

主題

성층권통신시스템(HAPS) 국제 표준화 동향

한국전자통신연구원 안도섭, 구분준, 백동철

차 례

- I. 서 론
- II. WRC-2000 회의 결과
- III. 향후 전망

I. 서 론

1. 성층권통신시스템 개요

현재의 무선통신 시스템은 1890년대의 지상 송전 탐 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 통신 시스템의 개발이 요구되고 있다. 이에 대한 대안으로 미국, 일본, 유럽 등 통신 선진국을 중심으로 성층권에 통신중계기를 탑재한 비행선을 채공시켜 고속의 무선 통신 인프라를 구축하려는 방안이 활발히 추진중이다.

성층권통신시스템(HAPS : High Altitude Platform Station)은 그림 1에 도시된 바와 같이 고도 20~50 km 정도의 성층권에 무인비행선을 채

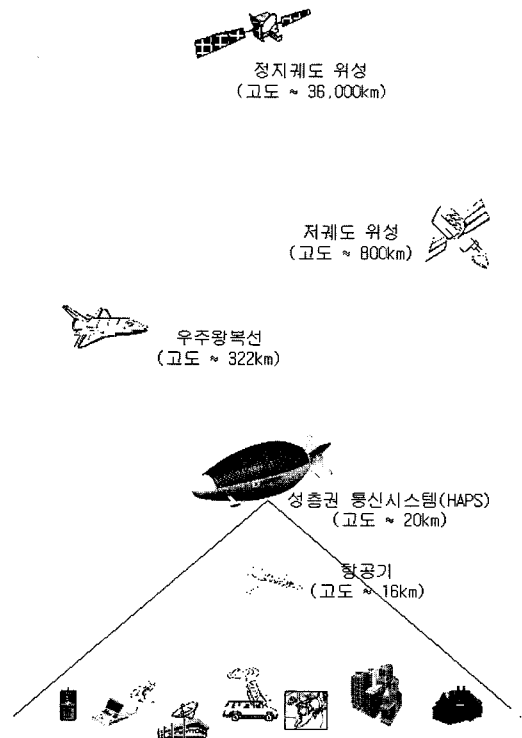


그림 1. 성층권통신시스템 개요도

공시켜 통신/방송 서비스 및 원격탐사, 전파감시 등의 각종 무선 응용 서비스 제공을 목적으로 하는 시스템이다.

비행선이 체공하게 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 환경 오염 방지를 위해 연소에 의한 추진이 금지되어 있다. 성층권 비행선은 전장 약 150~250 m 정도의 크기로 약 1 ton의 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 무선중계 시스템은 광역성, 동보성, 망 구성의 유연성, 광대역성 등 위성 통신의 장점을 보유하고 하면서 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 표 1에 정리된 바

표 1. 성층권통신시스템의 주요 특징

주요 특징	타 통신망과의 비교 검토
저비용 서비스의 실현	<ul style="list-style-type: none"> ▷ 시스템 비용이 정지궤도 위성과 비교하여 1/4~1/10에 불과함. ▷ 2~3년마다 성층권 비행선을 하강시켜 수리, 연료 보급 등의 유지 보수가 용이하므로 LEO 위성(5~7)년에 비교하여 수명이 김. ▷ 특히 한반도 지역과 같이 서비스 범위가 적은 경우에 더욱 효율적임. ▷ 지상 방식과 비교시에도 높은 경쟁력을 가짐. <ul style="list-style-type: none"> - 가입자당 시설비: \$60 (셀룰라전화: \$1000, Wire-line: \$830, WLL: \$680) - 비디오 전화, 64kbps급 사용료: \$0.04/분(약 55원) (PCS 음성전화:약180원/분, GMPCS 음성전화:약1,400~4,200원/분)
고속 통신 서비스 가능	<ul style="list-style-type: none"> ▷ Ka 밴드 또는 밀리미터파대의 넓은 주파수 대역 사용으로 고속 통신 서비스가 가능함. ▷ 사용 주파수 대역폭이 좁은 기존의 LEO 위성 또는 지상 이동망에서는 화상 전화, 멀티미디어 통신이 어려우나 성층권 중계 시스템에서는 초고속 멀티미디어 통신까지 가능함.
휴대 통신 기능 (낮은 경로손실)	<ul style="list-style-type: none"> ▷ 정지궤도 위성에 비교할 때, 전송손실이 약 1/300만으로 감소되고 저궤도 위성과 비교할 때 전송손실이 1/1600로 감소되어 그만큼 단말기 소형화가 가능하고 지상방식 수준의 저전력(약 100mw급) 휴대통신이 가능함.
광역성	<ul style="list-style-type: none"> ▷ 직경 70 km(양각 30도)에서 직경 500 km(양각 5도)의 범위까지 광역 통신이 가능함. ▷ 서비스 영역 설정에 융통성이 높고, 이동이 가능하여, 재설정이 자유로움. ▷ 도심과 저밀도 인구 지역 등 인구 밀도에 따라 양각과 서비스 지역의 크기를 효율적으로 설정할 수 있음.
짧은 전송 지연 특성	<ul style="list-style-type: none"> ▷ 정지궤도 위성 통신에서는 쌍방향 통신지 지연시간(240~270ms)이 문제가 되나, 성층권 무선 중계 시스템은 0.3ms에 불과함.
대용량의 회선 공급 (대규모 가입자 수용)	<ul style="list-style-type: none"> ▷ 매우 작은 서비스 셀(직경 약 5~20km)개념의 도입으로 주파수 재사용효과를 극대화하여 전송채널용량을 크게 증대시켜 대규모 가입자의 수용이 가능함.

와 같이 저비용 서비스의 실현, 고속 서비스 제공, 휴대 단말 통신 가능, 광역성, 짧은 전송 지연, 대용량 회선 공급 가능 등의 장점을 보유하고 있다.

현재 성층권통신시스템의 개발에는 우리 나라(한국전자통신연구원 주관)를 비롯하여 미국 SSI사, 일본 우정성, 유럽 ESA 등에서 활발히 진행되고 있고, 특히 일본의 경우 성층권통신시스템을 연간 약 50조원 규모의 시장으로 인식하고, 2003년 실용화 목표로 범국가적인 프로젝트로 추진 중에 있다.

2. 성층권통신시스템 관련 WRC-2000 주요 의제

세계전파통신회의(WRC : World Radiocommunication Conference)는 국제 표준화 및 기술기준에 대한 각국의 입장을 발표하고 의견을 수렴하여 전파 규칙의 개정, 전파통신의 세계 표준 및 기술 기준 작성을 목적으로 하는 국제전기통신연합(ITU : International Telecommunication Union)의 최고의결 회의이다. 특히 WRC-97회의에서는 성층권통신시스템의 운용에 대한 규정을 정하고 47.2~47.5 GHz, 47.9~48.2 GHz 대역을 성층권통신시스템용으로 분배함으로써 성층권통신시스템 구현이 가시화 되기 시작했다. 이후 ITU

Study Group에서는 이 대역에서 지상업무와의 공유방안과 강우 감쇠 경감기법에 대해 지속적으로 연구해왔으며 이의 연구 결과를 바탕으로 2000년 WRC에서는 47/48 GHz 대역에 대한 공유조건 연구기간 연장 및 18~32 GHz 대역과 3 GHz 이상의 지상 무선용으로 분배된 주파수 대역에서의 성층권통신시스템의 활용 타당성 및 타 시스템과의 공유 문제를 ITU-R 연구반에서 지속적으로 연구하자는 안이 논의되었다.

성층권통신시스템의 또 다른 활용방안으로 비행선에 중계기를 탑재하여 IMT-2000 시스템의 지상기지국용으로 활용하자는 안이 미국, 호주, 유럽을 중심으로 제안되었다. IMT-2000에 HAPS를 활용할 경우 지상기지국의 임대비용이 없고 가지거리 확보가 용이하여 새롭게 이동통신망을 구현하려고 하는 국가들에게 큰 관심을 불러 일으켰다.

II. WRC-2000 회의 결과

1. 성층권통신시스템 주파수 분배 문제(의제 1.5)

금번 WRC-2000에서 성층권통신시스템의 주파

표 2. 의제 1.5와 관련된 주요 안건

	주요 내용
제안 1	WRC-97에서 분배된 주파수 대역의 공유 조건 연구 지속을 위한 연구 기간 연장(2003년 WRC까지)과 극심한 강우 감쇠로 인한 추가 주파수 대역(18~32GHz)에 대한 공유 조건 연구 등을 포함한 결의서122를 수정을 요구함.
제안 2	대한민국을 제외하고 일본을 중심으로 아시아 12개국 국가만이 서명한 27.5~28.35GHz(하향), 31.0~31.3GHz(상향) 대역에서의 HAPS 활용을 위한 각주(S5.5SSS, S5.5RRR)의 추가와 주파수 분배표 수정을 요구함.
제안 3	3GHz 이상의 지상 무선용으로만 분배된 주파수 대역에 대한 HAPS를 고정업무용과 이동업무용으로 활용하기 위한 공유조건 및 규정 연구를 위한 신규 결의안 COM5/14를 채택을 요구함.

수 분배와 관련해 최종 총회에 상정된 안은 아·태 지역 국가 연합(APT)이 작성한 기고서를 중심으로 표 2에 정리된 세 가지로 요약할 수 있다.

제안 1과 관련하여 47/48 GHz에 대한 간섭 경감 기법에 대한 연구가 아직까지 진행중이고 성층권 통신시스템이 아직 실현되지 못한 시스템이므로 연구기간을 WRC-03까지 연장하자는 안에 대해 우리나라를 비롯한 전세계 대부분의 참가 국가들이 찬성하였다. 또한 18~32 GHz에 대한 성층권통신시스템 타당성 연구에 대해서도 기존 분배된 주파수에서 강우감쇠 때문에 개발의 어려움이 많으므로 추가 주파수 분배에는 공감하면서도 Ka 대역의 경우 타 업무에 많은 주파수가 할당되어 있으므로 이 주파수 대역에서 타 업무와의 공유문제에 대한 연구를 선행하여 차기 WRC-03 회의에서 논의하기로 합의하였다.

그러나 일본을 중심으로 제안된 제안 2는 우리나라를 비롯한 대다수의 국가가 타업무와의 공유조건 등에 대한 연구가 끝나지 않은 상황에서 성층권통신시스템용으로 특정주파수를 분배하기에는 시기적으로 너무 이르다라는 의견이 지배적이었으며, 이러한

배경하에 동 대역에서 사용되는 성층권통신시스템은 타 업무에 영향을 주어서는 안되고 타업무로부터의 보호도 요구할 수도 없다는 비간섭·비보호 조항과 인접대역 서비스로의 비간섭 조항 등 강력한 제제 사항을 포함하여 국가 단위의 전파규칙(Radio Regulation) 각주(Footnote)로 채택되었다 (S 5.5SSS, S5.5RRR). 이와 관련하여 보다 자세히 검토해 보면 제안된 상향 주파수 대역은 수동지구탐사업무(EESS)로 분배된 인접대역(31.3~31.8 GHz)에 심각한 간섭을 일으킬 수 있으므로 공유조건 연구가 완료되는 2003년까지 31.0~31.15 GHz의 대역만을 사용해야 한다는 규정이 추가되었으며, 하향의 경우는 원래 27.5~28.5 GHz가 제안되었으나 28.35 GHz 이후의 주파수가 전역위성서비스로 사용될 예정이므로 간섭을 고려하여 하향 주파수 대역을 27.5~28.35 GHz로 축소 조정하였으며, 상향과 마찬가지로 국가별로 300 MHz 대역폭만을 사용하는 것으로 합의되었다.

성층권 통신시스템은 그림 2에 도시된 바와 같이 양각에 따른 서비스 반경이 위성에 비해 매우 작아 (양각 5° 에서 약 200 km) 서비스 반경을 자국에

양각 (Deg)	커버리지 반경 (km)
60	11.85
45	20.50
30	35.40
20	55.75
15	74.99
10	110.98
5	199.19
0	511.93

* 대기 굴절에 의한 영향 제외
 * 대기 굴절률을 고려할 경우의 최대 가시 거리 (ITU-R F.[Doc. 9/1018]) :
 $150 + (141.6 - 0.274 h) h^{1/2}$
 $= 767.06 \text{ km}$

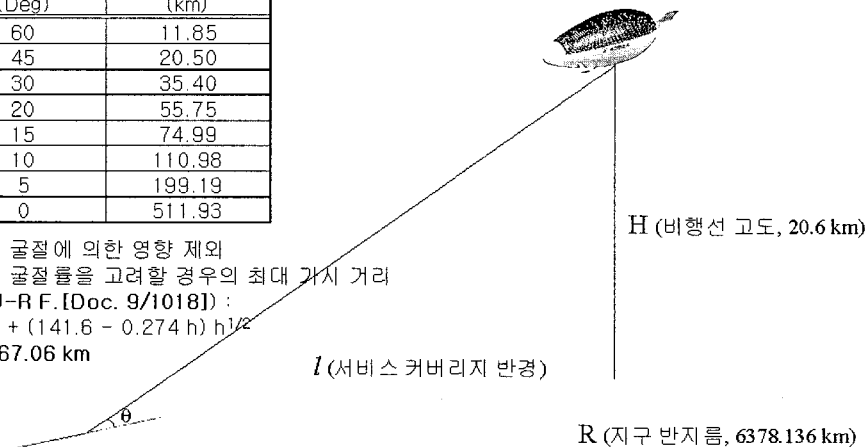


그림 2. 양각에 따른 성층권통신시스템 서비스 반경

한정시킬 수 있어 이웃국가에 주는 간섭의 영향을 최소화할 수 있다. 이러한 배경으로 성층권통신시스템의 응용분야를 넓히기 위해 3 GHz 이상의 지상무선업무용으로 분배된 대역에서 성층권통신시스템을 고정업무용과 이동업무용으로 활용하기 위한 타당성 연구가 제안 3과 같이 제시되었고, 대부분의 국가들이 성층권통신시스템의 활용성 및 효율성에 공감하여 신규 결의로 채택되었다.

2. IMT-2000 시스템에서 성층권통신시스템 활용 방안 (의제 1.6.1)

IMT-2000 HAPS 시스템은 고도 약 20km 상공에 통신 중계기를 탑재한 무인 비행선을 지상의 기지국용으로 활용하기 위한 것으로 저궤도 혹은 정지궤도 위성 시스템과는 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 RA(Radio Assembly)회의에서 세계 각국의 지지

하에 IMT-2000 시스템의 지상 기지국용으로 성층권통신시스템을 활용할 수 있는 규정을 도출한 ITU 연구반 회의 결과를 권고문으로 채택하였으며, 동 장소에서 개최된 WRC -2000 회의에서 아시아 국가 연합(APT), 유럽 국가 연합(CEPT), 미주 국가 연합(CITEL) 등을 중심으로 보다 강력한 조항인 결의서로 채택하였다.

주요 결정 사항으로는 ① HAPS를 기존 IMT-2000 대역 중에서 (유럽 및 아시아 지역 : 1885-2025 MHz, 2010-2025MHz, 2110-2170MHz, 미주 지역 : 1885-1980MHz, 2110-2160 MHz) 기지국으로 사용할 수 있도록 하는 결의안 COM5/13을 승인하였고, ② 기존 IMT -2000 대역인 1710-2170 MHz 대역의 주파수 배정표에 상기 내용을 각주 S5.BBB로 추가하였다.

또한 IMT-2000 HAPS는 기지국이 고도 약 20 km 상공에 위치하고, 비교적 낮은 주파수 사용으로 주변 국가들로의 간섭을 배제할 수 없으므로 이의 사전 조정이 필요하다. 이에 WRC-2000 회의에서는 인접 국가와 간섭 레벨에 대한 상호조정을 사전에 하도록 결의하였고 잠정적인 PFD(Power Flux Density) 제한 레벨을 표 3과 같이 설정하였으며, 이 임시 레벨의 적정성에 대한 연구를 ITU-R에서 지속적으로 수행하여 차기 WRC-03 회의에서 최종 결정하도록 하는 결의서(Resolution COM 5/13)를 채택하였다.

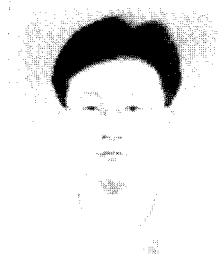
표 3. IMT-2000 HAPS 사용시 잠정 PFD 제한값

	PFD 제한 레벨
동일채널내 인접국가의 IMT-2000 기지국에 대해	- 121.5 dB ($W/(m^2 \cdot MHz)$) 이하
인접대역 (2,025~2110 MHz)의 고정 기지국에 대해	- 165 dB ($W/(m^2 \cdot MHz)$) $\theta \leq 5^\circ$ - 165 + 1.75($\theta - 5$) dB ($W/(m^2 \cdot MHz)$) $5^\circ < \theta \leq 25^\circ$ - 130 dB ($W/(m^2 \cdot MHz)$) $25^\circ < \theta \leq 90^\circ$

Ⅲ. 향후 전망

18~32 GHz 대역과 3 GHz 이상의 지상 무선 용으로 분배된 주파수 대역에서의 성층권통신시스템 활용 타당성 및 타 시스템과의 공유 문제에 관한 연구를 지속하지는 안과 IMT-2000 대역에서 HAPS를 지상기지국 대용으로 사용하지는 안이 통과됨에 따라 기존 분배된 47/48 GHz에서 강우감쇠 문제 등으로 인하여 본격 개발에 어려움을 겪고 있었던 대다수의 개발 국가들이 성층권통신시스템 본격 개발에 박차를 가할 것으로 예상된다. 특히 미국 SSI사에서는 성층권통신시스템을 이용한 고정 및 이동통신 서비스 사업 추진을 위해 약 \$50M의 예산을 들여 2000년말경 130m급의 시험용 비행선을 개발하여 대기권 위(약 17km상공)에서 시험 비행할 예정이고, 일본의 경우 비간섭·비보호의 악조건이지만 27/31 GHz 대역을 새롭게 할당받아 이에 대한 개발을 가속화 할 전망이다.

향후 통신/방송, 원격탐사 등의 분야에서 타 시스템에 비해 비교 우위를 갖는 성층권통신시스템이 개발될 경우 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. 또한 성층권통신시스템 기술은 선진국도 개발 초기 단계로서 우리 나라에서 조기에 개발에 착수할 경우, 기술 우위 확보뿐만 아니라 선진국으로의 기술 수출도 가능할 것으로 전망된다.



안 도 섭

1988년 2월 : 경북대학교 전자공학과 졸업
 1990년 2월 : 경북대학교 전자공학과 석사
 1990년 3월~현재 : 한국전자통신연구원 위성통신시스템연구부 근무

구 분 준

1995년 2월 : 경북대학교 전자공학과 졸업
 1999년 2월 : 경북대학교 전자공학과 석사
 1999년 3월~현재 : 한국전자통신연구원 위성통신시스템연구부 근무

백 동 철

1997년 2월 : 한양대학교 전자통신공학과 졸업
 1999년 2월 : 한양대학교 전자통신공학과 석사
 1999년 3월~현재 : 한국전자통신연구원 위성통신시스템연구부 근무