

논문 2008-6-17

UHF대역에서의 SEAMCAT을 이용한 간섭 분석기법에 관한 연구

A study on the Analysis Method of Interference using SEAMCAT in UHF band

조승일*, 장경승**, 강성철**, 이주환***, 강정진****, 최규석*****, 차재상*****, 김성권*

Seung-Il Cho, Kyoung-Seung Jang, Sung-Chul Kang, Joo-Hwan Lee, Jeong-Jin Kang, Gyoo-Seok Choi, Jae-sang Cha and Seong-Kweon Kim

요 약 본 논문에서는 가시거리가 확보가 되는 임의의 산간지형에서 UHF대역의 주파수 환경의 모델링을 제안한다. UHF대역을 사용하는 송신국은 Wt(Wanted Transmitter)로 정의하고 수신국은 Vr(Victim Receiver)로 정의하여 Victim link로 설정하며, 간섭원은 It(Interference Transmitter)와 Wr (Wanted Receiver)으로 정의하여 Interference link로 설정한다. Monte-Carlo 방식을 이용하는 전파간섭분석 시뮬레이션 툴인 SEAMCAT(Spectrum Engineering Advanced Monte Caelo Analysis Tool)을 사용하여 모델링된 주파수 환경을 시뮬레이션 한 결과와 임의의 산간지형에서 측정된 실측데이터를 비교하였다. SEAMCAT의 dRSS(desired Received Signal Strength)계산 값은 지형에 의해 생기는 손실이 있기 때문에 UHF 대역에서 수신 전력에서 70% 오차를 나타냄을 알 수 있었다. 따라서 지형에 의한 간섭회절만큼의 송신전력을 줄임으로써 실제 전파 환경과 유사한 가정을 할 수 있게 하였다. 본 논문에 제시된 UHF 주파수 환경에서의 시뮬레이션 모델링은 UHF 주파수 재배치 및 간섭분석 연구에 기여할 것으로 기대된다.

Abstract In this paper, we proposed the modeling of UHF frequency environment in a random mountainous area with line of sight. A transmitting station is defined as wanted transmitter(Wr) and a receiving station is defined as victim receiver(Vr). These set up victim link. A interference transmitter(It) and wanted receiver(Wr) set up interference link. We compared measured data at random mountainous area with data of the result using spectrum engineering advanced monte calo analysis tool(SEAMCAT), interference simulation based on the monte-carlo method. The desired received signal strength(dRSS) of SEAMCAT had the calculated error of 70% from the measured received signal strength because there was a topographical effect. Therefore, the effect of diffraction interference was included to lessen the power of transmitter in the proposed simulation. The cause of received power error are cable loss and errors of a measuring instrument. The proposed simulation modeling in UHF frequency environment expect that is the useful study on interference analysis and reassignment of broadcasting frequency.

Key Words : Monte-Carlo, 간섭분석, SEAMCAT, 900Mhz UHF 주파수

1. 서 론

*정회원, 목포해양대학교 해양전자통신공학부(교신기자)

**정회원, 방송통신위원회 전파연구소

***정회원, 한국전자통신연구원 전파기술연구부

****정회원, 동서대학교 정보통신과

*****정회원, 청운대학교 컴퓨터학과

*****정회원, 서울산업대학교 매체공학과

접수일자 2008.11.10, 수정완료 2008.12.5

유비쿼터스 네트워크를 위한 새로운 무선서비스의 요구가 발생하며, 다양한 종류의 무선통신기기가 등장하게 되었고, 무선통신 시장은 점차 확대되어 왔으며, 그에 따라 무선통신에서 스펙트럼의 이용이 밀집화 되는 현상이 발생하게 되었다. 따라서, 무선통신 사용자나 무선통신 사업자의 요구를 만족시키기 위해서는 한정된주파수 자원에 대한 주파수 할당과 공유기술 및 정책이 필요하게

되었다.[1]

2008년 10월 31일 한국정보사회진흥원에서 개최된 <주파수 회수, 재배치 정책방향 토론회>에서 공공용 및 FM 방송 중계용으로 사용 중인 900MHz 대역(905 ~ 915MHz / 950 ~ 960MHz) 20MHz의 대역폭을 2011년 6월까지 회수하기로 한 것처럼 주파수 자원을 효율적으로 이용하기 위해 주파수 재배치에 관한 논의도 현재, 활발히 이루어지고 있다. 이 UHF 대역은 사용 주파수 대역이 비교적 낮아서 전파가 멀리 도달하기 때문에 낮은 주파수 대역의 기지국이 커버할 수 있는 커버리지가 넓어서 성공적인 무선 광대역 서비스의 후보로 주목받아 왔다.[2]

본 논문에서는 무선 광대역 서비스의 적용을 위하여, 최근 핫 이슈로 떠오르고 있는 UHF 대역에서의 간섭 시나리오를 Monte-Carlo 방식을 이용하여 주파수 환경을 모델링하고, Monte-Carlo 방식을 기반으로 ERO (European Radio communications Office)에서 개발한 SEAMCAT (Spectrum Engineering Advanced Monte Carlo Analysis Tool)을 사용하였다. 그 결과와 임의의 산간지역에서 가시거리를 확보하여 UHF 대역의 주파수 환경을 비교 검증하였으며, 향후 UHF 대역에서의 활발한 무선광대역 서비스 제공을 위한 간섭분석 연구의 기초로 삼고자 본 논문에서는 사례연구로 900MHz 대역을 다루도록 한다.

II. UHF 주파수 환경의 모델링

1. 간섭분석기법의 종류

간섭분석의 방법에는 대표적으로 세 가지 방식이 있다. MCL(Minimum Coupling Loss) 방식은 시스템 파라미터와 전파모델을 통해서 시스템이 간섭의 영향을 전혀 받지 않고 동작하기 위해 떨어져야 하는 최소한의 거리를 계산한다. 그러나 MCL 방식은 송수신기의 활동률(activity factor)을 무시하고 일정한 크기의 송수신 신호가 계속 수신되는 worst case를 가정하므로 실제 적용하기에는 불필요하게 엄격한 이격 거리가 계산 된다. 또한 한 개의 간섭원만 모델링이 가능하기 때문에 여러 상황을 적용하기 힘들다. MCL 방식을 개선한 E-MCL (Enhanced-MCL) 방식은 간섭원이 원형 셀에 균등하게 분포하는 링크 가용성(link availability)을 고려하면서

이격거리와 간섭확률을 계산한다.[3~5]

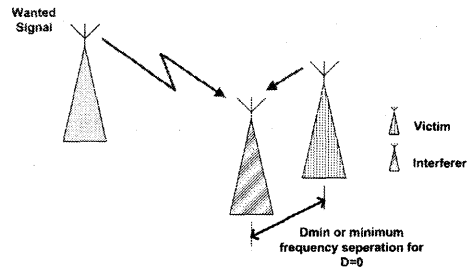


그림 4. MCL 방식의 간섭환경
Fig. 1. Interference environment of MCL

그림 1은 MCL 방식의 간섭환경을 나타낸다. 그림과 같이 MCL 방식은 한 개의 간섭원이 항상 동작하며 간섭 신호를 발생시키는 worst case를 가정한다. 이 때 간섭원과 희생원 사이의 간섭이 전혀 없는 최소거리(Dmin) 또는 주파수 간격을 계산하게 된다. 만약, 희생원이 minimum signal을 수신 중이고, 간섭원으로부터 간섭신호가 간섭에 가장 유리한 경로를 가진다면, 간섭확률은 최대가 된다. 이 결과, 희생원과 간섭원은 불필요하게 큰 이격거리를 가지게 된다. 예를 들어, 1%의 간섭허용치를 가지는 시스템이 있다면, 이러한 MCL 방식의 결과는 적절치 못하다.

2. Monte-Carlo Method

모델링의 타당성을 검증하기 위해 본 논문에서 적용하는 시뮬레이션 기법인 Monte-carlo method는 구하고자 하는 수치의 확률적 분포를 반복 가능한 실험의 통계로부터 구하는 방법이다. Monte-carlo란 명칭은 2차 세계대전 중 핵폭탄에서의 중성자 분포를 분석하고, 통계적으로 문제를 해결하고자 시작된 프로젝트의 이름으로, 이 프로젝트에 참여한 von Neumann과 Ulan에 의해 제안된 방법이다. Monte-Carlo 기법은 정의된 확률 분포를 갖는 랜덤 변수(random variable)를 표본 추출하여 복잡한 함수 관계에 적용하고 그 결과의 통계적 특성을 살피는 시뮬레이션에 주로 이용되고 있다. 특히, 컴퓨터의 계산 처리 능력이 발전함에 따라 복잡한 통계적 문제를 분석하기 위해 사용되는 가장 강력하고 보편적인 방법으로 알려져 있다[6].

Monte-carlo method는 간섭환경과 관련된 모든 파라미터 값들을 지정하고 다양한 간섭 환경을 시뮬레이션

할 수 있으나 복잡도가 크고 결과에 대한 신중한 분석이 요구된다. 현재 ITU-R (International Telecommunication Union - Radio communication Sector)의 전파통신국에서는 간섭분석의 표준방식으로 monte-carlo method를 채택하였으며, 현재 유럽의 우수한 통신 관련 연구소에서 다양한 알고리즘을 연구개발 중이다[5~7].

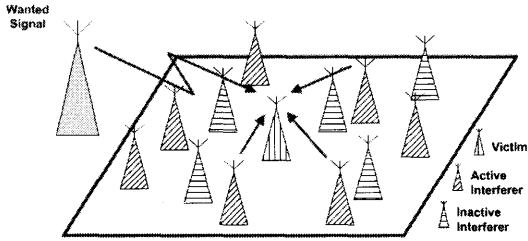


그림 5. Monte-Carlo 방식의 간섭환경
Fig. 2. Interference environment of Monte-Carlo method

그림 2는 Monte-carlo 방식의 간섭환경을 나타낸다. MCL 방식은 인접해 있는 간섭원으로부터 항상 최악의 간섭신호가 수신되는 환경인 반면, Monte-carlo method의 간섭환경은 간섭원으로부터 최적과 최악의 모든 전파 경로를 포함한다. 이처럼 Monte-carlo method를 이용한 간섭분석기법은 간섭원의 활동률을 적용하여 실제 통신 환경과 가까운 복잡한 모델링이 가능하다.

3. UHF 주파수 환경에서의 모델링

그림 3와 같은 임의의 도심 지형에서 Site A를 송신국 Site B를 수신국이라고 정의되는 UHF주파수 환경일 때 Monte-Carlo 방식을 적용한 UHF대역 주파수 환경에서의 모델링은 그림 4와 같다.

W_t (Wanted Transmitter)는 UHF 대역의 송신국이며, V_r (Victim Receiver)은 수신국으로 설정할 수 있다. 여기에 I_t (Interference Transmitter)와 W_r (Wanted Receiver)인 간섭원이 존재하게 된다. 제시된 모델링을 SEAMCAT tool에 적용하여 간섭원과 수신국 사이의 거리 D 를 변경하면서 주파수 환경에서의 간섭확률 뿐만 아니라 Victim system link 사이의 $dRSS$ 와 Interference link 사이의 $iRSS$ 도 구할 수 있다.

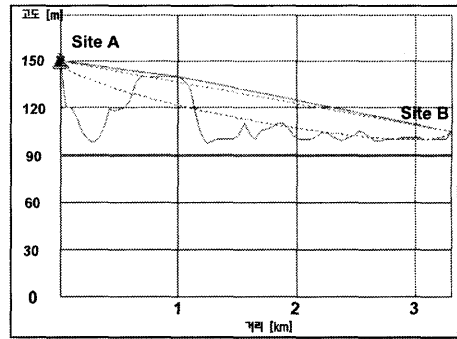


그림 6. 임의의 도심 지형 GPS 단면도
Fig. 3. The GPS of random downtown area

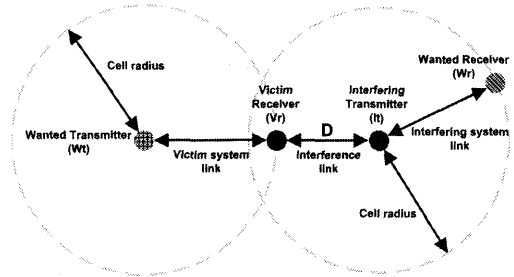


그림 7. UHF 주파수 환경의 모델링
Fig. 4. Modeling of UHF frequency environment

III. 시뮬레이션 결과 와 실제 측정

1. 시뮬레이션 Input parameter와 결과

UHF대역 주파수 환경의 모델링을 시뮬레이션 할 경우 입력되는 Parameter는 그림 3의 임의의 도심지형에서 실제 사용이 되는 요소들을 적용한다. 모델링된 그림 4를 SEAMCAT 시뮬레이션에 적용했을 경우 그림 5와 같고, 시뮬레이션에 입력되는 Parameter를 정리하면 Interference link는 표 1과 같으며 Victim link는 표2와 같다.

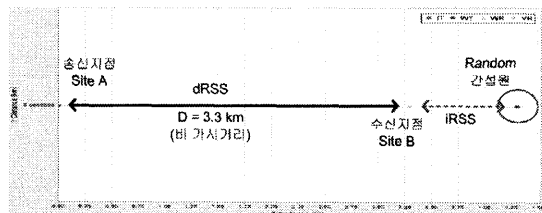


그림 8. 비 가시거리 Site간의 SEAMCAT 시뮬레이션
Fig. 5. SEAMCAT Simulation in N-LOS

시뮬레이션에 사용된 Propagation model은 Site A와 Site B 사이에는 아무런 장애물이 없는 가시거리가 확보가 되어 있는 임의의 도심 지형이기 때문에 "Free space"와 "Extended hata SRD"를 사용하였다. 시뮬레이션결과 Free space propagation model 일 때 수신지점에서의 수신된 전력은 그림 6과 같이 중심주파수가 943.75MHz 일 때 -53.21dBm 이며, 그림 7과 같이 중심주파수가 949.25MHz일 때 -40.71dBm 이다. 또한 Extended hata SRD propagation model 일 때 수신지점에서의 수신된 전력은 그림 8과 같이 중심주파수가 943.75MHz 일 때 -53.12dBm 이며, 그림 9와 같이 중심주파수가 949.25MHz일 때 -40.75dBm 이다.

표 1. Interference link 입력 파라미터
Table 1. Parameters of the interference link

Parameter	Value (Tx/Rx)	Unit
Frequency	959	MHz
Antenna Height	105/105	m
Antenna Azimuth	0-360/0-360	Degree
Antenna Peak Gain	0/0	dBi
Output Power	10	dBm
Sensitivity	- 83	dBm
Coverage Radius	5	m

표 2. Victim link 입력 파라미터
Table 2. Parameters of the victim link

Parameter	Value (Tx/Rx)	Unit
Frequency	943.75 949.25	MHz
Sensitivity	-104	dBm
Noise Floor	-110	dBm
Antenna Height	150/105	m
Antenna Azimuth	0/180	Degree
Antenna Peak Gain	6/5.1 18.5/5.0	dBi
Output Power	38.1 38.5	dBm
C/I	9	dB
Coverage Radius	3.3	km

2. 임의의 도심지역에서 실제 측정

실제로 측정한 실험은 그림 10과 같이 그림 3의 임의의 도심지형에 송수신시스템을 구성하고, Site A에서 신호를 송신을 하여 약 3.3km 떨어져 있는 비 가시거리에

있는 다른 임의의 지점인 Site B에서 수신 신호 레벨을 측정을 하였다. 송신하는 Site A 지점에서는 신호발생기를 이용하여 만들어진 신호를 신호증폭기를 통하여 증폭을 시킨 후 송신안테나를 거쳐서 신호를 송신하였다. 수신되는 Site B 지점에서는 수신안테나에 전계강도 측정기를 연결하여 Site B에서 수신하는 신호의 전계강도를 측정하였다. 측정 결과 Site A와 Site B 사이에는 도심지형의 건물들이 있기 때문에 가시거리가 확보가 되지 않아 중심주파수 943.75MHz 에서 송신 전력이 -38.1dBm 일 때 수신하는 전계강도는 -81.2dBm 이며, 중심주파수 949.25MHz 에서 송신 전력이 -38.5dBm 일 때 수신하는 전계강도는 -73.3dBm 이다.

3. 시뮬레이션 값과 실제 측정값 비교

시뮬레이션 값과 실제 측정값은 표 3과 같다. dBm과 dBuV의 관계는 $[dBm = dBuV - 107]$ 의 관계를 가진다.

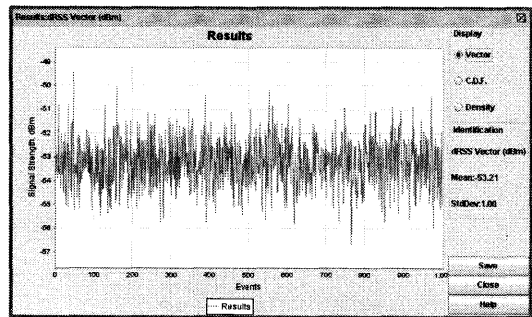


그림 9. Free space dRSS Vector(943.75MHz)
Fig. 6. The dRSS Vector in free space(943.75MHz)

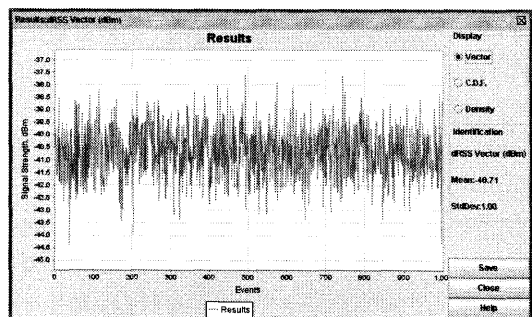


그림 10. Free space dRSS Vector(949.25MHz)
Fig. 7. The dRSS Vector in free space(943.75MHz)

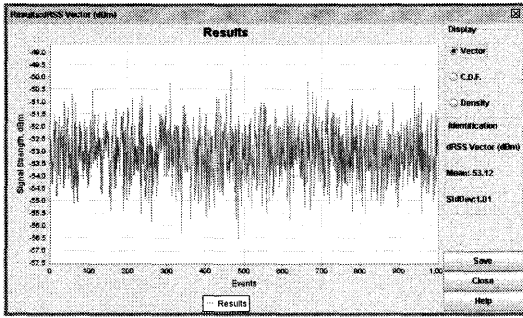


그림 11. Extended hata SRD dRSS Vector (943.75MHz)

Fig. 8. The dRSS Vector in extended hata SRD (943.75MHz)

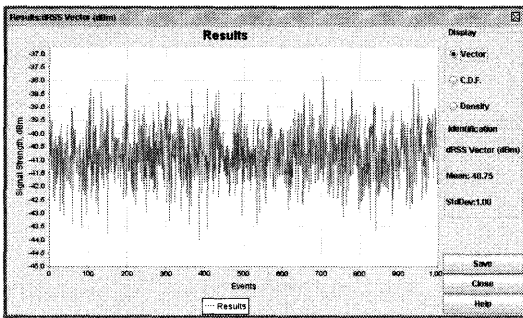


그림 12. Extended hata SRD dRSS Vector (949.25MHz)

Fig. 9. The dRSS Vector in Extended hata SRD (949.25MHz)

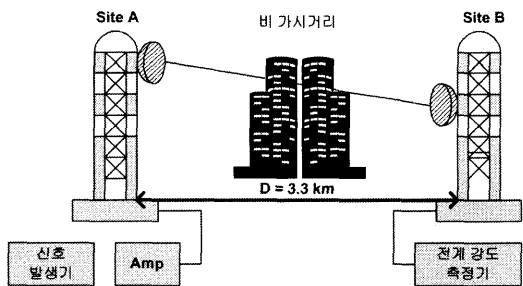


그림 13. 비 가시거리 신호 강도 측정 시험 환경

Fig. 10. The test environment of power measurement in N-LOS

표 3. 관측수신레벨과 시뮬레이션 결과 값 비교

Table 3. Comparing the result of simulation with measured receiving power

		943.75MHz	949.25MHz
SEAMCAT dRSS (Free Space)	dBm	-53.21	-73.3
	dBuV	53.79	33.7
SEAMCAT dRSS (Extended Hata)	dBm	-53.12	-40.75
	dBuV	53.88	66.25
관측수신레벨	dBm	-81.2	-73.3
	dBuV	25.8	33.7

관측수신레벨에 비하여 SEAMCAT의 dRSS 계산 값은 오차를 갖는다. 비 가시거리에서는 유럽과 일본의 지형의 정보를 모델링 한 전파모델을 사용하기 때문에 국내에 적용했을 때 장애물 회절손실과 같은 요소를 적용할 수 없어 오차가 크게 나타남을 알 수 있다. 따라서, 본 연구에서는 SEAMCAT을 이용한 간섭시나리오를 위하여 오차를 감안하여, 지형에 의해 생기는 손실량을 송신 전력으로부터 줄여서, 시뮬레이션을 하였다. 비 가시거리에서 송신전력 38.5dBm을 30dB를 줄인 8.5dBm으로 SEAMCAT 시뮬레이션을 할 경우 그림 9-19와 같이 -70.35dBm이 산출됨을 확인하였다. 900MHz 대역에서 지형에 의한 오차 70%를 감안하여 실제 전력의 1/4.5 배로 SEAMCAT 시뮬레이션을 수행 할 경우 측정치와 유사한 결과를 얻을 수 있게 된다.

표 4. 관측수신레벨과 보정 시뮬레이션 결과 값 비교

Table 4. Comparing the result of corrected simulation with measured receiving power

		943.75MHz	949.25MHz
SEAMCAT dRSS (Free Space)	dBm	-83.94	-70.35
	dBuV	23.06	36.65
SEAMCAT dRSS (Extended Hata)	dBm	-82.81	-70.35
	dBuV	24.19	36.65
관측수신레벨	dBm	-81.2/-85.1	-73.3
	dBuV	25.8/21.9	33.7

IV. 결론

무선통신 기술의 발전과 새로운 무선통신 서비스가 증가함에 따라 주파수 자원의 이용이 급격히 증가하고 있으나 할당이 가능한 주파수는 한정되어 있기 때문에 효율적으로 주파수를 이용하기 위해서 주파수 공유기술이나 재배치 방안에 대하여 활발히 논의 중에 있다.

본 논문에서는 Monte-Carlo 방식을 이용하여 UHF 대역의 주파수 환경의 모델링을 제시하고, Monte-Carlo 방식을 기반으로 한 SEAMCAT(Spectrum Engineering Advanced Monte Carlo Analysis Tool)을 사용하여 검증하였다. 관측수신레벨과 SEAMCAT dRSS 계산 값의 오차는 지형에 의해 생기는 손실이 있기 때문에 900MHz 대역에서 수신 전력에서 70% 오차를 나타냄을 알 수 있었다. 따라서 SEAMCAT을 이용한 간섭분석 시뮬레이션에서는 적절한 전파환경 모델이 아직 개발되지 않았기 때문에, 지형에 의한 간섭회절만큼의 송신전력을 줄임으로써 실제 전파 환경과 유사한 가정을 할 수 있게 하였다.

본 논문에 제시된 UHF 주파수 환경에서의 시뮬레이션 모델링을 사용하면 UHF 주파수 재배치 및 간섭분석 연구에 기여할 것으로 기대된다.

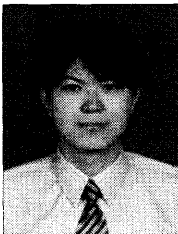
참고 문헌

- [1] 진형석, 이혁재, “미래의 스펙트럼 관리 정책과 동적 스펙트럼 관리 기술이 나아가야 할 방향” 한국통신학회지 제24권 제9호, 2007년 9월
- [2] 천영환, “10년만의 역전기회 : 주파수 재분배의 합의와 전망” 2008년 11월 5일
- [3] CEPT Administrations, “A comparison of the MCL method, EMCL method, and the Monte-Carlo Simulation (ERC report 101),” ERC within the CEPT, May 1999.
- [4] ERC REPORT 101, CEPT, 1999.
- [5] CEPT Administrations, “Monte-Carlo Simulation methodology for the use in sharing and compatibility studies between different radio services or systems (ERC report68),” ERC within the CEPT, February 2000.
- [6] ITU-R, “Monte-Carlo Radio Compatibility Tool,” ITU-R Document 1-5/9-E, 1997.
- [7] Jerome Deloziere, Arnaud Toury, and Marc Le Devendec, “SEAMCAT User Manual,” ERO, February, 2004

※ 본 연구는 전파연구소 "정책지원체계 고도화 연구"의 지원으로 수행된 것입니다.

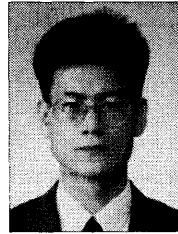
저자 소개

조 승 일(정회원)



제8권 제4호 참조
 <주관심분야 : 무선통신용 LSI 설계, 디지털 통신회로 설계, 주파수간섭분석>

장 경 승(정회원)



• 1993년 2월: 여수수산대학교 전자통신공학(공학사)
 • 1996년 9월~2007년 9월: 정보통신부 전파연구소 근무(안테나교정, 품질인중)
 • 2007년 10월~현재: 방송통신위원회 전파연구소(전파기술)
 <주 관심 분야 : 방송통신 정책, 전파전파 등>

강 성 철(정회원)

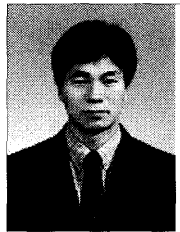


- 1997년 2월: 연세대 통신공학(공학박사)
- 1998년 9월: 일본 요코하마국립대 이동통신(공학박사)
- 1978년 2월~2001년 6월: 정보통신부 전파관리국, 정보통신국, 정보통신지원국, 정보화기획실 근무

- 2001년 7월~2002년 9월: 정보통신부 전남체신청(정보통신국장)
- 2002년 10월~현재: 방송통신위원회 전파연구소(기준연구과장)

<주관심분야: 방송통신 정책, 이동통신기술, 기후변화 IT대응 등>

이 주 환(정회원)



- 1988년 2월 : 서강대학교 전자공학과 (공학사)
- 1999년 8월 : 충남대학교 전파공학과 (공학석사)
- 2000년 ~ 현재 : 충남대학교 전파공학과 박사과정
- 1990년 2월 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 전파기술연구부 책임연구원

<관심분야: 전자파 전파 및 산란, 전파전파 특성 예측 모델링 등>

강 정 진(중심회원)



- 제6권 제1호 참조
- 1991년 3월~현재 동서울대학 정보통신과 교수
 - 2007년 2월~현재 미국미시간주립대학교 전기컴퓨터공학과 교환교수

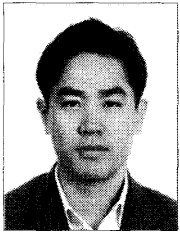
<주관심분야 :RFID/USN 기술, 무선이동통신 및 전파기술, 디지털 회로기술, 통방융합안테나>

최 규 석(중심회원)



- 제8권 제5호 참조
- <주관심분야 인공지능, 데이터통신 및 이동통신, 인공생명, 지능형 교통시스템(ITS), Mobile Computing 등>

차 재 상(정회원)



- 제8권 제5호 참조
- <주관심분야 : 디지털 방송전송기술, Cognitive Radio, UWB, 홈네트워크 무선통신기술, 대역확산 및 다중접속 기술, 4세대 이동통신기술>

김 성 권(정회원)



<주관심분야: 디지털 음향 및 멀티미디어 회로 설계, 주파수분배정책 및 주파수의 효율적 사용에 관한 연구, 고주파 회로설계, 무선통신회로>