

전파예측모델에 의한 이동통신 무선망 셀 계획의 시뮬레이션 연구

A Study on the Cell Planning Simulation of Mobile Radio Communication Networks Using a Propagation Prediction Model

최정민
목원대학교 정보통신·전파공학부
오용선
목원대학교 정보통신·전파공학부

Joung-Min Choi (kuro0703@mokwon.ac.kr)
Div. of Information Communication & Radio
Engineering, Mokwon University
Young-Sun Oh (ysunoh@mokwon.ac.kr)
Div. of Information Communication & Radio
Engineering, Mokwon University
Keyword : The Propagation Prediction Model, The Wave
Environment, Simulation, Parameters

중심어 : 전파예측모델, 전파환경, 시뮬레이션, 파라미터

요약

도심지역 이동통신에 있어서 전파특성을 정확히 예측 분석하는 것은 통신 서비스영역의 결정, 최적 기지국 선정, 셀 설계 등에 있어 매우 중요한 사안이다. 이러한 분석에 있어서 사용되는 안테나의 종류, 지향각, 지형지물의 형태에 따라 변화하는 전파예측모델이 정확히 제시되어야 한다. 또한, 선택된 지역에 대하여 셀 설계를 수행하기 전에 기존에 제시된 다양한 모델 중 유사성을 가진 모델을 분석하고 그 파라미터를 측정하여 평가하는 작업을 진행하여야 한다. 본 논문에서는 도심지역의 지형 및 장애물 등을 고려한 전파예측 모델을 적용하고 그에 따르는 파라미터를 추출하여 분석된 전파환경에 적용하고 그 전파특성을 분석하기 위한 시뮬레이션을 실시하였다. 이러한 과정을 통하여 우리는 주어진 전파환경에 적절한 기지국의 위치, 지형고도, 안테나의 종류 및 높이 등 핵심적인 파라미터들을 원하는 정확도로 추출하였다.

Abstract

In an urban area telecommunication using wireless system, the accurate prediction and analysis of wave propagation characteristics are very important to determine the service area, optimized selection of base station, and cell design, etc. In the stage of these analyses, we have to present the propagation prediction model which is varied with the type of antenna, directional angle, and configuration of the ground in our urban area. In addition we need to perform an analysis of the conventional model which is similar to ours and dig out the parameters to evaluate the wave environment before the cell design for the selected area. In this paper, we propose a wave propagation prediction model concerning the topography and obstacles in our urban area. We extract the parameters and apply them to the proposed wave environment for the simulation analyzing the propagation characteristics. Throughout these analyzing procedure, we extracted the essential parameters such as the position of the base station, the height of topography, and adequate type and height of the antenna with our preferable correctness.

I. 서론

셀 설계(Cell Planning)란, Cellular 및 PCS와 같은 이동 통신 망을 구축하는 과정에서 초기에 통화품질 (Coverage, Capacity)을 만족시키기 위하여 기지국 위치, 수, 종류 등을 정하는 것으로 개인 통신망의 통화 품질을 좌우하는 중요한 업무이다. 셀 설계(Cell Planning) 작업은 소프트웨어 도구 (Software Tool)의 활용과 서비스 지역 환경에 적합한 전파모델의 적용을 통하여 이루어 질 수 있도록 하여 전파 측정 작업을 병행함으로써 기지국 위치선정의 정확성을 높이고 동시에 전파 음영지역의 최소화 및 투자비의 절감효과를 거두는데 그 목적이 있다. 이동통신의 무선망 설계는 기본설계, 실시설계, 설계 결과물로 요약할 수 있으며, 아래의 그림과 같이 프로그램을 적용한 컴퓨터 시뮬레이션과 측정 장비를 이용하여 전파환경 분석에 의한 기지국을 시설하여 무선망 최적화를 통한 최소의 비용으로 최대의 토화 커버리지를 구축하는데 목적이 있다.

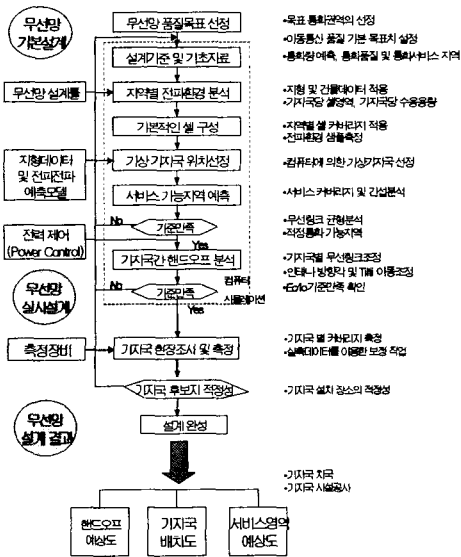


그림 1. 절차 및 흐름도

II. 무선망 설계

1. 셀 설계시 기초 데이터

- 지형·지물 관련 데이터
- 전파 환경 특성 관련 데이터

- 트래픽(Traffic) 관련 데이터
- 시스템(System)·장비 특성 데이터

1.1. 지형·지물 관련 데이터

1.1.1. 지형

준평활지와 불규칙지형으로 분류할 수 있다. 준평활지란 대개 지형의 높낮이가 20m 내외로 비교적 균일하고 평탄한 지형을 말한다. 불규칙 지형이란 그 상태에 따라서 아래와 같이 여러 가지로 구분할 수 있다.

- 1) 구릉지형 : 단순히 평탄한 지형으로 보기에 작은 산이 있는 등 비교적 지형의 기복이 큰 지형
- 2) 고립 산악지형 : 전파의 전파경로에 높은 산이 하나 있고 이 산외에는 전파의 전파경로를 방해하는 지형이 없는 곳
- 3) 경사지형 : 지형이 평탄하건 기복이 심하건 간에 비교적 넓은 지역(약5Km)이 경사를 가지는 지형
- 4) 혼합지형 : 전파의 전파경로에 해면 또는 호수 등이 포함된 지형 등으로 분류할 수 있다.

1.1.2 지물

이들 불규칙 지형에 대해서는 준평활지 지형에서 예측한 전파특성에 각각의 경우에 대해서 보정을 해줌으로서 전파특성을 얻는 방법이 사용되고 있다. 지물의 분류는 그 종류별로 모두 분류하기가 곤란하고 불필요한 분류가 될 수 있다. 대개 지물은 아래와 같이 3가지로 분류하는 것이 일반적이다.

- 1) 개방지역 : 전파의 전파경로에 건물, 숲과 같은 전파 장애물이 없는 지역으로, 논밭이 널리 펼쳐져 있는 농어촌 지역
- 2) 교외지역 : 이동국 주변에 전파 방해물이 있으나 그리 높지 않고 수도 많지 않은 지역으로 숲이나, 작은 집들이 산재해 있는 지역
- 3) 도심지역 : 2층 이상의 건물이 밀집해 있거나 높은 나무로 이루어진 숲이 있는 지역이나 이들의 혼합지역

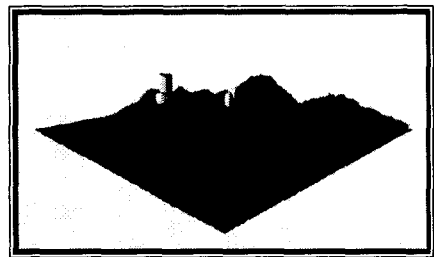


그림 2. 3차원 전자 지형/지물 데이터

1.2. 전파 환경 특성

1.2.1. 전파 전파예측 모델

이동통신에서의 전파환경은 여러 기지국에서 발생하는 신호의 세기에 따라 어느 한 장소에서 무수히 많은 전파가 수신되며 이들 전파는 예측하기 어려운 정도로 주위환경의 많은 변수를 고려하여 여러 가지 실험을 통해서 값을 얻고 이를 수식화, 도표화하여 지역 특성별로 보정값을 만들어서 전송손실을 감안한 서비스영역을 모델화한 것을 말한다. 이와 같이 전파예측 모델은 전파환경을 예측하기 위하여 설계 및 최적화 실무자들이 계산공식을 사용하거나 전파예측 장비가 주로 사용되고 있다. 경로손실 예측 모델은 여러 가지 관점에서 적용하기 위한 Tool이 개발되고 있으며 아래의 표와 같이 예측모델에 따라 서로 다른 환경 및 경로 매개변수를 가지며 상이한 전파전파 요소를 고려하였다. 모든 모델들이 평균 전파 전송손실을 출력으로 제공하지만, 일부모델은 위치변동과 시간 페이딩 정보도 제공한다. 전파손실 예측모델을 무선망 설계에 적용하여 최적의 예측결과를 얻기 위해서는 각 예측 모델들의 특성에 따라서 달리 적용되는 예측 입력변수와 예측모델에서 취급하는 전파 전파모드에는 어떠한 것들이 있는가에 대해서 검토해 볼 필요가 있다. 다음 표 1은 전계강도 예측 모델들에 대한 특성을 나타낸 것이다.

표 1. 전계강도 예측모델들에 대한 특성

[●: 전계강도, ▲: 전파손실, △: 전계강도, ●: 전파손실]

예측모델명	입력 파라미터										경로 파라미터				출력 파라미터			
	안테나 높이		이동체	지형 데이터	건물 데이터	가로수 형태	인근 형태	거리	자유공간	지표면에서의 반사율	지표면에서의 굴절률	인덕티브 환경	대기 굴절률	건물 투과	손실 편차	위 치 변화	시간 페이딩	전송 손실의 중앙치
	평균 지형 높이	도로 높이																
Burlington	●	●	▲	●	▲		▲	●	●	●	●	●				▲		●
Eg1	●		▲	●					●	●	▲						▲	●
Corey	●								●								▲	●
TechNet01	●	●	●	●			▲	●	●	●	●	●	●	●			▲	●
R-602-1M	●	▲		▲													▲	●
Longley-Rice	●	●	●	●			▲	●	●	●	▲	●					▲	●
Okumura-Hata	●	●	●	▲		▲	▲	●	●	●	●	▲				▲	●	
ITFM	●	●	●	▲		▲	▲	▲	●	●	▲	▲				▲	●	
Lee	●	●	▲	▲		▲	▲			▲		▲					●	
CCRAReport657	●	▲						●	●	●				●			●	
Cost-231	●	▲	●	▲	●			●	●								●	

1.2.2. 이동통신 환경에 적합한 전파 모델

도시 환경에서는 'Hata Model', 'Cost-231 Model'이, 준도시 환경에서는 'Lee Model', 'Hata Model'이 비교적 정확하게 적용되고 있다.

Okumura 의 모델에서 기본적인 평균 전계강도 곡선은 동작주파수, 기지국고 이동국간의 거리, 기지국고 이동 안테나 높이, 지역형태 등의 파라미터 함수로 구해진다. 이 방법을 이용할 때 많은 그래픽과 곡선들을 찾아보아야 하기 때문에 어려움이 있지만 이것은 다른 예측모델과 같이 비교하여 사용되는 전통적인 방법으로 이용되고 있다. Okumura 의 모든 곡선들이 실효 송신출력을 기준으로 하였으므로 실효 송신출력이 변하는 경우에는 수정이 필요할 수도 있다. 즉, Okumura 모델은 전파예측에는 매우 정확하지만 사용상에 불편함이 있기 때문에 이를 간편한 형태로 정리할 필요가 있었다. 이에 대해 Hata는 Okumura 모델을 근거로 간단히 계산할 수 있도록 경로손실에 대한 경험식으로 지역에 따라 달리 정의하였다.

표 2. Okumura 및 Hata 모델의 적용범위

구 분	Hata	Okumura
주파수(f)	100~1,500MHz	100~30,000MHz
구간거리(d)	1~20km	1~100km
기지국 안테나 유효높이(hb)	30~200m	3~1,000m
이동국 안테나 높이(hm)	1~10m	-

구 분	적 용 범 위	비 고
주파수	800~2,000MHz	
기지국반경	200m~5,000m	
기지국 안테나 높이	4m~6m	건물 위에서의 안테나 높이
단말기 안테나 높이	1m~3m	

1.3. 트래픽 요소

1.3.1. 트래픽(Traffic) 채널용량 N

가입자 수용용량을 산출하기 위해 수신신호전력/간섭전력(C/I)에 대한 식은 다음과 같다. 여기서 Eb/No는 사용된 변조 방식과 코딩방식에 따라 요구되는 비트 당 에너지 대 잡음전력 스펙트럼 밀도의 비율로 정의된다.

$$C/I = R \cdot E_b/W \cdot N_0 \quad (1)$$

C= 이동국에서 송신하여 기지국에서 수신된 수신신호 전력

I= 이동국에서 송신하여 기지국에서 수신된 수신간섭 전력

R= 음성데이터/ 전송속도

Eb= 비트당 신호에너지

W= 시스템 전송대역폭

No= 간섭전력 스펙트럼 밀도

CDMA 스펙트럼 확산 다중접속 시스템에서 위의 식을 적용할 경우 간섭 전력인 $I=C(N-1)$ 로 표시할 수 있으며, 여기서 N은 W(대역폭)에서 사용중인 이용자 수를 말한다. 따라서 식은 다음과 같다.

$$C/I=1/(N-1) \quad (2)$$

그러므로 CDMA 용량은 다음과 같다.

$$N-1= W/R * 1/(Eb/No) \quad (3)$$

여기서 음성부하 점유시간과 주파수 재사용 효율 및 섹터 안테나를 사용할 경우 기지국 당 통화용량 N은 다음과 같이 표시할 수 있다.

$$N= W/R * 1/(Eb/No) * 1/D * F * G \quad (4)$$

N= 기지국당 통화 용량(1FA)

W= 확산 스펙트럼 대역폭(1.25MHz)

R= 음성/데이터 전송속도

800MHz대 CDMA: 8k/9.6kbps

1.8GHz대 CDMA : 13k/14.4kbps

Eb/No= 비트당 에너지 대 잡음전력 밀도 (약 7dB(5))

D= 음성부하 점유시간 비율 (40%)

F= 주파수 재사용 효율 (60%)

G= 섹터 분할 이득 (2.55/3 섹터=0.85)

위의 식을 적용하여 RF 1개 채널(1.23MHz)에서 동시에 통화할 수 있는 트래픽 채널용량 N은

1) 전송속도가 8Kbps(음성)인 경우

$$N= (1.23M/9.6K) * (1/5) * (1/0.4) * 0.6 * 0.85 = 32$$

2) 전송속도가 13Kbps(음성)인 경우

$$N= (1.23M/14.4K) * (1/5) * (1/0.4) * 0.6 * 0.85 = 21$$

이다. 여기서 Eb/No의 7dB(5)는 주위의 열잡음 등의 간섭이 없는 것으로 가정하였으며, 섹터 분할이득(2.55/3섹터)의 0.85는 3섹터 중 1 섹터의 트래픽을 기준으로 산출하였다.

1.3.2 Capacity 분석 예 (Cellular, PCS)

- Reverse Link Parameter에는 Spreading Bandwidth(W)는 128800 Hz
- 데이터 전송 속도 (2개의 Vocoder Rates로 구성된다. : 8K vocoder=9600bps, 13K vocoder= 14400bps)
- Processing Gain (= W/R)
- Voice Activity, v는 앞에서 계산한대로 0.4가 들어간다.
- Other Cell Interference Fraction 은 일반적인 실험값이 약

0.66이 된다.

- 주파수 재사용 효율 F는 Other Cell Interference Fraction 관계에 의하면 약 0.6이 된다. $F= I_{sc}/(I_{sc}+I_{oc}) = 1/(1+f)$
- Sectorization Gain 은 약 2.55값이 들어간다.
- Number of Sectors, Ns는 3
- Required Average Eb/No는 FER 1%을 만족시키기 위한 값 (5~10dB) 8K vocoder=7dB, 13K vocoder=6.5dB
- Maximum Users(Pole Capacity)는 다음 도표에서 제시한 식에 의해 구할 수 있다.
- Erlang(X%Blocking), A는 Erlang Table을 이용하여 구할 수 있다.
- 서비스 Erlang을 가입자별 Erlang으로 나누어주면 수용하는 가입자 수를 계산할 수 있다.

표 3. Capacity 분석

CDMA CAPACITY ANALYSIS		
Reverse Link Parameters	8k Vocoder	13k Vocoder
Spreading Bandwidth, W	1228800Hz	1228800Hz
Baud Rate, Rb	9600Hz	14400Hz
Processing Gain, Gp	128.0	85.3
Voice Activity, v	0.4	0.5
Other Cell Interference Fraction, f	0.67	0.67
Frequency Reuse Efficiency, F	0.60	0.60
Sectorization Gain, Gs	2.55	2.55
Number of Sectors, Ns	3	3
Required Average Eb/No	7dB	6.5dB
Maximum Users(Pole Capacity), Nmax	32	21
Target Sector Loading(Na/Nmax)	73%	74%
Active Users Per Sector, Na	24	14
Erlang Capacity(2% Blocking), A	16.6Erlangs	8.20Erlangs
Erlang/BTS	49.80Erlangs	24.60Erlangs
Subscriber/BTS	1992	984

1.4. 시스템(System) · 장비 특성

1.4.1. 소프트 핸드오프(SOFT HANDOFF)

동일한 CDMA 주파수를 사용하는 인접 기지국간 핸드오프를 말하며, 소프트 핸드오프는 셀 경계 지역에 있는 이동국이 서비스를 받고 있는 기지국과 접속을 계속 유지하면서 새로 할당된 기지국과 접속을 계속 유지하면서 새로 할당된 기지국과 접속을 하여 두 개 이상의 기지국으로부터 동시에 서비스를 받는 방식이다. 소프트 핸드오프는 두 가지 측면에서 CMS

의 성능에 영향을 미친다. 첫째는 각 기지국으로부터 번조되어 온 심볼에 대하여 Diversity 결합을 수행함으로써 음질이 향상된다. 둘째는 핸드오프 상태에 있는 이동국은 두 개 이상의 트래픽 채널을 사용하게 되므로 통화 중의 이동국의 수보다 더 많은 수의 트래픽 채널이 사용된다. 따라서 CMS의 서비스 질과 트래픽 채널의 수 사이에 Tradeoff가 발생된다.

1.4.2. 소프트 핸드오프(SOFTER HANDOFF)

소프트 핸드오프는 동일한 CDMA 주파수를 사용하는 동일한 기지국내의 두 섹터 사이에서 이루어지는 핸드오프를 의미하며, 만약 기지국에 선택된 섹터수가 1이 아닐 경우 소프트 핸드오프를 고려한다.

1.4.3. 전력제어

이동국과 기지국의 송신 전력을 알맞은 레벨로 조절하는 메커니즘이다.

순방향 전력제어 : 기지국의 전력을 조절

역방향 전력제어 : 이동국의 전력을 조절

전력제어의 필요성 : 송수신 전력레벨이 너무 낮으면 비트 에러율이 높아지고, 전력레벨이 너무 높으면 다른 단말기에 간섭을 주므로 시스템 성능을 떨어뜨린다. 따라서 이동국의 송신 출력을 적당히 조정하여 셀에 도착하는 신호가 최소한의 필요한 신호 대 잡음비가 되게 해야 한다. 허용 가능한 최소의 Eb/No를 유지하기 위하여 전력제어가 필요하다. 전력제어를 통하여 이동국의 소비전력도 줄어든다.

- 순방향 전력제어 : 셀에 가까이 있는 이동국에 대한 셀의 송신 전력은 낮추고 셀로부터 많이 떨어져 있거나 높은 에러율을 나타내는 이동국에 대한 셀의 송신전력을 높이는 것이 목적이다. 이동국은 순방향 채널의 프레임의 질을 모니터링하여 불량한 프레임의 수를 세어서 주기적으로 기지국에 보고한다. 기지국은 이 전송된 수를 임계치와 비교하여 이동국에 대한 순방향 채널의 전력을 증감한다. 이동국은 총 수신한 프레임의 수와 에러가 발생한 프레임의 수를 유지한다.

- 역방향 전력제어 : 각 셀은 이동국 으로부터 오는 신호를 측정한다.

III. Simulation

1. 무선망 품질목표 선정

표 4. 항목별 품질 목표

항목	품질 목표	비고
서비스 커버리지	In-building :95%	
	In-street :98%	
Traffic Eb/No	6.5dB	
Pilot Ec/Io	-12dB	
BER	voice : 10 ⁻³	Data :10 ⁻⁶

2. 설계기준 및 기초자료

- 통화량 예측 : 가입자수, Erlang/Subscriber
- 통화서비스 범위(표 3)

3. 적용 파라미터(Parameter)

표 5. 일반적인 파라미터

General Parameter	
Parameters	Value
Access Technology	CDMA
Frequency	850.0000
Channel Bandwidth	1.29 Mhz
Traffic Data Rate	9.6kbps
Sync Data Rate	1.2kbps
Paging Data Rate	4.8kbps
Max Pwr Amplifier	8Watts
Mobile Noise Figure	8dB
Station Noise Figure	5dB

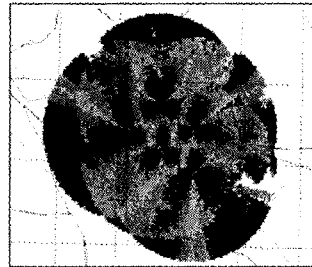
표 6. 시스템 파라미터

System Parameter Transmitter	
Parameters	Value
Antenna	ACE1365
Radiation Center	50 m
Traffic Power	65 %
Paging Power	5 %
Tilt	5 Deg
Tilt Type	Mechanical
Sync Power	15 %
Pilot Power	15 %
Power	15 Watts
Combiner Loss	0 dB
Jumper Loss	1 dB
Cable Loss	2 dB

표 7. 시스템 파라미터

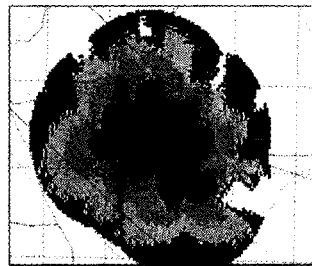
System Parameter - CDMA Analysis	
Parameters	Value
Drop Threshold	-14 dB
Add Threshold	-12 dB
Compare Threshold	2 dB
Rev. Eb/Nt	6.5 dB
Target(Eb/It)_page	6 dB
Target(Eb/It)_sync	6 dB
Target(Eb/It)_traffic	6 dB
Target Ec/I _t	-15 dB
Handover Gain	4 dB
Max Allowable Path Loss	155 dB
Fade Margin	0 dB
Freq. Reuse Efficiency	0.65 user
Operational Loading	50%
Blocking Loading	75%

표 9. Ec/I_o 신호 분석



Color	Signal level (dB)
Red	Over -7
Green	-9 ~ -7
Yellow	-11
Blue	-12

표 10. 역방향 신호 분석



Color	Signal level (dBm)
Red	Less than 4
Green	5 ~ 11
Yellow	12 ~ 17
Blue	18 ~ 23

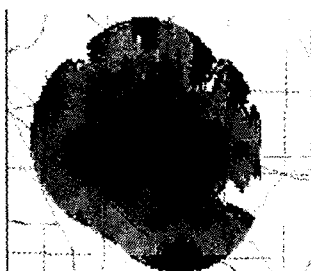
4. 시뮬레이션(Simulation) 절차

- 무선 망 설계 툴
 - 기지국 수 산출
 - 수용 용량
- 지형 및 건물데이터 적용
- 관련 파라미터(Traffic, 시스템, 안테나 등) Setting
- 전파 분석
 - 전파 예측 모델 적용
- 커버리지 및 품질 만족도 확인
 - 순방향, 역방향, Ec/I_o, Hand-off

5. 시뮬레이션(Simulation) 분석도

(예_서울 마포구 지역)

표 8. 순방향 신호 분석표



Color	Signal level (dBm)
Red	Over -73
Green	-75 ~ -74
Yellow	-82 ~ -80
Blue	-84 ~ -83

표 11. 결과

기지국 번호(수)	기지국 종류	기지국 위치		지형 고도 (m)	안테나 종류	안테나 높이 (m)
		경도(E)	위도(N)			
1	3 Sector	123-56-58	37-32-31	20m	Acs-07-3	20m
2	3 Sector	126-56-59	37-33-01	43m	Acs-10	30m
3	3 Sector	126-56-26	37-33-17	20m	Acs-16-65	20m
4	3 Sector	126-57-29	31-29-25	99m	Cell17-11	35m
5	3 Sector	126-57-24	37-28-41	22m	Isd11-110	25m

IV. 결론

셀 설계 작업은 소프트웨어 툴의 활용과 서비스 지역 환경에 적합한 전파 전파 모델의 적용을 통하여 이루어질 수 있도록 하여 전파 측정 작업을 병행함으로써 기지국 위치선정의 정확성을 높이고 동시에 전파 음영 지역의 최소화 및 투자비의 절감 효과를 거두는데 그 목적이 있다. 본 연구에서는 안테나의 종류, 지향각, 지형지물의 형태에 따라 변화하는 전파 예측 모델을 정확히 제시함에 따라 비용절감의 효과를 얻을

수 있을 뿐 아니라 효과적이고 효율적인 서비스 품질을 만족하며 더 많은 가입자를 수용할 수 있도록 기본 무선망 설계를 실험하여 위와 같은 결과를 얻었다. 지금과 같이 날이 발전하고 있는 휴대폰 시장에서 향후에는 통화품질(Coverage, Capacity)을 만족시키기 위하여 기지국 위치, 수, 종류 등을 정하는 것인 이 셀계획(cell planning)이 더욱 중요해 질 것이다. 그러므로 더욱더 효율적이고 정확한 연구가 수행 되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] <http://mcr.kaist.ac.kr/~story08.html>
- [2] <http://ace.kunsan.ac.kr/~2-5.HTM>
- [3] <http://myhome.hanafos.com/~wnet-optim.htm>
- [4] http://ocl.incheon.ac.kr/~source_com.htm
- [5] 이상근, 방효창, "IMT-2000/CDMA 기술", 도서출판 세화.
- [6] 김충남, 차세대 이동통신 실무 기술, 진한도서.
- [7] 강기성, 이동통신공학, 한울 출판사.
- [8] 김관옥, CDMA 이동통신, 광명.

오 용 선(Young-Sun Oh)

정회원



1983년 : 연세대학교 전자공학과 (공학사)

1985년 : 연세대학교 전자공학과 (공학석사)

1992년 : 연세대학교 전자공학과 (공학박사)

1984년 ~ 1986년 : 삼성반도체통신(주) 시스템개발실 연구원(팀장)

1986년 ~ 1987년 : 3J. TECH. INC. 선임연구원

1989년 ~ 현재 : 목원대학교 정보통신·전파공학부 교수

1998년 ~ 2001년 : 한국 해양정보통신학회 학술위원장

1998년 ~ 1999년 : 한국 해양대학교 객원교수

2002년 11월 ~ 현재 : 한국콘텐츠학회 학술이사

2003년 11월 ~ 현재 : 목원대학교 산학협력단장

<관심분야> : 디지털 변·복조 및 시그널링, 정보공학 멀티 미디어 콘텐츠

최 정 민(Joung-Min Choi)

준회원



2004년 2월 : 목원대학교 정보통신 전파학부(공학사)

<관심분야> : 교육, IT