

시뮬레이션 툴을 활용한 무선망 최적화/엔지니어링 작업 프로세스

전현철

SK텔레콤 Network 연구원 엔지니어링기술개발팀

Network Optimization/Engineering Process with Simulation Tool

Jeon, Hyun-cheol

SK Telecom Network R&D Center Engineering Development Team

Abstract - 음성 위주의 이동통신 초기 시스템에서부터 데이터 서비스를 제공하는 현재의 시스템에 이르기까지 이동통신 망이 진화해왔듯 무선망을 설계하거나 최적화하기 위한 전파환경 예측 시뮬레이션 툴 또한 발전을 거듭해왔다. 이는 망의 진화로 인해 무선망 설계/관리/최적화 기법이 복잡/다양해지고 그래서 단순한 수작업이나 현장 기술자의 경험만으로는 명쾌한 해답을 내놓기 곤란한 상황이 많아짐을 의미한다.

본 논문에서는 시뮬레이션 툴을 활용한 무선망 최적화/엔지니어링 작업 프로세스를 체계적으로 정리하여 소개함으로써 현장 기술자가 보다 효율적이며 경제적인 무선망 최적화 기법에 익숙해질 수 있는 방법론을 제시한다.

1. 서 론

우리나라의 이동통신 역사는 AMPS를 필두로 현재 서비스 개시가 임박한 WCDMA까지 짧지만 획기적인 기술적 진보를 누려왔었고 세계가 인정하는 이동통신 선진국이 되었다. 이러한 기술적 진보는 이동통신에 대한 국민적 관심을 바탕으로 학계와 제조업체 그리고 이동통신 서비스 제공 업체가 삼위 일체가 되어 이루어낸 결실이라 할 수 있다.

미래의 이동통신은 데이터 서비스에 대한 사용자의 요구 증가로 인해 트래픽의 급격한 증가와 소요 대역폭의 팽창으로 인해 네트워크 효율성이 저하될 것으로 예측된다. 또한 데이터 서비스의 도입은 기존의 단순한 무선망 최적화/엔지니어링 기법으로는 최적화된 무선망 운용이 어렵다는 걸 암시한다.

본 논문에서는 무선망 진화에 따라 복잡해지고 고도화되어가는 무선망 최적화/엔지니어링 과정을 효율적으로 진행할 수 있게 지원해주는 전파환경 분석 시뮬레이션 툴의 기본 구조, 분석 기능 등을 간단히 살펴본다. 또한 이러한 시뮬레이션 툴의 실질적인 용도에 대해 언급하고 시뮬레이션 툴을 활용한 무선망 최적화/엔지니어링 작업 과정을 단계별로 설명한다. 이어서 시뮬레이션 툴이 실제 망설계에 어떻게 활용되는지 사례를 들어 설명하고 결론으로 끝맺는다.

2. 본 론

2.1 전파환경 분석 시뮬레이션 툴의 개요

전파환경을 분석하기 위한 시뮬레이션 과정은 크게 두 단계로 구분되어질 수 있다. 단순한 하나의 radio link의 성능을 평가하는 link level 시뮬레이션, link level 시뮬레이션 결과를 참고표(look-up table)

로 삼아 분석하고자 하는 시스템에서 다수의 radio link를 생성시켜 시스템 용량 등을 구하는 system level 시뮬레이션으로 구분 가능하다[1]. CDMA2000 1X 시스템을 대상으로 시뮬레이션을 해본다고 하자. 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 이동통신 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 구분은 하기에는 모호한 점이 많다. 현재 국내의 이동통신 서비스 업체가 개발한 전파환경 분석 시뮬레이션 툴은 이 두 가지 시뮬레이션 단계가 혼용된 것이라 여기면 된다.

Radio link의 갯수와 이들의 연동에 의한 관점이 아닌 통계적 처리와 시간 개념 유무 여부에 따라서도 시뮬레이션 툴을 구분할 수 있다. 이러한 관점에 따르면 시뮬레이션 툴을 크게 static 시뮬레이터와 dynamic 시뮬레이터로 구분할 수 있다. Static 시뮬레이터는 통계적인 분석을 통해 무선망의 전반적인 상황을 파악하는데 주로 사용된다. 예를 들어 어떤 관심 지역의 최번시 상황을 가정해 그에 대한 분석 결과를 무선망 설계에 참고할 수 있다. 최번시 상황이 대부분의 무선망에서는 최대 용량을 필요로 하는 때 즉 시스템 측면에서는 최악의 상황이기 때문에 이를 견뎌낼 수 있도록 망 설계를 한다. 이에 반해 Dynamic 시뮬레이터는 시간 개념과 가입자 이동이 가미되어지며 이로 인해 시간추이에 따른 무선망 상태(예를 들면 가입자 이동에 따른 섹터 throughput 예측) 파악에 효과적이다. 과거의 단순한 음성 위주의 CDMA 시스템에서는 static 시뮬레이터로 충분한 무선망 설계/최적화 작업이 가능했으나 패킷 서비스가 제공되는 현재의 데이터 망에서는 static 시뮬레이터와 dynamic 시뮬레이터를 병행한 작업이 훨씬 더 효과적이다.

국내의 이동통신 서비스 업체는 자사 고유의 시뮬레이션 툴을 개발해왔으며 이를 무선망 설계/최적화에 적극 활용하고 있다. 본 논문에서는 이러한 시뮬레이션 툴의 일반적인 구조, 분석 기능에 대해 SKT의 CellPLAN[®]을 중심으로 설명한다.

일반적인 시뮬레이션 툴은 관심 지역의 기지국 형상 정보(기지국 위치, 높이, 안테나 종류, 방사패턴, 방향, tilt각 등)를 입력해 지리정보 데이터, 전파감쇠 예측모델, 무선망 분석 알고리즘을 바탕으로

전파환경을 예측/분석한다. 시뮬레이션 툴이 제공하는 예측/분석 결과로는 수신신호세기, Pilot Ec/Io, Traffic Eb/Nt, 커버리지, 용량, 핸드오프 관련 분석 등이 있다.

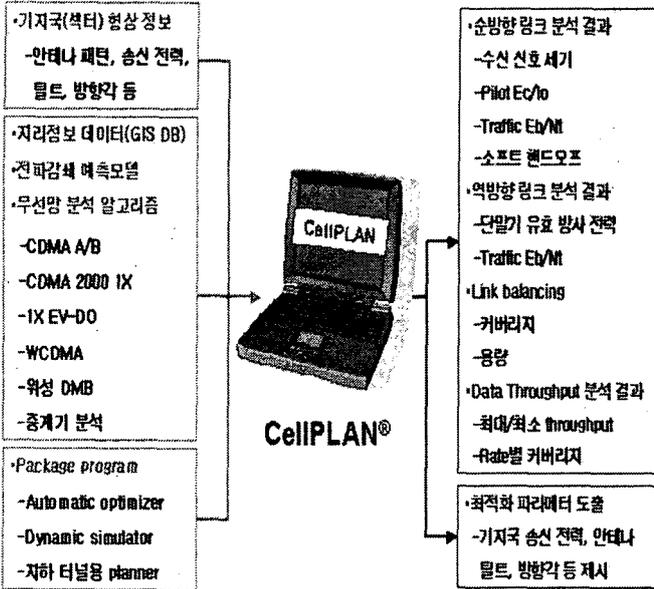


그림 1. 시뮬레이션 툴의 기본 구조 및 분석 기능

2.2 시뮬레이션 툴의 용도

본 절에서는 무선망 설계/최적화/엔지니어링 과정에서 시뮬레이션 툴이 어떤 용도로 활용될 수 있는지 실질적인 내용을 기술한다.

1. 초기 망 설계
 - 기지국(중계기) 위치 선정
 - 초기 망 투자 물량 산출 등
2. 기지국(중계기) 신설/이설/제거
 - 기지국(중계기) 신설/이설/제거에 따른 무선망 영향 분석 등
3. 최적화/엔지니어링 작업
 - 무선망 엔지니어링 기준 수립
 - 고객불만 발생 지역에 대한 최적화 업무
 - 인빌딩 서비스를 위한 엔지니어링 작업
 - 기지국 적정 power, overhead 전력 비율 결정
 - 기지국(중계기) 안테나 방향, tilt각 결정 등
4. 용량 관련 분석
 - Traffic load 증감에 따른 시스템 용량 분석
 - Traffic load 증가에 따른 FA 증설 시기 판단 등
5. 신규 시스템에서의 효율적인 망 설계 기법 제안
 - WCDMA 시스템에서 계층셀 도입 여부 판단
 - 위성 DMB에서 GF(Gap Filler) 치국 위치 선정 기준 판단 등
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 등

위에서 기술한 것 이외에도 수많은 용도로 시뮬레이션 툴을 활용할 수 있다. 특히 최근에는 시뮬레이

션 툴이 신규 시스템에서의 효율적인 망 설계 기법을 판단하는데 결정적인 역할을 하는 분석 도구로 활용되고 있다. 예를 들어 양방향 통신인 이동통신과는 달리 단방향 성격이 강한 위성 DMB에서 LOS(Line Of Sight) 영역이 아닌 음영지역에 위성 신호를 중계해주는 역할을 하는 GF를 어떻게 치국할 것인가 하는 설계 기법을 결정하는 데 있어서도 시뮬레이션 툴이 적극 활용된다.

2.3 무선망 최적화/엔지니어링 과정

과거의 무선망 최적화/엔지니어링 작업은 엔지니어들의 현장에서의 경험을 바탕으로 주로 이루어져 왔다. 하지만 점점 고도화되가는 이동통신망에서는 과거의 방식에 체계적이며 과학적인 기법이 더해져야만 효과적인 최적화가 가능하다.

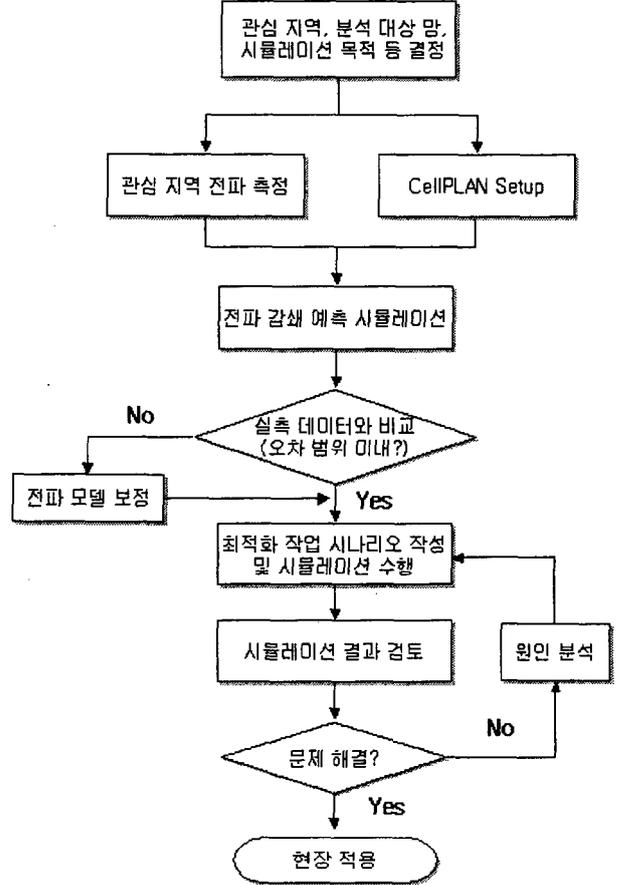


그림 2. 시뮬레이션 툴을 활용한 무선망 최적화/엔지니어링 작업 프로세스 순서도

시뮬레이션 툴을 활용한 무선망 최적화/엔지니어링 작업의 일반적인 프로세스는 그림 2.와 같이 일목요연하게 표현 가능하다.

먼저 분석하고자 하는 시스템, 관심지역, 어떤 최적화 작업을 수행할 것인지를 결정한다.

이후 관심지역의 전파환경 실측과 시뮬레이터의 setup 과정이 이어진다. 관심지역의 전파환경을 실측하는 이유는 시뮬레이터와 실제 지역의 전파환경을 최대한 비슷하게 튜닝해서 시뮬레이터의 예측결과가

가능한 최소한의 오차를 가지도록 하기 위함이다. 보통 실측치와 예측치의 전파감쇄값들이 표준편차 $\pm 8\text{dB}$ 내외를 만족하면 된다. 이 범위를 벗어날 경우 시뮬레이터에서 사용되는 전파감쇄 모델은 보정을 필요로 한다. 전파감쇄 모델 보정은 모든 시뮬레이션 과정의 첫단계이므로 중요성을 강조해도 지나침이 없다. 전파감쇄 모델은 COST-231, Hata- Okumura 모델이 많이 쓰이며 대부분의 시뮬레이션 툴은 나름대로의 전파모델 보정 방법을 고안해 툴에 적용하고 있다. SKT의 CellPLAN®에서는 linear 방식, non-linear 방식 두 가지 방법으로 전파감쇄 모델을 보정할 수 있다.

전파 측정과 병행되어 진행될 수 있는 작업이 시뮬레이터를 setup하는 것이다. 이 과정에서 시뮬레이터 사용자가 준비하거나 결정해야 할 사항은 다음과 같다.

1. 최적화/엔지니어링 기준 정의(예를 들어 전체 관심 지역에서 Pilot Ec/Io의 분포가 95%를 넘으면 양호한 최적화 작업이었다고 판단할 수 있는 식의 기준)
2. 기지국(중계기) 형상정보, 안테나 구성 정보 확보
3. 기지국(중계기) 전력 관련 정보 수집(채널별 송신 전력, 기지국 총전력 등)
4. 트래픽 정보 등

전파 모델 보정 못지않게 중요한 과정이 최적화 내용을 총괄하는 시나리오 작성이다. 실험실에서 어떤 실험을 하기 전에 꼼꼼하게 실험 시나리오를 작성하고 검토하듯 시뮬레이션 시나리오도 모든 고려사항이 하나하나 빠짐없이 체크되어야 한다. 사소한 파라미터 하나라도 소홀히 다루어져 원하지 않는 값이 입력되었던 시뮬레이션이 수행되었다면 오랜 시간동안 시뮬레이션을 위해 투입된 시간과 노력은 물거품이 된다. 이러한 문제를 피하기 위해 중요한 파라미터는 사용자가 직접 작성해서 시뮬레이터에 입력하고 나머지 기본 파라미터는 시뮬레이터 내의 기본값을 사용하는 방식을 선호한다. 시뮬레이터 사용자는 분석환경이 바뀌면 값이 변해야 하는 파라미터들의 list를 관리해 실수를 줄이는 것도 좋은 방법이다. 예를 들어 셀룰러 CDMA가 기본 분석 모듈인 CellPLAN®에서 PCS 시스템을 분석하고자 할 경우 사용자는 셀룰러 주파수 대역을 PCS 주파수 대역으로, voice rate을 9.6kbps에서 14.4kbps 등으로 빠짐없이 변경해야 한다.

보정된 전파감쇄 모델을 바탕으로 시뮬레이터는 다양한 결과를 도출해내고 사용자는 이러한 결과를 종합적으로 분석/유추/해석할 수 있는 능력이 있어야 한다. 시뮬레이터 setup 단계에서 정해진 최적화/엔지니어링 기준을 참고로 수행되었던 최적화/엔지니어링 작업이 양호한 것이었는지 아니었는지를 판단한다. 만약 만족할만한 최적화 결과가 나오지 않았다면 그 원인을 분석한 후 다시 새로운 시뮬레이션 시나리오를 작성해 시뮬레이션을 수행해야 한다.

양호한 최적화/엔지니어링 작업이었다는 결론에 도달한다면 이 결과를 현장에 적용해도 크게 무리는 없다. 현장 적용 후 반드시 전파환경 현장 실측을 실시해 최적화 작업 후 전파환경 개선여부와 개선정도를 파악하는 것도 중요한 일이다. 또한 현장 적용

후 일정 기간동안 원하지 않는 side effect가 발생하는지의 여부도 살펴보아야 한다.

2.4 시뮬레이션 툴의 활용 사례

본 절에서는 시뮬레이션 툴이 위성 DMB 실제 망 설계에서 어떤 식으로 활용되는지를 사례를 들어 설명하고자 한다. 망 설계를 하기 위한 시뮬레이션 시나리오는 다음과 같다.

1. 첫 번째 시나리오: 이동통신망과 co-site 되어 있는 현재의 DMB 망 현황 파악
2. 두 번째 시나리오: 첫 번째 시나리오 결과를 바탕으로 필요한 최적화 작업 실시
3. 세 번째 시나리오: 기존 설계와는 달리 일정 반경 격자 설계에 의한 GF 전면 재배치

시뮬레이션을 위한 관심대상 지역은 서울 서초구의 일부 지역에 한한다. 최적화/엔지니어링 기준은 수신신호세기(Rx level) 68dBm 이상 95%, Ec/Io -17dB 이상 90%를 목표로 한다. 최적화 작업은 GF의 재배치/신설/제거, 안테나 방향, tilt각 조정 등의 방법을 병행한다.

시뮬레이션 결과는 다음 표와 같이 요약될 수 있으며 최적화 작업결과 화면은 그림으로 나타내었다.

표 1. 위성 DMB 시뮬레이션 결과

시나리오 No.	Rx level 만족도 (%)	Ec/Io 만족도 (%)	GF 국소수 증감
1	100	88.4	-
2	100	91.9	+10
3	100	92.4	-10

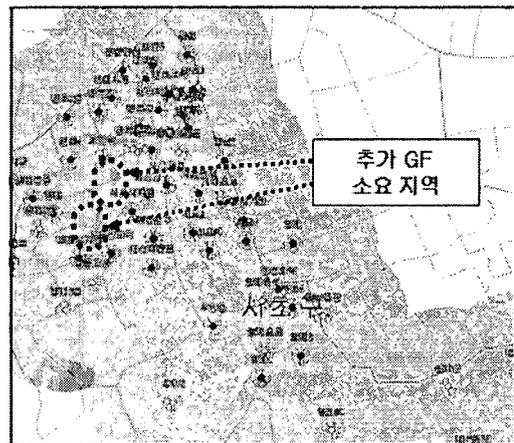


그림 3. 첫 번째 시나리오 결과

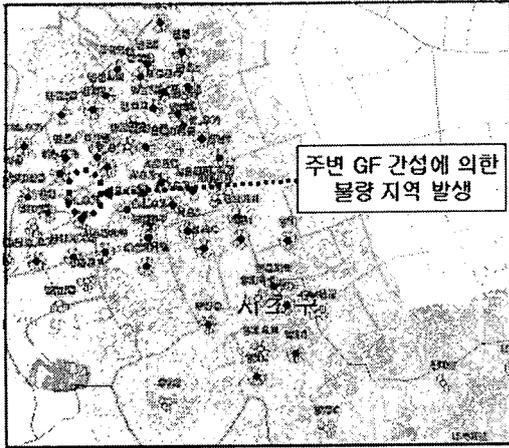


그림 4. 두 번째 시나리오 결과

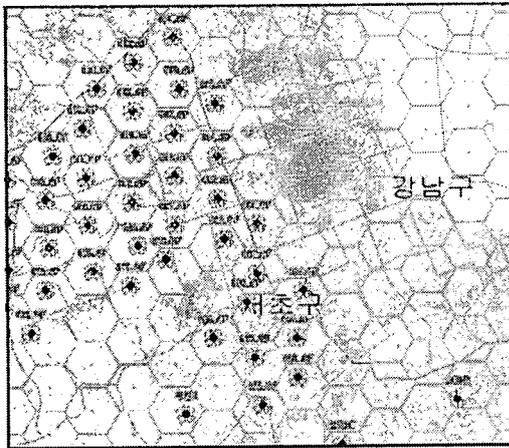


그림 5. 세 번째 시나리오 결과

(참 고 문 헌)

[1] Lin Ma and Zhigang Rong, "Capacity Simulations and Analysis for cdma2000 Packet Data Services", VTC 2000, pp.1620-1626, 2000.
 [2] 전현철 외 3명, CellPLAN User's Manual, SK텔레콤 Network 연구원, Ver.3.0, 2001.
 [3] 문순주 외 8명, Engineering Handbook for WCDMA Network, SK텔레콤 Network 연구원, Ver.1.0, pp.155-188, 2003.

3. 결 론

본 논문에서는 시뮬레이션 툴을 무선망 최적화/엔지니어링 작업 프로세스에 어떤 방식으로 활용할 것인지에 대한 방법론적인 내용을 기술했다.

또한 시뮬레이션 툴을 이용해 조만간 상용 서비스가 시작될 위성 DMB 망을 보다 효과적으로 설계할 수 있는지의 가능성 여부도 살펴보았다. 시뮬레이션 결과에 따르면 이동통신망과 달리 위성 DMB 망은 기존 망과의 co-site보단 일정 간격으로 관심지역을 격자모양으로 나눈 뒤 각 격자 중심 부근에서 가장 높은 건물에 GF를 설치하는 설계 방법이 저렴한 투자비에 비해 우수한 성능을 누릴 수 있음을 알 수 있었다.

이렇듯 시뮬레이션 툴의 활용도는 무선망의 설계/최적화/엔지니어링 측면에 있어서 그 중요성이 높을 뿐만 아니라 활용범위도 점점 넓어지고 있는 실정이다. 그러므로 엔지니어들은 시뮬레이션 툴을 현장 업무에 적극 활용해 최대한의 업무 효율을 누릴과 동시에 최상의 통신품질 유지에 만전을 기해야 할 것이다.