



HAPS관련 ITU-R 연구 및 국제 연구개발 동향

박종민 · 안도섭 (한국전자통신연구원)

I. 서론

광대역 무선 멀티미디어 서비스에 대한 요구가 점점 증가하면서 이를 만족하기 위하여, 보다 효율적으로 이용할 수 있는 새로운 통신 인프라에 대한 필요성이 대두되었다. 또한, 이러한 통신 인프라를 통해 이용자들이 보다 경제적으로 만족할만한 서비스를 이용할 수 있어야 한다.

이러한 환경 하에서 1997년부터 일본, 미국 등의 선진국을 중심으로 “지상으로부터 약 20~50 km의 고도의 물체에 설치된 무선국”으로 정의된 ¹⁾ 고고도플랫폼 무선국(이하 HAPS, High Altitude Platform Stations)을 이용하는 새로운 통신망에 대한 연구개발이 이루어지고 있다.

HAPS는 지상 근처에서 광범위한 영역에 대하여 위성 및 지상시스템의 장점을 가지고 운용될 수 있다. HAPS 플랫폼은 그 운용시간 동안 지상 시설로부터 관계가 가능하기 때문에, 서비스 영역 상의 정지된 위치에서 마치 정지궤도 위성처럼 통신 서비스를 제공할 수 있다. 또한, 요구에 따라 HAPS를 이동시킴으로써 다른 지역에 서비스를 제공할 수도 있는데, 이러한 특징은 특별 이벤트 지역, 원격 지역 및 재해 지역 등에 신속한

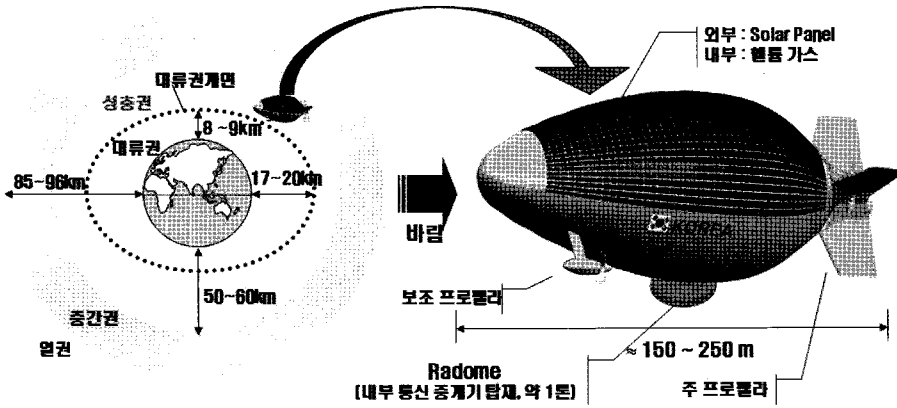
통신망 구축을 가능하게 한다.

본 논문에서는 HAPS가 제공할 수 있는 다양한 서비스를 중심으로 개괄적 개념을 설명하고, HAPS에 대한 국제전기통신연합(이하 ITU, International Telecommunication Union)의 전파통신부문인 ITU-R에서 다루어진 이슈들을 소개하고, 마지막으로 HAPS 연구개발에 대한 국제 동향을 기술하기로 한다.

II. HAPS 개요

HAPS는 <그림 1>에서 보는 바와 같이 지상으로부터 고도 약 20~50 km 위치의 성층권에 통신/무선응용 탑재체를 갖춘 플랫폼을 고정 지점에 제공시켜서 통신, 방송, 원격 탐사/감시 등의 다양한 통신서비스를 제공할 수 있다.

고도 36,000 km의 정지궤도 위성을 이용할 경우, 하나의 위성으로 광역 서비스가 가능하나 전송지연(약 0.24초) 및 전송손실(약 200 dB)이 크다는 단점이 있다. 기존 지상 시스템의 경우에는 전송지연(0.0003초) 및 전송손실(약 130 dB)이 적지만, 광역 서비스를 위해서는 상당히 많은 기지

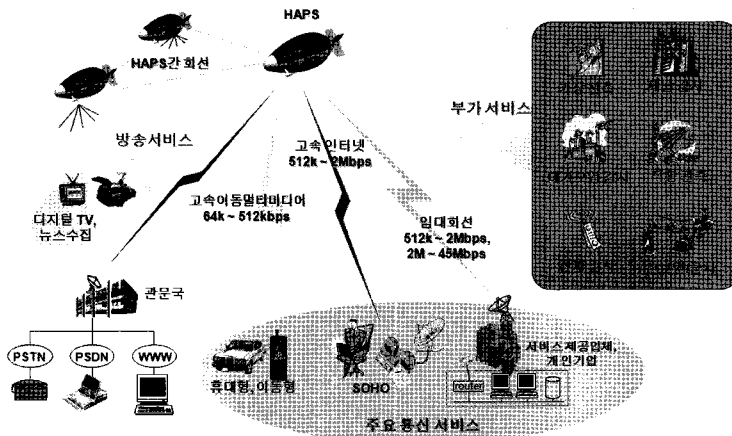


〈그림 1〉 HAPS의 개괄도

국이 필요하다는 단점이 있다. 그러나, 고도 20 km 수준의 HAPS를 이용할 경우, 지상 시스템의 전송지연 및 전송손실 수준으로 고속, 양질의 통신 서비스를 광역에 걸쳐 제공할 수 있다는 특징을 주목할 필요가 있다.

〈그림 2〉는 HAPS가 제공할 수 있는 다양한 무선통신 서비스를 나타낸다. 그림에서 보는 바와 같이 HAPS는 사용자 회선을 통해 사용자에게 직

접 고속이동멀티미디어 서비스, 고속 인터넷 서비스, 임대 회선 서비스 등의 주요 통신 서비스를 제공하고, 관문회선을 통하여 기존 지상망으로의 접속을 가능하게 한다. 또한, 디지털 TV와 뉴스수집 등의 방송서비스를 제공할 수 있으며, 센서/카메라와 같은 탑재체를 이용하여 기상관측, 재난감시, 전파감시 등의 부가적인 서비스를 제공할 수 있다.



〈그림 2〉 HAPS를 이용하는 잠재적 응용분야



III. HAPS 기술기준 및 규정

1. 주파수 이용

1997년에 개최된 세계전파통신회의(이하 WRC, World Radiocommunication Conference) 인 WRC-97에서는 성층권 중계기라고도 알려진 HAPS의 운용을 위한 규정을 제정하고 고정업무(이하 FS, Fixed Service)용 주파수 대역 중 47.2 - 47.5 GHz 및 47.9 - 48.2 GHz 대역을 HAPS가 전 세계적으로 이용하도록 지정하였다. 그러나 이 주파수 대역을 이용함에 있어 상/하향에 대한 구분은 하지 않았고, 이 경우 결의서 122의 규정을 따라야 한다¹²⁾. 전파규칙 제5.552호의 규정을 보면, 40.5 - 42.5 GHz 대역에서 운용되는 방송위성업무(이하 BSS, Broadcasting Satellite Service)의 피더링크를 위해 고정위성업무(이하 FSS, Fixed Satellite Service) 주파수 대역 중 47.2 - 49.2 GHz 대역의 이용을 보류할 수 있도록 모든 국가들이 실질적 조치를 취할 것을 요청된다. 따라서, 이 주파수 대역을 HAPS가 이용할 경우 이러한 규정을 적절히 고려할 필요가 있다.

WRC-2000에서는 제3지역(아/태 지역)의 몇몇 국가들이 기 지정된 47/48 GHz 대역에서의 심한 강우 감쇄로 인해 더 낮은 주파수 이용의 필요성을 제안하여, 27.5 - 28.35 GHz (하향) 및 31 - 31.3 GHz (상향) 대역을 추가적으로 지정하게 되었다. 전파규칙 제5.537A호 및 제5.543A호의 규정에 기재된 12개 국가들이 동 규정에 기술한 비간섭/비보호 조건을 전제로 상기 대역의 주파수를 FS용 HAPS가 이용할 수 있게 되었다. WRC-03에서는 미주 지역이 포함된 제2지역과 대한민국을 비롯한 8개의 개별 국가들이

동 대역을 이용할 수 있게 제안하였고, 하향회선에 대해서는 27.5 - 28.35 GHz 대역 중 300 MHz 만 이용할 수 있도록 주파수 이용관련 규정을 개정하여 채택되었다. 그러나, 여기서 주목할 것은 전파규칙 전파규칙 제5.537A호 및 제5.543A호의 규정에 기재된 20개 국가들은 동 대역의 공동 1차업무 시스템에 대하여 비보호/비간섭 조건이 적용되나, 제2지역 국가들은 결의서 145의 규정에 따라 동 대역을 이용하는 다른 모든 시스템들에 대하여 비보호/비간섭 조건이 적용된다는 것이다¹³⁾. WRC-03 이후 27.5 - 28.35 GHz 대역 중 전 세계적으로 공통된 300 MHz 대역의 지정 가능성에 대한 연구를 수행하였다. WRC-07에서는 지상 및 위성 시스템의 운용 및 계획을 고려하여 양쪽 끝 부분의 300 MHz 대역을 선호하는 국가들의 입장으로 양분되었고, 절충안 협의를 통해 중간 대역인 27.9 - 28.2 GHz 대역이 공통 대역으로 지정되게 되었다. 또한, 이 주파수 대역을 이용할 수 있는 국가 리스트에 인도와 카메룬이 추가되었다.

전파규칙 제5.388호의 규정에 따라 몇몇 주파수 대역이 지상 및 위성 분야 용도인 1,980-2,010 MHz 및 2,170-2,200 MHz 대역을 포함하여 IMT-2000용으로 지정되었다. IMT-2000의 지상분야의 범주 내에서 기지국으로 HAPS를 이용하는 것이 WRC-2000에서 논의되어, IMT-2000의 기지국용 HAPS의 이용을 위하여 전파규칙 제5.388A호에 따라, 제1지역(유럽/아프리카 등)과 3지역에 대해서는 1,885-1,980 MHz, 2,010-2,025 MHz 및 2,110-2,170 MHz 대역을, 제2지역에 대해서는 1,885-1,980 MHz 및 2,110-2,160 MHz 대역을 지정하였다. 이 중에서 HAPS 무선국의 송신은 제 1, 3지역

에 대해서는 2,110-2,170 MHz 대역이, 제 2지역에 대해서는 2,110-2,160 MHz 대역이 허용되었다⁴⁾.

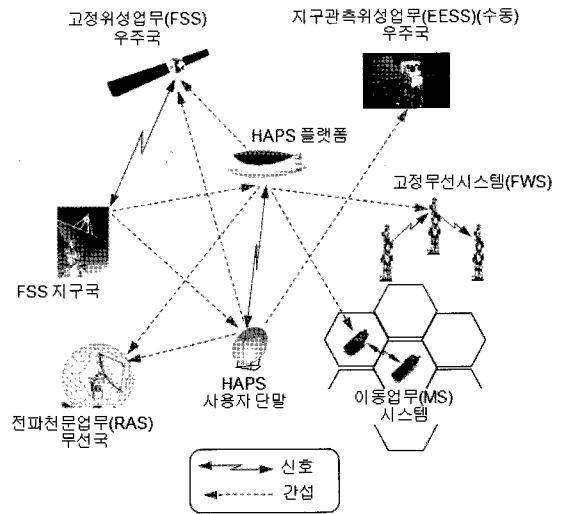
WRC-2000 이후, 결의서 734에 따라 위에서 언급했던 주파수 대역 외에 지상 무선통신 업무에 배타적으로 분배된 3 GHz 이상의 주파수 대역에서 HAPS의 추가 주파수 이용 가능성에 대한 연구가 수행 되었으나, 최근 개최된 WRC-07까지 아무런 추가적인 주파수 지정이 이루어지지 않았다. 그러나, WRC-07에서는 기존 결의서 734를 개정하고, FS에 분배된 5,850 - 7,075 MHz 대역에서 HAPS 관문회선용으로 2개의 80 MHz 채널에 대한 주파수 지정을 검토하기로 WRC-11 의제 1.20를 채택하였다⁵⁾.

2. ITU-R 기술/규정 연구

HAPS를 이용하는 FS 시스템이 앞 절에서 기술한 주파수 대역을 이용할 경우 동일 또는 인접 주파수 대역을 이용하는 타 FS 시스템 및 타 업무 시스템에 영향을 미치게 된다. 따라서, HAPS에 적용할 수 있는 운용 조건 및 간섭 기준을 얻기 위하여 FS용 HAPS와 타 시스템들 간의 주파수 공유 및 양립성에 대한 연구 수행은 필수적이라 할 것이다. 이러한 기술적 연구를 바탕으로 도출된 특정의 조건 또는 기준을 준수할 수 있도록 규제적 규정 또는 절차에 대한 연구 역시 뒤따라야 한다.

<그림 3>은 HAPS에 의한 동일 또는 인접 주파수 대역의 타 시스템들과의 주파수 공유 및 양립성에 대해 ITU-R 이 수행한 연구 상의 주요 간섭 시나리오들을 정리한 것이다.

47/48 GHz 대역에서의 기술 연구 결과 ITU-R 이 개발한 권고와 그 주요 내용은 다음과 같다.



<그림 3> HAPS와 타 시스템간 간섭시나리오

- F.1500 : HAPS를 이용하는 FS 시스템의 특성
- F.1501 : 타 FS 시스템과의 조정거리 결정 방법
- F.1608 : 타 FS 시스템과 공유 가능성 분석 방법
- F.1820 : 인접국의 FS 시스템 보호를 위한 국경에서의 전력속 밀도
- SF.1481 : FSS와의 공유 가능성 분석 방법
- SF.1843 : 우주국 수신기와의 공유를 용이하게 하기 위해 HAPS 단말에 적용되는 전력값 결정 방법
- F.1819 : HAPS의 불요발사로부터 전파천문업무(이하 RAS, Radio-astronomy service)의 보호

HAPS의 47/48 GHz 대역 이용과 관련된 규정은 결의서 122 및 전파규칙 제5.552A호에 명시되어 있다. 결의서 122는 기술/규정 연구 결과를 바탕으로 수차례 개정되었으며, WRC-07에서 개정된 최근 결의서의 주요 내용은 다음과 같다.

- FSS(상향)와의 공유를 용이하게 하기 위해

여 HAPS 지상 단말의 최대 송신 e.i.r.p. 밀도를 맑은 하늘 조건 하에서 도시, 교외 및 시골 지역에 대하여 각각 6.4 dB(W/MHz), 22.57 dB(W/MHz) 및 28 dB(W/MHz)을 초과해서는 안되며, 강우 조건 하에서는 5 dB까지 증가시킬 수 있다. 또한, 본 결의서에 규정된 HAPS 지상 단말의 안테나 패턴을 이용해야 한다.

- 동일 채널 간섭으로부터 인접 주관청의 고정 무선 시스템(이하 FWS, Fixed Wireless System)을 보호하기 위하여, 47/48 GHz 대역에서 운용중인 HAPS 시스템은 HAPS의 통고 시 영향을 받는 상대 주관청으로부터 명백한 동의를 받지않는 한, 상대 주관청 국경의 지표면에서 다음의 전력속 밀도 값(단위 : dB(W/(m² · MHz))을 초과해서는 안된다.

-141	$0^{\circ} \leq \delta < 3^{\circ}$ 의 경우
$-141 + 2(\delta - 3)$	$3^{\circ} \leq \delta \leq 13^{\circ}$ 의 경우
-121	$13^{\circ} < \delta \leq 90^{\circ}$ 의 경우

여기서, δ 는 수평면 위 도달각이다.

- 47/48 GHz 대역에서 운용중인 HAPS 시스템의 불요발사로부터 48.94-49.04 GHz 대역의 RAS 무선국 운용을 보호하기 위하여 RAS 무선국과 HAPS 플랫폼 간 최소 이격 거리는 50 km를 초과해야 한다.
- 또한, HAPS 시스템을 구현하고자 하는 주관청은 전파규칙 부록 4에 명시한 모든 필수 정보를 ITU에 제출하면서 해당 주파수 할당을 통고해야 한다.

31/28 GHz 대역에서의 기술 연구 결과 ITU-R 이 개발한 권고와 그 주요 내용은 다음과 같다.

- F.1569 : HAPS를 이용하는 FS 시스템의 기술/운용 특성

- F.1570 : HAPS 하향 송신이 31.3-31.8 GHz 대역의 지구탐사위성업무(이하 EESS, Earth Exploration Satellite Service) (수동)에 미치는 영향
- F.1607 : HAPS에 이용될 간섭 경감 기법
- F.1609 : HAPS로부터 기존 FS 시스템으로의 간섭평가
- F.1612 : HAPS 상향 송신으로부터 RAS를 보호하기 위한 간섭평가
- SF.1601 : HAPS 하향링크로부터 정지궤도 FSS 상향링크로의 간섭평가 방법

HAPS의 31/28 GHz 대역 이용과 관련된 규정은 전파규칙 제5.537A호 및 제5.543A호와 결의서 145에 명시되어 있다. 전파규칙 제5.537A호와 제5.543A호에는 총 22개 국가들이 HAPS를 이용할 때 각각 하향 및 상향 회선에 대한 규정을 명시하였으며, 그 주요사항이 결의서 145에 반영되어 있다. 결의서 145는 기술/규정 연구 결과를 바탕으로 수차례 개정되었으며, WRC-07에서 개정된 최근 결의서의 주요 내용은 다음과 같다.

- 제2지역에서는 31/28 GHz 대역 내의 FS용 HAPS의 이용은 전파규칙 주파수분배표에 따라 운용하는 업무의 다른 무선국에게 유해 간섭을 주어서도 안 되며, 또한 이들로부터 보호를 요구할 수 없다.
- 27.9~28.2 GHz 대역의 HAPS 이용은 HAPS에서 지상방향으로의 운용에 국한하고, 31~31.3 GHz 대역의 HAPS 이용은 지상에서 HAPS 방향으로의 운용에 국한한다.
- 31.0~31.3 GHz 대역에서 HAPS를 이용하는 시스템은 RAS 관련 ITU-R 권고에서 주어진 보호기준을 고려하여, 31.3~31.8 GHz 대역에서 1차 분배된 RAS에 유해 간섭을 주지 않아야 하고, 위성수동업무를 확실하게 보호하

기 위하여 31.3~31.8 GHz 대역의 HAPS 지상국 안테나로의 불요 전력밀도 레벨은 맑은 날 기준으로 -106 dB(W/MHz)으로 제한되어야 하고, 강우 조건 하에서는, 수동위성업무로의 실질적인 영향이 위에서 주어진 맑은 날 기준 하의 영향을 초과하지 않는다면, 강우감쇄량을 고려하여 -100 dB(W/MHz)까지 증가할 수 있다.

- HAPS 시스템을 구현하고자 하는 주관청은 위 사항의 만족 여부를 판단하기 위하여 전파규칙 부록4의 모든 필수 정보를 제출하여 해당 주파수할당을 전파통신국에 통고해야 한다.
- 31/28 GHz 대역에서 FS용 HAPS를 구현하고자 하는 전파규칙 제5.537A호와 제5.543A호에 열거된 주관청은 동 규정들에 명시된 조건이 충족되는지를 확실하게 하기 위하여 1차업무용 무선국 보호와 관련된 주관청들의 명백한 동의를 획득하여야 하며, 동 대역에서 FS용 HAPS 시스템을 구현하고자 하는 제2지역의 주관청은 위 사항에 기술된 조건이 충족되는지를 확실하게 하기 위하여 전파규칙의 주파수분배표에 따라 운용중인 무선국을 보호하기 위하여 관련된 주관청의 명백한 동의를 획득해야 한다.

HAPS의 IMT-2000 대역 이용과 관련된 규정은 결의서 221에 명시되어 있다. 결의서 221은 기술/규정 연구 결과를 바탕으로 수차례 개정되었으며, WRC-07까지 개정된 최근 결의서의 주요 내용은 다음과 같다.

- 동일채널간섭으로부터 인접국가들 내에서 운용되는 IMT 이동국을 보호하기 위해서는, HAPS의 통고 시기에 영향을 받는 주관청의 명백한 동의를 이루어 지지 않는다면, IMT

기지국으로 운용되는 HAPS는 국경 밖의 지표면에서 동일 채널 전력속밀도(pfd)가 -117dB (W/(m² · MHz))를 초과하지 않아야 한다.

- IMT 기지국으로 운용되는 HAPS는 제1, 3지역에서는 2110-2170 MHz 대역, 제2지역에서 2110-2160 MHz 주파수 대역 외에는 송신하지 말아야 한다.
- 제2지역에서는 2150-2160 MHz 주파수대역에 있는 일부 인접국가의 MMDS(Multichannel Multipoint Distribution Service) 무선국들을 동일채널 간섭으로부터 보호하기 위하여 HAPS의 통고 시기에 영향을 받는 주관청의 명백한 동의를 이루어지지 않는다면, IMT 기지국으로 운용중인 HAPS는 국경 밖의 지구표면에서 동 결의서에 명시된 동일 채널 전력속밀도(pfd)를 초과하지 않아야 한다.
- 인접국가에서 전파규칙 제5.388A호에 따라 IMT 기지국으로 운용하는 HAPS가 야기하는 동일채널 간섭으로부터 자국 영토 내의 고정 및 이동업무(IMT 이동국포함)를 보호하기 위하여 일부 국가(전파규칙 제5.388B호 참조)에서는 전파규칙 제5.388B호에 명시된 제한값을 적용한다.
- 인접국가에서 운용하는 IMT 무선국을 동일 채널 간섭으로부터 보호하기 위해서, IMT 기지국으로 운용되는 HAPS는 동 결의서에 규정된 안테나 패턴을 만족하는 안테나를 사용해야 한다.
- 제2지역에서는 2160-2200 MHz 주파수대역을 그리고 제1, 3지역에서는 2170-2200 MHz 주파수대역을 IMT 기지국으로 운용하는 HAPS는 위성 IMT의 이동지구국을 간섭으

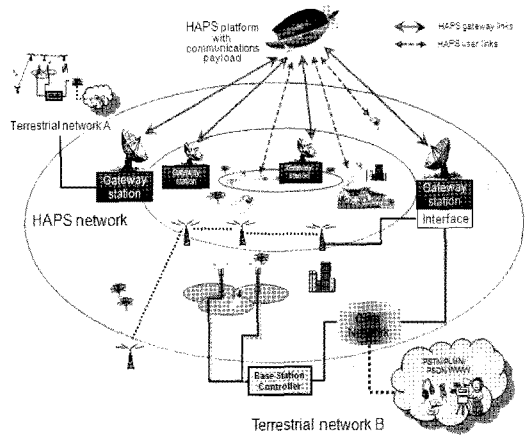
로부터 보호하기 위하여 지표면에서 대역의 전력속밀도(pfd)가 -165 dB (W/(m² · 4 kHz))를 초과하지 않아야 한다.

- 2025-2110 MHz 주파수대역에서 IMT 기지국으로서 운용되는 HAPS는 FS용 무선국을 간섭으로부터 보호하기 위하여 지표면에서 대역의 전력속밀도가 동 결의서에 명시된 제한값을 초과하지 않아야 한다.
- 지상 IMT 기지국으로 HAPS를 구축하고자 하는 주관청은, 주관청들간에 협의를 용이하게 하기 위하여 요청이 있다면, 동 결의에 포함된 부록에 열거된 추가 데이터 항목을 관련 주관청에 제공해야 한다.
- IMT 기지국으로 HAPS를 구축하고자 하는 주관청은 상기 사항에 대한 검증을 위하여 전과규칙 부록4의 필수 정보를 ITU 전과통신국에 제출하여 주파수 할당을 통고해야 한다.

이 외의 주파수 대역과 관련한 규정은 결의 734에 명시되어 있다. 동 결의서는 2000년도에 채택되어 3 GHz 이상의 주파수 대역에서 HAPS 이용 가능성을 검토하는 것을 주요 골자로 하고 있는데, 동 결의서와 관련된 유일한 기술 연구 결과로는 우리나라가 제안하여 채택된 ITU-R 권고 F.1764가 있는데, 이 권고는 3 GHz 이상 주파수 대역에서(6 GHz 대역을 예로 제시) HAPS를 이용하는 FS 시스템과 기존의 타 FS 시스템 간의 공유연구에 이용할 수 있는 간섭평가 방법을 권고하고 있다. 최근 이 권고는 5,850-7,075 MHz 대역에서 HAPS 관문회선용 주파수 지정 검토 관련 WRC-11의 의제 1.20과 연관되어 개정 필요성이 대두되었다. 결의서 734는 앞서 언급한 바와 같이 WRC-11 의제 1.20과 관련되어 HAPS 관문회선용 주파수 지정을 위해 기술/규정 연구를

수행하도록 개정되었다.

HAPS 관문회선은 <그림 4>에서 보는 바와 같이 HAPS 망 이용자를 PSDN이나 PSTN과 같은 기존 지상망으로의 접속과 지상 케이블과 같은 일반적인 지상 수단으로 연결할 수 없는 원격지역 또는 험한 지형 지역의 지상망과의 연결을 제공하는 HAPS 플랫폼과 관문국 간의 회선으로 정의될 수 있다. 현재까지 HAPS의 이용을 위한 주파수 대역을 지정할 때 사용자 회선만을 고려하였고, 최근 HAPS를 이용하여 지상 이동통신망을 구축하고자 하는 아프리카 주요 국가들의 요구사항을 만족하기 위하여 관문회선용 주파수 지정이 새로운 이슈로 대두된 것이다. 최근 개최된 ITU-R 관련 연구그룹 회의에서 미국이 이와 관련된 다수의 제안서를 제출함에 따라 이에 대한 연구가 이전보다 활발해 질 것으로 예상된다.



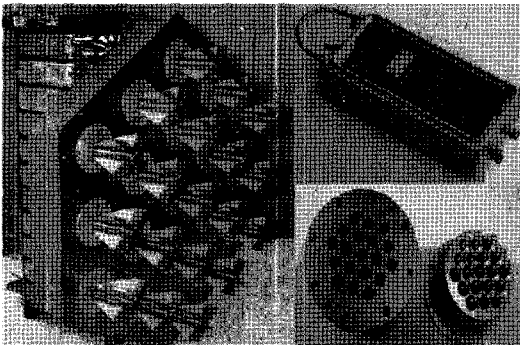
<그림 4> HAPS 관문회선의 개요



IV. HAPS 국내외 연구개발 동향

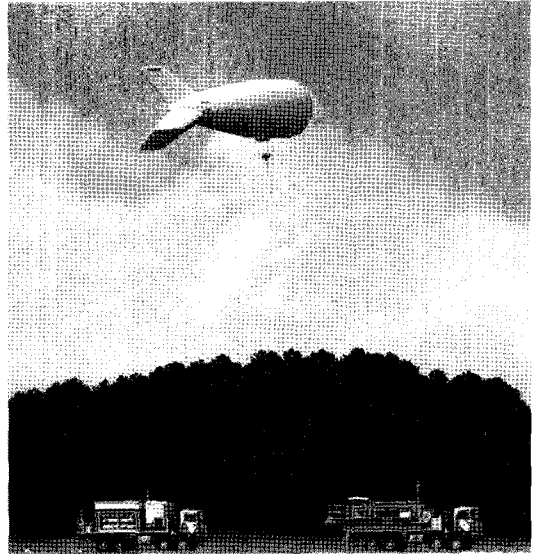
1. 우리나라

1998년에 당시 정보통신부의 지원으로 한국전자통신연구원(한국항공우주연구원 및 SK 텔레콤과 공동으로) 성층권 비행선에 의한 전파통신 이용방안에 관한 연구를 수행하여 HAPS 시스템 타당성 분석 및 사업추진 계획을 수립한 이후, HAPS 기반 기술연구 및 HAPS 기술기준/핵심요소기술 개발 등을 수행하였다. 과제 규모가 크지 않았으므로 주로 국제 표준화 활동 및 주파수 대역별 디지털 빔 성형 안테나 시스템 시제품 개발 등에 주력하였다.



〈그림 5〉 S/Ka-대역 안테나 시스템 시제품

한국항공우주연구원은 2003년 길이 50m 급의 비행선을 개발하여 고도 1km까지 비행하는 시험을 수행하였으나, 현재는 성층권용 비행선 관련 연구 개발은 종료하고, 저고도(460m 이하)에서 비행체를 케이블로 연결하여 주로 정찰/감시용으로 이용하는 중형 에어로스탯(aerostat) 개발을 수행하고 있다.



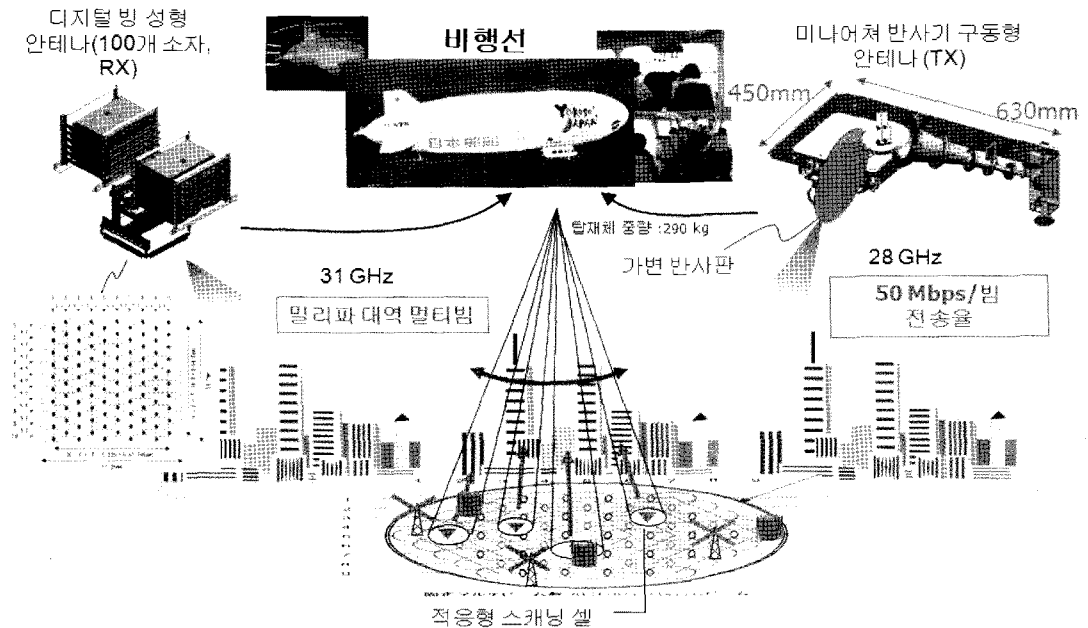
〈그림 6〉 에어로스탯의 형태

2. 일본

1999년 일본 정부의 밀레니엄 프로젝트로 선정되어 현 정보통신연구기구(이하 NICT, National Institute of Information and Communications Technology)의 전신인 통신종합연구소(CRL, Communications Research Laboratory)를 중심으로 주로 Ka 대역을 이용하는 HAPS 연구 개발에 주력해 왔으며, 2002년에는 미국 NASA가 개발한 플랫폼인 Path Finder Plus에 통신 탑재체



〈그림 7〉 일본의 성층권 통신 시험



<그림 8> 비행선을 이용한 고속 IP 통신 시스템

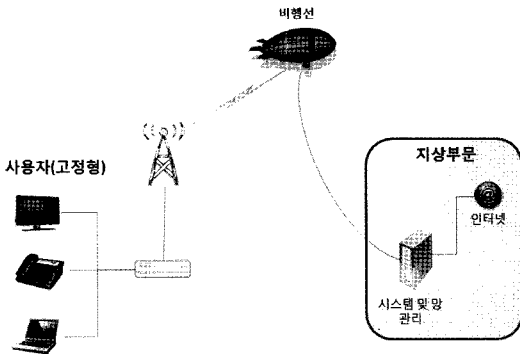
를 장착하여 세계에서 최초로 성층권에서 디지털 방송 중계 및 3세대 이동통신 중계 시험에 성공하여 HAPS 응용의 가능성을 실제로 확인하였다¹⁷⁾.

현재 일본도 성층권 고도에서의 HAPS 연구개발은 중단된 상태이고, 그 대신 <그림 8>에서 보는 바와 같이 고도 400~1,000m 상공에서 송수신 시스템을 장착한 비행선을 이용하여 휴대 단말에 HDTV 전송, 인터넷 접속 및 VoIP 통신을 제공하기 위한 IP 접속 분야 관련 연구 개발을 수행하고 있다¹⁸⁾.

3. 미국

1990년대 SkyStaton사가 최초로 성층권 고도에서 비행선 플랫폼을 이용한 통신시스템의 개념을 제안하였고, 이에 필요한 주파수 지정이

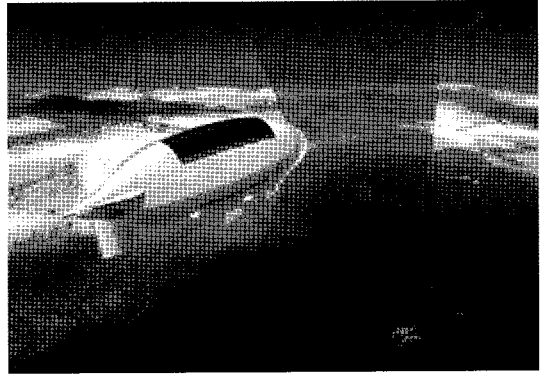
전 세계적으로 논의되기 시작하였다. 최근에는 이 회사의 기본 근간을 이어받아 Stratocomm사가 비행선을 이용한 통신 인프라를 제공하는 사업을 시작하였다. 이 회사는 2007년 카메룬과 45백만불 상당의 계약을 통해 <그림 9>와 같은 TTS(Transitional System Telecommunications) 장비를 공급하기로 했는데, 이 시스템은 에어로스탯 형태로서, 지상으로부터 약 1.5 km의 고도까지 케이블로 연결된 비행선을 통해 수십만의 사용자에게 서비스를 제공하며, 이 시스템은 “transitional”이라는 단어에서 유추할 수 있듯이, 우리가 HAPS로 정의하는 STS (Stratospheric Telecommunications System)가 도입되기 전까지 기존 망들을 지원하고, STS가 도입되면 이를 연결해주는 과도기적인 시스템이다¹⁹⁾. 최근에는 투르크메니스탄에 이 시스템에 대한 제안서를 제출했고, 곧이어 계약을 앞두고 있다.



〈그림 9〉 Stratocomm사의 STS 개념도

미국은 위와 같은 민간 산업용도 외에 군용 목적의 시스템으로도 활용하고 있다. 제1차 세계 대전 이후 에어로스탯 형태의 풍선을 이용하여 미군은 정찰 및 감시용으로 자주 이용하여 왔다^[10]. 1980년대 및 1990년대 동안에는 미 공군은 미국과 멕시코 국경에서 불법적인 마약 밀매를 감시하기 위해 10개의 풍선이 케이블(길이 7.6 km)로 연결되도록 구성된 TARS(Tethered Aerostat Radar System)라는 시스템을 구축하기도 하였다. 또한 1998년도부터 미사일 감시능력을 보장하고자 이러한 시스템 개발에 착수하였고, 2003년에는 미사일방어국(MDA, Missile Defense Agency)과 북아메리카 우주방위사령부(NORAD, North American Aerospace Defense Command)는 Lockheed Martin사와 고고도 비행선(HAA, High Altitude Airship) 시제품을 제작하는 4천만불 상당의 개발 계약을 체결하였는데, 이 시제품은 230 kg의 탑재체를 장착하고 약 30일 동안 고도 18 km의 정지 위치에서 테스트를 수행할 예정이다. MDA는 최종적으로 레이저 레이더와 같은 장비를 탑재한 길이 약 150 m 급의 비행선 10기를 고도 20 km에 배치하여 직경 1,200 km 범위의 저고

도 미사일을 감지하고 추적하는 데 활용할 예정이었으나, 2008년 8월 이 프로젝트는 미 육군 우주 및 미사일 방위사령부(USASMDC, Space and Missile Defense Command)로 이관되어 미 육군 임무에 필요한 개발 및 시연을 계획하고 있다.



〈그림 10〉 Lockheed Martin사의 HAA 개념도

4. 유럽

유럽은 여러 국가/기관의 콘소시엄 형태로 다양한 프로젝트를 수행해 왔다.

HeliNet 프로그램은 EU 최초 프로젝트로서, EU 5차 프레임워크(FP, Framework) 프로그램으로 수행되어 솔라 파워 비행기(HALE, High Altitude Long Endurance)를 이용 광대역 통신, 표정/항행 및 환경 감시 용도 등의 활용을 목표로 2000년 1월부터 2003년 5월까지 4.8백만 유로의 예산으로 연구 및 프로토타입 개발을 수행했다^[11].

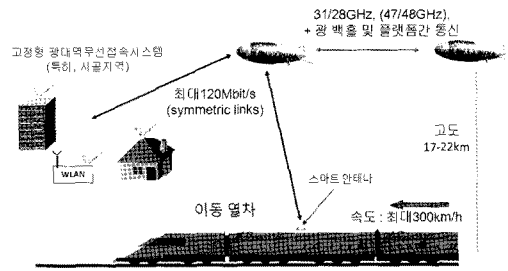
HAPSCOS(High Altitude Platforms for Communications & Other Services)는 2005년 COST(European Cooperation in the Field of Scientific and Technical Research) 297로 시작



된 4개년 프로젝트로서 20개 유럽 회원국(오스트리아, 스위스, 벨기에, 프랑스, 스페인, 영국, 독일 등이 참여(우리나라, 호주도 일부 기여)하여 유럽의 HAPS 및 응용 개발 지원, 경제적/규정적 측면을 위한 프레임워크축진 지원, HAPS와 그 응용분야의 유럽활동 지원 등을 목표로 연구를 수행하였다¹²⁾. 년 80,000 유로 수준의 예산으로 다음과 같은 하부 조직을 구성하여 활동하고 있으며 2009년도에 종료할 예정이다.

- WG1(전파통신) : 자원 & 스펙트럼 관리, 통신 시스템, 시스템 및 망 구조, 물리계층 (스마트안테나 및 MIMO 포함) 등
- WG2(HAPS를 이용한 광통신) : 대기를 통한 자유공간 광 링크의 가용성, 보안성, RF와 자유공간 광파의 간섭, 대기중 자유공간 광링크의 적응형 광학, 비행선 광링크의 시연 등
- WG3(플랫폼 및 통신 외 응용분야) : 비행선 및 최근 시험과 관련된 최신기술 분석, 비행체 및 솔라 셀 재료에 대한 연구, 전력 생성 온보드 및 에너지 저장 연구, 고도 대기 조건 분석, 플랫폼 단기 요구사항 분석, 비행선 관련 인증 및 규정 문제, 비행선 구조의 소형 프로토타입 시연, 환경 모니터링을 위한 원격탐지 분야 등

CAPANINA 프로젝트는 2003년 11월부터 2007년 1월까지 이용자에게 120 Mbps의 전송율로 저가의 광대역 통신 서비스 제공을 목표로 EU FP6 프로그램으로서 수행되었다¹³⁾. 영국 York 대학 등 유럽 7개 국가 12개 기관이 참여하였다. 2004년에는 풍선을 밧줄로 연결하여 초기 검증 테스트를 수행하였고, 2005년 8월에는 스웨덴에서 24 km의 고도에서 약 9시간에 걸쳐 RF 및 광 통신 시험을 수행하였다. 28/29 GHz 대역 시험에서는 WiFi를 이용하여 60km 거리까지 11 Mbps의 전



〈그림 11〉 CAPANINA 시나리오

송율과 4 Mbps의 처리속도를 구현하였다. 자유공간 광통신 시험에서는 성층권에서 광 수신기까지 64km의 거리에 오류없이 1.25 Gbps 회선 성능을 검증하였다.

이 밖의 EU 프로젝트로는 USE-HAAS(High Altitude Aircraft & Airship System)가 있는데, 이는 2005년도부터 2006년도까지 수행된 FP6 프로그램(항공 및 우주 관련 연구)으로 HAPS와 이를 이용한 서비스에 대한 유럽의 개발 로드맵을 작성하는 것을 주요 임무로 하며, 이스라엘 CTI 등 유럽 4개국 6개 기관이 참여하였는데, 주로 관심 기관들과 수차례 워크샵을 개최함으로써 정보를 공유하였다¹⁴⁾.

V. 결론 및 향후 전망

본 논문에서는 HAPS의 기본 개념, ITU-R에서 수행한 HAPS 관련 기술/규정 연구 현황 및 국제 연구개발 현황 등에 대해 고찰하였다. HAPS의 활용을 위해 세계적, 지역적 또는 국가적 차원의 주파수 지정이 이루어졌고, 각각의 주파수 대역에서 타 업무와의 주파수 공유를 위한 기술적 연구가 수행되었으

며, 또한 이러한 기술적 연구결과를 바탕으로 유해한 간섭 문제를 해결할 수 있도록 규제적 규정/절차 등이 개발되었다.

다양한 응용분야에 HAPS를 활용할 경우 동일 또는 인접 주파수 대역에서 운용되는 타 업무 시스템들의 적절한 보호를 위하여 현행 전파규칙 등에서 명시한 모든 규정/절차들이 준수되어야 한다. 또한, 인접국간 간섭 문제를 협의할 경우에는 규정/절차에 따라 쌍방간의 조화로운 방법으로 이루어져야 한다.

WRC-11에서는 HAPS 관문회선용 주파수를 지정하는 의제를 검토할 예정이다. 향후 이러한 신규 주파수 지정을 포함한 모든 규제적 규정 및 절차를 개발할 경우, 기존 시스템들의 적절한 보호를 보장하는 측면과 새로운 통신 인프라인 HAPS의 활용을 촉진하는 측면을 균형있게 고려할 필요가 있을 것이다.

일본을 비롯한 몇몇 선진국들에서는 1-2년 내에 HAPS의 본격적 연구개발 착수를 위해 새로운 프로젝트를 구상중이다. 우리나라도 HAPS의 잠재적 가능성을 인식하고, 그 동안 확보한 기반 기술들을 바탕으로 통신강국의 수준에 걸맞는 중장기적 프로젝트 수행이 절실히 필요한 시점이라 할 수 있다.

※본 연구는 방송통신위원회 및 정보통신연구진흥원의 IT원천기술개발사업의 일환으로 수행하였음
[2008-F-013-01, 스펙트럼공학 및 밀리미터파대 전파자원 이용기술개발]

참고문헌

- [1] Radio Regulations, ITU, edition of 2004
- [2] RESOLUTION 122 (Rev.WRC-07), Use of the bands 47.2-47.5 GHz and 47.9-48.2 GHz by high altitude platform stations in the fixed service and by other services, ITU, 2007.
- [3] RESOLUTION 145 (Rev.WRC-07), Use of the bands 27.9-28.2 GHz and 31-31.3 GHz by high altitude platform stations in the fixed service, ITU, 2007.
- [4] RESOLUTION 221 (Rev.WRC-07), Use of high altitude platform stations providing IMT in the bands 1 885-1 980 MHz, 2 010-2 025 MHz and 2 110-2 170 MHz in Regions 1 and 3 and 1 885-1 980 MHz and 2 110-2 160 MHz in Region 2, ITU, 2007.
- [5] RESOLUTION 734 (Rev.WRC-07), Studies for spectrum identification for gateway links for high-altitude platform stations in the range from 5 850 to 7 075 MHz, ITU, 2007.
- [6] 강왕구 외 3, 중형 에어로스탯 시스템 개발, 한국시스템엔지니어링협회 2006년도 추계 워크숍, 2006
- [7] www.nict.go.jp
- [8] Mikio Suzuki 외 3, "Research and development on the broadband communication system for airplane using millimeter-wavelength band," IEEE GLOBECOM, IWASP, December 2008
- [9] www.stratocomm.net
- [10] www.missilethreat.com
- [11] cordis.europa.eu/ist/
- [12] Wojciech J. Krzysztofik 외 2, "COST297 Research for HAPs and their applications,:" IEEE GLOBECOM, IWASP, December 2008
- [13] www.capanina.org
- [14] www.usehaas.org

저자소개



박종민

1991년 2월 충남대학교 전자공학과 학사
 1993년 2월 충남대학교 대학원 전자공학과 석사
 2006년 3월 ~ 현재 충남대학교 대학원 전자공학과 박사과정
 1993년 3월 ~ 2000년 9월 국방과학연구소 선임연구원
 2000년 10월 ~ 현재 한국전자통신연구원 전문위원(선임연구원)

주관심분야 : HAPS, 통신/방송위성, 주파수 공유



안도섭

1988년 2월 경북대학교 전자공학과 학사
 1990년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 석사
 1990년 3월 ~ 현재 한국전자통신연구원 팀장(책임연구원)

주관심분야 : HAPS, 통신/방송위성, 주파수 공유