

TD-SCDMA 무선망 설계 Tool 의 구현 방법론

Implementation of Wireless Network Design Tool for TD-SCDMA

전현철, 류재현, 박상진, 김정철, 임종태

SK 텔레콤 Access 기술연구원

Hyun-Cheol Jeon, Jae-Hyun Ryu, Sang-Jin Park, Jung-Chul Kim, Jong-Tae Ihm
SK Telecom Device & Access Network R&D Center

Abstract: There are three main kinds of service standards for 3G(Third-Generation) wireless communication as WCDMA, CDMA2000 and TD-SCDMA(Time Division-Synchronous Code Division Multiple Access). Compare with WCDMA and CDMA2000, TD-SCDMA system has distinguished technical characters. It is a TDD(Time Division Duplexing) based technology and deploys several advanced but in some respects complex technologies such as smart antenna, joint-detection and baton-handoff, etc. Therefore to analyze and design TD-SCDMA wireless network, it needs more efficient and systematic simulation tool. General simulation tool has so many analysis functions including path loss prediction, capacity and coverage analysis. For more suitable for TD-SCDMA, new additional technologies have to be implemented in simulation tool. Especially as the wireless network highly advancing focused on data service, it more needs to research and develop on the reliability of the simulation tool. In this paper, to give the concrete process and skill about how to implement TD-SCDMA simulation tool, we define the kinds of simulation tool and list basic analysis functions available for TD-SCDMA network design at first. And then we explain how to consider the effects of new technologies of TD-SCDMA and give the solutions about these considerations.

Keywords: TD-SCDMA, TDD, Wireless Network Design, Simulation Tool

I. 서론

전 세계 최대 인구의 막대한 시장성과 기술 잠재력을 지닌 중국에 세계 이동통신 단말과 장비 업체를 비롯해 이동통신 사업자들의 비상한 관심이 쏠리고 있다. 중국의 이동통신 시장은 1998년에 2500만 명 수준에서 매년 60% 이상의 성장을 지속하여 2003년에는 2억 6천만 명 수준으로 발돋움하였다. 앞으로도 매년 12% 정도의 성장을 지속할 것으로 예상되는데 그럴 경우 2010년에는 6억 명의 거대 시장이 된다.

현재 중국 이동통신 시장의 화두는 단연 TD-SCDMA(Time Division-Synchronous Code Division Multiple Access)이다. 자국의 기술을 보호 육성하려는 중국 정부의 의도가 이러한 현상을 한몫 거드는 상황이다. 중국 내외의 단말 및 장비 제조업체, 이동통신 사업자들은 중국 정부의 제 3세대 표준기술의 결정과 사업자 선정에 촉각을 곤두세우고 자신들에게 유리한 결정이 날 수 있도록 중국 정부를 설득하려고 심혈을 기울이고 있다.

TD-SCDMA 기술은 기존의 이동통신 기술에 비해 우수한 점이 많다. 스펙트럼 효율(Spectrum efficiency)이나 스마트 안테나(Smart Antenna), Joint detection 과 같은 신기술 적용이 그 예이다. 하지만 아직까지 테스트나 검증 단계인 부분이 있어 상용화에는 성공하지 못하였고 상용화가 된다 하더라도 실제 환경에서 망(Network)을 설계하고 최적화하는 일에도 많은 시간과 노력이 필요하다.

데이터 서비스 중심으로 이동통신 시스템이 진화해가는 상황에서 망 설계를 위해 시뮬레이션 툴(Simulation Tool)을 활용하는 것은 이제 선택이 아닌 필수가 되었다. 이렇듯 중요한 시뮬레이션 툴은 분석 결과의 신뢰도를 보증하기 위해 개개 망의 특징을 잘 반영해 설계되고 구현되어야 한다.

본 논문에서는 TD-SCDMA 시스템에 대해 개략적으로 살펴보고 이를 실제 환경에서 설계하기 위한 시뮬레이션 툴의 분석 기능 구현을 하향 링크에 초점을 맞춰 설명한다. 아울

러 TD-SCDMA에 새롭게 추가된 신기술을 시뮬레이션 툴에 어떤 방법으로 반영하는지 언급한다. 마지막으로 본 논문을 통해 제안된 방법으로 구현되어진 TD-SCDMA용 시뮬레이션 툴 활용 예로 한국에 구축되어진 TD-SCDMA Test-bed의 망 설계 과정에 대해 체계적으로 설명하고 결론을 맺는다.

II. 본론

1. TD-SCDMA 표준규격 개요 및 채널 구조

TD-SCDMA는 TDD를 기본으로 다른 기술을 병합한 표준 규격이다. TDD는 양방향 통신을 위해 상향 링크와 하향 링크에 다른 주파수 대역을 사용하는 FDD(Frequency Division Duplexing) 방식과 달리 동일한 주파수 대역을 사용하여 양방향 전송을 지원한다. 이론적으로 FDD보다 적은 타임슬롯을 사용하여 동일한 전송속도 지원이 가능하고 타임 슬롯(Time slot)을 동적으로 할당할 수 있어 비대칭 또는 bursty한 어플리케이션(Application)에 해당하는 패킷(Packet) 전송에 적합한 기술적인 특성이 있다. 그리고 TDD는 상향 링크와 하향 링크에 대한 주파수 대역을 공유하므로 FDD에 비해 1/2의 주파수(즉 반 가격)로 무선 멀티미디어 서비스를 제공할 수 있어 주파수 효율성이나 경제적인 측면에서도 장점이 있다. 또한 상/하향 특성이 동일하고 이를 이용한 적응신호 처리 기법들의 적용이 가능하게 되어 시스템 및 단말의 크기 그리고 전력 소모 등을 줄일 수 있다.

TD-SCDMA의 물리 계층에서는 상위 계층으로 정보를 가공, 전달하는 기능을 수행하며 이를 위해 전달 채널(Transport Channel)을 사용한다. 전달 채널은 다시 지정(Dedicated)과 공용(Common) 전달 채널로 나눌 수 있다. 모든 물리 채널들은 그림 1처럼 타임 슬롯, 서브프레임 그리고 시스템 프레임 넘버링(System Frame Numbering: SFN)의 3계층 구조로 되어 있으며, 모든 타임 슬롯들은 보호 심볼(Guard Symbol)을 필요로 한다.

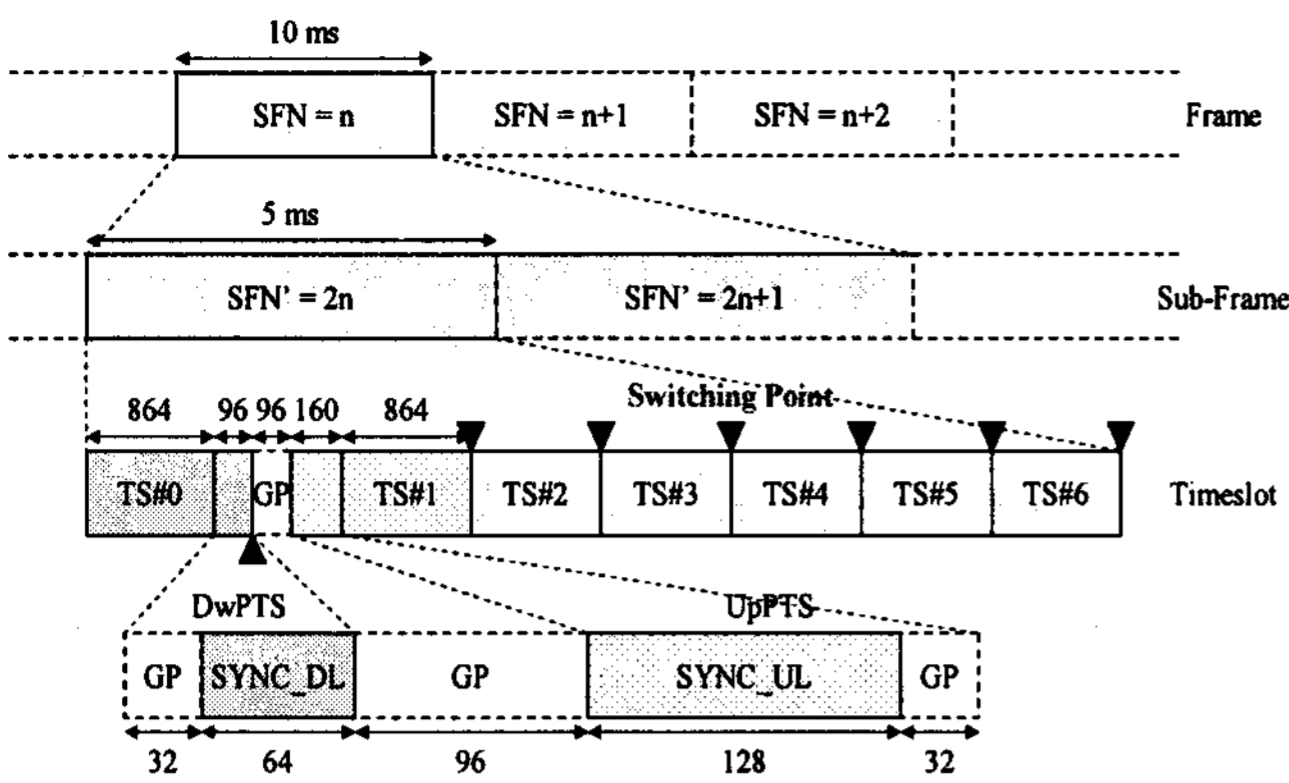


그림 1. TD-SCDMA 시스템 물리 채널의 3계층 구조

TD-SCDMA 물리 채널은 크게 지정 물리 채널(DCH)과 공용 물리 채널(CHCH)으로 나눌 수 있으며 그 아래에 여러 개의 채널들이 존재한다. TD-SCDMA 시스템에서 전달 채널과 물리 채널과의 매핑 관계는 그림 2에 설명되어 있다.

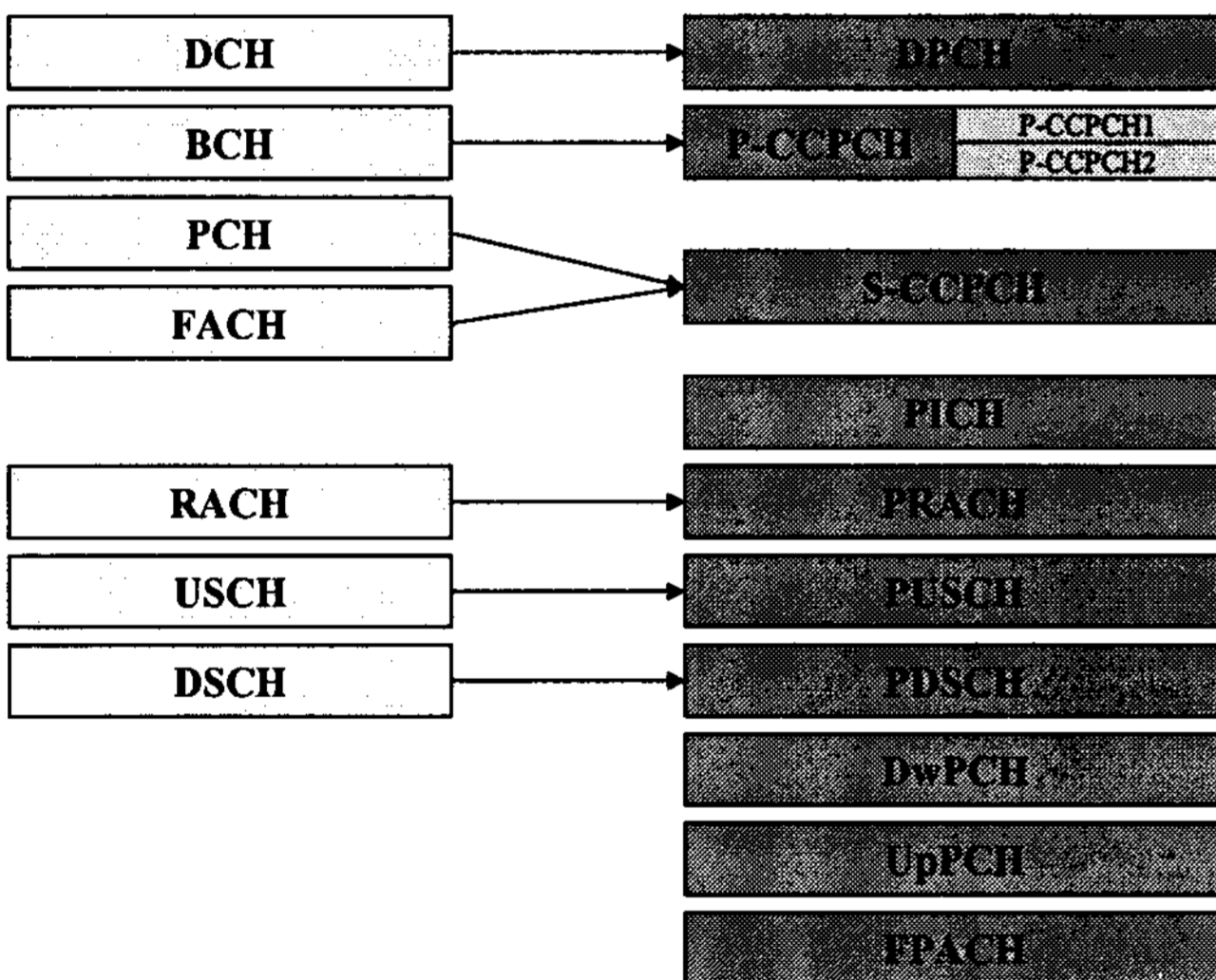


그림 2. TD-SCDMA에서 전달 채널과 물리 채널간의 매핑

2. 무선망 설계 시뮬레이션 툴의 종류

무선망의 전파환경을 분석하고 망을 설계하기 위한 시뮬레이션 툴은 분류 기준에 의해 다양하게 나뉠 수 있다. 분석하는 Radio link의 개수에 따라 Link level과 System level simulator로 구분할 수 있으며, 분석 기법의 다이내믹함 여부에 따라 Static와 Dynamic simulator로 구분되어 진다.

단순한 하나의 Radio link의 성능을 평가하는 시스템이 Link level simulator이며, 특정 망에서 다수의 Radio link를 생성시키고 분석 시 Link level simulator의 예측 결과를 참고표(Look-up table)로 삼아 시스템 용량 등의 결과를 도출하는 시스템이 System level simulator이다.[1] CDMA2000 망을 대상으로 시뮬레이션 할 경우 하나의 Radio link의 성능을 평가하는 Link level 시뮬레이션에서는 Frame/Bit Error Rate(FER/BER) vs. Signal to Interference Ratio(SIR) 혹은 목표 FER/BER별 이를 달성하기 위해 필요한 Energy 관계 등의 결과를 도출해낼 수

있다. 이에 반해 다수의 Link를 생성해 이들을 서로 유기적으로 동작시키고 가입자를 정해진 규칙에 의해 분포시켜 Traffic load 등의 영향을 분석함으로써 시스템의 용량 등을 파악할 수 있는 것이 System level 시뮬레이션이다. 하지만 이러한 구분은 어디까지나 편의를 위한 것으로 명확한 구분을 하기에는 모호한 점이 많다.

분석 내용의 다이내믹함 즉 시간 개념 유무 및 가입자 이동성 여부에 따라서도 시뮬레이션 툴을 분류할 수 있다. Static simulator는 주로 어떤 순간(Snap-shot)의 무선망 분석결과를 통계 처리해 무선망의 전반적인 상황을 파악하는데 활용한다. 대부분 관심 지역의 최번시 상황을 가정해 분석을 행하고 그 결과를 바탕으로 무선망 설계/최적화를 진행한다. 이는 최번시 상황이 대부분의 무선망에서는 최대 용량이 소요되는 순간 즉 시스템 측면에서 최악의 상황이므로 이를 견뎌낼 수 있도록 망 설계를 하기 때문이다. 이에 반해 Dynamic simulator는 시가변(Time variable) 개념과 가입자 이동성이 가미되어지며 이로 인해 시간 추이에 따른 무선망 상태(예를 들면 가입자 이동에 따른 섹터 Throughput 예측) 파악에 효과적이다. 과거의 단순한 음성 위주의 CDMA 시스템에서는 Static simulator로 충분한 무선망 설계/최적화 작업이 가능했으나 패킷 서비스를 제공하는 현재의 데이터 망에서는 Static simulator와 Dynamic simulator를 병행한 작업이 신뢰도 측면에서 유리하다.[2]

국내의 이동통신 서비스 업체는 자사 고유의 시뮬레이션 툴을 개발해왔으며 이를 무선망 설계/최적화에 적극 활용하고 있다. 본 논문에서는 SKT의 무선망 분석 툴인 CellPLAN®을 중심으로 설명하고 이를 일반적인 시뮬레이션 툴로 확대 적용할 수 있도록 했다.

3. TD-SCDMA 무선망 설계를 위한 분석 기능

3.1 전파예측 모델(Path loss Model)

모든 무선망 분석의 기본은 전파예측에서부터 시작된다. 2000MHz 대역의 TD-SCDMA 전파예측 모델을 도출하기 위해 중국 ZTE에서 Qindao와 Xiamen 지역을 기반으로 개발한 TD-SCDMA 전파예측 모델과 성남에서의 Rx level 실측값을 수집했다. 한국형 WCDMA COST-231WI 모델을 기본 수식으로 삼고 앞에서 언급한 두 가지 값을 활용해 TD-SCDMA 전파예측을 위한 보정 계수를 도출했다. 그리고 이를 한국의 Test-bed 설계에 활용하였다.

3.2 하향 링크 분석 기능

TD-SCDMA 하향 링크를 분석하기 위한 주 기능에는 RSSI (Received Signal Strength Indicator), Pilot Ec/Io, Traffic Eb/Nt, 커버리지 예측 등이 있다. 이러한 분석 기능들은 주로 다음과 같은 항목에 의하여 계산된다.

- 송신 안테나의 빔폭, Gain 을 포함한 방사 패턴, 틸트각
- 기지국(중계기)의 송신 출력
- 기지국(중계기)이 설치된 건물과 철탑의 높이
- 기지국 섹터 방향 혹은 중계기 분기 방향
- 기지국(중계기)과 특정 지점의 경로 손실
- 기지국(중계기)별 Traffic

수신 신호에는 Traffic 채널의 신호 및 오버헤드 채널의 신호가 합쳐지므로 Traffic erlang을 분포시키는 기능도 설계해야 한다. Traffic erlang에 따라 Traffic 채널의 수와 전력이 결정된다.

총 수신 신호량은 이동국이 원하는 섹터 기지국으로부터의 신호와 원하지 않는 다른 기지국으로부터의 신호가 모두 더해진 것이다. 고로 RSSI는 다음 수식으로 계산되어진다. 중계기는 일반 섹터와 동일하게 계산한다.

$$RSSI_{Total} [dBm] = 10 \log (10^{0.1 * NoW} + 10^{0.1 * RSSI_{Sector_Serving}} + \sum 10^{0.1 * RSSI_{Sector_Others}}) \quad (1)$$

여기서

- RSSI_Total: 각 Bin의 수신 전계 강도
- NoW[dBm]: 이동국의 Noise Floor
- RSSI_Sector_Serving[dBm]: 자기 섹터로부터 수신 신호량
- RSSI_Sector_Others[dBm]: 다른 섹터로부터 수신 신호량

일반적인 이동통신망 설계나 최적화에 가장 많이 활용되는 값은 바로 Pilot Ec/Io이다. Ec/Io를 계산하는 방법은 자기 신호를 Io 계산에서 제외하는 이론적인 방법과 Io에 포함시키는 실질적인 방법 두 가지가 있다. 실측 장비에서는 자신의 신호 성분을 제거하기 쉽지 않기 때문에 보다 현장감 있는 분석을 위해 CellPLAN®에서는 후자의 방법으로 Ec/Io를 구현한다. 수식 (2)에 따라 Ec/Io를 계산한다.

$$Ec/Io [dB] = RSSI_{PilotSum} - RSSI_{Total} \quad (2)$$

여기서

- Ec/Io[dB]: 파일럿 신호의 신호대 잡음비
- RSSI_Pilotsum[dBm]: 중계기를 포함한 자기 섹터로부터 수신 신호

TD-SCDMA 시스템의 하향 링크 Eb/Nt는 Traffic 채널의 Bit 에너지와 다른 Cell들의 간섭 성분 총 합과의 비를 나타내는 파라미터이다. 이 파라미터는 직접적으로 BER로 변환할 수 있으며 통화 음질과 상관도가 매우 높다. Traffic Eb/Nt는 다음과 같은 수식으로 계산한다.

$$Eb/Nt_{traffic} [dB] = RSSI_{traffic} + PG_{traffic} - 10 * \log (10^{0.1 * RSSI_{Total}} + (OF - 1) * 10^{0.1 * RSSI_{Sector}} - OF * 10^{0.1 * RSSI_{traffic}}) \quad (3)$$

$$PG_{traffic} = 10 * \log (Chip Rate * 10^6 / Traffic ChRate) \quad (4)$$

여기서

- Eb/Nttraffic[dB]: 각 Bin의 Traffic 채널의 신호대 잡음비
- RSSItraffic [dBm]: Traffic 채널의 수신전계 강도
- RSSI_Total[dBm]: 전체 신호의 수신전계 강도
- RSSI_Sector[dBm]: 전체 신호의 수신전계 강도
- OF: 다운 링크 Orthogonal Factor(SF = 16 or 1)
- PGtraffic [dB]: Traffic 채널의 처리이득
- ChipRate[Mbps]: 데이터 처리 속도(음성과 데이터로 구분)
- TrafficChRate [bps]: Traffic 채널의 데이터율: 음성은 12.2 kbps, 데이터는 64, 144, 384 kbps 그리고 2 Mbps로 구성

TD-SCDMA 서비스 종류별 Traffic Eb/Nt를 계산해 수식 (3), (4)에 입력하면 전체 Traffic Eb/Nt를 계산할 수 있다. 본 논문에서는 각 채널별 Eb/Nt를 계산하는 수식은 생략하기로 한다.

3.3 신기술 구현 방법

TD-SCDMA 시뮬레이션 툴을 구현하는데 있어 또 한 가지 고려해야 할 사항은 TD-SCDMA에 새롭게 적용된 신기술을 어떻게 구현하느냐이다. 신기술은 크게 Joint Detection, 스마트 안테나 그리고 Baton 핸드오프 기법 등을 들 수 있다. Static 시뮬레이션 툴인 CellPLAN®에서는 Joint Detection은 사용자가 수정할 수 있는 Default Gain 값으로 처리를 하였다. 스마트 안테나는 LOS(Line Of Sight) 결과에 영향을 받는 가변 Gain 값으로 구현하였고 핸드오프는 기존의 분석 방식을 그대로 활용하였다.

4. TD-SCDMA 무선망 설계 실제 예

TD-SCDMA CellPLAN®을 활용해 SKT는 '2007년 TD-SCDMA Test-bed를 구축하였다. Test-bed 무선망 설계는 무선망 설계 5단계에 의해 다음과 같이 이루어졌다.

표 1. 무선망 설계 5단계

단계	Activity
1단계 [준비]	-설계 지역 GIS DB 변환/Import -설계 Criteria 설정 -기초 데이터 수집/분석
2단계 [무선 환경분석]	-Region Clustering -Site survey & Filed 측정 -MI를 통한 전파예측 모델 도출
3단계 [커버리지 설계]	-Link Budget Analysis(LBA) -Site coverage 시뮬레이션
4단계 [파라미터 설계]	-Pilot 할당 -Neighbor list, Handoff 조정
5단계 [Dimensioning]	-소요 기지국/채널 파악 -소요 FA 개수 파악

1단계에서는 CellPLAN® 시뮬레이션을 위해 분당 지역 GIS DB를 변환해 Import하고 설계 criteria는 다음과 같이 설정했다.

- Coverage goal: CS64kbps 서비스 영역이 90% 이상
- Quality goal: BLER 이 음성은 1% 이하, 데이터는 5-10% 수준

2단계에서는 대표 기지국의 위치를 선정하고 그 주변의 Rx level를 측정해 전파예측 모델을 보정하였다. 또한 Region clustering은 SKT의 기준을 따랐다. 3단계에서는 이론적인 초기 투자비 산출을 위한 Link budget analysis를 수행하고 이를 참고로 Site Coverage를 분석하였다. 4단계에서는 Pilot 할당과 Handoff 영역 조정을 고속도로를 참조해 수행하였다. 마지막으로 5단계에서는 일정 영역 내에서 필요한 Test Site의 개수를 결정하고 최종적인 기지국 위치를 선정하였다. 그림 3은 CellPLAN®을 활용해 실제 망설계를 한 결과이다. 분당 지역

에 총 11개의 기지국을 메인 도로를 커버하는데 역점을 두고 설계하였다.

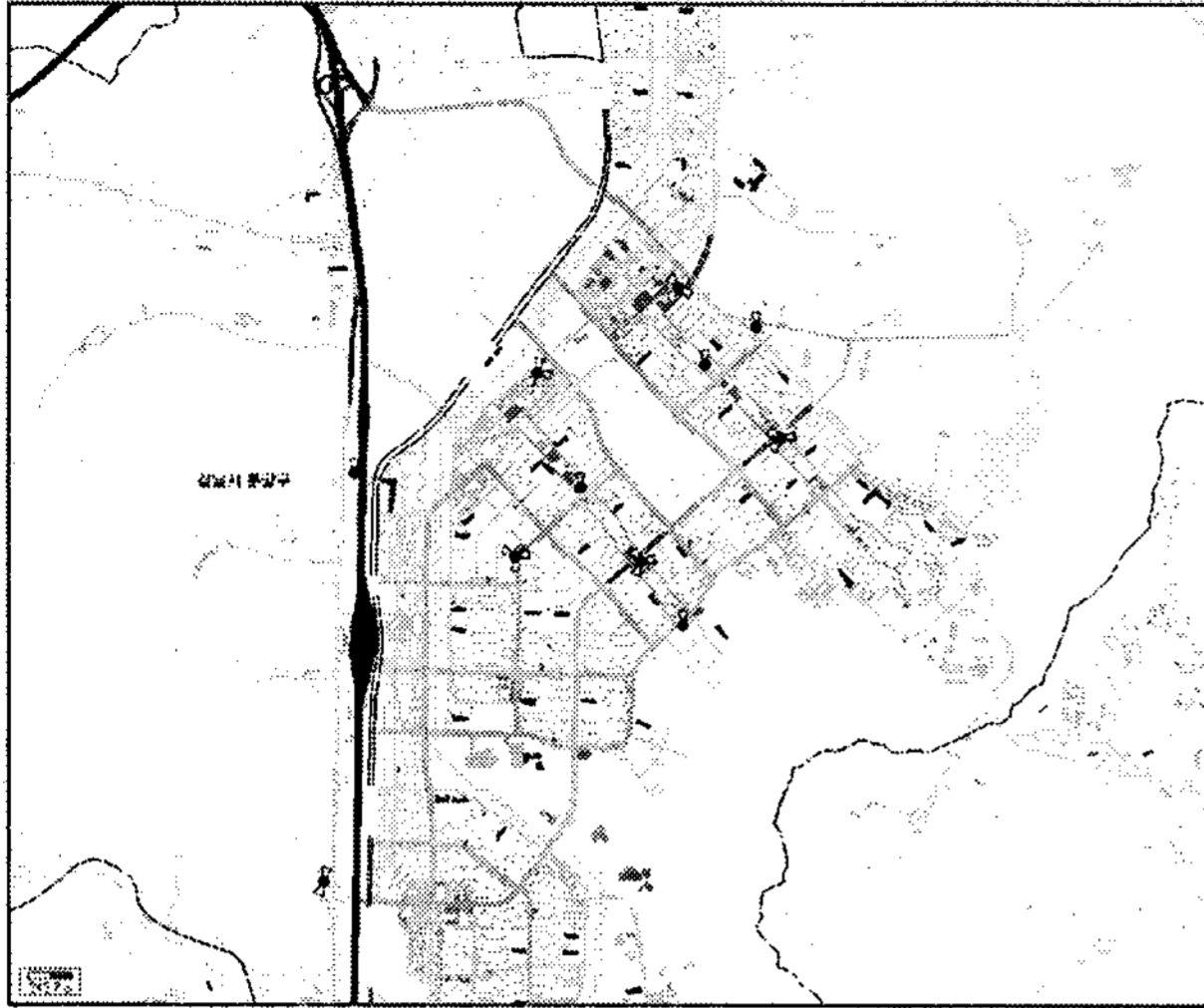


그림 3. TD-SCDMA Test-bed 설계 결과

이와 같은 시뮬레이션 툴은 무선망에서 다음과 같은 용도로 활용되어 질 수 있다.

- (1) 초기 망 설계
 - 기지국(중계기) 위치 선정
 - 초기망 투자 물량 산출
- (2) 기지국(중계기) 신설/이설/제거
 - 기지국(중계기) 신설/이설/제거에 따른 side effect 분석
- (3) 최적화/엔지니어링 작업
 - 무선망 엔지니어링 기준 수립
 - 고객 불만 발생 지역에 대한 최적화 업무
 - 인빌딩 서비스를 위한 엔지니어링 작업
 - 기지국 적정 power, overhead 전력 비율 결정
 - 기지국(중계기) 안테나 방향, 기울기 결정
- (4) 용량 관련 분석
 - Traffic load 증감에 따른 시스템 용량 분석
 - Traffic load 증가에 따른 FA 증설 시기 판단
- (5) 신규 시스템에서의 효율적인 망 설계 기법 제안
 - WCDMA 시스템에서 계층 셀 도입 여부 판단
 - 위성 DMB에서 GF(Gap Filler) 치국 위치 선정
- (6) 기타
 - 주변 환경 변화(예를 들어 기지국 주변에 건물 신축 혹은 기존 건물 철거 등)에 따른 무선망 상태 변화 예측
 - 기지국 섹터 증감에 따른 영향 분석

III. 결론

본 논문에서는 TD-SCDMA 시스템에 대해 살펴보고 여러 기준을 적용해 시뮬레이션 툴을 구분해 보았다. 그리고 TD-SCDMA의 하향 링크를 중심으로 무선망 설계의 기본인 전파예측 모델을 비롯해 RSSI, E_c/I_o , E_b/N_t 분석 기능 구현 방법에 대해 자세히 설명을 했다. 또한 실제 한국에 구축되어 있는 TD-SCDMA Test-bed의 설계 방법을 무선망 설계 5단계 절차에 입 각해 설명하였다. 마지막으로 이러한 무선망 설계

시뮬레이션 툴의 실질적인 용도에 대해서도 언급했다.

본 논문을 통해 제안되고 구현되어진 TD-SCDMA 시뮬레이션 툴을 활용한다면 향후 TD-SCDMA 뿐만 아니라 TDD을 바탕으로 하는 시스템에 대해 이해하고 이를 바탕으로 현장에서의 업무를 과학적/효율적으로 수행할 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] Lin Ma and Zhigang Rong, "Capacity Simulations and Analysis for cdma2000 Packet Data Services," VTC 2000, pp.1620- 1626, 2000.
- [2] 전현철, "시뮬레이션 툴을 활용한 무선망 최적화/엔지니어링 작업 프로세스," 2004년 한국보통통신설비학회 하계학술대회, pp.169-172, 2004.
- [3] 전현철 외 6인, "무선망 분석 시뮬레이션 툴의 신뢰도 향상 기법," 2005년 한국보통통신설비학회 하계학술대회, pp.431-435, 2005.
- [4] 이형수, 이혁재, "Macrocell에서 지형정보를 이용한 전파전파 예측모델 제안," Telecommunications Review, 제6권 제3호, pp.257~267, 1996.
- [5] Jinwen Zhang 외 1인, "Dynamic System Level Simulation for Radio Resource Management of TD-SCDMA High Speed Downlink Packet Access," IEEE, pp.187~191, 2002
- [6] William C. Y. Lee, Mobile Communications Design Fundamentals, A Wiley-interscience Publication, Second Edition, pp.47-100, 1993.
- [7] Radio Network Planning Report for TD-SCDMA Trial Network, ZTE Corp., pp.1-21, 2007.