

# 멀티레벨 중추 네트워크의 성능분석을 위한 시스템 레벨 시뮬레이터 개발

김준석\*, 최범곤\*, 신재승\*\*, 박애순\*\*, 정민영\*

\*성균관대학교 정보통신대학

\*\*한국전자통신연구원 창의연구본부

e-mail: \*{jsk7016, gonace, mychung}@skku.edu, \*\*{sjs, aspark}@etri.re.kr

## Development of System-Level Simulator for Analyzing the Performance of Multi-Level Central Networks

Jun Suk Kim\*, Bum-Gon Choi\*, JaeSheung Shin\*\*, Ae-Soon Park\*\*,  
and Min Young Chung\*

\*College of Information and Communication Engineering,  
Sungkyunkwan University

\*\*Creative & Challenging Research Division,  
Electronics and Telecommunications Research Institute

### 요 약

최근 대용량 모바일 트래픽을 효율적으로 처리하고 다양한 5세대 지식 서비스를 제공할 수 있는 차세대 이동통신 기술개발을 목표로 중추 네트워크라는 개념이 고려되고 있다. 중추 네트워크에서는 시스템 용량을 기존 이동통신 시스템 대비 크게 증대시키기 위하여 밀리미터파 대역에서 넓은 대역폭을 사용하고 빔형성 기술을 통하여 무선자원을 재사용한다. 그러나 밀리미터파 대역은 직진성이 매우 강하기 때문에 비가시거리 통신영역에서 통신 품질이 급격히 저하되는 문제점이 발생하며, 이를 해결하기 위해 중추 네트워크에서는 적절한 위치에 중계기를 설치하여 비가시거리 통신영역을 최소화하는 것을 고려한다. 본 연구에서는 기지국 및 중계기 위치에 따른 중추 네트워크의 성능을 분석하기 위해 개발된 시스템 레벨 시뮬레이터를 소개한다. 본 시뮬레이터는 중추 네트워크의 통신영역과 채널용량을 분석 및 연구하는데 크게 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

### 1. 서론

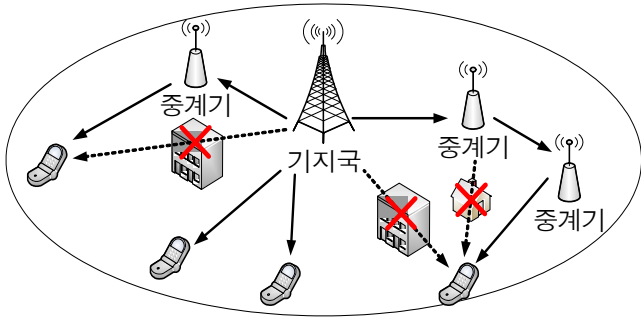
최근 스마트폰, 태블릿 단말과 같은 고성능 단말이 급격히 보급됨에 따라, 단말을 통한 고화질 화상통화, 고용량 HDTV 스트리밍과 같은 멀티미디어 서비스에 대한 수요가 급격히 증가하고 있다. 또한 이동통신 사업자들은 수익증대를 위해 M2M(Machine to Machine) 서비스와 같은 다양하고 새로운 형태의 서비스 모델을 지속적으로 도입하고 있다. 이에 따라 최근 이동통신 네트워크에서 모바일 트래픽이 급격히 증가하고 있으며[1,2], 이동통신 사업자들은 급격히 증가하는 트래픽을 효율적으로 처리하고 경쟁력 있는 통신 서비스를 제공하기 위해 LTE(Long Term Evolution), Mobile WiMAX와 같은 4세대 이동통신 기술을 도입하였다[3,4]. 그러나 4세대 이동통신 기술의 도입에도 불구하고 트래픽의 급격한 증가추세와 여러 다양한 형태의 서비스 도입으로 인하여 이동통신 네트워크에서의 안정적인 서비스 제공이 점차 어려워지고 있다. 따라서 대량의 트래픽을 더욱 효율적으로 처리하고 다양한 지식 서비스를 효과적으로 제공할 수 있는 차세대 이동통신 기술개발이 최근 관심을 받고 있다.

차세대 이동통신 기술후보 중 하나로서, 최근 중추 네

트워크라는 개념이 고려되고 있다. 중추 네트워크에서는 넓은 대역폭을 사용하고 무선자원을 효율적으로 이용하여 시스템 용량을 기존 LTE 시스템 대비 1000배 증대시키는 것을 목표로 한다. 이를 위해 중추 네트워크에서는 수백 MHz에서 수 GHz의 광대역폭을 사용하기에 유리한 밀리미터파 대역을 이용하고, 빔형성 기술을 통해 무선자원을 재사용하는 것을 고려한다.

중추 네트워크에서 무선대역으로 고려되고 있는 밀리미터파 대역은 직진성이 매우 강하기 때문에 비가시거리(NLoS: Non-Line-of-Sight) 통신환경에서 신호의 품질이 급격히 저하되는 문제가 발생한다[5]. 특히 도심환경에서는 도로, 주변 건물, 가로수, 차량 등의 분포에 따라 비가시거리 통신환경 영역의 비율이 증가할 수 있기 때문에, 중추 네트워크에서는 비가시거리 통신영역을 최소화하는 것이 필수적이다. 중추 네트워크에서는 서비스 음영지역인 비가시거리 통신영역을 최소화하기 위해, 그림 1과 같이 다단계 중계기를 이용하여 비가시거리 통신영역에서 가시거리 통신환경을 확보할 수 있는 멀티레벨 네트워크 토폴로지 환경을 고려한다.

중추 네트워크에서 멀티레벨 토폴로지 환경을 효과적



(그림 1) 멀티레벨 중추 네트워크

으로 적용하기 위해서는 적절한 위치에 중계기가 배치되어야 한다. 따라서 중계 기지국을 효율적으로 배치하여 중추 네트워크를 구축할 수 있는 방안에 대한 연구가 필요하며, 이에 따른 성능평가를 수행할 수 있는 테스트 환경이 개발되어야 한다. 본 논문에서는 중추 네트워크에서 중계기의 배치에 따른 통신영역과 채널용량을 분석할 수 있도록 개발된 시스템 레벨 시뮬레이터를 소개한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 중추 네트워크의 주요 고려요소에 대해 설명하고, 3장에서 시뮬레이터 개발에 관한 세부사항을 기술한다. 그리고 마지막 4장에서 결론을 맺는다.

## 2. 중추 네트워크의 주요 고려 요소

**밀리미터파 대역 특성:** 중추 네트워크에서 고려되고 있는 밀리미터파 대역은 기존의 이동통신 대역으로 사용되었던 UHF(Ultra High Frequency) 대역에 비해 대역폭을 넓게 사용하기 용이한 장점을 가진다. 그러나 밀리미터파 대역은 직진성이 매우 크기 때문에 회절, 반사, 굴절 등이 거의 일어나지 않는 특성을 가진다. 이러한 특성은 경로 손실이나 다중경로(Multipath), 페이딩(Fading) 등 여러 측면에서 UHF 대역의 특성과는 상당히 다른 현상을 야기하며, 이는 중추 네트워크의 성능에 큰 영향을 줄 수 있다. 따라서 중추 네트워크에서 밀리미터파 대역을 효율적으로 사용하기 위해, 시스템을 설계하고 운용하는데 있어 이러한 특성들이 면밀히 분석되고 반영되어야 한다.

**경로손실 모델:** 밀리미터파 대역은 기존에 사용되었던 UHF 대역보다 더 급격히 신호가 감쇠되는 특성을 가진다. 밀리미터파 대역에서 전파 신호는 주변 건물, 가로수 등 신호의 전파를 방해하는 장애물뿐만 아니라 대기 중의 습도, 먼지 등에 의해서도 쉽게 감쇄될 수 있다. 본 시뮬레이터에서 사용된 신호의 전파 거리에 따른 밀리미터파 대역 경로손실(path-loss) 모델은 다음과 같다.

$$PL = 92.4 + 20\log(f) + 20\log(R) + 10 \quad (1)$$

여기서  $f$ 는 반송 주파수[GHz]를 나타내며,  $R$ 은 기지국 및 중계기와 단말 사이의 거리[Km]를 나타낸다. 계산된 경로손실의 단위는 [dB]이며, 경로손실 모델의 마지막의 10 [dB] 항은 경우기준 47mm/h일 때 대기에 의한 감쇄를 나타낸다.

**멀티레벨 네트워크 토폴로지:** 밀리미터파 대역은 직진성이 매우 강하기 때문에 비가시거리 통신영역에서 신호품질이 급격히 저하된다. 따라서 밀리미터파 대역을 이용하여 무선통신 서비스를 제공하기 위해서는 다단계 중계기를 이용하여 비가시거리 통신영역에서 가시거리 통신영역을 최대한 확보하는 것이 필수적이다. 여기서 기지국과 중계기들의 설치 위치, 설치 레벨, 설치 개수 등은 중추 네트워크에서 효율적으로 가시거리 통신영역을 확보하는데 큰 영향을 미칠 수 있는 중요 요소이기 때문에, 본 시뮬레이터에서는 이러한 요소들에 따른 다양한 멀티레벨 네트워크 토폴로지 환경을 고려하고 있다.

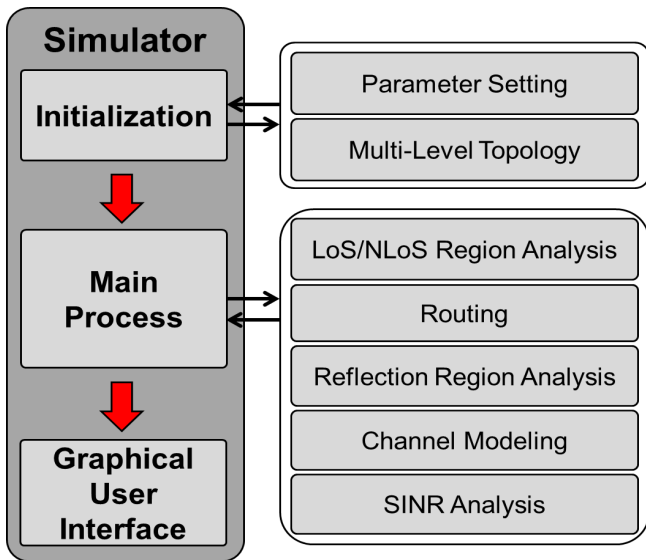
**빔형성 기술:** 중추 네트워크에서는 빔형성 기술을 사용하여 무선자원을 효율적으로 재사용할 수 있다. 빔형성 기술은 전 방향으로 빔을 방사하는 대신 특정 지역으로만 신호가 도달하도록 지향성의 빔을 방사함으로써 신호간섭의 영향을 최소화하고 통신 품질과 시스템 채널용량을 높이는 기술이다. 본 시뮬레이터에서는 120° 섹터에서 수평방향에서 10° 간격으로 12개와 수직방향으로 3열의 총 36개 빔을 형성하는 기지국 안테나 패턴과, 60° 섹터에서 수평 및 수직방향으로 20° 간격의 3개씩 총 9개 빔을 형성하는 중계기 안테나 패턴을 고려한다.

## 3. 멀티레벨 중추 네트워크 시뮬레이터

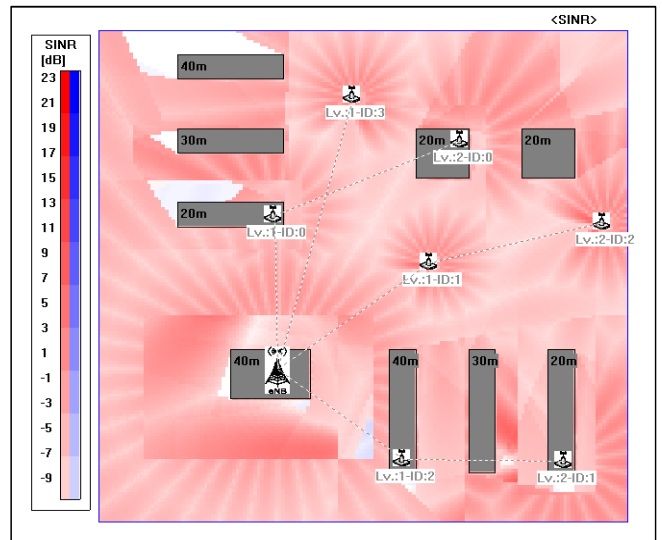
본 시뮬레이터는 Visual Studio 6.0 기반의 C++ MFC(Microsoft Foundation Class) 환경에서 개발되었다. 다양한 환경에서 중추 네트워크의 성능을 평가하기 위해서, 본 시뮬레이터는 무선대역, 대역폭, 채널모델과 같은 시스템 파라미터뿐 아니라 기지국과 중계기에 관련된 파라미터를 사용자가 직접 설정할 수 있도록 개발되었다. 또한 사용자가 각 기지국들의 위치를 직접 변경하면서 그에 따른 중추 네트워크 성능변화를 직관적으로 관찰할 수 있도록 GUI(Graphical User Interface)가 적용되었다.

본 시뮬레이터의 구조는 그림 2와 같다. 시뮬레이터는 초기화, 메인 프로세스, GUI 출력 영역으로 구분된다. 초기화 영역에서 사용자는 반송 주파수, 대역폭, 빔형성 안테나 패턴 등 시뮬레이션 수행에 필요한 전반적인 파라미터들을 설정하고, 기지국 및 중계기를 배치함으로써 성능을 분석할 멀티레벨 중추 네트워크를 구축할 수 있다. 메인 프로세스 영역에서는 사용자가 직접 설정한 파라미터와 네트워크 토폴로지를 바탕으로 중추 네트워크의 성능 분석을 위한 연산을 수행한다. GUI 영역에서는 사용자들이 네트워크 전체 성능을 직관적으로 분석할 수 있도록 메인 프로세스 영역에서 연산된 결과가 색상 및 음영 등을 통하여 시각적으로 출력된다.

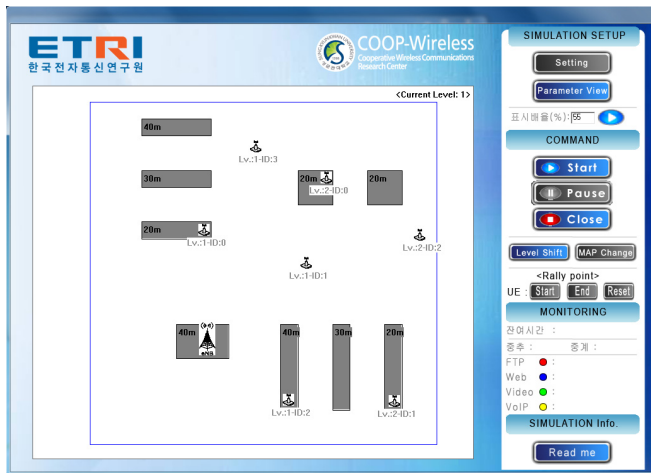
메인 프로세스 영역은 다음의 5개의 모듈로 구성된다. LoS/NLoS 영역 분석모듈에서는 구축된 네트워크 토폴로지에 따른 가시거리 통신영역을 계산하며, Routing 모듈에서는 상위 기지국 및 중계기의 위치를 고려하여 가장 최적의 통신을 수행할 수 있는 통신경로를 탐색한다. 반사



(그림 2) 시뮬레이터 구조



(그림 4) 설정된 멀티레벨 토폴로지의 SINR 예시



(그림 3) 시뮬레이터 초기 화면

영역 분석모듈에서는 반사파에 의한 간섭영향 분석을 위해 신호의 1차 반사영역을 계산하고, 채널 모델링 모듈에서는 밀리미터파 대역의 신호전파 특성을 모델링한다. 마지막으로 SINR(Signal to Interference and Noise Ratio) 분석모듈에서는 각 기지국간 간섭과 빔간 간섭, 반사파에 의한 간섭까지 고려하여 신호품질을 계산한다. 메인 프로세스 영역은 위의 5개의 모듈을 유기적으로 관리하며, 이들은 시뮬레이터의 중요 역할을 담당한다.

개발된 시뮬레이터는 사용자들이 쉽고 편리하게 다양한 환경에서 시뮬레이션을 수행하고 그 결과를 분석할 수 있도록 GUI 인터페이스를 지원한다. 그림 3은 시뮬레이터의 초기화면을 나타낸다. 좌측 부분은 특정 지역에서 기지국과 중계기의 배치를 시각적으로 출력해주며 사용자는 GUI 인터페이스를 통해 기지국 및 중계기의 위치를 직접 설정함으로써 분석을 원하는 중추 네트워크를 구성할 수 있다. 본 시뮬레이터에서는 그림 4와 같이 구성된 멀티레벨 토폴로지 환경에서의 SINR 특성을 색상과 음영을 이용하여 시각적으로 표현한다. 사용자는 GUI를 통해 SINR 특성을 직관적으로 관찰할 수 있다.

#### 4. 결론

본 논문에서는 밀리미터파 대역 채널특성, 빔형성 기술, 다단계 중계기 기술이 적용된 중추 네트워크에서 통신 영역과 채널용량을 분석하기 위한 시스템 레벨 시뮬레이터를 소개하였다. 본 시뮬레이터에서는 사용자가 시스템 파라미터를 설정하고 기지국 및 중계기를 GUI를 통해 직접 배치함으로써, 중추 네트워크의 통신영역과 채널품질을 직관적으로 분석할 수 있다. 따라서 본 시뮬레이터는 향후 중추 네트워크의 통신영역과 채널용량을 연구 및 분석하는데 있어 크게 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

#### ACKNOWLEDGEMENT

본 연구는 방송통신위원회의 방송통신기술개발사업의 연구결과로 수행되었음 (KCA-12-911-04-001)

#### 참고문헌

- [1] OVUM, "Mobile Broadband Users and Revenues Forecast Pack to 2014," May 2009.
- [2] Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update, Cisco, Feb. 2010.
- [3] 3GPP TS 36.201 V10.0.0, "Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); General description," Dec. 2010.
- [4] IEEE 802.16 WG, "IEEE Standard for Local and metropolitan area networks Part 16: Air Interface for Broadband Wireless Access Systems Amendment 3: Advanced Air Interface," May 2011.
- [5] ITU-R P.1411-6, "Propagation Data and Prediction Methods for the Planning of Short-Range Outdoor Radio communication Systems and Radio Local Area Networks in the Frequency Range 300 MHz to 100 GHz," Feb. 2012.