

성층권 고공항등체 DMB 트랜스폰더의 지표면 수신전계 강도 분석

정회원 구재일*, 종신회원 진용옥*

The Analysis for Electric Field Strength on the Ground Level from DMB Transponder in Stratosphere HAPS

Jay-Il Ku* *Regular Member*, Yong-Ok Chinn* *Lifelong Member*

요 약

이 논문은 최근 대두되고 있는 DMB 서비스와 차세대 이동통신의 새로운 해결 후보 기술로 다시 부각된 HAPS를 이용한 성층권 고공 항등체 탑재용 DMB 트랜스폰더의 지표면 수신전계 강도를 지상 수평 전파 모델과 비교한 것이다. 기존 지상 수평전파를 이용한 DMB 서비스의 요구되는 최저 수신 전계강도 42.56 dB μ V/m로 이를 충족하기 위해 1KW의 출력이 필요한데 비해 고공전파통신은 약 1천분의 1에 해당하는 1W로 10Km와 20Km 상공에서 각각 거리별 서비스가 가능함을 시뮬레이션을 통해서 확인할 수 있다. 이러한 양질의 회절과 간섭이 없는 청정 전파는 향후 신기통신의 매체로서 지상 수평전파를 대체할 수 있는 새로운 제 3의 전파자원으로 활용이 가능함을 확인할 수 있다.

Key Word : DMB, Horizontal propagated ground wave, High Altitude vertical transmitted wave, Stratosphere HAPS, Electric Field strength, Ubiquitous communication networking

ABSTRACT

This papers described with the analysis for electric Field strength on ground level transmitted from DMB transponder in stratosphere HAPS. It is compare with horizontal propagated ground wave. Resultly we confirm the equal strength a electric field on ground level between high altitude vertical propagated wave and horizontal ground wave, also, is only 1W compare with terrestrial facility as transmitted output power for the DMB transponder in stratosphere HAPS. It is corresponding to 1Kw as same power value in ground propagated wave. Lastly it is new material wave source and also we concluding remarks as ubiquitous communication networking media

I. 첫머리

1997년 한국에서는 지상파 TV의 디지털 전환계획이 마련되었고 ATSC(Advanced Television System Committee)¹⁾방식이 결정되었다. 이어서 2004

년부터 방영되어 2005년에는 위성과 지상파 방식 DMB (Digital Multimedia Broadcasting)가 각각 선보였다. 지상파 DMB는 세계 최초 위성을 2번째로 올린 의미 있는 결과를 얻었다. 이러한 새로운 DMB서비스는 ATSC 방식이 이동 수신에 약하다는 단점을 극복하고 DAB에 데이터, 동영상을 포함한 멀티미디어 방송이 가능하도록 고안되었다^{1, 2)}.

한편 성층권 고공항등체시스템(HAPS: High Alti-

1) ATSC (Advanced Television System Committee)
- 현재의 지상파 방송 기구인 NTSC에 상당하는 위원회
- 1995년 6월, 미국 차세대 디지털 지상파방송방식 기술표준 채택

* 경희대학교 일반대학원 전파공학과 인지전파통신연구실 (jheaven, yochin}@khu.ac.kr)
논문번호 : KICS2005-12-494, 접수일자 : 2005년 12월 12일

tude Platform Station)은 그림 1과 같이 20Km 고공에 항등체(비행선, 글라이더, 풍선 등)를 채공시키면서 방송과 통신 및 관측용 서비스를 수행할 수 있는 시스템이다. 이는 한때 운항 상의 난점들로 연구가 미진 되었다가 관련 분야의 기술발전과 함께 4세대 이동통신 시스템 개발의 대두와 함께 ITU-R 권고안 M.1645를 통해서도 알 수 있듯이 차세대 이동통신 서비스가 가능한 새로운 해결 후보 기술로 명시되면서 그 중요성이 다시 부각되었다^{3,5)}.

HPAS는 위성처럼 고공 수직전파를 이용한 반면 상대적으로 저비용이 소모되며, 회절과 간섭이 없는 청정신호 전송이 가능하므로 지상수평 전파방식보다 양호한 전파 특성을 가지고 있어 소출력으로 다중 매체 서비스가 가능할 것으로 예상된다.

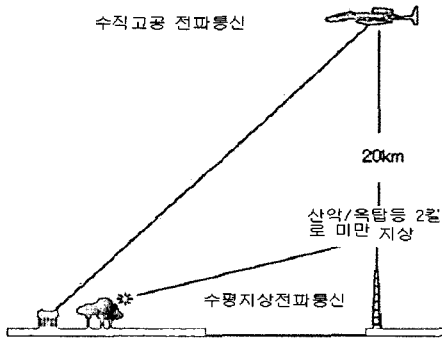


그림 1. 수직과 수평전파통신의 개념적 차이

이상에서 확인한 새로운 이동성을 보장한 DMB와 소출력 청정신호 전송이 우수한 HAPS의 결합을 착안하여 고공항등체에 DMB 트랜스폰더를 실장했을 때 지상수평전파와 비교하여 얼마만한 출력이 필요한지를 알아둘 필요가 있다. 통상 지상파 DMB의 최저 수신 전계강도는 42.5dB μ V/m이다.

본 논문은 DMB 최저 수신전계 강도를 충족시킬 수 있는 수직고공수출 전파의 출력에 대하여 시뮬레이션을 통해 확인하고 청정 전파로서 신기통신의 매체로서 지상수평전파를 대체할 수 있는 새로운 제 3의 전파자원임을 확인하려 한다.

II. 개념 설정

2.1 신기통신망과 제 3의 전파자원

전파가 등장한지 지난 100년 동안 지상전파에서 위성전파로 발전되었으며, 지상파는 다시 셀룰러통신으로 그리고 위성은 저궤도 위성으로 진화되어

왔다. 하지만 지상파는 제한된 주파수 자원의 협소성이 문제이고 위성은 전파지역의 단점과 연속유지가 어려웠다. 전파는 원래부터 광역성(光域性 Wide Regional Character)과 신기성(神機性, Ubiquitous Character)²⁾을 동시에 가지고 있음에도 불구하고 이런 단점 때문에 초고속 인터넷 시대에 걸맞지 않게 보조적 역할에 그치고 있으며, 위성은 퇴조 경향을 보이고 있다.

여기에서 신기성이란 언제, 어디서, 누구라도 단말기만 있으며 누구라도 통신이 가능한 신기통신망(Ubiquitous Communication networking)³⁾ 구성 가능한 조건을 말한다. 광케이블의 광대역성이나 꼬인 동선의 보편성을 가지지만 이동성을 가지지 못한 유선매체에서는 신기통신망 구성이 불가능한 일이다⁶⁾. 고공수직전파는 그림 2와 같이 지상파와 위성파는 다르게 광역성과 신기성을 동시에 달성할 수 있는 제3의 매체로서 향후 신기통신의 구현에 최적 매체할 수 있다.

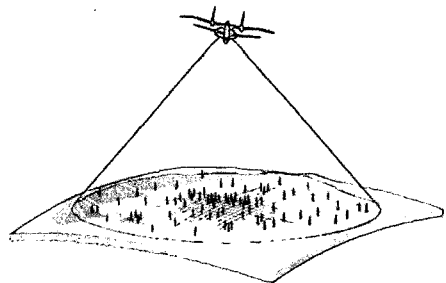


그림 2. 성층권 통신의 신기통신 개념

2.2 고공 항등체 전파시스템(HAPS)

HAPS는 성층권에 고정시킨 축구장 크기의 무인 조정 고공 항등체이다. 우리나라의 경우 7대 정도가 필요하며 저비용 고속통신서비스 제공이 가능한데다 광역성, 대용량, 신기성 구현이 가능하다는 특징이 있다. WRC-2003에서는 IMT-2000 지상 기지국용으로 활용하기 위한 관련규정의 개정에 합의한 바 있다. 이는 기존대역에서 HAPS를 기지국으로 이용할 수 있도록 한 조치이다.⁷⁾

2.3 고공 항등체의 방송트랜스폰더 구성

HAPS를 방송 통신망 구성에 이용할 때는 양각

- 2) 광역성과 신기성: 기기(단말)를 통한 넓은 지역에서 어디든 통신이 가능하도록 하는 성질, 2004 진용욱
- 3) 신기통신망(Ubiquitous Communication Network): 단말 이동성(무선기반 서비스)과 개인 보편성(유선 기반 서비스)의 결합을 통한 원활한 통신망, 2004 진용욱

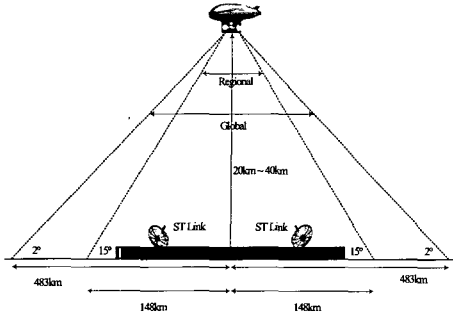


그림 3. 고공양각에 따른 셀 구성 개념도

에 따라 여러 가지 셀을 구성할 수 있으며(그림 3). 이는 다양한 방송구역을 모두 수용할 수 있어 전국적인 단일 방송망(Single Frequency Network : SFN)이나 지역적이 복수채널방송망(Multi Frequency Network : MFN)을 조정하여 손쉽게 구성할 수 있다. 이를 DMB 서비스 영역으로 적용시켜 최소 셀을 만든다. 방송구역에 따라 세분할 수도 있다⁷⁾. 통신의 경우는 보다 세밀하게 하기 당 약 1,000개 이상의 셀을 분할하게 할 수 있어 수많은 지상기지를 대체할 수 있는 높은 경제성을 보유했 뿐만 아니라 통신품질을 크게 향상시킬 수 있다.

2.4 고공전파방송시스템의 전계강도

DMB의 전송매체로서 고공전파시스템은 전파간섭 평가에서 지상파보다는 상호간섭이 없어 일반 가시거리(Line of Site) 모델보다 비 가시거리(No Line of Site)모델이 적합하다. 왜냐하면 장애물에 의한 신호감쇠 이외는 다른 전파 특성을 고려할 필요가 없기 때문이다. 이에 대한 수식은 다음과 같다.

가. 가시거리(LOS)일 때

$$E(dB\mu V / m) = BFS(dB\mu V / m) + RAL(dB) + BAL(dB) \tag{2-1}$$

나. 비가시거리(NLOS)일 때

$$E(dB\mu V / m) = \min(BFS, DL) + RAL(dB) + BAL(dB) \tag{2-2}$$

- E : 최종 전계강도
- BFS : 기본전계강도(거리별 기준 전계강도)
- RAL : 수신안테나 높이에 따른 손실 보정항 (Receiving Antenna)으로서 지역에 따라 다름
- BAL : 송신안테나 높이에 따른 보정항
- DL : 회절손실

$$BFS = -40.15 \cdot \log_{10}(d) - 2.91 \cdot \log_{10}(f) + 112.86$$

d : 거리(Km), f : 주파수(MHz)

각 지역별 수신안테나 보정항은

1) 중소도시

$$RAL = 10.84 \cdot \log_{10}(h_m) - 2.89 \cdot \log_{10}(f) - 16.05 \tag{2-3}$$

2) 대도시

$$RAL = 14.74 \cdot \log_{10}(h_m) - 5.24 \cdot \log_{10}(f) - 23.48 \tag{2-4}$$

3) 밀집대도시

$$RAL = 18.20 \cdot \log_{10}(h_m) - 5.55 \cdot \log_{10}(f) - 27.11 \tag{2-5}$$

4) DL(회절손실)

회절 손실은 장애물이 1개일 경우와 2개 이상일 경우를 나누어 그 식이 달라지는데 그 식은 다음의 (2-6) 및 (2-7)과 같다.

장애물이 한 개일 경우(ITU-R Rec. 526)

$$v = h \sqrt{\frac{2}{\lambda} \left(\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2} \right)}$$

$$J(v) = 69 + 20 \log \sqrt{(v-0.1)^2 + 1} + v - 0.1 \text{ (dB)} \tag{2-6}$$

장애물이 두 개 이상일 경우

(Epstein-Peterson 방식을 확장한Cascaded 모형)

$$L_d = \sum_{i=1}^N L'_i + L''(wx)_1 + \sum_{i=1}^N L''(yz)_i \tag{2-7}$$

여기서,

- L'_i : i번째 knife-edge 회절손실
- $L''(wx)_1$: 기지국과 첫 번째 knife-edge 사이의 프레넬 반경에 의한 회절손실
- $L''(yz)_i$: i번째와 I+1번째 knife-edge 사이의 프레넬 반경에 의한 회절손실

∴ 비가시상태에서의 전계강도

$$= \text{가시상태에서의 전계강도} - \text{회절손실계}$$

Ⅲ. 시뮬레이션

HAPS는 아직 실현된 바 없는 항등체여서 직접 실험할 수 없는 상황이므로 시뮬레이션 방법으로 일정 지역 상공에 HAPS를 채공시켰을 때의 수신 전계강도를 계산해 지상파를 이용해 서비스했을 때와 비교해 하고자한다.

본 시뮬레이션은 ETRI 전파공학연구부에서 개발한 GIS를 이용한 전파분석 시스템인 BREGIS를 이용했으며 다음과 같은 전계강도 계산식(표 1)과 가지거리용 전파분석을 위한 자유공간 모델은 (3-1)을 이용하여 그 결과를 확인코자 한다.

표 1. 전체 전계강도 계산식 (Etri 개발모델)

경로 구분	전계강도 계산식
가 기본전계 강도 (BFS)	$BFS = -40.15 \cdot \log_{10}(d) - 2.91 \cdot \log_{10}(f) + 112.86 + 20 \cdot \log_{10}\left(\frac{h_m}{30}\right)$
시 중소도시(RAL)	$E_1 = BFS + 10.84 \cdot \log_{10}(h_m) - 2.89 \cdot \log_{10}(f) - 16.05$
거 대도시(RAL)	$E_2 = BFS + 14.74 \cdot \log_{10}(h_m) - 5.24 \cdot \log_{10}(f) - 23.48$
리 밀집 대도시(RAL)	$E_3 = BFS + 18.20 \cdot \log_{10}(h_m) - 5.55 \cdot \log_{10}(f) - 27.11$
비가시 단일 장애물 (DL)	$BFS = \min(BFS, DL), DL = E_F - J(v)$ $v = h_m \sqrt{\frac{2}{\lambda} \left(\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2} \right)}$ $J(v) = 69 + 20 \log_{10} \sqrt{(v-0.1)^2 + 1} + v - 0.1 \text{ (dB)}$
거리 다중 장애물 (DL)	$BFS = \min(BFS, DL), DL = E_F - L_d$ $L_d = \sum_{i=1}^N L'_i + L''(wx)_i + \sum_{j=1}^M L''(yz)_j$

- E : 최종 전계강도
- BFS : 기본전계강도
- RAL : 수신안테나 높이에 따른 손실 보정
- BAL : 송신안테나 높이에 따른 보정항
- DL : 회절손실

이고,

$$E = Pt - 20 \log(d) + 104.8 \quad (3-1)$$

- E : 수신 전계강도(dBμV/m)
- Pt : 송신전력(dB(kW))
- d : 전송거리(km)

이다.

시뮬레이션은 춘천 MBC 화악산 송신소 철탑을 이용한 DMB 서비스 구역도 분석을 위한 송신점 데이터(표 1)와 시뮬레이션에 적용한 다이폴 안테나 수평방사패턴(그림 4), 그리고 안테나 패턴에 따른 각도별 전계강도 (표 3) 등을 적용했다.

표 2. 송신점 데이터

사용채널	12	안테나 이득	10dB
사용주파수	207MHz	수신안테나 높이	4m
최저수신 전계강도	42.5dBμV/m	경도	동경 127°30'22"
방송형식	디지털	위도	북위 37°59'33"
실효지구 반경계수(K)	4/3		

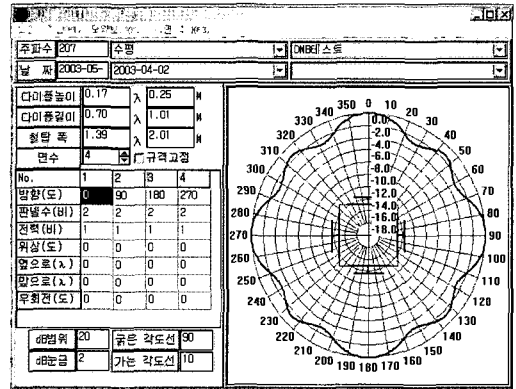


그림 4. 다이폴 안테나 수평방사패턴

표 3. 안테나 패턴에 따른 각도별 전계강도

각도	전계(%)	전계(dB)	각도	전계(%)	전계(dB)
0	100.00	0.00	185	97.32	-0.12
5	97.32	-0.12	190	88.62	-0.52
10	88.62	-0.52	195	75.02	-1.25
15	75.02	-1.25	200	60.67	-2.17
20	60.67	-2.17	205	51.24	-2.90
25	51.24	-2.90	210	50.58	-2.96
30	50.58	-2.96	215	57.68	-2.39
35	57.68	-2.39	220	66.71	-1.76
40	66.71	-1.76	225	70.74	-1.50
45	70.74	-1.50	230	66.71	-1.76
50	66.71	-1.76	235	57.68	-2.39
55	57.68	-2.39	240	50.58	-2.96
60	50.58	-2.96	245	51.24	-2.90
65	51.24	-2.90	250	60.67	-2.17
70	60.67	-2.17	255	75.02	-1.25
75	75.02	-1.25	260	88.62	-0.52
80	88.62	-0.52	265	97.32	-0.12
85	97.32	-0.12	270	100.00	0.00
90	100.00	0.00	275	97.32	-0.12
95	97.32	-0.12	280	88.62	-0.52
100	88.62	-0.52	285	75.02	-1.25
105	75.02	-1.25	290	60.67	-2.17
110	60.67	-2.17	295	51.24	-2.90
115	51.24	-2.90	300	50.58	-2.96
120	50.58	-2.96	305	57.68	-2.39
125	57.68	-2.39	310	66.71	-1.76

표 3. 안테나 패턴에 따른 각도별 전계강도(계속)

각도	전계(%)	전계(dB)	각도	전계(%)	전계(dB)
130	66.71	-1.76	315	70.74	-1.50
135	70.74	-1.50	320	66.71	-1.76
140	66.71	-1.76	325	57.68	-2.39
145	57.68	-2.39	330	50.58	-2.96
150	50.58	-2.96	335	51.24	-2.90
155	51.24	-2.90	340	60.67	-2.17
160	60.67	-2.17	345	75.02	-1.25
165	75.02	-1.25	350	88.62	-0.52
170	88.62	-0.52	355	97.32	-0.12
175	97.32	-0.12	360	100.00	0.00
180	100.00	0.00			

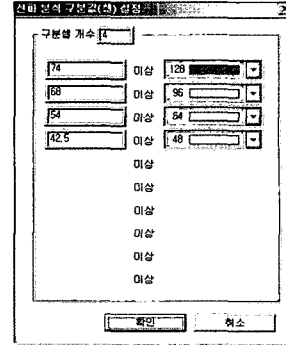


그림 6. 전파분석 구분 값

IV. 결과 및 분석

시뮬레이션을 통해 다음과 같은 수평전파시스템과 고공전파시스템의 전계강도의 비교분포를 확인할 수 있다.

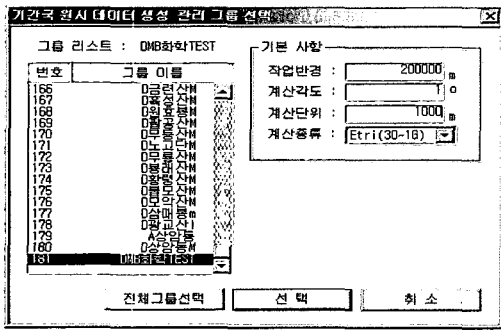


그림 5. 작업 반경 및 계산 단위

표 4. 시뮬레이션 대상 고도 및 출력

번호	고도	출력	電波傳播
1	1.5km	1kw	水平傳播
2	1.5km	10w	"
3	10km	10w	垂直傳播
4	10km	1w	"
5	20km	10w	"
6	20km	1w	"

시뮬레이션에서 적용한 작업반경은 그림 5와 같이 충분한 자료를 얻기 위해서 송신점을 기준으로 반경 200km로 설정했으며 계산각도는 1°, 계산단위는 1km이다. 그리고 시뮬레이션 대상 고도는 철탑 높이 1.5km와 성층권 항등체가 위치할 20km, 그리고 그 중간지점인 10km를 대상으로 하였다.

표 4는 5km, 10km, 15km, 20km의 고공전파시스템에서 2km에서 계산한 전계강도를 비교해본 결과 수신 전력이 처음 2km에서의 전계강도의 차이만 있을 뿐 나머지 거리는 거의 같게 나타나 최종 목적지인 10km와 20km만 비교대상으로 정함을 확인할 수 있다

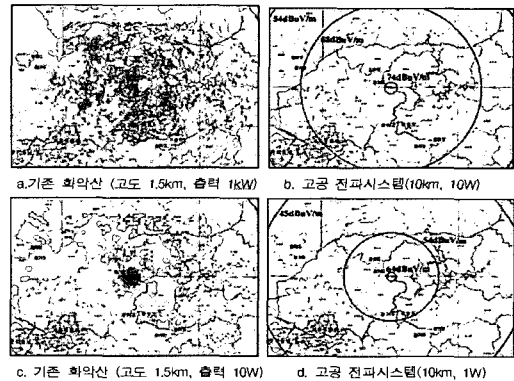


그림 7. 고도 1.5km와 10km 상공 전계강도 분포

위 그림 7(a)를 통해서 알 수 있듯이 기존 화악산 철탑을 이용해서 1kW의 출력으로 DMB 서비스를 했을 때 수신 최저 레벨로 설정한 42.5dBμV/m의 지점조차도 아주 적게 분포되어 있음을 알 수 있다.

반면에 고공 전파시스템을 이용했을 때는 그림 7(d)와 같이 전파방해를 받는 곳이 거의 없기 때문에 10km 상공에서 전파를 방사하더라도 약 100km 까지도 45dBμV/m의 전계강도 분포를 나타내 수신에 지장이 없음을 보여주고 있다

그림 8에서는 고도 20km일 때를 같은 1W의 출력이지만 기존 철탑을 이용한 경우인 그림 8(c)에서는 화악산 부근 적은 지역에서만 높은 수신 전계강도를 나타내지만 그림 8(d)에서는 1W의 출력으로도 충분함을 알 수 있다.

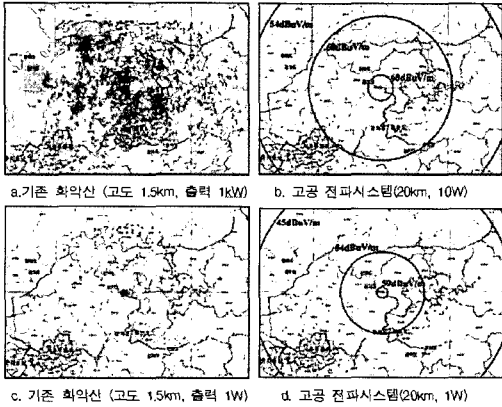
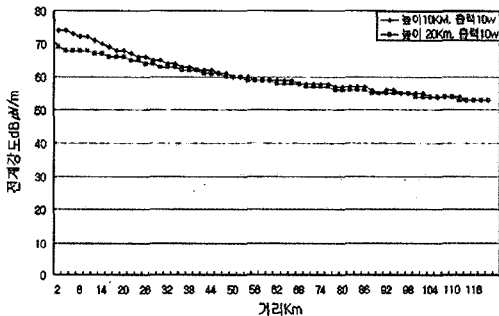
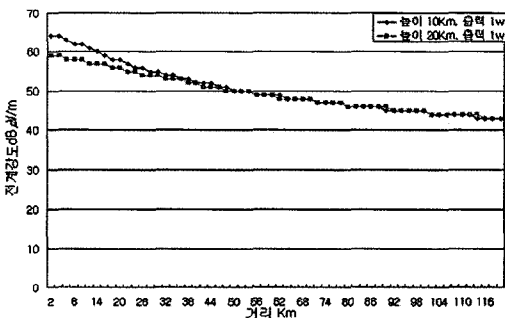


그림 8. 고도 1.5Km와 20Km 상공 전계강도 분포



(a) 출력 10W에 대한 거리별 전계강도



(b) 출력 1W에 대한 거리별 전계강도

그림 9. 고공전파통신 모델의 거리별 전계강도

다음 시뮬레이션 결과는 고공전파통신의 기본 고도인 10Km와 20Km상공에서의 10Kw와 20Kw의 출력을 통한 전계강도와 거리와의 관계를 구한 결과이다.

위 그림 9는 고공전파통신 DMB 서비스를 위한 최저 수신 전계강도 근처인 45dB μ V/m의 커버리지는 거의 비슷하기 때문에 서비스 제공에는 위한 1W와 10W출력으로 충분함을 확인할 수 있다. 이런 전계강도는 대체로 고도에 따른 거리별 전계강도가 유사하게 진행되지만 그림 9.b에서 10km일 경

우 2km 지점에서의 전계강도는 64dB μ V/m인 반면 라)항의 고도 20km일 경우는 59dB μ V/m로 5dB정도의 차이를 보인다.

V. 맺음말

DMB를 성층권 방송시스템을 이용했을 경우. 컴퓨터 시뮬레이션 결과 기존 화악산 철타를 이용해서 1kW의 출력으로 DMB 서비스를 했다고 가정하면 최저레벨 수신전계 강도로 설정한 42.5dB μ V/m의 지점조차도 아주 적게 분포되어 있지만, 고공전파시스템을 이용했을 때는 전파방해를 받는 곳이 거의 없기 때문에 20km상공에서 전파를 발사하더라도 송신 점 직하 약 100km까지도 45dB μ V/m의 전계강도 분포를 나타내고 있다. 또 고도 10km일 때나 20km일 때를 비교해보았을 때도 비록 전계강도의 차이는 보이지만 위와 유사한 결과를 얻을 수 있음이 확인되었다. 따라서 고공전파방송시스템을 이용하면 1W의 소 출력으로 동일지역에 대해 충분한 서비스를 할 수 있다.

세계적으로는 2002년 7월, 일본 우정성과 NASA 등이 SkyTower를 이용하여 최초로 성층권에서의 HDTV 실험방송과 이동통신을 실험을 실시한 바 있다. 이 실험에서 사용한 비행선은 길이 37m의 Pathfinder-Plus이며, 실험 장소는 Hawaii(Kauai), 고도는 65,600ft(20km), 채널은 UHF대의 채널 24 (533MHz), 전송방식은 ISDB-T이며, 전송률은 23Mbps로 하였다. 실험결과 기존 지상파를 이용하는 것보다 1/1,000~1/10,000의 출력인 1W로도 동일 수용범위 내에서 완벽한 수신 상태를 보이는 것으로 나타나 시뮬레이션 결과와도 일치하였다.

고공전파방송시스템은 많은 장점이 있지만 그 중에서도 방송의 경우에는 작은 출력으로도 기존의 지상파 전송방식을 이용했을 때보다 더 효과적으로 서비스할 수 있다. 이는 소요전력 비용 절감이 전체 비용 절감에 주요 요소로 작용할 수 있음을 뜻한다. 그 이외의 신기성과 광역성 및 광대역성 모두를 충족시킬 제 3의 전파자원임을 확인할 수 있었다. 향후 이의 실현에 대하여 심층적인 검토와 대책이 필요하다고 하겠다.

참고 문헌

- [1] 강상현, “방송의 디지털화와 신규 서비스로서의 DMB 도입방안”, 2003.

[2] 방송과 기술, 방송기술연합회, 2003. 9·10월 호

[3] 손인수, “성층권 무선통신시스템”, TTA저널, 통권96호, pp.105-110, 2004.

[4] ITU-R Rec. M.1645, “Framework and overall objectives of the future development of IMT-2000 and systems beyond IMT-2000”

[5] ITU-R Rec. M.1456, “Minimum performance characteristics and operational conditions for high altitude platform stations providing IMT-2000 in the bands 1 885-1 980MHz, 2 010-2 025 MHz and 2 110-2 170MHz in Regions 1 and 3 and 1 885-1 980MHz and 2 110-2 160 MHz in Region 2”.

[6] 진용옥, “성층권 고공 전파통신과 인지정보시스템”, 학술세미나, 2003.

[7] 진용옥, “ULDB에 의한 DTV/DMB 송출 시스템 구성”, 학술세미나, 2003.

[8] WRC-2003 Rev. Resolution 122, Use of the Bands 47.2-47.5 GHz and 47.9-48.2hz by high altitude platform stations in the fixed service and by other services and the potential use of bands in the range, 2003.

[9] DAB 산업동향 보고서, 전자부품 연구원, 2002.

[10] Aerovironment Homepage <http://www.Aerovironment.com>

[11] Platforms Wireless International, www.plfm.net

[12] The world DAB forum www.worlddab.org

[13] DRM www.drm.org

구 재 일 (Jay-Il Ku)

정회원



2000년 2월 남서울대학교 정보통신공학과 졸업
2002년 2월 경희대학교 전파공학과 석사졸업
2003년 3월~현재 경희대학교 전파공학과 박사과정, 남서울대학교 외래교수

<관심분야> 인지전파통신(CRC), 수신상황인식기술
고공전파통신, DSP, 음성인식(정격률), 차세대이동통신

진 용 옥 (Yong-Ohk Chinn)

중신회원



1981년 2월 연세대학교 전자공학과 박사졸업
1979년 3월~현재 경희대학교 전자공학/전파공학과 교수
1997년 3월~현재 통신학회, 전자공학회 평의원

<관심분야> 인지전파통신(CRC), 고공전파통신 음성인식(정격률), 한손자판 등