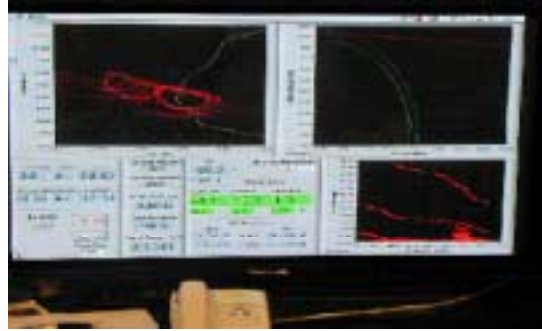
6월 28일, 오전 8시 20분에 이륙한 Pathfinder Plus는 오후 1시 28분에 고도 20km에 도달하였고, 이 고도에서 (그림 12)와 같은 시험 시스템을 구성하여 상용 휴대용 단말기를 이용한 IMT-2000 통신 접속을 시도하였으나 연결에 실패하였다. 조사 결과 return 링크 상에 큰 간섭이 있었던 것으로 밝혀졌다.



(그림 12) HAPS를 이용한 IMT-2000 통신 시험시스템 구성



(그림 13) IMT-2000 통신 시험용 트랜스폰더



(그림 14) Pathfinder Plus의 비행 정보 감시

이 간섭 신호는 Pathfinder Plus로부터 수평으로 200km 이상 떨어진 인접 섬으로부터 수신된 것이다. 이 신호는 지상에서는 관측되지 않았던 것이었다. 따라서, 신호대 간섭비를 개선하기 위하여 고 이득의 외부 안테나를 상용 휴대폰과 조합하여 신호를 수신하였다. 7월 20일에 수행한 제 3차 비행에서는 부엽을 약 10 내지 15dB 가량 감소시킨 빔 패턴을 갖는 새로운 안테나(9개 배열 소자)를 장착한 Pathfinder Plus를 고도 20km에 도달하게 한 뒤, 휴대폰을 이용한 통신 접속을 재시도하여 성공하였다.

(그림 13)은 IMT-2000 접속을 위한 송/수신 안테나를 부착한 트랜스폰더의 실제 모습이다.

이 시험에서 사용한 시스템의 주요 규격은 다음과 같다.

- 변조방식: W-CDMA
- 전송속도: 12kbps(음성), 64kbps(영상), 384 kbps(데이터)
- 지상 Feeder 송신주파수(대역폭): 1987.5MHz (5MHz)
- 지상 Feeder 송신 안테나: Helix Antenna type
- 지상 Feeder 송신전력: -0.7dBW
- 탑재 Feeder/.User 송신전력: 0.0dBW
- 탑재 안테나: 9 element patch type
- 지상 User 송신전력: -6.0dBW
- 지상 User 송신주파수(대역폭): 1947.5MHz (5MHz)

(그림 14)~(그림 16)은 IMT-2000 통신과 관련



(그림 15) 비행중인 Pathfinder Plus의 날개 모습



(a) 휴대폰의 음성 및 영상 송신 장면



(b) 기지국에서의 수신 장면

(그림 16) 휴대폰의 음성/영상 송수신

된 시험 장면들을 보여준다.

2. 제트기와 헬기를 이용한 시험

또한, 일본은 TAO가 주최가 되어 HAPS 임무 시스템 장비에 대한 기본적인 성능 검증을 위하여 제트기와 헬기를 이용한 시험을 수행하였다. 2002년 10월에 일본 홋카이도 동부 지역 상공(고도 12km)에서 UHF 대역(479MHz)의 방송기기를 제트기(Gulfstream II)에 탑재하여 전송속도 약 22Mbps로 디지털하이비전(ISDB-T 방식)을 지상에 설치한 크로스 다이폴 안테나로 수신하는 시험을 수행하였으며, 시판되는 24개 소자의 안테나를 이용하여 선명한 영상을 수신하는 데 성공하였다. 또한, 2002년 11월에는 일본 YRP 상공 약 3km의 높이에서 28/31GHz 대역의 DBF 안테나와 47/48GHz 대역의 다중 빔 혼(MBH) 안테나를 장착한 헬기(KAWASAKI V107)를 제공시켜 광대역 통신 성능을 검증하였다. DBF 안테나로는 디지털 신호처리에 의한 빔 형성, 헬기의 움직임 보상, 배열 안테나 교정 등의 기초 자료를 획득하였고, IP 전송에 의한 VOD, IP 전화 등의 시연을 수행하였고, MBH 안테나로는 56Mbps의 하이비전 음성/동화상 전송을 수행하여 취재현장으로부터 방송소재 전송 이용 가능성을 실증하였다. (그림 17)과 (그림 18)은 이들 시험에 이용된 장비들이다.

3. 성층권 채공 비행 시험

일본 NAL(항공우주기술연구소)과 JAMSTEC(해양과학기술센터)은 2003년 8월 4일 03시 21분에 자체 개발한 성층권 플랫폼용 비행선을 고도 16.4km까지 띄워 1시간 54분여 동안 채공시키는 시험을 수행하였다.

(그림 19)와 (그림 20)은 각각 비행선 채공 시험 장면과 비행선의 세부 규격을 나타내고 있다.

이 비행시험의 목적은 다음과 같다.

- 무동력의 비행선의 성층권 고도 도달



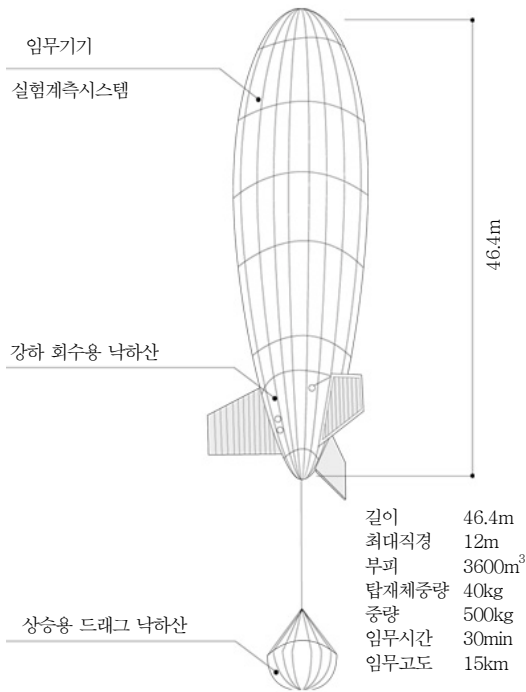
(그림 17) 시험에 이용된 제트기와 탑재부



(그림 18) 시험에 이용된 헬리콥터와 탑재부



(그림 19) 비행선 비행시험 장면



(그림 20) 시험 비행선의 세부 규격

- 지상으로부터 성층권 고도에 도달할 때까지, 그리고 상공에서 제공하는 동안 비행선체의 구조에 대한 데이터의 수집
- 비행선 외부의 대기 온도 및 기압과 같은 기상 자료의 수집
- 고층 대기 중의 온실 효과 가스 채취 및 직접 관측
- 성층권 고도에 도달한 비행선 본체 및 탑재 기기의 안전한 회수

비행선 본체 및 탑재 기기는 해상에서 안전하게 회수되어, 비행중 비행선체 및 기상에 대해 계측된 자료는 현재 분석중이지만, 회수된 미션 기기를 조사한 결과 고층 대기에 대한 관측 자료는 수집되지 못한 것으로 판명되었다.

4. 향후 시험 계획

일본은 2003년 8월 중 미국 하와이에서 지상 기 능 테스트를 거쳐 9~10월경 Helios(길이 76.8m, 중량 727kg, 고도비행 기록 30km)를 이용하여 고도 20km에서 다음과 같은 항목에 대한 시험을 계획하고 있다.

- 고성능 빔포밍 시험(디지털 빔포밍안테나, 31/28GHz)
- 무선랜 및 광대역 전송 시험(다중 혼 안테나, 48/47GHz)
- 고해상도 영상(온보드 디지털 카메라, 11M 픽셀)
- 무선 표정 시험(교차 배열 안테나, 900MHz 대역)

그러나, 최근 비행 시험중이던 Helios가 해상에 추락하여 시험 수행 계획에 차질이 발생하였으며, 현재 대체 비행체를 고려하는 등 시험 전반에 대한 재검토가 이루어지고 있다.

IV. 결론

성층권 비행선을 이용한 무선중계 시스템은 통신 및 방송뿐만 아니라, 관측/감시/측위 등의 서비스가 가능하며, 특히, 비행선의 이동성을 이용하여 재해 시나 남북통일시 자체적으로 한정된 지역에 통신망을 용이하게 구축할 수 있다. 또한, 성층권 통신 시스템은 현재까지 실용화가 되지 않은 새로운 통신방식으로서 그 동안 국내 축적된 이동통신 및 위성통신 기술을 활용하고, 단계적인 기술 개발을 추진해 나간다면 시장 선점의 효과뿐만 아니라 국제 시장에서도 충분한 경쟁력이 있을 것으로 판단된다.

그러나, HAPS 시스템을 구축하는 데에는 여러

분야의 고 난이도의 기술이 필요하다. 일본의 경우에는 대부분 여러 산업 분야에서 기 보유하고 있는 요소 기술들과 개발중인 기술들을 바탕으로 HAPS 시스템 개발 분야에서 과히 세계 선두의 위치에 있으며 정부의 과감한 투자와 적극적인 연구개발 의지로 많은 성과를 얻고 있다. 그러나, 국내에서는 위성 분야에 대한 기술 개발 역사가 짧고, 관련 기술분야 중 통신 탑재체를 비롯한 일부 기술에 국한되어 기술 축적이 이루어져 왔으며, 특히 비행선 시스템과 같은 고 난이도 기술에 있어서는 선진국에 비해 극히 초보적인 기술 수준을 보유하고 있고, 또한 무엇보다도 시스템 개발에 대한 관심도가 낮은 실정이다.

만일 국내에 HAPS 시스템을 도입한다면 산재해 있는 관련 분야에 대한 기술 검증 및 분야에 따른 신 기술 개발을 추진해야 하며, 더불어 범 국가적인

차원에서 산학연 협동의 연구개발 노력이 필요하다. 또한, ITU 등 국제 표준화 기구에서의 주파수 추가 분배, 규격 및 설비의 표준화에 대한 적절한 대응과 타 통신 시스템과의 정합성 검토, 전파 이용에 대한 기존 제도 및 규정 검토 등을 위해 성층권 통신 시스템의 핵심 요소기술 선행 연구와 국내 성층권 시스템 설계 기술의 인증 및 확립을 위한 연구가 필요하다고 판단된다.

참 고 문 헌

- [1] <http://www.crl.go.jp>
- [2] <http://www.aerovironment.com/>
- [3] <http://www.yrp.tao.go.jp>
- [4] <http://www.nal.go.jp>