

# Gap-filler를 이용하는 위성 DMB 시스템 간의 상호간섭분석에 의한 보호대역 및 적정 셀 반경 설정

준회원 차인석\*, 박성호\*, 종신회원 장경희\*, 정회원 유흥렬\*\*

## Cell Radius & Guard Band Requirements by Mutual Interference Investigation between Satellite Digital Systems using Gap-filler

Insuk Cha\*, SungHo Park\* *Associate Member*, KyungHi Chang\* *A Life Member*,  
Heung-Ryeol You\*\* *Regular Member*

### 요 약

위성 DMB (Digital Multimedia Broadcasting) 시스템은 도심 환경에서 위성으로부터의 감쇄된 신호를 증폭하기 위하여 별도의 수신신호 증폭을 위한 지상 증계기(Gap-filler)를 필요로 한다. 따라서 Gap-filler를 통해 증폭된 신호는 위성으로부터 직접 수신된 신호에 비하여 위성 DMB 시스템 간에 보다 더 큰 간섭을 야기한다. Gap-filler를 통해 발생된 위성 DMB 시스템 간의 간섭에 의해 위성 DMB 시스템의 Outage Capacity가 제한될 수 있기 때문에, 위성 DMB 시스템 간의 상호간섭 효과를 최소화 하여야 각 시스템의 기대 Outage Capacity를 얻을 수 있다. 본 논문에서는 ITU-R BO. 1130-4를 토대로, 보다 정확한 파라미터를 사용한 시스템 레벨 시뮬레이션을 통해 위성 DMB 시스템간의 상호간섭을 분석하고, 각 시스템의 Gap-filler에서 설정한 Spectrum Mask를 이용하여 간섭을 최소화하고 Outage Capacity를 극대화하기 위한 Gap-filler를 이용하는 위성 DMB 시스템간의 보호대역 및 적정 셀 반경을 제안한다.

Key Words : Satellite DMB, Interference, Gap-filler, Cell Radius, Guard Band

### ABSTRACT

The capacity of Satellite DMB(Digital Multimedia Broadcasting) system is limited mainly by the interference. So, to achieve the expected performance of Satellite DMB system and to minimize the interference from other Satellite DMB system, ACI(Adjacent Channel Interference) should be considered carefully. Satellite DMB system uses the Gap-filler for effective transmission in terrestrial environment, and the Gap-filler can use direct amplification or frequency conversion to satisfy the specific requirements. Therefore, amplified signal causes several effects on interference between System A(Eureka 147 DAB) and System E(ISDB : Integrated services Digital Broadcasting). In this paper, by using the outcome of system-level simulation considering the results of link-level simulation, we analyze the interferences between System A and System E under practical situation based on the exact parameters of ITU-R BO. 1130-4. We also propose the appropriate level of guard band and Cell Radius to optimize system capacity by adapting the spectrum mask given in the spec. and utilizing the interference analysis between System A and System E.

\* 인하대학교 정보통신대학원 이동통신연구실 (khchang@inha.ac.kr), \*\* KT 컨버전스 연구소 (hryou@kt.co.kr)  
논문번호 : KISC2005-01-003, 접수일자 : 2005년 1월 3일

### I. 서론

21세기에 들어서면서, 지난 수세기 동안 일상생활에 자리잡아왔던 아날로그 시대에서 본격적인 디지털 시대로 접어들게 되었다. 이러한 시대적 변화의 바탕에는 유무선 통신 시스템을 대표하는 이동 통신, 위성 통신, 초고속 가입자 선로 등의 성공적인 디지털화를 통해 본격적인 광대역 멀티미디어 서비스 시대가 도래 하게 된 것이다. 위성 DMB는 서비스는 종전의 아날로그 방송 형태를 디지털화함으로써 고품질 CD 수준의 음질, 다양한 데이터 서비스, 양방향성, 우수한 이동수신 품질 등을 제공하게 되고 기존의 보고 듣는 방송 개념을 보고 듣고 참여하는 방송으로 확장 시켰으며, 데이터 방송을 통해 음악방송 외에도 뉴스, 교통정보, 기상정보, 지리위치정보, 동영상정보 등 다양한 멀티미디어 정보를 문자와 그래픽으로 전송할 수 있게 된다.

위성 DMB는 위성을 통해 디지털화 된 방송 콘텐츠를 송출하여, 시청자들이 야외 또는 이동 중에서도 개인 휴대용수신기 또는 차량용 수신기를 통해 방송을 시청할 수 있게 하는 새로운 멀티미디어 방송 서비스이다. 세계적으로 가장 폭 넓게 수용된 표준은 유럽전기통신표준화기구(ETSD)의 시스템 A 기술이다. 이 기술은 유럽뿐만 아니라 일부 동남아시아 등 세계적으로 널리 쓰이는 방식이기 때문에 장비, 수신기 업체 등이 세계 시장에 진출하기 용이하고 수출 유발 효과가 타 기술 방식에 비해 클 것으로 예상된다. 또한 일본식 방법인 시스템 E 방식은 이동통신관련

표 1. 위성 DMB 시스템 A 파라미터.  
Table 1. Satellite DMB System A Parameters.

전송모드	III
주파수 범위	< 3GHz
Subcarrier Number	192
Subcarrier Spacing	8 KHz
유효 Symbol	125 us
Guard Interval	31 us
Symbol	156 us
Frame 길이	24 ms
Frame 당 심볼수	153
변조 방식	$\pi/4$ DQPSK
전송 방식	COFDM
채널 코딩	Convolutional Coed+ RS Code
샘플링 주파수	2.048 MHz
시스템 대역폭	1.536 MHz

표 2. 위성 DMB 시스템 E 파라미터.  
Table 2. Satellite DMB System E Parameters.

주파수 대역	2.63~2.655 GHz
전송 방식	CDM
대역폭	25 MHz
변조 방식	CQPSK + BQPSK
채널 코딩	Convolutional Code + RS Code
Chip Rate	16.384 MHz
채널 데이터율	256 Kbps
Spread Code	64

기술인 CDM(Code Division Multiplex)를 이용한다는 점에서 통신관련 국내 사업자들에게 있어서 기술 측면에서의 접근이 빠르다는 장점을 가지고 있다. 시스템 A와 E의 기술 규격 파라미터는 표 1, 2와 같다.

국내의 위성 DMB 시스템을 위한 주파수 대역 할당은 그림 1과 같다.

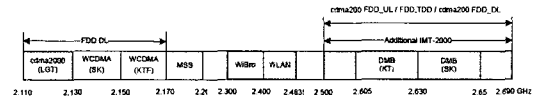


그림 1. 위성 DMB 주파수 할당.  
Fig. 1. Frequency allocation including Satellite DMB.

국내 위성 DMB 사업은 휴대폰 서비스와의 결합을 통해 이동형 양방향 멀티미디어 서비스의 형태로 전개되고 있다. 위성 DMB 주파수 자원에 있어서는 SKT의 상위 25MHz(2630-2655 MHz)와 KT의 하위 25MHz(2605-2630 MHz)는 일본 측 사업자와 주파수를 공동 점유하는 형태가 된다. SKT는 System E 방식을 채택하였으며, 반면 KT는 신규사업자로서 기본 유사서비스와의 기술 연동성이나 해외시장 진출에 용이한 System A를 포함하여 방식 선정을 고려하고 있다. 이에, 본 논문에서는 System A와 E 간의 상호간섭을 분석하고 각 대역 간 각기 간섭영향을 최소화하기 위한 보호대역과 적정 셀 반경을 설정 한다[1].

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 위성 DMB 시스템 A와 시스템 E의 간섭모형을 고찰하고, 3장에서는 본 논문에서 채택한 간섭분석을 위한 시뮬레이션 환경에 대하여 논한다. 4장에서는 시스템 A와 시스템 E 간의 간섭분석 시뮬레이션 결과를 분석하고, 5장에서는 본 논문의 결론을 기술한다.

### II. 위성 DMB 시스템 A 와 E 의 간섭 모델

시스템 A의 간섭 모델을 설정하기 위한 CNR은

식(1)과 같다 [2].

$$(C/N)_{\text{OFDM}} = \frac{\sum_{j=1}^J \|\gamma_j\|^2}{G^{-1} + \sum_{k=1}^K \|\psi_k\|^2} \quad (1)$$

식 (1)에서, G는 웨도잉과 Path-loss만을 고려한 Geometry이고,  $\{\gamma_j\}$ 는 보호구간 안에 존재하는 구분 가능한 Multipath Fading Component이며, 프레임 구간에서의 평균 값으로 한다.  $\{\psi_k\}$ 는 보호구간 밖에 존재하는 구분가능한 Multipath Fading Component 이며, 마찬가지로 프레임 구간에서의 평균 값으로 한다.

시스템 E의 간섭 모델을 설정하기 위한 CNR은 식 (2)와 같다 [2].

$$(C/N)_{\text{combined}} = \frac{\left(\sum_{i=1}^J \|\gamma_i\|^2\right)^2}{\sum_{j=1}^J \|\gamma_j\|^2 \left(G^{-1} + \|\lambda\|^2 + \sum_{1 \leq k \leq J, k \neq j} \|\gamma_k\|^2\right)} \quad (2)$$

여기서, G는 Shadowing과 Path-loss만을 고려한 Geometry,  $\{\gamma_j\}$ 는 복원 가능한 자기신호,  $\{\lambda\}$ 는 섹터 내에서 Rake Finger를 할당 받지 못한 Multi-path Component부터의 Self-Interference이며,  $\{\gamma_k\}$ 는 섹터 내에서 Rake Finger를 할당 받은 Multi-path Component로부터의 Self-Interference이다. 비이상적인 송수신 필터 특성과 비선형적인 능동 소자 등의 특성에 의하여 인접한 다른 주파수 대역을 사용하는 무선 통신 시스템에 미치는 간섭을 인접대역 간섭이라고 하며, 일반적으로 ACP(Adjacent Channel Power/Protection)로 나타낸다. 일반적인 시스템에서 이러한 인접대역을 정의하기 위해서 ACLR(Adjacent Channel Leakage power Ratio), ACS(Adjacent Channel Selectivity), ACIR(Adjacent Channel Interference Ratio)의 3가지 항목을 정의하였다.

ACLR은 송신단의 성능지수로서, 식 (3)으로 정의된다.

$$ACLR = \frac{\text{TxPower}}{(\text{RxPower after RxFilter})_{\text{Adjacent RF Channel}}} \quad (3)$$

ACS는 수신단의 성능지수로서, 식 (4)로 정의된다.

$$ACS = \frac{(\text{RxFilter ATTenuation})_{\text{Assigned Channel Frequency}}}{(\text{RxFilter ATTenuation})_{\text{Adjacent Channel Frequency}}} \quad (4)$$

ACIR은 송수신단을 포함하는 전체 시스템의 성능 지수로서, 식 (5)로 정의된다.

$$ACIR = \frac{(\text{Total TxPower})_{\text{Source BS or UE}}}{(\text{Total InterferencePower})_{\text{Victim Receiver}}} \quad (5)$$

ACIR은 송수신단의 불완전한 특성으로부터 야기되며, ACPR(Adjacent Channel Protection Ratio)로도 불리우고, ACLR, ACS와는 다음 관계를 갖는다[3, 4].

$$ACIR = \frac{1}{\frac{1}{ACLR} + \frac{1}{ACS}} \quad (6)$$

시스템 A와 시스템 E 간의 간섭 모델은 일반적으로 그림 2와 같이 설정된다.

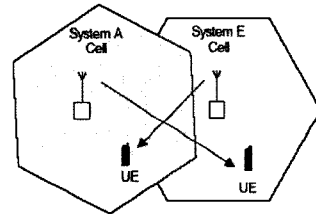


그림 2. 시스템 A와 시스템 E 간의 간섭 시나리오  
Fig. 2. Interference scenario between System A and System E.

위성 DMB 시스템은 방송시스템이기 때문에, 하향 링크(Down Link : DL) 만 존재한다. 그러므로 시스템 A와 시스템 E간의 간섭은 다른 시스템간의 BS (Base Stations)와 MS(Mobile Stations) 사이에 형성된다. 이동 통신에서는 동일 시스템에서 주변 BS로부터의 신호가 간섭신호이므로 Outage Capacity를 악화시키나 방송에서는 주변 BS로부터의 신호가 간섭신호가 아닌 Additive 신호로 작용한다. 그리고 각 시스템 Gap-filler의 스펙트럼 마스크를 그림 3과 같이 설정한다.

시스템 A와 E가 접해있는 경우, 중심 주파수간의 Carrier Spacing은 13.462MHz이고, 시스템 A가 Victim Cell 이고 시스템 E가 Interference Cell인 경우, Interference Cell인 시스템 E의 30 KHz 분해대역폭 스펙트럼 마스크를 고려하면 시스템 E가 시스템 A에 미치는 전력은 다음과 같다. 초기전력 55dBm은 스펙트럼 마스크를 고려하면 In-Band에서 27.62dBm가 된다. In-Band 전력은 Out-Band로 나가면서 45dB만큼 감쇄된 -17.4dBm 되며, 이 전력이 1.536MHz대역의 시스템 A에 미치는 영향은 -0.29 dBm이다. 그

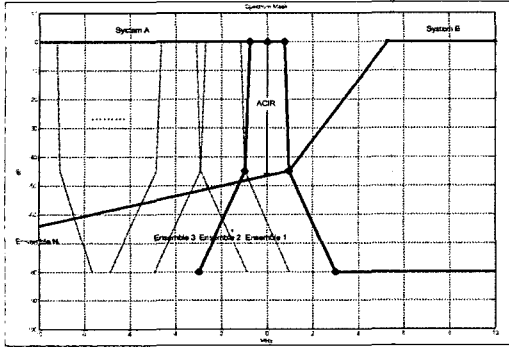


그림 3. 시스템 A와 E Gap-filler 스펙트럼 마스크  
Fig. 3. Gap-filler spectrum mask of System A and System E

러므로 기본 대역에서의 ACIR은 시스템 A의 전력이 55dBm과 시스템 E가 시스템 A 대역에 미치는 전력인 -0.29dBm의 차이인 55.29dB가 된다. 또한 시스템 E가 Victim Cell 이고 시스템 A가 Interference Cell인 경우, Interference Cell인 시스템 A의 4KHz 분해대역폭 스펙트럼 마스크를 고려하면 시스템 A가 시스템 E에 미치는 전력은 다음과 같다. 초기전력 55dBm은 In-Band에서 스펙트럼 마스크를 고려하면 29.16 dBm 이 된다. In-Band 전력은 Out-Band로 나가면서 45dB 만큼 감쇄된 -15.84dBm이 되며, 이 전력이 16.384 MHz대역의 시스템 A에 미치는 영향은 20.28 dBm이다. 그러므로 기본 대역에서의 ACIR은 시스템 A의 전력 55dBm과 시스템 E가 시스템 A 대역에 미치는 전력인 20.28dBm의 차이인 34.72dB가 된다.

### III. 간섭 분석을 위한 시스템 레벨 시뮬레이션 환경

#### 3.1 시스템 레벨 시뮬레이션 주요 고려 사항

위성 DMB 시스템 레벨 시뮬레이션에서의 경로 손실 모델은 Terrestrial 환경 하에서의 경로 손실 모델인 Extended Hata Model 사용하며, 이 경우 Urban에서 거리에 따른 경로 손실은 다음과 같다.

▷ ( $d < 0.04$  km) 경우

$$PL = 32.4 + 20 \log f + 10 \log \left[ d^2 + \frac{(H_b - H_m)^2}{10^6} \right] \quad (7)$$

▷ ( $0.04 \text{ km} < d < 0.1$  km) 경우

$$PL = PL(0.04) + \frac{[\log d - \log 0.04]}{[\log 0.1 - \log 0.04]} \times [L(0.1) - L(0.04)] \quad (8)$$

▷ ( $d > 0.1$  km) 경우

$$PL = 46.3 + 33.9 \log f - 13.82 \log(\max(30, H_b)) + [44.9 - 6.55 \log(\max(30, H_b))](\log d)^{\alpha} - a(H_m) - b(H_b) \quad (9)$$

여기서,  $d$ 는 송수신단 간의 거리 (km),  $f$ 는 송신주파수(MHz),  $H_b = \max(h_1, h_2)$ ,  $H_m = \min(h_1, h_2)$  ( $h_1$ : Tx Antenna Height,  $h_2$ : Rx Antenna Height (m)), [BS = 30m, MS = 1.5m],  $b(H_b) = \min(0, 20 \log(H_b/30))$ ,  $\alpha = 1(d \geq 20 \text{ km})$ ,  $a(H_m) = (1.1 \log f - 0.7) \min(10, H_m) - (1.56 \log f - 0.8) + \max(0, 20 \log(H_m/10))$ 이다.

전력제어를 하지 않는다는 가정 하에, 위성 DMB 시스템 E Gap-filler의 초기 전송 전력은 최대 전력 55dBm으로 설정된다. 시스템 A의 경우, 초기전력 60W와 안테나 이득 15dBi 그리고 12개의 앙상블 경우를 고려하면 초기 전송 전력은 52dBm으로 설정된다.

Thermal Noise는 시스템 A와 E 대역폭 1.536 MHz와 16.383MHz를 고려하여 자기 시스템 A 경우, -112.43dBm, 시스템 E의 경우, -102.16dBm으로 설정된다.

Log-Normal Shadowing은 기지국과 단말간의 거리에 관계없이 주변 환경에 의해 발생하는 감쇄 성분을 나타내는 것으로, 기지국과 단말의 위치가 동일하더라도 주변 상황에 따라 신호가 겪는 감쇄효과는 다를 수 있음을 의미한다. 인접 셀 간섭을 분석하기 위해서는 둘 이상 기지국 사이의 Propagation Loss를 비교해야 하는데, 이를 위해서는 특정 단말과 기지국들 사이에 존재하는 Propagation Loss의 상관관계를 고려하여야 한다. 각 셀의 단말과 해당 기지국간 Shadowing의 Correlation은 1.0으로, 각 셀의 단말과 인접 기지국간의 Correlation은 0.5로 한다. Path-loss와 Shadowing을 포함한 단말과 각 기지국 간 하향 링크의 감쇄는 식 (10)과 같은 방법으로 모델링 된다.

$$L = k_0 D^{-u} 10^{X/10} R^2 \quad (10)$$

여기서,  $D$ 는 단말과 기지국 간의 거리 (km),  $u$ 는 경로 감쇄 Exponent,  $R$ 은 안테나 이득,  $X$ 는 평균은 0이고 표준편차는  $\sigma$ 인 가우시안 확률변수이다.  $k_0 D^{-u}$ 는 선형 Path-loss값을 나타낸다.  $X$ 는 모든 기지국에 공통인 확률 변수  $Z_1$ 과 각 기지국에 독립적인 확률 변수  $Z_2$ 의 Weight Sum으로 표현된다. 두 확률변수

$Z_1$ 과  $Z_2$ 는 평균이 0이고 표준편차가  $\sigma$ 인 가우시안 확률변수이다. 그러므로  $X$ 는 식(11)과 같이 표현된다.

$$X = aZ_1 + bZ_2, \quad a^2 + b^2 = 1 \quad (11)$$

여기서, 서로 다른 셀의 섹터 간 Shadowing 값은 Correlation이 0.5 (즉,  $a^2 = b^2 = 0.5$ )인 값을 적용한다. 섹터 별 안테나 이득은 그림 4의 3-섹터 안테나 pattern을 가진다[5]. 그림 5는 2-Tier 환경 하에서 각 셀의 섹터를 나타낸다.

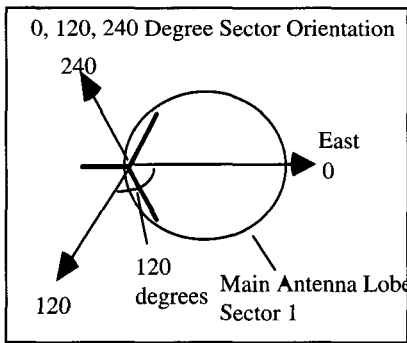
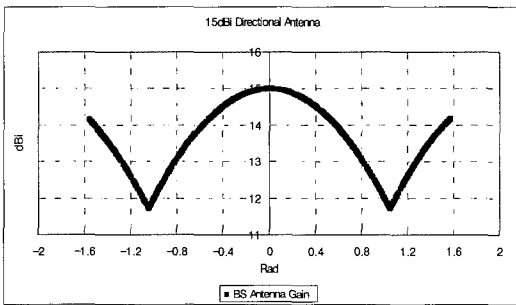


그림 4. 3-섹터 안테나 pattern.  
Fig. 4. 3-Sector antenna pattern.

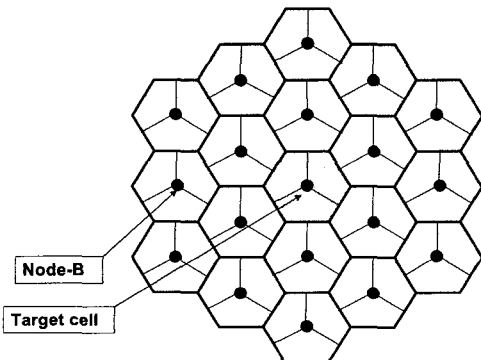


그림 5. 2-Tier 환경 하에서 각 셀의 섹터.  
Fig. 5. Sector of each cell under 2-Tier situation.

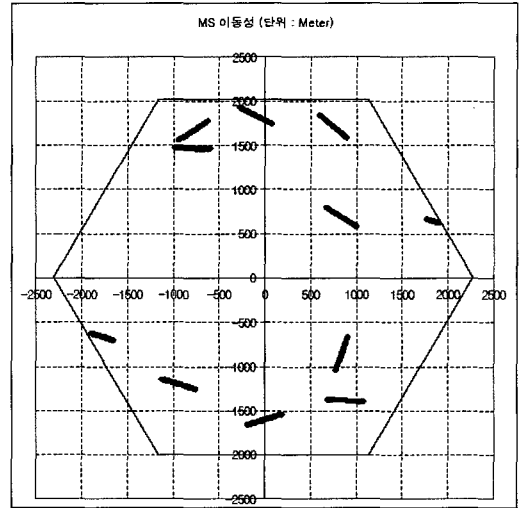


그림 6. MS 이동성.  
Fig. 6. MS Mobility.

또한, 각각의 MS가 이동하는 실제 환경과 유사한 시뮬레이션을 위해 다음의 방법으로 각각의 MS에 대한 실제적인 이동성을 구현한다. 특정 BS에 속한 MS는 초기위치에서 임의방향을 선정 후, 계속 같은 방향을 유지하며 이동한다. 매 프레임 별 Shadowing 값과 Path-loss는 재계산하고, Shadowing값은 이전의 Correlation을 고려하여 계산한다. 이때 Correlation값은 MS가 0m 이동 시 100% Correlation, 20 m 이동 시 50% Correlation 값을 갖도록 한다. 그림 6은 1-Cell 내에 10명의 MS가 이동하는 것을 보여준다.

### 3.2 시스템 레벨 시뮬레이션 환경

#### 3.2.1 2-Tier 시뮬레이션 환경

인접대역의 시스템 E가 간섭으로 작용하는 시스템 레벨 간섭 분석 시뮬레이션을 위하여, 그림 7과 같은 Hexagonal 셀로 구성된 2-Tier 다중 셀 환경을 고려한다. 이 경우의 다중 셀 환경은 중앙의 Victim Cell을 포함하여 총 19개의 셀로 이루어진다. 또한, 기지국은 각 Hexagonal 셀의 중심에 위치하고, 각 기지국 간 거리는  $\sqrt{3}R$ 로 동일하다고 가정한다. 여기서 각 셀은 시스템 A와 시스템 E로 구성되어있다. 즉, Victim Cell인 시스템 A는 2-Tier 다중 셀의 중앙에 위치하며, 동일 셀 내의 인접대역에 존재하는 시스템 E는 Interference Cell로 작용한다. 그 밖의 첫 번째 Tier와 두 번째 Tier를 구성하는 인접 셀들은 시스템 A와 각기 인접대역간섭원인 시스템 E로 구성되어 있다 [6].

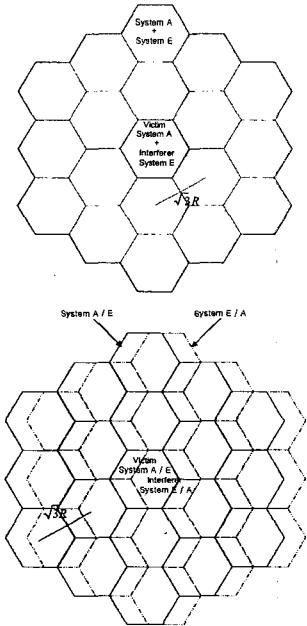


그림 7. 시스템 레벨 간섭 분석 시뮬레이션을 위한 2-Tier 다중 셀 환경.  
Fig. 7. 2-Tier multi-cell configuration for System-level simulation.

3.2.2 2-Tier 시뮬레이션 파라미터

다중 셀 환경의 시스템 레벨 간섭 분석 시뮬레이션을 위한 시뮬레이션 파라미터는 표 3과 같다.

3.2.3 Veh-A 채널 모델

본 시뮬레이션에서는 ITU-R M. 1225를 바탕으로 Outdoor 환경에서 Vehicular A(60 km/h) & Vehicular B(120 km/h) 채널모델을 고려한다. 전파 효과는 3 가지 타입의 모델로 나누어진다. 이는 평균 경로손실, Shadowing과 Scattering에 의한 Slow Variation, 다중 경로에 의한 Rapid Variation으로 나타낼 수 있다. 여기서 고려해야 할 사항은 Rapid Variation로서, 채널 임펄스 응답에 의해 특성화된다. 채널 임펄스 응답은 Tapped Delay Line Implementation으로 표현되며, Tap Variability는 도플러 스펙트럼에 따라 달라진다. 채널 임펄스 응답 모델은 Tap의 수, 첫 번째 Tap에 대한 상대적인 시간 지연, 가장 큰 Tap에 대한 상대적인 전력, 각 Tap에 대한 도플러 스펙트럼 등에 의해 특성화된다. 이러한 모델 특성에 따라 각각의 경우에 대하여 두 가지 종류의 채널 모델로 나누었다. 채널 A는 Low Delay Spread인 경우고, 채널 B는 Median Delay Spread인 경우이다. 표 4는 Vehicular (60km/h & 120km/h) 환경에서의 Tapped-Delay-Line 파라미터를 나타낸다 [7].

표 3. 시뮬레이션 파라미터.  
Table 3. Simulation Parameter.

Item	Parameter	System A	System E	
Link-level Results	Target CNR	3km/h 60km/h 120km/h	10.8 dB 13.9 dB 15.5 dB	-7.9 dB -5.65 dB -5.85 dB
	Link Modeling	Carrier Frequency	2.6175GHz	2.6425GHz
		Effective B.W.	1.536MHz	16.384MHz
Orthogonality			DL : 0.6	
Max Tx E.R.P.			64	
Antenna Gain		Gap-filler (15dBi)	Gap-filler (15dBi)	
Standard Deviation		10 dB	10 dB	
Path-loss		Extended Hata	Extended Hata	
Input Parameter	MCL	70 dB	70 dB	
	# of Cells	19	19	
	Cell Configuration	Hexagonal	Hexagonal	
	Cell Radius	$\sqrt{3}R$	$\sqrt{3}R$	
	# of Users	50	50	
	Position	Uniform Random	Uniform Random	
Output Parameter	Thermal Noise	-112.43 dBm	-102.16 dBm	
	Outage Capacity	-	-	

표 4. Vehicular Test Environment, Tapped-delay-line Parameters.  
Table 4. Vehicular Test Environment, Tapped-delay-line Parameters.

Tap	Channel A (60 km/h)		Channel B (120 km/h)		Doppler Spectrum
	Relative Delay	Average Power	Relative Delay	Average Power	
1	0	0.0	0	-2.5	Classic
2	310	-1.0	300	0	Classic
3	710	-9.0	8,900	-12.8	Classic
4	1,090	-10.0	12,900	-10.0	Classic
5	1,730	-15.0	17,100	-25.2	Classic
6	2,510	-20.0	20,000	-16.0	Classic

IV. 위성 DMB 시스템 A 와 E 간의 간섭 분석 시뮬레이션 결과

본 장에서는 2-Tier 환경 하에서, 시스템 A 와 E 의 셀 반경과 따른 Outage Capacity와 E.I.R.P. 따른 Outage Capacity를 분석한다. 또한 두 시스템이 Co-site와 Different-site인 경우, ACIR에 따른 Outage Capacity 특성과 각 시스템의 Carrier Spacing 따른

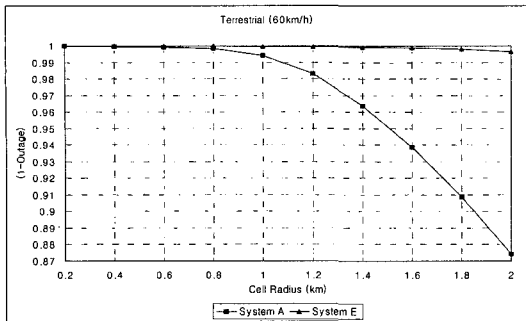


그림 8. 2-Tier 환경에서의 시스템 A와 E의 Cell Radius vs. (1-Outage) 특성.  
Fig. 8. Cell Radius vs. Outage Capacity of Sytem A & E under 2-Tier environment.

Outage Capacity 특성 분석을 통해 적정 보호대역과 셀 반경을 제안한다. 그림 8은 시스템 A와 E의 셀 반경에 따른 Outage Capacity를 보여준다[8].

그림 8로부터 셀 반경이 커짐에 따라 Path Loss의 영향에 의하여 Outage Capacity가 작아지는 것을 알 수 있다. 또한, 셀 반경 1km에서 시스템 A와 E의 Outage Capacity가 각기 99.43%와 99.96% 인 것을 알 수 있다. 이는 셀 반경 1km이내에서는 Outage Capacity의 차이가 적음을 의미한다. 2-Tier Terrestrial 환경에서 99%의 Outage Capacity를 만족시키기 위하여, 시스템 A의 경우에는 셀 반경을 800m 보다 작게 설정하여야 하며, 시스템 E의 경우에는 셀 반경을 2.2 km보다 작게 설정하여야 한다.

시스템 A가 E에 비해 Outage Capacity가 거리에 따라 급속히 악화되는 것은 시스템 A의 Target CNR 값이 E의 Target CNR에 비해 크고, 이는 Path Loss Exponent 의하여 비선형적으로 영향을 받기 때문이다. 또한 12개의 양상블 중 1개의 양상블만을 고려한 시스템 A Gap-filler의 송신 전력이 시스템 E에 비하여 적은 것도 이유 중의 하나이다. 그러나 시스템 A의 총 전송량은 12개의 양상블을 고려 시 13.824 Mbps 로서, 29채널을 고려한 7.424 Mbps인 시스템 E 총 전송량의 2배 정도이다. 따라서 시스템 A와 E 간에는 총 전송량과 Outage Capacity의 Trade-off가 존재한다.

그림 9와 10은 2-Tier 환경에서 시스템 A와 E에 대한 E.I.R.P.에 따른 Outage Capacity를 나타낸다.

그림 9에서는 전력이 증가함에 따라 Outage Capacity가 향상되는 것을 볼 수 있다. 52dBm 전력을 기준으로 하면, 셀 반경 500m, 1km, 1.5km & 2km에서 Outage Capacity는 99.98%, 99.07%, 94.37%&84.93%로 된다.

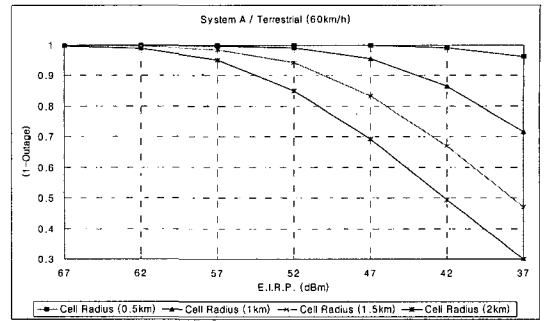


그림 9. 2-Tier 환경에서의 시스템 A의 E.I.R.P. 따른 Outage Capacity.  
Fig. 9. E.I.R.P. vs. Outage Capacity of System A under 2-Tier environment.

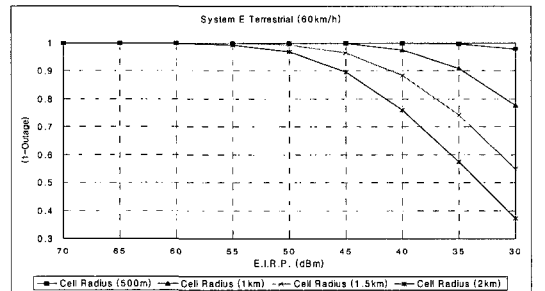


그림 10. 2-Tier 환경에서의 시스템 E의 E.I.R.P.에 따른 Outage Capacity.  
Fig. 10. E.I.R.P. vs. Outage Capacity of System E under 2-Tier environment.

55dBm 전력을 기준으로 하면, 셀 반경 500m, 1km, 1.5km&2km에서 Outage Capacity는 100%, 100%, 99.9%&99.45%로 된다. 전력이 감소함에 따라 Outage Capacity가 더욱더 악화되는 볼 수 있다. 또한 셀 반경이 감소함에 따라 Outage Capacity가 향상되는 것을 알 수 있다. 이는 셀 반경과 전력 사이에 Trade Off가 존재함을 의미한다.

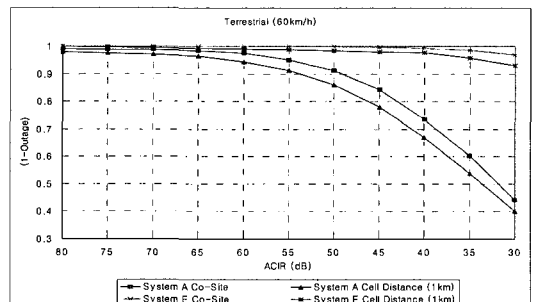


그림 11. 2-Tier 환경에서의 시스템 A와 E 간 거리에 따른 ACIR vs. (1-Outage) 특성.  
Fig. 11. ACIR vs. Outage Capacity of Sytem A & E under 2-Tier terrestrial environment in case of co-sited and different-sited Gap-filler.

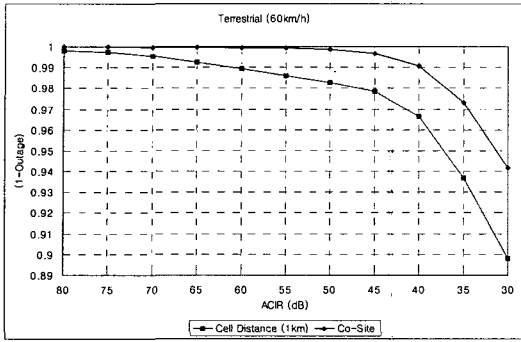


그림 12. 2-Tier 환경에서의 시스템 E 간 거리에 따른 ACIR vs. (1-Outage) 특성.  
 Fig. 12. ACIR vs. Outage Capacity of Sytem E under 2-Tier terrestrial environment in case of co-sited and different-sited Gap-filler.

그림 11은 셀 반경 1km에서의 시스템 A와 시스템 E가 Co-site & Different-site 경우에 대하여 ACIR에 따른 Outage Capacity를 보여준다. Victim Cell이 시스템 A인 경우, ACIR 55dB에서 두 시스템이 Co-site, Different-site되면 Outage Capacity는 95.07%, 91.28%가 된다. Victim Cell이 시스템 E인 경우, ACIR 55 dB에서 두 시스템이 Co-site, Different-site 되면 Outage Capacity는 99.98%, 98.79%가 된다. 그림 12는 셀 반경 1km에서의 시스템 E가 Co-site & Different-site 경우에 대하여 ACIR에 따른 Outage Capacity를 보여준다.

ACIR 55dB에서 시스템 E가 Co-Site & Different-Site 되면 Outage Capacity는 99.93%, 98.62%가 된다. 두 시스템간의 위치에 따라 Outage Capacity는 1.31% 차이가 난다. 그림 11과 동일하게 위의 결과로부터

시스템 E가 Co-Site 된 경우보다 시스템 E의 셀 경계에 시스템 E가 위치한 경우에 Outage Capacity가 보다 더 악화되는 것을 볼 수 있다. 이는 Co-site인 경우보다 Different-site 된 경우에 셀 경계에 있는 MS 가 타 시스템 BS의 간섭영향을 더욱 많이 받기 때문이다. 또한, ACIR이 작아짐에 따라 두 시스템의 Outage Capacity가 적어지는 것을 알 수 있다. 이는 두 시스템간의 간섭 영향이 적어짐에 따라, Outage Capacity 성능이 각기 향상되는 것을 의미한다.

다음의 표 5와 6은 시스템 A와 E가 Co-site & Different-site인 경우, Carrier Spacing 에 따른 Outage Capacity를 나타낸다. 각 시스템의 스펙트럼 마스크를 적용하면, 기본대역 13.462MHz에서 시스템 A와 E의 기본 ACIR은 55.29dB, 34.72dB이다.

방송을 위주로 하는 위성 DMB 시스템의 경우, 99%의 Outage Capacity를 Target으로 하면, 이를 만족시키는 시스템 간 보호대역은 두 시스템이 Co-site된 경우 시스템 A가 Victim인 경우 4.5MHz, 시스템 E가 Victim 인 경우 1.5MHz로 필요하다. 두 시스템이 Different-site 인 경우에는 셀 경계에 있는 MS에 미치는 간섭영향이 증가하기 때문에 Outage Capacity가 Co-site된 경우보다 열화 되는 것을 알 수 있다. 그러므로 Different-site인 경우, 성능열화를 고려하여 Target Outage Capacity를 97% 줄이면, 이를 만족시키는 시스템 간 보호대역은 시스템 A가 Victim인 경우 5.5MHz, 시스템 E가 Victim인 경우 3MHz를 각기 필요로 한다.

표 7은 시스템 E가 Co-site & Different-site인 경우,

표 5. 두 시스템이 Co-site 된 경우, Guard Band vs. Outage Capacity.  
 Table 5. Guard vs. Outage Capacity of System A & E in case of co-sited Gap-filler.

Carrier Spacing (MHz)	ACIR (dB)	System A Normalized Outage Capacity (%)	Carrier Spacing (MHz)	ACIR (dB)	System E Normalized Outage Capacity (%)
13.462	55.29	96.13	13.462	34.72	98.53
13.962	56.09	96.68	13.962	35.52	98.75
14.462	56.89	97.03	14.462	36.32	98.94
14.962	57.69	97.46	14.962	37.12	99.04
15.462	58.49	97.88	15.462	37.92	99.16
15.962	59.29	98.16	15.962	38.72	99.26
16.462	60.09	98.43	16.462	39.52	99.3
16.962	60.89	98.66	16.962	40.32	99.4
17.462	61.69	98.85	17.462	41.12	99.57
17.962	62.49	99.01	17.962	41.93	99.69
18.462	63.29	99.08	18.462	42.72	99.69
18.962	64.09	99.25	18.962	43.52	99.81
19.462	64.89	99.34	19.462	44.32	99.86
19.962	65.69	99.49	19.962	45.12	99.88
20.462	66.49	99.5	20.462	45.92	99.9



표 6. 두 시스템이 Different-site 된 경우, Guard Band vs. Outage Capacity.  
Table 6. Guard vs. Outage Capacity of System A & E in case of different-sited Gap-filler.

Carrier Spacing (MHz)	ACIR (dB)	System A Normalized Outage Capacity (%)	Carrier Spacing (MHz)	ACIR (dB)	System E Normalized Outage Capacity (%)
13.462	55.29	92.41	13.462	34.72	95.73
13.962	56.09	92.97	13.962	35.52	95.94
14.462	56.89	93.45	14.462	36.32	96.33
14.962	57.69	94.01	14.962	37.12	96.59
15.462	58.49	94.46	15.462	37.92	96.73
15.962	59.29	94.91	15.962	38.72	96.84
16.462	60.09	95.38	16.462	39.52	97
16.962	60.89	95.83	16.962	40.32	97.26
17.462	61.69	96.27	17.462	41.12	97.45
17.962	62.49	96.54	17.962	41.93	97.56
18.462	63.29	96.87	18.462	42.72	97.66
18.962	64.09	97.03	18.962	43.52	97.8
19.462	64.89	97.17	19.462	44.32	97.87
19.962	65.69	97.46	19.962	45.12	97.96
20.462	66.49	97.62	20.462	45.92	98.14

표 7. 시스템 E가 Co-site & Different-site된 경우, Guard Band vs. Outage Capacity.  
Table 7. Guard vs. Outage Capacity of System E in case of co-sited and different-site Gap-filler.

Carrier Spacing (MHz)	ACIR (dB)	시스템 E (Co-site) Normalized Outage Capacity (%)	시스템 E (Different-site) Normalized Outage Capacity (%)
25	52.68	99.91	98.48
26	54.19	99.91	98.53
27	55.66	99.93	98.67
28	57.06	99.93	98.78
29	58.37	99.93	98.9
30	59.55	99.93	98.94
31	60.59	99.95	98.94
32	61.46	99.98	99.06
33	62.12	99.98	99.14
34	62.6	99.98	99.16

Carrier Spacing에 따른 Outage Capacity를 나타낸다. 시스템 E의 스펙트럼 마스크를 적용하면, 기본 대역 25MHz에서 시스템 E의 기본 ACIR은 55.68dB 이다.

시스템 E가 Co-site 된 경우에는 기본 보호대역에서도 99%의 Outage Capacity 를 갖는다. 또한 시스템 E가 Different-site 된 경우에도 기본 보호대역에서 성능열화를 고려하여 설정된 97%의 Target Outage Capacity를 만족 시킬 수 있다. 그림 13과 14는 시스템 A와 E가 Co-site & Different-site 된 경우, Terrestrial (120 km/h) 환경에서 시스템 E의 간섭영향을 받는 시스템 A 셀 반경에 따른 시스템 A 셀 반경에 따른 Outage Capacity 특성과 시

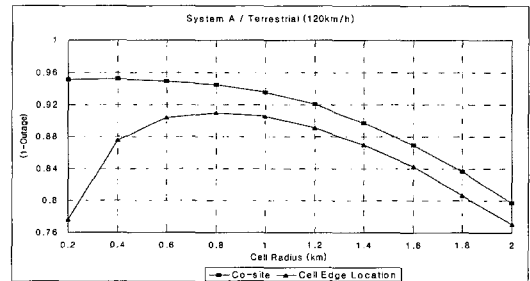


그림 13. Terrestrial (120 km/h) 환경에서 시스템 E의 간섭영향을 받는 시스템 A 셀 반경에 따른 (1-Outage) 특성.  
Fig. 13. Cell Radius vs. Outage Capacity of System A which is interfering with the System E under terrestrial Terrestrial (120 km/h) environment in case of co-sited and different-sited Gap-filler.

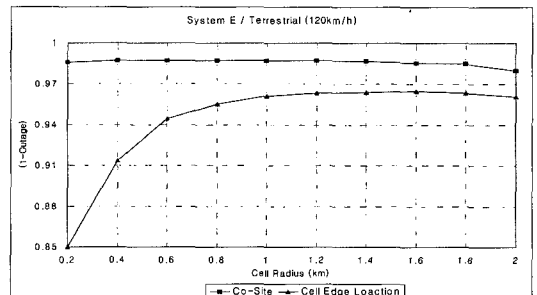


그림 14. Terrestrial (120 km/h) 경우, 시스템 A의 간섭영향을 받는 시스템 E 셀 반경에 따른 (1-Outage) 특성.  
Fig. 14. Cell Radius vs. Outage Capacity of System E which is interfering with the System A under terrestrial Terrestrial (120 km/h) environment in case of co-sited and different-sited Gap-filler.

스템 A의 간섭영향을 받는 시스템 E 셀 반경에 따른 Outage Capacity 특성을 나타낸다. 아래의 시뮬레

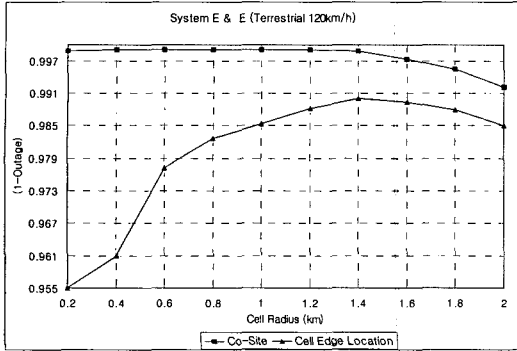


그림 15. Terrestrial (120 km/h) 환경에서 시스템 E의 간섭 영향을 받는 시스템 E 셀 반경에 따른 (1-Outage) 특성.  
 Fig. 15. Cell Radius vs. Outage Capacity of Sytem E which is interfering with the System E under terrestrial Terrestrial (120 km/h) environment in case of co-sited and different-sited Gap-filler.

이섭을 통해 인접대역 DMB 시스템의 간섭을 고려한 경우, 각 시스템의 기본대역에 해당되는 ACIR을 적용하여, 적정 Outage Capacity를 유지하는 셀 반경을 설정 할 수 있다.

시스템 E의 간섭영향을 받는 시스템 A의 경우, 두 시스템이 상호 Co-site & Different-site 되는 환경을 모두 고려하여 Outage Capacity를 최대를 하는 시스템 A의 적정 셀 반경을 800 m 정도로 설정 할 수 있었다. 또한 시스템 A의 간섭영향을 받는 시스템 E의 경우에는 두 시스템이 상호 Co-site & Different-site 되는 환경을 모두 고려하여 Outage Capacity를 최대를 하는 시스템 E의 적정 셀 반경을 1.4km 정도로 설정 할 수 있었다. 그림 15는 시스템 E가 Co-site & Different-site 된 경우, Terrestrial (120 km/h) 환경에서 시스템 E의 간섭영향을 받는 시스템 E 셀 반경에 따른 Outage Capacity 특성을 나타낸다.

시스템 E의 간섭영향을 받는 시스템 E의 경우, 시스템 E가 Co-site & Different-site 되는 환경을 모두 고려하여 Outage Capacity를 최대를 하는 시스템 E의 적정 셀 반경을 1.4km 정도로 설정 할 수 있었다. 또한 같은 셀 반경에서 시스템 A의 간섭을 받는 시스템 E의 Outage Capacity 보다 시스템 E의 간섭을 받는 시스템 E의 Outage Capacity가 우수한 것을 알 수 있다. 이는 스펙트럼 마스크를 적용하여 얻은 시스템 E 간의 기본 대역에서의 ACIR이 시스템 A와 E간의 기본대역에서의 ACIR 보다 크기 때문이다.

### V. 결론

본 논문에서는 2-Tier 환경에서 시스템 레벨 시물

레이션을 통해 시스템 A 와 E 간의 상호 간섭을 분석하고 각 시스템의 스펙트럼 마스크를 적용하여 두 시스템이 Co-site된 경우와 Different-site 된 경우에서 적정 셀 반경과 보호대역을 알아보았다. 시스템 A 와 E 간의 상호 간섭을 줄이기 위해서는 어느 일정 이상의 ACIR을 유지시켜야 한다. 그리고 시스템 A 와 E 간의 Carrier Spacing 에 따른 Outage Capacity를 분석하면 시스템 A와 E가 Different-site 된 경우, 97%의 Target Outage Capacity 만족시키기 위해서 시스템 A와 시스템 E 간 보호대역은 시스템 A가 Victim Cell인 경우 5.5MHz, 시스템 E가 Victim Cell인 경우 3MHz를 각기 필요로 한다. 그러나 시스템 E와 E가 Different-site 된 경우에는 기본 보호대역 만으로도 97%의 Outage Capacity를 만족시키므로 추가의 보호대역을 필요로 하지 않는다. 또한 인접대역 DMB 시스템의 간섭을 고려한 경우, 각 시스템의 기본대역에 해당되는 ACIR을 적용하여 적정 Outage Capacity를 유지하는 시스템 A와 E의 적정 셀 반경은 약 800 m & 1.4 km 정도로 설정 할 수 있다. 두 시스템이 최적화된 환경인 Co-site 와 최악의 환경인 Different-site 된 경우에서의 시뮬레이션에 의하여 제안된 셀 반경과 보호대역은 실제 위성 DMB 시스템 전개에 있어서 활용가치가 클 것으로 예상된다.

간섭분석을 위한 시스템 레벨 시뮬레이션 결과로부터 시스템 A에 비하여 시스템 E의 Outage Capacity 성능과 보호대역, 그리고 셀 반경에 대한 요구조건이 우수함을 알 수 있다. 이는 시스템 A의 Target CNR 값이 시스템 E의 Target CNR값에 비하여 크게 설정되어 있고, Path Loss Exponent에 의하여 비선형적으로 영향을 받기 때문이다. 또한, 12개의 앙상블 중 1개의 앙상블만을 고려한 시스템 A Gap-Filler 의 송신 전력이 시스템 E에 비하여 적은 것도 그 원인 중의 하나이다. 그러나 12개의 앙상블을 고려한 시스템 A의 총 전송량은 13.824 Mbps로서, 29개의 Traffic 채널을 고려한 시스템 E의 총 전송량 7.424 Mbps의 2배 정도로, 시스템 A와 E간에는 총 전송량과 Outage Capacity 간의 Trade off 가 존재한다.

### 참고 문헌

[1] RECOMMENDATION ITU-R BO. 1130-4, System for digital satellite broadcasting to vehicular, portable and fixed receivers in the bands allocated to BSS in the frequency range 1400-2700 MHz.

- [2] CDG Evolution Study Report, Revision 4.00, Dec. 1999.
- [3] 3GPP, 3G Technical Specification 25.942 Release 6, 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Networks; Radio Frequency (RF) system scenarios. 2002.
- [4] European Radiocommunications Committee (ERC) within the European Conference of Postal and Telecommunications Administrations (CEPT), *Adjacent Band Compatibility between UMTS and Other Services in the 2 GHz Band*. Nov. 1999.
- [5] 3GPP R1-030042, Update of OFDM SI simulation methodology, Jan. 2003.
- [6] 차인석, 장경희, 김성진, 최용석 “링크 레벨 시뮬레이션과 시스템 레벨 시뮬레이션에 의한 WCDMA TDD 시스템과 cdma2000 시스템 간의 상호분석,” 대한전자공학회지, 제7호, pp. 459-468, 2004.
- [7] Recommendation ITU-R M.1225, Guidelines for Evaluation of Radio Transmission Technologies for IMT-2000, 1997.
- [8] 차인석, 박성호, 장경희 “ 위성 DMB 시스템 A 와 E 간 상호간섭분석에 의한 보호대역 및 적정 셀 반경 설정,” 한국통신학회 추계종합학술대회 논문집, 2004. 11, pp. 215.

차인석 (InSuk Cha)

준회원

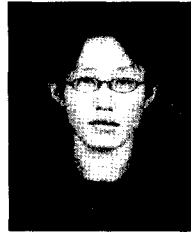


2003년 8월 인하대학교 전자공학  
학과(공학사)  
2003년 8월~현재 인하대학교  
정보통신대학원 석사과정  
<관심분야> 4세대 이동통신 시  
스템, Cognitive Radio 및  
DMB 시스템 무선 전송규격,

적응전송기법 연구

박성호 (SungHo Park)

준회원



2004년 2월 인하대학교 컴퓨터  
공학과(공학사)  
2004년 3월~현재 인하대학교  
정보통신 대학원 석사과정  
<관심분야> 4세대 이동통신 시스  
템, MIMO 및 Smart Antenna,  
MIMO Channel Modeling,

DMB 시스템 무선 전송규격

장경희 (KyungHi Chang)

종신회원



1985년 2월 연세대학교 전자공  
학과(공학사)  
1987년 2월 연세대학교 전자공  
학과 (공학석사)  
1992년 2월 Texas A & M  
Univ., EE Dept.(공학박사)  
1989년~1990년 삼성종합기술원

주임연구원

1992년~2003년 한국전자통신연구원 책임연구원(팀장)  
2003년~현재 인하대학교 정보통신대학원 부교수  
<관심분야> 4세대 이동통신 시스템, Cognitive Radio,  
WMAN, UWB 및 DMB 시스템 무선 전송규격

유흥렬 (Heung-Ryeol You)

정회원



1985년 2월 연세대학교 전자공  
학과(공학사)  
1987년 2월 연세대학교 전자공  
학과(공학석사)  
2002년 2월 연세대학교 전기전  
자공학부(공학박사)  
1987년~현재 KT 컨버전스 연

구소 유무선통합개발팀 무선자원연구실 실장  
<관심분야> CDMA, OFDM, 무선자원관리