

우리나라 HD-FSS 주파수 분배에 대비한 40GHz 지상망과의 간섭영향 분석

정회원 이 일 용*, 성 향 숙*

Analysis on sharing between terrestrial FS and FSS of 40GHz bands, related with HDFSS identification

Il-Yong Lee*, HyangSuk Seong* *Regular Members*

요 약

2003년 세계전파통신회의(WRC-2003)에서 지상망과 고밀도 고정위성업무(HDFSS:High-Density fixed satellite service)의 주파수 공유 및 HDFSS용 하향링크 후보대역 선정문제로 이슈화된 40 GHz 대역에서 정지위성망과 지상망간 주파수 공유에 따른 간섭 영향을 우리나라에서 운용하는 것으로 설정해 분석하였다. 40 GHz 대역 정지위성망과 지상망의 전형적인 특성 파라미터를 이용하여 시뮬레이션한 결과, 우리나라 지상 고정업무 무선국의 안테나가 같은 40 GHz 대역을 공유하는 정지위성을 향한 경우, 40 GHz 지상망의 운용특성들이 맞물려, 간섭을 받을 수 있는 최악의 특정 조건이 이루어질 수 있음을 보였다. 이러한 상황은 고층건물이 밀집된 지역에 지상망을 설치할 때 발생할 수 있으므로, 향후 40 GHz 대역의 고밀도 지상고정업무(HDFS :High-Density fixed service) 무선국들이 설치될 때, 정지궤도 지향을 피하는 간섭경감기법이 강구되어야 할 것으로 보인다.

Key Words : HDFSS; HDFS; satellite communication;

ABSTRACT

Analysis on sharing between GSO FSS and terrestrial system in the 40GHz band, related with the problem for sharing between terrestrial services and FSS and identification of HDFSS downlink bands in World Radiocommunication Conference 2003, was practiced by assuming that both systems are operated in Korea. According to results from simulation using the characteristic parameters of GSO FSS and terrestrial FS system in 40 GHz described in ITU-R Recommendations, in case that elevation and azimuth angle of antenna of FS station are adjusted to point directly to the geostationary satellite, the GSO system can cause the worst interference to the FS system. This situation is possible to occur in the installation of 40 GHz FS station in urban area where there are high-rise buildings. If high-density FS stations in 40 GHz band are operated in the future, interference mitigation techniques to avoid GSO arc should be considered.

I. 서 론

37.5-42.5 GHz 대역은 1997년도와 2000년도의 세계전파통신회의를 통해서 HDFS(고밀도고정업무)

^{[1][2]}용으로 이미 지정이 되었고, 2003년 ITU-R에서 HDFSS(고밀도고정위성업무) 하향링크용 지정후보대역으로 논의되었다(WRC-2003 의제 1.25)^{[2][3][4]}. 또한 이 대역에서의 지상고정업무와 전파천문업무를 각각 보호하기 위한 37.5-43.5 GHz 대역을 이용하

* 전파연구소(iis01902139@rrl.go.kr, seong@rrl.go.kr)
논문번호 : 030064-0620, 접수일자 : 2003년 6월 20일

는 정지 또는 비정지 위성시스템의 기술적, 규정적 규칙을 2003년 세계전파통신회의에서 검토하였다(WRC-2003 의제 1.32).

앞의 설명된 의제와 관련되어, 이 대역에서의 고정위성업무와 지상 고정업무간의 주파수 공유를 위해, 2000년도 세계전파통신회의 결의 84(제목 : 37.5-42.5 GHz 대역에서 고정위성, 방송위성 그리고 이동위성서비스에 대한 전력속밀도(Power Flux Density, PFD 제한치)에서는 전파규칙(Radio Regulation, RR^[5]) 표21-4에 잠정적으로 포함된 37.5-42.5 GHz 대역 PFD 제한치가 우주-지구로의 하향전송시 고정업무를 적절히 보호할 수 있는지를 결정하기 위한 연구수행을 권유하고 있다. 이러한 국내외 동향을 고려, 이들 상호 업무간의 주파수 공유분석을 위하여 위의 언급된 주파수 대역의 중심 대역인 40 GHz 정지위성망 및 지상 고정업무시스템 파라미터를 ITU-R 권고를 통하여 정리하고, 그에 따른 이들 상호간 공유에 의한 간섭영향을 위성전파 간섭분석 소프트웨어^[6]를 이용하여 분석하였다.

II. 40 GHz 정지위성망 및 지상고정업무시스템

1. 40 GHz 대역 공유간섭 영향분석을 위한 정지위성망 파라미터

40GHz 대역의 공유간섭 영향분석을 위해서는 각 시스템의 전형적인 운용 파라미터들이 필요하다. 이에 37.5~42.5 GHz 대역에서 정지 또는 비정지 FSS 시스템에 관련된 정보들을 ITU-R 권고 S.1328-3에서 상세하게 제공하고 있다^[7]. 38 GHz 또는 40 GHz 대역 FSS 시스템에서 요구되는 운용 및 기술 특성은 ITU-R 권고 S. 1557에서 잘 정리되어 있다^[8]. 이 권고 S.1557에서는 GSO VX 계열 FSS 시스템의 Gateway국과 소형 지구국 그리고 MULTIMEDIASAT의 소형 지구국 같은 시스템들의 기술적인 파라미터를 상세하게 잘 기술하고 있다. 표 1은 38/40 GHz 대역 고정위성업무의 정지 위성망 파라미터를 정리한 것이다.

2. 40 GHz 대역 공유간섭 영향분석을 위한 지상고정업무시스템 파라미터

표 2는 37.5~42.5 GHz 대역에서 고정위성업무와의 공유 연구를 위한 지상고정업무시스템의 주요 파라미터를 나타낸 것으로 대표적인 고밀도 고정업무(HDFS) 시스템인 BWA(Broadband Wireless

Access) 시스템의 특성 파라미터들을 참고로 하였다. 지상 고정업무국의 대표적인 수신안테나 방사패턴은 ITU-R 권고 F.1245-1을 토대로 하였^[9], 그림 1과 같다. 이 BWA 시스템의 주요 특성으로 20도 이상의 고양각을 가질 수도 있고, 고이득 안테나 특성을 가지며, 모두 1km이내의 짧은 국(Hop)간 거리를 유지하고 낮은 감쇄 마진을 가진다. 37.5~42.5 GHz 대역의 BWA와 비슷한 고밀도 고정업무의 구축 특성은 ITU-R 권고 F.1498-1에 기술되어 있다^[10].

표 1. 37.5~42.5GHz 대역 위성시스템 주요 파라미터
Table 1. Principal parameters for FSS system in the 37.5~42.5 GHz band

위성 주요 특성 파라미터	특성값
궤도	정지궤도
고도(altitude)	35785.8 km
빔 크기(Beam size)	0.65도
송신 안테나이득	48.8dBi
송신 EIRP	61dBW
채널대역폭	60MHz
편파	Linear

표 2. 37.5~42.5GHz 대역 고정업무 시스템 주요 파라미터
Table 2. Principal parameters for FS system in the 37.5~42.5 GHz band

지상 고정업무국 주요 특성 파라미터	특성값
수신 안테나이득	44dBi(0.6m 안테나일 경우)
파더 손실	0dB
수신 잡음지수	4dB
잡음증가	1dB(시스템 내부간 간섭)
수신 안테나양각분포	0~60°
수신 안테나 방사패턴	ITU-R 권고 F.1245-1
편파	Linear

3. 40 GHz 대역 정지위성망과 지상업무간의 공유 기준

40 GHz 대역 방송위성업무와 이동위성업무 등을 비롯한 정지위성망 또는 비정지위성시스템으로부터 지상의 고정업무를 보호하기 위해 적정 PFD치를 제안한 권고가 ITU-R 연구로 통해 만들어졌다. 37.5-42.5 GHz 대역의 고정 업무를 보호하기 위한 비정지 위성시스템의 PFD 최대 허용치를 ITU-R

권고 SF.1484-1에서 제안하고 있고^[11], 정지위성망에 관한 PFD 최대 허용치는 ITU-R 권고 SF.1573에서 권고하고 있다^[12].

하지 않도록, ITU-R 권고 F.758-2은 권고하고 있다^[13]. 이때 간섭신호는 시스템 내부간의 간섭을 포함되지 않는 비상관(uncorrelated) 신호이다.

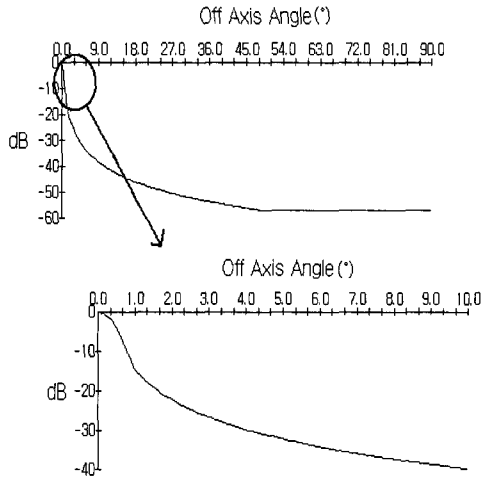


그림 1. ITU-R F.1245-1 안테나 방사패턴
Fig. 1. Radiation pattern from ITU-R F.1245-1

표 3에서는 37.5~42.5 GHz 관련 권고에 따라 고정업무 시스템과 정지위성망과의 공유를 위해 위성망 하나에 대한 지상에서의 PFD 최대 허용치를 주파수 대역과 도래각(angle of arrival: 수평선 기준)별로 정리한 것이다. 표 2의 PFD 최대 허용치는 자유공간 전파조건 하에서의 값이다. 표 3의 PFD 제한값들에 기준하여 ITU-R 권고 S.1557에서는 고정위성업무와 지상고정업무간의 간섭 연구를 위해 쓰이는 38/40 GHz 대역 고정위성시스템의 특성 주요 파라미터들을 구하여 제시하였다.

또한, 이들 동일 대역에서 지상의 고정업무 운용을 보호하기 위해, 고정업무국의 수신단에서 간섭신호전력 대 수신잡음전력의 비(I/N)가 -10dB를 초과

III. 간섭계산

1. 시뮬레이션을 위한 가정

한반도 상공의 정지 위성망과 지상 고정업무 시스템이 우리나라에서 동시에 운용될 경우 위성망이 지상고정업무에 미치는 간섭 영향을 시뮬레이션해 보았다.

두 시스템간의 공유 주파수는 40 GHz로 정하였다. 정지위성은 우리나라가 등록 중인 정지궤도 위성망 중에서 L 밴드에서 V 밴드까지 등록 중이며 현재 우리나라에 가까운 동경 123.7도 궤도를 가진 것을 선정하였다. 이 위성망의 빔은 지금 운용 중인 무궁화 위성들과 같이 전북 무주 지역(북위 26도 25분 48초, 동경 127도 24분 0초)을 향하고 있고 1개 안테나 빔과 빔당 1개 Carrier만을 가진 것으로 설정하였다.

그림 2는 한반도 지상에서 동경 123.7도 정지궤도를 바라보는 양각 분포도이다. 한반도 전체적으로 양각은 41도에서 50도 사이의 분포를 가진다. 따라서, ITU-R 권고 SF.1573(표 3 참조)에 의거, 37.5~42.5GHz 전대역에서 우리나라에 뿌려지는 정지위성망의 전파는 105dBW/m²/1MHz의 PFD mask를 가지도록 권고하고 있음을 주지하고, 이 PFD mask에 의해 지상에 나타나는 위성 빔 Contour를 발생시켜 간섭분석 시뮬레이션을 하였다.

시뮬레이션을 위한 지상고정업무국의 특성은, 전형적인 고밀도 고정업무 시스템인 BWA 시스템의 것을 따르기로 하고, 표 2의 특성 파라미터를 이용하였다. 그림 3에서는 40 GHz대 정지위성망이 동

표 3. 37.5~42.5GHz 대역 정지 위성의 PFD 최대 허용치
Table 3. Maximum allowable values of PFD in the 37.5~42.5 GHz band

양각 GHz	정지 위성의 PFD 최대 허용치(dB(W/m ²), 1MHz 기준 대역폭당)			
	0° ≤ θ ≤ 5°	5° < θ ≤ 20°	20° < θ ≤ 25°	25° < θ ≤ 90°
37.5 ~ 40.0	-127	-127+(4/3)(θ - 5)	-107+0.4(θ - 20)	-105
40.0 ~ 40.5	-115	-115+0.5(θ - 5)		-105
40.5 ~ 42.0	-120	-120+(θ - 5)	-110+0.5(θ - 5)	-105
42.0 ~ 42.5	-127	-127+(4/3)(θ - 5)	-107+0.4(θ - 20)	-105

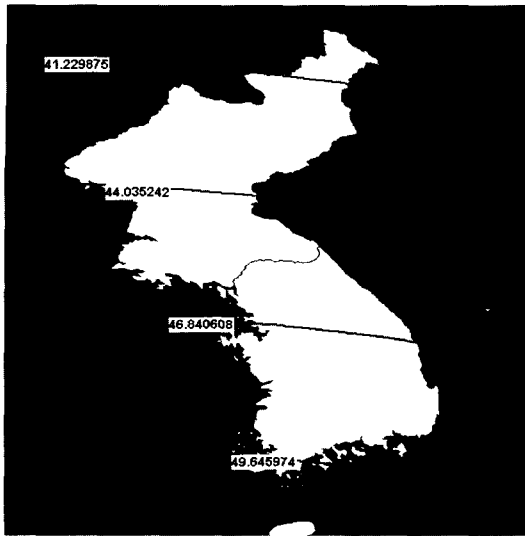


그림 2. 정지위성(동경 123.7도)을 바라보는 양각(°) 분포
Fig. 2. The distribution of elevation angle(°)(pointing to 123.7E GSO satellite)

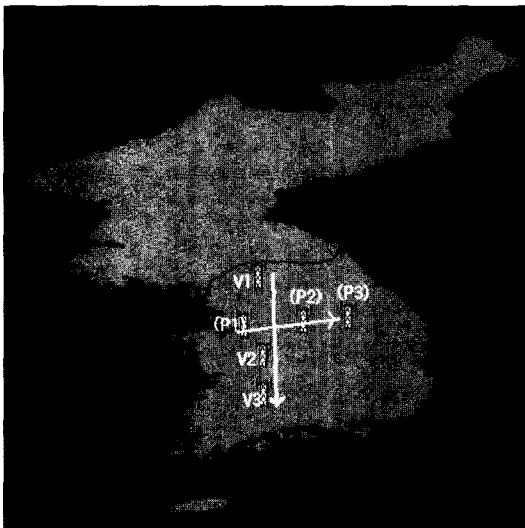


그림 3. 지상 고정업무국의 수평 및 수직 임의배열 위치
Fig. 3. The location of FS stations(vertical arrangement: V & horizontal arrangement: P)

일 대역의 지상망에 미치는 간섭계산을 위해 지상 고정업무국들을 일정 위도(북위 37도 6분)에 따른 임의의 수평배열(P1국-동경 127도 76분, P2국-동경 127도 52분, P3국-동경 128도 26분)로 위치시켰고 동시에 일정 경도(동경 127도 20분)에 따른 임의의 수직배열(V1국-북위 38도 1분, V2국-북위 36도 24분, V3국-북위 35도 37분)로 각각 위치시켰다. 사실상 BWA 시스템 같은 고밀도 고정업무 무선국들은

대체적으로 1km이내의 링크통신거리 특성을 가지고 있어 지상에 고밀도로 분포·구축되나, 본 시물레이션에서는 지상고정업무국의 안테나 양각 또는 안테나 방위각의 변화에 따른 최악의 간섭영향만을 살펴보기 위해 지상시스템의 구축 분포 특성은 고려되지 않았다.

이 시물레이션에서는 한반도 지상에서의 지형고도는 고려되지 않고 해수면(sea level) 기준으로 30m의 안테나 높이만을 가정하였다. 이미 자유공간 전파를 고려한 PFD 제한값에서 구해진 정지 위성망 파라미터들을 이용하였으므로 위성전파전파모델은 자유공간손실만을 적용한 것으로 보았고, 이와 동시에 동일 조건을 위해 지상전파전파모델도 자유공간손실만을 고려하였고 건물 등의 반사·회절과 영향을 고려한 다중경로 손실은 고려하지 않았다.

2. 결과분석

지상망과 위성망간의 주파수 공유에 따라 지상 고정업무국을 고정위성업무국으로부터 보호하기 위해 고정업무국의 수신 잡음온도증가율($\Delta T/T$)이 10%(간섭신호 대 잡음전력비 $I/N = -10\text{dB}$)를 초과하지 않도록 하는 권고를 토대로 분석하였다.

이러한 점들을 고려하여, 그림 4와 그림 5에서는, 지상 고정업무 무선국의 수신 안테나 방위각이 간섭영향을 최대로 받게 맞춰진 경우로(각각의 안테나 방위각, 진북기준 -172 도를 전후), 지상 고정업무국의 방위각이 임의로 가정된 동경 123.7도 정지위성을 바라보도록 하고 있다. 이때 한반도 지도상에 임의의 수평·수직 배열이 되어있는 각 지상 고정업무국이 정지위성 전파의 간섭을 받을 경우, 각 고정업무국의 수신 안테나 양각(수평선 기준)의 변화에 따른 수신잡음온도증가율($\Delta T/T[\%]$)을 나타낸 것이다. 표 2의 수신 안테나 양각분포로부터 HDFS형 고정업무국은 0~65도의 양각변화를 가진다.

그림 4와 그림 5의 시물레이션 결과에서 보면, 임의로 가정된 우리나라의 지상 고정업무국 수신안테나의 양각이 45도일 때를 전후해 고정업무국의 수신 잡음온도증가율이 10%이상을 훨씬 더 초과함을 볼 수 있다. 보통 45도 전후의 양각은 각 지상 고정업무국이 정지궤도위성을 직접 바라보는 각도로, 만약 고정업무국의 송수신 양각이 45도 전후로 가정된다면 위성으로부터 지상고정업무국이 심각한 간섭 영향을 받을 수 있다. 이러한 간섭영향은 현재의 40 GHz 대 BWA 같은 고밀도 고정업무형 고정업무국의 수신특성이 20도 이상의 고양각과 고이득

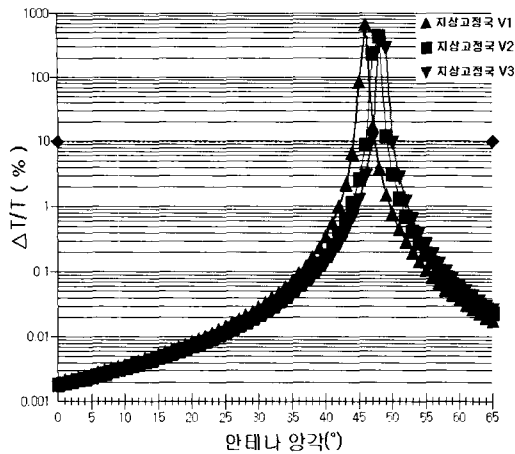


그림 4. 안테나 양각에 따른 $\Delta T/T$ 변화(수직배열)
Fig. 4. $\Delta T/T$ for elevation of antenna(stations arranged vertically)

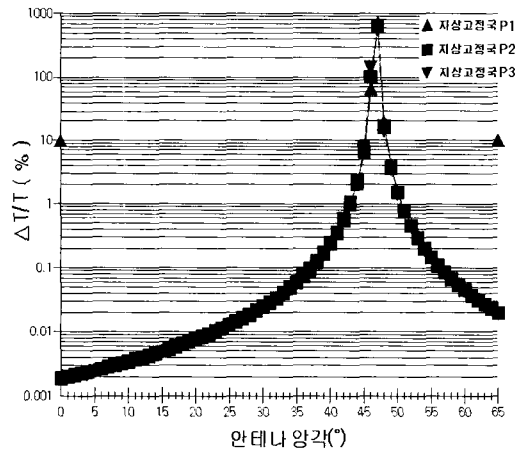


그림 5. 안테나의 양각에 따른 $\Delta T/T$ 변화(수평배열)
Fig. 5. $\Delta T/T$ for elevation of antenna(stations arranged horizontally)

의 안테나 특성을 가지는 점과 안테나 양각·방위각이 위성을 바라보는 최악의 경우가 합쳐진 특정 조건에 의해 발생한 것으로 볼 수 있다. 이러한 상황은 고층빌딩이 밀집분포되어 있는 지역에 지상망을 설치할 경우 일어날 수 있다. 만약 40 GHz 대역 정지위성망과 고밀도 BWA와 같은 지상고정업무국이 구축이 된다면, 지상 고정업무 수신국의 설치시 정지궤도를 직접 피하는 간섭경감기법(arc avoidance)이 중요하게 고려되어야 하며 이 간섭경감기법을 보완하는 하드웨어 및 소프트웨어적인 간섭경감기법들도 고려해야 한다.

IV. 결 론

WRC-03 의제 1.32에서 37.5-43.5GHz 대역 위성 시스템과 지상망간 간섭 문제와 의제 1.25에서 HD FSS용 하향링크 후보대역 선정문제로 이슈화되고 있는 40 GHz 대역에서 정지위성망과 지상망간 간섭 영향을 우리나라 현황에 맞춰 시나리오를 설정해 분석하였다. ITU-R 권고에 따라서, 40 GHz 대역 정지위성망은 HDFSS형 시스템의 특성 파라미터를 이용하였고 지상망의 경우 BWA(HDFS형 시스템) 시스템 특성 파라미터를 이용하여 시뮬레이션해 보았다. 향후 우리나라에 40GHz 대역 HDFSS형 시스템이 구축 운용되고 또한 HDFSS와 같은 위성서비스가 실시된다고 가정한다면, 지상 고정업무국 수신 안테나의 양각과 방위각의 조합에 따라 한반도 상공에 있는 같은 주파수 대역을 공유하는 정지위성을 향하는 경우가 일어날 수 있다. 이와 같이 40GHz 고밀도 지상 무선국이 정지 위성을 직접 향할 경우 최악의 간섭이 발생함을 시뮬레이션을 통해 보았다. 시뮬레이션에서 본 최악의 간섭은 고층건물이 밀집한 지역에 지상망을 설치할 경우에 생길 수 있다. 향후 40GHz 대역의 고밀도 지상고정업무국들이 설치될 때, 이러한 정지궤도를 피하는 간섭경감기법과 하드웨어 및 소프트웨어적인 간섭경감기법들이 강구되어야 할 것으로 보인다.

참 고 문 헌

- [1] Rec. ITU-R F.1498-1, Deployment characteristics of the fixed service systems in the band 37-40 GHz for use in sharing studies.
- [2] 성향숙 외 4인, “고정위성업무와 타업무간의 공유에 관한 연구(1차년도),” 전파연구소, 2001.
- [3] 이일용, 성향숙, “고밀도고정위성업무(HDFS)와 지상망간 공유연구,” 2002년도 한국통신학회 추계종합학술발표회 논문집, 26권, pp. 358, 2002년 11월.
- [4] 성향숙 외 4인, “고정위성업무와 타업무간의 공유에 관한 연구(2차년도),” 전파연구소, 2002.
- [5] ITU-R, “Radio Regulations,” 2000.
- [6] Visualyse Professional-Release 13.2, Transfinite Systems Ltd.(in United Kingdom).
- [7] Rec. ITU-R S.1328-3, Satellite system charac-

teristics to be considered in frequency sharing analyses between geostationary satellite orbit (GSO) and non-GSO satellite systems in the fixed-satellite service(FSS) including feeder links for the mobile-satellite service(MSS).

- [8] Rec. ITU-R S.1557, Operational requirements and minimum characteristics of FSS systems operating in the 50/40 GHz bands for use in sharing studies between the fixed-satellite service and terrestrial services.
- [9] Rec. ITU-R F.1245-1, Mathematical model of average radiation patterns for line-of-sight point-to-point radio-relay system antennas for use in certain coordination studies and interference assessment in the frequency range from 1 to about 70 GHz.
- [10] Rec. ITU-R F.1498-1, Deployment characteristics of fixed service systems in the band 37-40 GHz for use in sharing studies.
- [11] Rec. ITU-R SF.1484-1, Maximum allowable values of power flux-density at the surface of the Earth produced by non-geostationary satellites in the fixed-satellite service operating in the 37.5-42.5 GHz bands to protect the fixed service.
- [12] Rec. ITU-R SF.1573, Maximum allowable values of power flux-density at the surface of the Earth produced by geostationary satellites in the fixed-satellite service operating in the 37.5-42.5 GHz bands to protect the fixed service.
- [13] Rec. ITU-R F.758-2, Considerations in the development of criteria for sharing between the terrestrial fixed service and other services.

이 일 용(Il-Yong Lee)

정회원



1996년 : 경희대학교 전파공학과 학사졸업
1998년 : 경희대학교 전파공학과 석사졸업
2001년~현재 : 정보통신부 전파연구소 공업연구사

<관심분야> 위성통신, 안테나 및 전파전파

성 향 숙(HyangSuk Seong)

정회원



1985년 : 연세대학교 물리학과 학사졸업
1987년 : 서울대학교 물리학과 석사졸업
1993년 : 미국 Michigan State University 박사졸업
1993년~1996년 : 캐나다 University of Montreal

Postdoctoral research associate

1996년~현재 : 정보통신부 전파연구소 공업연구관

<관심분야> 위성통신