

HAPS 국제표준화 및 국외 기술 동향 분석

Analysis of the International Standardization and Technology on HAPS

구본준(B.J. Ku)

성충권무선중계기술연구팀 연구원

안도섭(D.S. Ahn)

성충권무선중계기술연구팀 선임연구원, 팀장

WRC-2000 회의를 계기로 성충권 통신시스템용 주파수가 새롭게 분배됨에 따라 정보통신 인프라가 취약한 후진국 및 개도국 뿐만 아니라 여러 선진국들을 중심으로 성충권 비행선을 이용한 통신 및 무선용 서비스의 활용에 대해서 관심이 점점 높아지고 있다. 본 논문에서는 성충권 통신시스템의 개요를 소개하고 WRC-2000 회의의 HAPS(High Altitude Platform Station) 관련 주요 의제 및 진행 경과와 결과를 중심으로 국제 표준화 동향을 알아보고자 한다. 그리고 현재 미국, 일본 및 유럽 등 몇몇 기술 선진국을 중심으로 진행되고 있는 성충권 통신시스템 개발과 관련하여 기술 개발 동향에 대해서 살펴보고 성충권 통신시스템(HAPS)의 기대효과 및 향후 전망에 대해서 논의하고자 한다.

I. 서론

현재의 무선통신 시스템은 1890년대의 지상 송전탑 방식을 시작으로 1960년대의 정지궤도 위성통신, 1980년대의 저궤도 위성통신 도입에 이르기까지 지속적인 발전을 거듭해 왔다. 그러나 최근 한정된 위성 궤도 및 주파수 자원의 고갈이라는 문제와 고기능, 고품질의 다양한 통신 욕구의 증가로 새로운 통신시스템의 개발이 요구되고 있다. 이에 대한 대안의 하나로 미국, 일본, 유럽 등 통신 선진국을 중심으로 성충권에 통신중계기를 탑재한 비행선을 제공시켜 고속의 무선 통신 인프라를 구축하려는 방안이 활발히 추진중이다[1-11].

특히 국제 표준화 및 기술 기준을 정립하는 국제전기통신연합(International Telecommunication Union: ITU)의 최고 의결 회의인 세계전파통신회의(World Radiocommunication Conference-2000: WRC-2000)에서 성충권 통신시스템의 IMT-2000(International Mobile Telecommunications-2000) 시스템

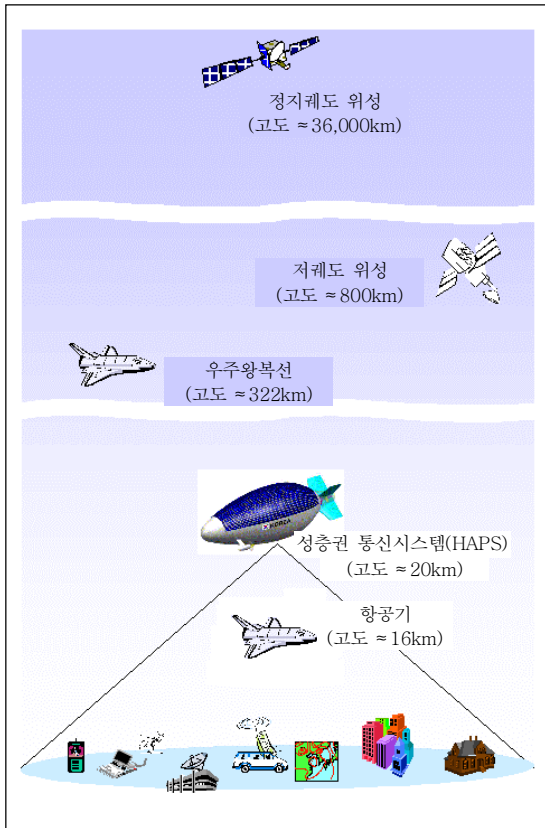
템 지상 기지국용으로 활용이 결의되고, 제한적인 조건 하에서 Ka 대역 주파수의 추가 분배와 타 주파수 대역에 대해 고정 및 이동 업무용으로 사용하기 위한 간섭 및 공유기준 분석 연구를 활발히 진행함에 따라 전세계적으로 관심이 증폭되고 선진국을 중심으로 상용화를 위해 산업체와 공동으로 개발 진행 중에 있다.

본 논문에서는 향후 새로운 미디어로서 각광받을 것으로 예상되는 성충권 통신시스템의 국제 표준화 동향에 대해서 자세히 알아보고 각국의 기술 동향 등을 살펴보고자 한다.

II. 본론

1. HAPS

성충권 통신시스템(HAPS)은 (그림 1)에 도시된 바와 같이 고도 20~50km 정도의 성충권에 무인비행선을 제공시켜 통신/방송 서비스 및 원격탐사, 전



(그림 1) 성층권 통신시스템 개요도

파감시 등의 각종 무선응용 서비스 제공을 목적으로 하는 시스템이다.

비행선이 제공하게 될 성층권은 기상 조건이 비교적 안정되어 있고, 항공 관제 영역 위쪽에 위치하며, 필요할 경우 비행선을 착륙시켜 유지 보수할 수 있다는 장점을 보유하고 있다. 또한 제한 사항으로는 환경오염 방지를 위해 연소에 의한 추진이 금지되어 있다는 점을 들 수 있다. 성층권 비행선은 전장 약 150~250m 정도의 크기로 약 1ton 정도의 탑재체를 싣고 있으며, 내부의 헬륨 가스를 사용하여 정점 체공을 위한 부력을 얻고, 성층권에서 바람 등의 영향에 대해 자세 및 위치를 제어하기 위해 전동기로 구동되는 프로펠러를 사용한다. 성층권 비행선에 요구되는 전력은 낮에는 비행선 표면에 장착된 태양 전지를 사용하고, 밤에는 내부에 장착된 연료 전지에 의해 공급된다.

성층권 무선중계시스템은 광역성, 동보성, 망 구성의 유연성, 광대역성 등 위성 통신의 장점을 보유하면서 수요에 따른 적기 공급, 시설의 유지보수 용이, 짧은 전송 거리로 인한 단말의 소형화/저전력화 및 짧은 전송 지연 시간 등의 지상 이동통신망의 장점을 동시에 보유한 시스템으로서 저비용 서비스의 실현, 고속 서비스 제공, 휴대 단말 통신 가능, 광역성, 짧은 전송 지연, 대용량 회선 공급 가능 등의 장점을 보유하고 있다[10, 11].

이러한 장점을 바탕으로 일반 사용자의 복잡한 서비스 욕구를 만족시킬 수 있으며 예상 제공 서비스는 크게 고정 및 이동통신 서비스, 방송 서비스와 무선응용(관측/탐사/감시/측위)로 구분할 수 있다.

현재 성층권 통신시스템의 개발에는 우리 나라(한국전자통신연구원 주관)를 비롯하여 미국 SSI(Skystation International)사, 일본 우정성, 유럽 ESA(European Space Agency) 등에서 활발히 진행되고 있고, 특히 일본의 경우 성층권 통신시스템을 연간 약 50조 원 규모의 시장으로 인식하고, 2003년 실용화 목표로 범국가적인 프로젝트로 추진중에 있다.

2. HAPS 관련 WRC-2000 배경과 주요 의제

WRC는 국제 표준화 및 기술기준에 대한 각국의 입장을 발표하고 의견을 수렴하여 전파 규칙의 개정, 전파통신의 세계 표준 및 기술 기준 작성을 목적으로 하는 ITU의 최고 의결 회의이다. 특히 WRC-97 회의에서는 성층권 통신시스템의 운용에 대한 규정을 정하고 고정업무, 이동업무 및 고정위성업무용으로 1차 분배된 47.2~50.2GHz 대역 중에서 47.2~47.5GHz, 47.9~48.2GHz 대역을 성층권 통신시스템용으로 분배하여 ITU-R을 통해 타 업무와의 공유 문제 및 관련 규정 문제를 연구하도록 결의(결의 122)함으로써 성층권 통신시스템 구현이 가시화되기 시작했다. 이후 ITU Study Group에서는 이 대역에서 공동 분배된 고정위성업무(Fixed Satellite Service: FSS(방송위성업무(Broadcasting Satellite Service: BSS) feeder link 포함)), 고정업무(Fixed

Service: FS)와의 공유방안과 추가 주파수 대역 분배 가능성 검토, 강우 감쇠 경감기법 및 RBW(Reverse Band Working), DCA(Dynamic Channel Assignment) 등의 간섭경감기법에 대해 지속적으로 연구해 왔으며, 이의 연구 결과를 바탕으로 2000년 WRC에서는 47/48GHz 대역에 대한 타 통신망과의 주파수 공유조건 연구기간 연장과 48/47GHz 대역의 극심한 강우 감쇠로 인한 18~32GHz 대역의 추가 주파수 분배 검토 연구, 3GHz 이상의 지상 무선용으로 분배된 주파수 대역에서 성층권 통신시스템을 활용하기 위한 타당성 및 타 시스템과의 공유 문제를 ITU-R 연구반에서 지속적으로 연구하자는 안이 논의되었다.

성층권 통신시스템의 또 다른 활용방안으로 비행선에 중계기를 탑재하여 IMT-2000 시스템의 지상

기지국용으로 활용하자는 안이 미국, 호주, 유럽을 중심으로 제안되었고, 그 활용을 위한 PFD(Power Flux Density) 제한치의 설정 및 운영 절차 규정에 대해서 ITU TG-8/1에서 지속적으로 연구되어 왔다. IMT-2000에 HAPS를 활용할 경우 지상기지국의 임대비용이 없고 가시거리 확보가 용이하여 새롭게 이동통신망을 구현하려고 하는 국가들에게 큰 관심을 불러 일으켰다.

3. WRC-2000 회의 진행 경과 및 결과

가. HAPS 주파수 추가 분배 문제(의제 1.5)

HAPS 주파수 추가 분배 문제와 관련한 주요 국가/지역의 WRC-2000 제안 내용 및 입장은 <표 1>과 같다.

<표 1> 주요 국가/지역의 제안 내용과 입장(의제 1.5)

국가/지역	제안 내용 및 입장
유럽국가연합 (CEPT)	<ul style="list-style-type: none"> 간섭경감기법에 대한 연구가 진행중이고, HAPS가 아직까지 실현되지 않았으므로 결의 122의 연구기간을 WRC-03까지 연장하는 것을 제안함 기본적으로 주파수 추가 분배는 공유연구가 선행/완료되지 않았으므로 반대하며 타 주파수 대역(18~32GHz)에 대한 HAPS 활용 타당성 연구는 지지함 유럽 30개국이 CPM 보고서 지지함
미주국가연합 (CITEL)	<ul style="list-style-type: none"> ITU-R의 연구결과(권고 4-9S/AAx : 일정조건 하에서는 BSS feeder link와 공유 가능함.)을 반영하여 결의 122의 내용을 수정하고, 연구기간을 연장하는 것을 제안함 FSS 대역에서의 신규 주파수 분배에는 부정적임 Inter-American 지역 11개국(미국 등)이 CPM 보고서를 지지 서명함
캐나다	<ul style="list-style-type: none"> 48/47GHz 대역의 공유조건 연구기간 연장과 ITU-R 연구결과를 포함한 결의 122 수정을 제안한 CITEL 입장을 지지함
쿠바	<ul style="list-style-type: none"> 48/47GHz 대역의 공유조건 연구기간 연장과 18~32GHz 대역에서의 HAPS 타당성 연구를 지지함
동구유럽	<ul style="list-style-type: none"> HAPS 사용에 관한 규정 추가/수정은 반대하며 결의 122의 연구기간 연장만을 제안함 구소련 연방(우크라이나 등)의 12개국이 지지 서명함
중국	<ul style="list-style-type: none"> HAPS 사용에 관한 규정 추가/수정(타 주파수 대역에서의 공유 타당성 연구 포함)은 반대하며 결의 122의 연구기간 연장만을 제안함
INTELSAT	<ul style="list-style-type: none"> 공유기간 연장은 찬성하지만 18~32GHz 대역 중에서 18~20.2GHz 대역은 많이 사용되고 있으므로 CPM 보고서에 제시된 결의 122의 내용에서 이 대역을 제외하고 20.2~32GHz 대역에 대한 공유 연구로 수정하는 것을 제안함
카메룬/케냐/이란 등	<ul style="list-style-type: none"> 공유 연구기간 연장은 찬성
아·태 국가연합 (APT)	<ul style="list-style-type: none"> WRC-97에서 분배된 주파수 대역의 공유조건 연구 지속을 위한 2003년 WRC까지의 연구기간 연장과 추가 주파수 대역에 대한 공유조건 연구 등을 포함한 결의 122의 수정 제안(한국 포함 15개국) 27.5~28.5GHz(하향), 31.0~31.3GHz(상향) 대역에서의 HAPS 활용을 위한 각주 추가와 주파수 분배표 수정 및 관련 신규결의 채택 제안(한국 제외, 일본 주도 11개국) 3GHz 이상의 지상 무선용으로만 분배된 주파수 대역에 대한 HAPS를 고정 및 이동업무용으로 활용하기 위한 공유조건과 규정연구를 위한 신규결의 채택 제안(한국 포함 12개국)

본 의제와 관련하여 결의 122의 48/47GHz 대역에서 연구기간 연장에는 대부분의 국가가 동의하였으나, 추가 주파수 분배에 대해서는 공유기준 연구가 선행, 완료되지 않았음을 이유로 들며 <표 1>과 같이 대다수의 국가가 반대하는 입장을 보였다. 그러나 HAPS의 고정 및 이동통신에서의 여러 가지 장점으로 인하여 그 활용도가 증대될 것으로 예상되어 타 주파수 대역에서의 추가 주파수 분배 검토 연구에 대해서는 중국을 제외한 대부분의 국가에서 긍정적인 반응을 보였다.

이러한 배경 하에 성층권 통신시스템의 공유기간 연장과 주파수 분배 및 검토와 관련해 최종 총회에 상정된 안은 아·태 지역 국가 연합(APT)이 작성한 기고서를 중심으로 Ka 대역의 신규결의 채택 요구만을 제외하고 <표 2>에 정리된 세 가지로 요약할 수 있다.

<표 2> 의제 1.5와 관련한 주요 안건

	주요 내용
제안 1	WRC-97에서 분배된 주파수 대역의 공유조건 연구 지속을 위한 연구기간 연장(2003년 WRC 까지)과 극심한 강우 감쇠로 인한 추가 주파수 대역(18~32GHz)에 대한 공유조건 연구 등을 포함한 결의서 122 수정
제안 2	대한민국을 제외하고 일본을 중심으로 아시아 11개국 국가만이 서명한 27.5~28.5GHz(하향), 31.0~31.3GHz(상향) 대역에서의 HAPS 활용을 위한 각주의 추가와 주파수 분배표 수정
제안 3	3GHz 이상의 지상 무선용으로만 분배된 주파수 대역에 대한 HAPS를 고정업무용과 이동업무용으로 활용하기 위한 공유조건 및 규정 연구를 위한 신규결의 채택

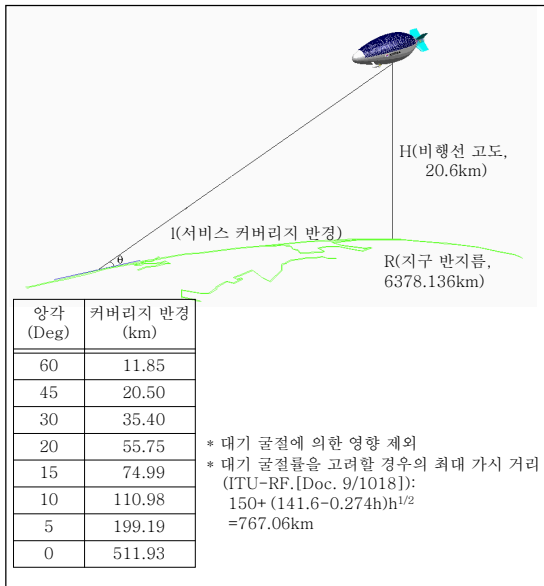
제안 1과 관련하여 47/48GHz에 대한 간섭경감 기법에 대한 연구가 아직까지 진행중이고 HAPS가 아직 실현되지 못한 시스템이므로 연구기간을 WRC-03까지 연장하지는 안에 대해 우리 나라를 비롯한 전세계 대부분의 참가 국가들이 찬성하였다. 또한 18~32GHz에 대한 HAPS 타당성 연구에 대해서도 일부 국가를 중심으로 위성 업무에 많이 사용되고 있는 18~20.2GHz 대역을 제외하지는 의견이 대두되었으나 기존 분배된 주파수에서 강우 감쇠 때문에

개발의 어려움이 많고 추가 주파수 분배가 아니라 공유 타당성 연구이므로 당초 제안과 같이 이 대역을 포함하여 타 업무와의 공유문제에 대한 연구를 선행하여 차기 WRC-03 회의에서 검토하는 조항을 결의 122에 추가하여 수정 채택하였다.

그러나 일본을 중심으로 제안된 제안 2는 우리나라를 비롯한 대다수의 국가가 타 업무와의 공유조건 등에 대한 연구가 끝나지 않은 상황에서 HAPS용으로 특정 주파수를 분배하기에는 시기적으로 너무 이르다라는 의견이 지배적이었으며, 이러한 배경 하에 특정 대역에서 사용되는 HAPS는 동 대역에서의 타 일차업무에 영향을 주어서는 안되고 타 일차업무로부터의 보호도 요구할 수도 없다는 비간섭·비보호 조항과 인접대역 서비스로의 비간섭 조항 등 강력한 제재 사항을 포함하여 국가 단위의 전파규칙(Radio Regulation) 각주(Footnote)로 채택되었다 [13].

이와 관련하여 보다 자세히 검토해 보면 제안된 상향 주파수 대역은 수동지구탐사업무(EESS)로 분배된 인접대역(31.3~31.8GHz)에 심각한 간섭을 일으킬 수 있으므로 공유조건 연구가 완료되는 2003년까지 31.0~31.15GHz의 대역만을 사용해야 한다는 규정이 추가되었으며, 하향의 경우는 원래 27.5~28.5GHz가 제안되었으나 28.35GHz 이후의 주파수가 범세계적인 위성 서비스로 분배된 것을 고려하여 하향 주파수 대역을 27.5~28.35GHz로 축소 조정하였다.

성층권 통신시스템은 (그림 2)에 도시된 바와 같이 양각에 따른 서비스 반경이 위성에 비해 매우 작아(양각 5°에서 약 200km) 서비스 반경을 자국에 한정시킬 수 있어 이웃국가에 주는 간섭의 영향을 최소화할 수 있다. 이러한 배경으로 성층권 통신시스템의 응용분야를 넓히기 위해 3GHz 이상의 지상 업무용으로 분배된 대역에서 성층권 통신시스템을 고정업무용과 이동업무용으로 활용하기 위한 타당성 연구가 제안 3과 같이 제시되었고, 대부분의 국가들이 성층권 통신시스템의 활용성 및 효용성에 공감하여 신규결의로 채택되었다.



(그림 2) 성층권 통신시스템 서비스 반경

이러한 WRC-2000에서의 의제 1.5와 관련된 회의 결과를 <표 3>에 요약·정리하였다.

나. IMT-2000 시스템에서 성층권 통신시스템 활용 방안(의제 1.6.1)

IMT-2000 HAPS 시스템은 고도 약 20km 상공

에 통신 중계기를 탑재한 무인 비행선을 지상의 기지국용으로 활용하기 위한 것으로 저궤도 혹은 정지궤도 위성시스템과는 달리 지상에 세워진 높은 탑위에 통신 중계기를 설치한 개념으로 볼 수 있다. 또한 비행선 한기당 약 1,000개 이상의 셀을 보유하도록 하여 수많은 지상 기지국을 대체할 수 있는 높은 경제성을 보유할 뿐만 아니라 가시경로 통신으로 인한 다중 경로 페이딩 효과를 배제할 수 있어 통신 품질을 향상시킬 수 있는 장점을 가지고 있으므로 IMT-2000을 효과적으로 실현할 새로운 기술로서 각광받을 것으로 예상된다. 이러한 이유로 2000년 5월 1일부터 5일까지 터키 이스탄불에서 열린 전파총회(Radiocommunication Assembly: RA) 회의에서 세계 각국의 지지 하에 IMT-2000 시스템의 지상 기지국용으로 HAPS를 활용할 수 있는 규정을 도출한 ITU 연구반 회의 결과를 권고문으로 채택하였고, 동 장소에서 개최된 WRC-2000 회의에서 아시아 국가 연합(APT), 유럽 국가 연합(CEPT), 미주 국가 연합(CITEL) 등을 중심으로 보다 강력한 조항인 결의서로의 채택을 제안하였으며, HAPS용으로 분배된 주파수 대역에서 타 일차 서비스와 동등 권한을 부여해야 된다는 미국의 제안과 타 일차 서비

<표 3> 의제 1.5와 관련된 회의 결과[12, 13, 15]

구분	주요 결과 내용	
전파규칙	S5.5SSS	<ul style="list-style-type: none"> 북한 및 일본을 중심으로 한 12개국에서 고정업무로 할당된 27.5~28.35GHz대역에 대해 국가 단위로 HAPS 사용 가능(HAPS to Ground) 타 일차업무에 간섭을 주어서도 안되고 타 일차업무로부터의 보호도 주장할 수 없음 24.75~29.9GHz 대역의 주파수 분배표 수정(고정업무에 S5.5SSS 추가)
	S5.5RRR	<ul style="list-style-type: none"> 북한 및 일본을 중심으로 한 12개국에서 고정업무로 할당된 31.0~31.3GHz 대역에 대해 국가 단위로 HAPS 사용 가능(Ground to HAPS) 타 일차업무에 간섭을 주어서도 안되고 타 일차업무로부터의 보호도 주장할 수 없음 인접대역(31.3~31.8GHz)에 할당된 수동 우주 업무에 간섭을 주지 말아야 하며 이를 위해 공유연구가 끝나는 차기 WRC-03까지 31.0~31.15GHz 대역만을 사용할 수 있음 29.9~34.2GHz 대역의 주파수 분배표 수정(고정업무에 S5.5RRR 추가)
결의	결의122수정	<ul style="list-style-type: none"> 규정 S5.5SSS, S5.5RRR에서 27.5~28.35GHz 대역 및 31.0~31.3GHz 대역에 대해 일부 국가들에게 비간섭, 비보호 조건 하에 HAPS 사용을 승인 48/47GHz 대역에서 타 업무와의 공유조건 및 간섭 분석에 대한 연구 계속 수행 ITU-R에서 48/47GHz 대역은 물론 18~32GHz 대역(특히 27.5~28.35GHz, 31.0~31.3GHz)에 대한 공유조건 및 간섭 분석에 대한 연구를 계속 수행하여 차기 WRC-03 회의에서 새로운 규정 및 추가 주파수 분배 문제를 논의
	결의 COM 5/14 추가	<ul style="list-style-type: none"> ITU-R에서는 3GHz 이상의 지상 무선용 주파수로 분배된 대역에 대해 HAPS를 고정 및 이동 업무용으로 활용하기 위한 기술 및 규정에 대한 연구를 수행하여 차기 WRC-03 회의에서 이의 타당성을 논의하기로 함
권고	없음	

스에 영향을 줄 수 없다라는 캐나다의 주장이 주요 이슈가 되었다. 또한 APT, 캐나다 및 쿠바를 중심으로 인접국가 국경선에서의 PFD 레벨에 대한 추가 연구의 필요성이 제시되었다.

이러한 논의를 바탕으로 WRC-2000 회의에서 최종 결정된 사항은 다음과 같다.

- ① HAPS를 IMT-2000 지상 기지국용으로 활용할 수 있다.
- ② HAPS 활용 가능 주파수 대역은 IMT-2000 지상용 분배 주파수 대역 중에서 유럽 및 아시아 지역(Region 1 & 3) 1885~1980MHz, 2010~2025MHz, 2110~2170MHz와 미주 지역(Region 2) 1885~1980MHz, 2110~2160MHz 이다.
- ③ 상기 주파수 대역에서 HAPS를 이용한 IMT-2000 서비스는 동 대역에 분배된 타 일차 서비스와 동등한 권한을 갖는다.
- ④ IMT-2000용 HAPS 기지국이 고도 약 20km 상공에 위치하고, 비교적 낮은 주파수 사용으로 주변 국가들로의 간섭을 배제할 수 없으므로 이에 대한 사전 조정의 필요성을 인정하여 인접국가와 간섭 레벨에 대해 사전에 상호조정 한다.
- ⑤ 엄격한 안테나 요구 규격을 설정하고, 위성 이동 서비스의 보호를 위한 대역의 PFD 레벨을 설정한다.
- ⑥ 잠정적인 PFD 제한 레벨을 설정하였으며, 이 임시 레벨의 적정성에 대한 연구를 ITU-R에서 지속적으로 수행하여 차기 WRC-03 회의에서 최종 결정하도록 한다.

IMT-2000 HAPS와 관련한 주요 회의 결과 내용은 <표 4>와 같다.

4. 국외 개발 기술 동향

가. 미국 SSI사

현재 미국에서는 성층권 통신시스템 방법으로 무인 비행선을 이용하는 방법과 유인 비행기를 이용하는 무선중계 방법을 제안 및 연구중이다[6]. 특히

<표 4> 의제 1.6.1과 관련된 회의 결과[14, 15]

구분	주요 결과 내용	
전과규칙	S5.5SSS	<ul style="list-style-type: none"> • 기존 IMT-2000 지상 주파수 대역 중에서 유럽 및 아시아 지역(Region 1 & 3) 1885~1980MHz, 2010~2025MHz, 2110~2170MHz, 미주 지역(Region 2) 1885~1980MHz, 2110~2160MHz 대역에 대해 HAPS를 IMT-2000 기지국으로 활용할 수 있음 • HAPS용으로 분배된 주파수 대역에서 타 일차 서비스와 동등 권한을 부여
결의	COM5/13 추가	<ul style="list-style-type: none"> • HAPS를 IMT-2000 기지국으로 활용 가능 • IMT-2000용 HAPS 기지국이 고도 약 20km 상공에 위치하고, 비교적 낮은 주파수 사용으로 주변 국가들로의 간섭을 배제할 수 없으므로 이에 대한 사전 조정의 필요성을 인정하여 인접국가와 간섭 레벨에 대해 사전에 상호조정 한다. • PFD 레벨에 관해 ITU-R에서 연구를 계속 수행하고 차기 WRC-03까지 현재 연구된 값을 잠정적으로 사용함 • 동일채널 내 인접국가의 IMT-2000 기지국에 대해서 <ul style="list-style-type: none"> - 121.5dBW/(m² · MHz) • 인접대역(2,025~2110MHz)의 고정 기지국에 대해서 <ul style="list-style-type: none"> - 165dBW/(m² · MHz), $\theta \leq 5^\circ$ - 165 + 1.75($\theta - 5$)dBW/(m² · MHz), $5^\circ < \theta \leq 25^\circ$ - 130dBW/(m² · MHz), $25^\circ < \theta \leq 90^\circ$ • HAPS용 안테나 빔패턴 정의 및 위성 서비스 보호를 위한 대역의 PFD 레벨을 -165 dBW/(m² · 4kHz)로 설정
권고	없음	

SSI사는 무인 비행선을 이용하여 세계 최초의 성층권 통신시스템인 STS(Stratospheric Telecommunication Service)의 상용화에 박차를 가하고 있다. 과거에 성층권에서 열기구를 이용한 과학실험(HABE, STRATEOLE 등)은 수차례 시도되었지만, 상업용 서비스를 목표로 연구 개발하는 경우는 STS가 처음이다.

SSI사는 2002년부터 성층권 비행선의 발사를 시작으로 2005년까지 전세계 상용 서비스를 목표로 하고 있다. 이를 위해 약 250기의 비행선을 통신 수요가 많은 전세계 주요 도시 상공에 제공시킬 계획으로 이탈리아 Alenia사, 프랑스 Thomson사, 미국

United Solar Systems Corp.사, Lockheed Martin 사 등이 참여하는 다국적 기업의 형태로 사업을 추진하고 있다<표 5>. SSI에서 구상중인 성층권 통신 시스템은 고도 21km에서 길이가 약 208m인 비행선을 채공시켜 음성, 데이터, 멀티미디어 서비스를 제공하려고 계획하고 있으며 비행선에 관한 파라미터를 <표 6>에 요약하였다.

<표 5> 미국 SSI사 HAPS 개발 협력 기관

기관	역할
미국, LMGT(Lockheed Martin Global Telecommunications)	end-to-end 시스템 제작
이탈리아, Alenia Spazio/Finmeccanica	페이로드 개발 (주 계약자)
독일, Dornier Satellitensysteme GmbH	전력 서브시스템 개발
영국, Airship Technologies Services Ltd.	비행선 제작
프랑스, Thomson-CSF Communications	관문국 및 페이로드 (부계약자) 제작
미국, United Solar Systems Corp.	태양전지 공급

<표 6> 미국 SSI사의 성층권 비행선 제원

파라미터	규격
길이	208m
직경	55m
체적	326,000m ³
활용 기체	헬륨
압력	103% ambient
수명	5~10년
페이로드 무게	1톤 이상
페이로드 전력	25kW

또한 성층권 통신 서비스 계획은 통신 수요 전망, 시장성 등을 고려하여 통신 인프라가 발전되어 있는 미국 및 선진국을 중심으로 하는 광대역 통신 서비스와 선진국에 비해 상대적으로 통신 기반 구축이 미비한 개발도상국가를 대상으로 하는 WLL(Wireless Local Loop) 통신 서비스 두 가지로 구분하여 구축을 추진하고 있다.

각 비행선당 수용 가능한 가입자 수는 약 백만 명

정도로 예상하고 있고, 광대역 중계기를 탑재한 비행선은 도시 지역 상공에서 직경 154km(양각 15도)의 서비스 지역에 대해 양방향, 광대역 디지털 통신 서비스를 제공하게 될 것이다. 그리고 WLL 중계기를 탑재한 비행선은 직경 약 400km의 지역에 대해 기본적인 음성 서비스 및 데이터 서비스를 제공하게 될 것이다. 48/47GHz 대역에서 각 서비스 지역당 HAPS 및 지상 시스템의 전송 파라미터를 <표 7> 및 <표 8>에 나타내었다.

<표 7> 성층권 비행선 탑재시스템 전송 파라미터

서비스 영역	전송전력(dBW)	안테나 이득(dBi)
도심지역	1.3	30
교외지역	1.3	30
전원지역	3.5	41
관문국(도심지역)	0	35
관문국(교외지역)	9.7	38

<표 8> 지상 단말/터미널 전송 파라미터

서비스 영역	전송전력(dBW)	안테나 이득(dBi)
도심지역	-8.2	23
교외지역	-7	38
전원지역	-1.5	38
관문국(도심지역)	1.7	46
관문국(교외지역)	13.4	46

특히 WRC-2000에서 HAPS의 IMT-2000 시스템 기지국으로 활용할 수 있다는 안이 결의됨에 따라 미국 SSI사에서는 IMT-2000 지상 기지국 대체용으로 통신 중계기를 탑재한 성층권 무인 비행선을 개발하여 임대하는 사업의 추진을 위해 약 \$50M의 예산을 들여 2000년 말경 중형급(130m)의 비행선을 개발하여 대기권 위(약 17km 상공)에서 시험, 비행할 예정이다. <표 9>는 미국 SSI사에서 제안된 IMT-2000 시스템의 비행선당 용량(capacity)을 보여준다.

나. 일본 우정성

일본에서는 1996년 12월 우정성 주최의 ‘성층권

<표 9> 미국 SSI사의 IMT-2000 HAPS 시스템의 용량(비행선 1기당)

항 목	내 용
전송방식	WCDMA
대역폭	상·하향 각각 5MHz
셀 수	700
동시 음성 채널 수	414,000
0.1Erlang에서의 가입자 수	4,140,000
서비스 영역	반경 500km까지

무선중계시스템의 실용화를 향한 조사연구회'를 개최하였다. 이후 이를 바탕으로 2002년 실용화를 목표로 성층권 Platform 개발 협의회를 조직하여 Sky-Net이라 명명하는 저비용, 고효율, 광대역 성층권 통신시스템 구축을 위해 우정성, 과기청, 연구소, 기업체 등이 참여하여 연구 개발을 추진하고 있으며, 1999년에는 뉴밀레니엄 프로젝트로 선정되어 국가의 막대한 자본력이 투입되고 있다. 이에 일본에서는 기존에 분배된 48/47GHz 대역이 강우 및 자유공간 감쇠가 심함에 따라 Ka 대역 및 기타 대역의 주파수 분배를 강력히 요청하였고 WRC-2000 회의에서 비보호, 비간섭의 악조건으로 27/31GHz 대역이 추가로 할당됨에 따라 상용기 개발에 박차를 가할 것으로 예상된다.

성층권 무선중계시스템의 비행체로 제안된 모델 비행선은 전장 245m, 총 무게는 32.4ton에 이르며 이 중 1ton의 payload를 탑재하여 성층권에 2~3년간 장기 체공할 수 있는 것으로 알려져 있다.

일본의 성층권 시스템 제공 서비스 분야는 크게 통신 방송 분야와 지구 관측 분야로 구분된다. 우정성 산하의 CRL(Communication Research Laboratory)과 TAO(Telecommunications Advancement Organization)에서 담당하고 있는 통신 방송 서비스는 통신 신호 중계를 위한 탑재체가 위성보다 근거리에 위치한다는 점과 30/20GHz 또는 47/48GHz의 고주파수 대역을 사용하는 장점을 최대한 활용하여 고정통신, 이동통신 및 방송시스템의 다양한 분야에 대해 서비스를 제공할 계획이다.

또한 ESTO(Earth Science and Technology Or-

ganization)가 맡고 있는 지구 관측 분야에서는 특정 지역에 대한 연속적이고 집중적인 관측과 고정밀의 데이터 취득 및 다수의 비행선을 이용한 광범위의 관측과 같은 특성을 활용하여 육상, 해양, 성층권의 대기를 관측함으로써 지구 환경의 변동 예측에 기여하거나 특정 지역에 대한 연속적인 관측을 수행함으로써 농림어업, 교통, 운수 등 산업적 측면에서의 응용과 재해 발생시 대책 마련에 기여하는 등 여러 가지 분야로 활용할 계획이다.

일본의 성층권 통신시스템 연구팀은 이상의 서비스를 일본 전역에 제공하기 위해서는 사용 주파수 대역, 제공 서비스 및 최소 요구 양각 등에 의해 달라지지만 최소한 15기 이상의 비행선이 필요로 할 것이라 예상하고 있다.

다. 유럽의 ESA

1995년 6월 ESA 내부에서 정식으로 HALE(High Altitude Long Endurance)라 명명하는 성층권 통신시스템의 개발을 승인함으로써 유럽의 성층권 통신시스템 개발이 본격화되기 시작하였다[7]. 그 뒤 비행선 및 통신 탑재체에 대한 연구가 ESA 관련 국가들을 중심으로 활발하게 진행되어 1999년 9월에 Phase 1 개발 타당성 관련 연구를 종료하고, 비행선 개념설계를 통해 실상용화 모델로 제시하였다.

Phase 1 연구 결과로 얻은 비행선의 규모는 총 길이 232m, 직경 58m, 무게 30ton이고, 부력을 얻기 위해 헬륨가스를 사용하며, 후미의 반경 약 15m급의 프로펠러를 이용하여 방향조정 및 이동에 사용한다. 또한 비행선에 요구되는 전력을 얻기 위해 태양 전지와 연료전지 사용을 계획하고 있으며, 임무 수행을 위한 탑재체의 무게 및 요구 전력을 각각 1ton, 10kW 정도로 예상하고 있다.

지상에서 약 21km의 고도를 유지하며 비행선당 서비스 영역은 반경 약 643.5km이고, 5~10년의 비행선 수명을 예상하고 있다. 비행선의 통신 처리 용량은 한 개의 비행선이 10만 회선의 전화를 처리할 수 있도록 하여 두 개의 비행선만으로 영국 전역에 대해 전화 서비스를 제공할 예정이다.

라. 미국의 Angel Technologies사

무인 비행선을 이용한 성층권 통신시스템과 달리 Angel Technologies사는 음성, 텍스트, 데이터, 화상 및 비디오를 통합한 멀티미디어 서비스를 제공할 목적으로 고도 15.8~18.3km에서 직경 8~12.9km의 원궤도상으로 회전하는 유인 HALO(High Altitude Long Operation) 비행기를 하루에 세 대씩(대당 8시간 운용) 사용하여 고용량 무선 초대형 도시 지역 광대역 무선통신망을 구축할 계획이다[8].

또한 HALO 시스템은 비행기당 서비스 커버리지를 직경 약 64~96km로 설정하고, 사용 주파수 대역은 28GHz 대역(LMDS 주파수 대역: Local Multipoint Distribution Service)과 38GHz 대역을 고려하고 있으며, 데이터 전송률은 일반 가입자(Consumer) 서비스의 경우 1~5Mbps, 사업자(Business) 서비스의 경우 5~12.5Mbps, 관문국(Gateway) 서비스의 경우는 25~155Mbps를 제공할 예정이다.

HALO 시스템의 주요 특징으로는 1) 어디서나 가능한 멀티미디어 서비스 제공, 2) end user 환경에 적응, 3) 광범위하게 향상된 사용자 연결도, 4) 적기에 빠르게 배치 가능, 5) 안전하고 신뢰할 수 있는 정보 처리, 6) 주문형으로 유효 스펙트럼의 효율적 사용 등을 들 수 있다.

이러한 특징으로 가입자들은 주문형의 서비스에 접속할 수 있고 비디오, 고해상 화상 및 대용량 데이터 파일을 주고 받을 수 있으며, 비가입자나 HALO 서비스 지역 외부의 사용자와의 정보교환은 공중망과 연결된 전용 HALO 관문국을 통하여 이루어질 수 있다.

이와 같은 방식으로 인터넷 서비스 사업자(Internet Service Provider: ISP)와 같은 Capacity 판매자는 소비자나 회사와 직접 상거래를 가질 수 있게 되고, HALO 시스템의 서비스 가입 대상자로는 일반 소비자, 영화 오락사, 정부 기관 및 단체, 교육 기관, 병원 및 의료 사업자, 경찰 및 구급대, 전화 회사, ISP, 정보 사업자 및 방송사 등 매우 다양한 계층을 포함한다.

마. 미국의 NASA(National Aeronautics and Space Administration)

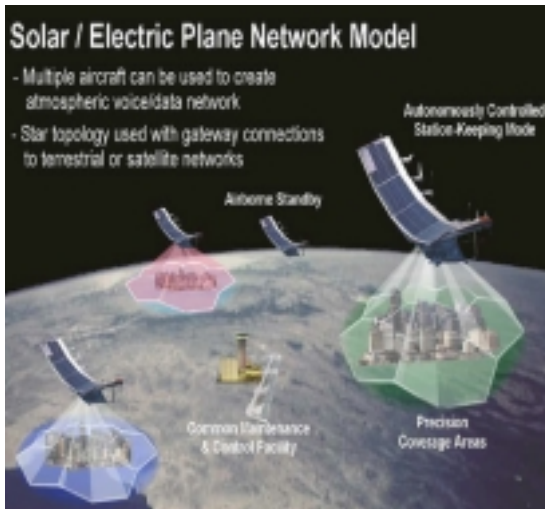
미국 Aerovironment사는 1997년부터 미국 NASA의 ERAST(Environment Research Aircraft and Sensor Technology) 프로그램에 활용된 고고도 비행체(High-Altitude Solar Airplane Program)로 NEO(Near Earth Orbit) 위성을 대체할 수 있는 통신 서비스 제공을 2003년경 실시할 계획이다[9].

헬리오스(Helios)라고 명명된 이 무인 비행체는 고도 50,000에서 70,000피트(15~21km) 상공에서 약 76.8m 길이의 날개와 태양전지 및 연료전지를 이용하여 6개월간 체공할 수 있다. 탑재될 페이로드의 무게 및 전력은 100kg 및 1kW로 LEO(Low Earth Orbit) 위성과 비슷하지만 고도가 낮아 저전력 송수신 및 스펙트럼 효율성, 주파수 재사용 측면에서 장점을 가진 것으로 알려져 있다<표 10>.

<표 10> 헬리오스 무인 비행체 제원

파라미터	헬리오스 제원
고도	50,000~70,000ft
체공시간	6개월
날개 길이	256ft(76.8m)
비행체 길이	12ft(3.6m)
무게(empty weight)	약 1,600lbs(727kg)
페이로드 무게	220lbs(100kg)
페이로드 전력	1kW
비행체 전력	Bi-facial solar cells 최대 출력 약 42kW PEM 연료 cell 8kW
모터	8 brushless DC electric motor 1.5kW(2hp) each
비행체 속도	약 17~21mph(15~18knots)
재질	Carbon fiber and graphite epoxy composite structure, Styrofoam leading edge, plastic film covering

헬리오스는 직경 300마일 영역에 서비스를 제공할 수 있으며 광대역 데이터 전송, 이동전화, WLL, 인터넷, 페이징(paging), 화상회의, 직접방송 및 오디오, 위성링크 등의 서비스 제공을 목표로 추진하고 있다(그림 3).



(그림 3) 헬리오스 네트워크 개념도

2001년에는 태양전지를 장착하여 고도 100,000 피트 상공에 도달, 유지하는 Centurion 임무의 주요 기술 요구조건에 초점을 두고 2003년경 50,000피트 상공에서 선택 영역에 대한 통신 서비스를 시작할 예정이다.

III. 기대효과 및 향후 계획

18~32GHz 대역과 3GHz 이상의 지상 무선용으로 분배된 주파수 대역에서의 성층권 통신시스템 활용 타당성 및 타 시스템과의 공유 문제에 관한 연구를 지속하자는 안과 IMT-2000 대역에서 HAPS를 지상기지국 대용으로 사용하자는 안이 통과됨에 따라 기존 분배된 47/48GHz에서 강우 감쇠 문제 등으로 인하여 본격 개발에 어려움을 겪고 있었던 대다수의 개발 국가들이 성층권 통신시스템 본격 개발에 박차를 가할 것으로 예상된다. 특히 미국 SSI 사에서는 성층권 통신시스템을 이용한 고정 및 이동 통신 서비스 사업 추진을 위해 약 \$50M의 예산을 들여 2000년 말경 130m급의 시험용 비행선을 개발하여 대기권 위(약 17km 상공)에서 시험 비행할 예정이고, 일본의 경우 비간섭·비보호의 약조건이지만 27/31GHz 대역을 새롭게 할당받아 이에 대한 개발을 가속화할 전망이다.

2000년대에는 초고속 멀티미디어 서비스에 대한 수요 증가와 기 사용 주파수 대역에서의 가입자 포화 상태를 극복하고, 저비용 및 고성능의 이동통신 서비스를 제공하기 위해 고기능, 고품질의 차세대 초고속 정보통신 인프라 구축을 위한 연구 개발이 필요할 것이다.

HAPS와 관련하여 ITU 등의 국제기관에서 주파수의 추가분배 및 설비 표준화가 진행될 것에 대비하여 적절한 대응이 요구되며, HAPS 시스템의 국내 개발에 성공할 경우 관련 기기의 수입대체 효과와 수조 원에 달하는 막대한 규모의 국내시장 창출효과 및 국제 시장에서의 기술주도와 가격 경쟁력 확보뿐만 아니라 선진국으로의 기술 수출도 가능할 것으로 전망된다. 또한 통신, 방송 서비스 기능 외에 부가기능(전과/기상/환경/교통/국토/해상종합관측 및 감시 체계)의 활용으로 국가적인 정보통신 인프라로서의 역할이 기대되며, 통일 이후 북한 지역의 통신 인프라 구축시 가장 신속하고 효율적인 망 구축 수단이 될 것이다. 타 시스템에 비해 비교 우위를 갖는 HAPS 시스템은 경제성 및 활용도가 매우 높고, 미래에서의 새로운 미디어로서 각광받을 것으로 예상되므로 세계 각국의 개발 추이를 예의 주시할 필요가 있으며, 우리 나라에서도 지속적으로 연구를 진행하여 이에 대비할 필요성이 있을 것으로 관측된다.

참고 문헌

- [1] 한국전자통신연구원, "성층권 통신시스템 사업 추진계획안," 보고서, 1998. 12.
- [2] M. Piccinni, "Skystation Stratospheric Telecommunication System-payload Description," 3rd Ka-Band Utilization Conference, 1997, pp. 49 - 56.
- [3] Y. Hase, R. Miura and S. Ohmori, "A Novel Broadband All-Wireless Access Network Using Stratospheric Platforms," AIAA, 1998.
- [4] Angels Aircraft-Based HALO Joins Broadband Race, Space News, Sep. 1997.
- [5] 강자영, 공남수, 염찬홍, 황창진, "성층권 비행선에 의한 무선중계시스템 개념분석," 위성통신과 우주산업, 제6권 2호, 1998. 6.

- [6] <http://www.skystation.com>
- [7] <http://www.estec.esa.nl/halewww/www/hale.htm>
- [8] <http://www.broadband.com>
- [9] <http://www.aerovironment.com>
- [10] Seong-Pal Lee, "R&D Status of Stratospheric Communication System in Korea," The First Stratospheric Platform Systems Workshop, YRP., Japan, 1999, pp. 61 - 67.
- [11] Do-Seob Ahn Bon-Jun Ku, Dong-Cheol Baek and Kwang -Ryang Park, Seong-Pal Lee, "Conceptual Design of the Stratospheric Communication System for Korea," The 2nd Int'l Symp. on Wireless Personal Multimedia Communications 1999, Amsterdam, The Netherlands, p. 74.
- [12] ITU-R Resolution 122, "Use of the Bands 47.2~47.5GHz and 47.9~48.2GHz by High Altitude Platform 5GHz and 47.9~48.2GHz by High Altitude Platform Stations(HAPS) in the Fixed Service and by Other Services and the Potential Use of Bands in the Range 18~32GHz by HAPS in the Fixed Service," ITU, 2000.
- [13] ITU-R Resolution [COM5/14], "Feasibility of Use by High Altitude Platform Stations in the Fixed and Mobile Services in the Frequency Bands Above 3GHz Allocated Exclusively for Terrestrial Radio-communications," ITU, 2000.
- [14] ITU-R Resolution [COM5/13], "Use of High Altitude Platform Stations Providing IMT-2000 in the Bands 1885~1980MHz, 2010~2025MHz and 2110~2170MHz in Region 1 and 3 and 1885~1980MHz and 2110~2160MHz in Region 2," ITU, 2000.
- [15] ITU-R Articles 05, Frequency Allocations, ITU, 2000.