

무선망 분석 시뮬레이션 툴의 신뢰도 향상 기법

Techniques for Improving of the Reliability of the Wireless Network Simulation Tool

전현철¹ 유선숙² 류재현¹ 강성욱¹ 박상진¹ 박주열¹ 김정철¹
¹SK텔레콤 Network 연구원, ²(주)유비스타

Hyun-Cheol Jeon¹ Sun-Sook Ryu² Jae-Hyun Ryu¹ Sung-Wook Gang¹ Sang-Jin Park¹ Joo-Yeoul Park¹ Jeong-Cheol Kim¹
¹SK Telecom Network R&D Center, ²Ubistar co.

Abstract

이동통신망을 설계하고 최적화하기 위한 무선망 분석 시뮬레이션 툴은 다양한 분석기능을 가지고 있다. 전파전파예측을 비롯한 용량, 커버리지 분석까지 가능한 이러한 시뮬레이션 툴의 신뢰도는 망 성능에 절대적인 영향을 미친다. 특히 데이터 서비스 중심으로 망이 고도화 되어가면서 시뮬레이션 툴의 신뢰도에 대한 기준 정립이나 신뢰도 향상 기법에 대한 체계적인 연구가 요구된다.

본 논문에서는 이러한 시뮬레이션 툴의 기본 기능에 대한 신뢰도를 향상시키는 구체적인 절차나 기법에 대해 이론적/경험적으로 접근해 구체화시키고 이를 바탕으로 과학적인 신뢰도 향상 기법을 도출해낸다.

Keywords

Wireless Network, Simulation Tool, Reliability Improvement

I. 서 론

CDMA를 기초로 한 무선망 시뮬레이션 툴은 다양한 분석기능을 가지고 있다. 전파감쇄예측을 비롯한 수신전력 세기, Pilot Ec/Io, Traffic Eb/Nt, 핸드오프, 커버리지, 용량 등의 분석 기능은 대부분의 무선망 분석을 위한 가장 기본적인면서도 필수적인 중요 기능들이다.

이와 같은 무선망 분석 툴의 기본 기능에 대한 신뢰도를 향상시키는 구체적인 절차나 기법에 대한 연구는 국내외를 막론하고 매우 드물며 있다 해도 전파예측모델 보정 방법 연구에만 초점을 맞추고 있는 실

정이다.

본 논문에서는 우선 신뢰도와 관련된 생소한 용어에 대해 정의를 명확히 내리고 전파예측모델의 보정 기법에 대해 기술한다. 또한 전파예측 이외의 기타 무선망 분석 기능의 신뢰도 향상을 위해 필요한 절차를 체계적으로 언급하고 이를 바탕으로 구체적인 과학적인 신뢰도 향상 기법을 도출해낸다. 마지막으로 본 논문에서 제안된 기법을 통해 신뢰도가 향상된 시뮬레이션 툴을 어디에 어떻게 활용할 수 있는지를 현장 활용측면에서 나열하면서 결론을 맺는다.

II. 본 론

2.1 무선망 분석 시뮬레이션 툴의 개요

무선망 전파환경을 분석하기 위한 시뮬레이션 툴은 분류기준에 따라 종류가 다양하게 나뉘어 진다. 분석하는 Radio link의 개수에 따라 Link level 시뮬레이터와 System level 시뮬레이터로 구분할 수 있으며, 분석기법의 다이내믹함 여부에 따라 Static 시뮬레이터와 Dynamic 시뮬레이터로 구분할 수 있다. 단순한 하나의 Radio link의 성능을 평가하는 Link level 시뮬레이터의 분석결과를 참고표(Look-up table)로 삼아 분석하고자 하는 시스템에서 다수의 Radio link를 생성시켜 시스템 용량 등을 구하는 것이 System level 시뮬레이터이다[1]. CDMA2000 1X 시스템을 대상으로 시뮬레이션 한다고 가정할 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 결과

를 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 구분을 하기에는 모호한 점이 많다. 현재 국내의 이동통신 서비스 업체가 개발한 전파환경 분석 시뮬레이션 툴은 이 두 가지 시뮬레이션 기법이 혼용된 것이라 여기면 된다.[2]

또한 분석내용의 다이내믹함 즉 시간 개념 유무 및 가입자 이동성 여부에 따라라도 시뮬레이션 툴을 분류할 수 있다. Static 시뮬레이터는 주로 어떤 순간(Snap-shot)의 무선망 분석결과를 통계 처리해 무선망의 전반적인 상황을 파악하는데 활용한다. 즉 관심 지역의 최번시 상황을 가정해 그에 대한 분석을 행하고 그 결과를 바탕으로 무선망 설계/최적화를 수행한다. 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 시뮬레이터는 시가변(Time variable) 개념과 가입자 이동성이 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 신뢰도 측면에 있어 훨씬 유리하다.[2]

국내의 이동통신 서비스 업체는 자사 고유의 시뮬레이션 툴을 개발해왔으며 이를 무선망 설계/최적화에 적극 활용하고 있다. 본 논문에서는 신뢰도 향상 기법 적용에 대해 일단 SKT의 무선망 분석 툴인 CellPLAN[®]을 중심으로 설명하고 이를 일반적인 시뮬레이션 툴로 확대 적용한다.

2.2 무선망 분석 시뮬레이션 툴의 신뢰도

Static 시뮬레이션 툴의 신뢰도는 일반적으로 현장에서의 실측 데이터와 시뮬레이션을 통한 예측 결과와의 표준편차로 정의되며, 이를 본 논문에서는 실질 신뢰도(Essential Reliability)라 칭한다. 신뢰도를 판단하는 기준 즉 실/예측 표준편차에 대한 범위는 전파감쇄예측에 있어서 Cost-231WI 모델인 경우

$\pm 6\text{dB}$ 내외, Hata- Okumura 모델인 경우 $\pm 8\text{dB}$ 내외로 삼는 것이 일반적이다.[3],[4]

전파감쇄예측기능을 제외한 다른 기본적인 분석 기능(Ec/Io, Eb/Nt 등)에 대한 신뢰도 판단기준은 아직도 정립되지 않은 미개척 분야이다. 그 이유는 대부분의 무선망 분석 시뮬레이션 툴이 전파감쇄예측 결과를 바탕으로 다른 분석 결과를 도출해내기 때문에 전파감쇄예측의 정확도가 곧 시뮬레이션 툴의 신뢰도라는 통념상에서도 찾을 수 있겠지만 그보다는 수많은 무선망 환경의 변수를 시뮬레이션 툴에서 충분히 고려하는데 있어 발생하는 기술적인 한계로 보는 것이 타당하다. 특히 현재의 무선망은 데이터 서비스 중심으로 진화해 가고 있기 때문에 시뮬레이션을 통한 무선망 분석은 더욱 더 난해해지고 있다.

실질 신뢰도와 병행해 고려할 수 있는 것이 체감 신뢰도(Sensory Reliability)이다. 체감 신뢰도란 시뮬레이션 툴 사용자가 어떤 분석 기능을 원했을 경우 그 기능이 특정 시뮬레이션 툴에 구현되어 있느냐 없느냐에 따라 다르게 느낄 수 있는 사용자 위주의 주관적 신뢰도이다. 체감 신뢰도를 높이기 위해 다양한 기능을 구현하는데 있어서는 툴 본래의 목적에 맞는 지, 꼭 필요한 기능인지, 대체 기능은 없는지 등에 대한 면밀한 검토가 이루어진 후 기능추가나 보완을 수행해야 한다. 그렇지 않을 경우 전반적인 툴의 성능을 저하시키는 원인이 된다.

2.3 신뢰도 향상 기법

2.3.1 전파예측모델 보정 기법

전파예측모델을 보정하는 기법은 크게 두 가지로 나뉜다. 예측값을 실측 데이터의 기울기, X절편, Y절편에 맞추는데 주력하는 Linear 방식과 Linear 방식을 기본으로 하고 여기에 새로운 보정 기법을 추가하는 것이 Non-linear 방식이다. 대부분의 시뮬레이션 툴에서는 간단한 Linear 방식을 선호한다. CellPLAN[®]에는 두 가지 보정 기법이 모두 구현되어 있다. CellPLAN[®]에서의 Non-linear 방식은 유전자 알고리즘(Genetic Algorithm)을 바탕으로 구현되었다. 유전자 알고리즘은 진화연산 알고리즘이라고도 하며 실세계의 문제를 풀기 위해 잠재적인 해들을 컴퓨터상에서 코딩된 개체로 나타내고, 여러 개의 개체들을 모아 개체군을 형성한 뒤 세대를 거듭하면서 이들의 유전 정보를 서로 교환하거나 새로운 유전 정보를 부여하면서 적자 생존의 법칙에 따라 모의 진화를 시킴으로써 주어진 문제에 대한 최적의 해를 찾

는 계산모델이다.

식 (1)은 현재 CellPLAN[®] 에 구현되어 있는 Cost-231WI 모델이다.

$$((C_0+K_1)\log(d)+C_1\log(f)+C_2)+\{-C_3-C_4\log(W)+C_5\log(f)+C_6\log(\Delta h m)+L_0\}+[L_{bsh}+K_a+K_d\log(d)+\{-4+0.7(f/925-1)\}\log f-9\log(b)]+K_2L_{mke}+K_3 \quad (1)$$

Linear 방식은 식 (1)에서 K₁~K₃를 보정하고, Non-linear 방식은 K₁~K₃ 및 C₀~C₆ 를 보정하게 된다. 특히 C₀~C₆ 를 보정할 때는 각 계수별로 변화할 수 있는 범위를 잘 고려해야 한다.

수식 (1)을 활용해 서울 강남의 논현 지구에서 전파예측 시뮬레이션(주파수 800MHz대역, 반경 3km)을 한 결과가 그림 1.에 나타나 있다.

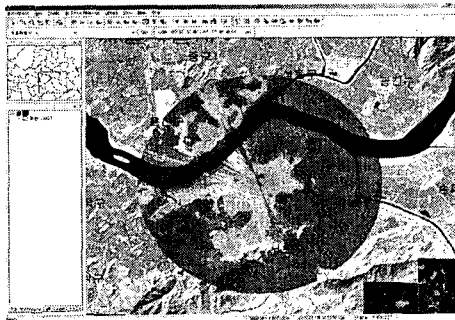


그림 1. 전파예측 시뮬레이션(Cost-231WI)

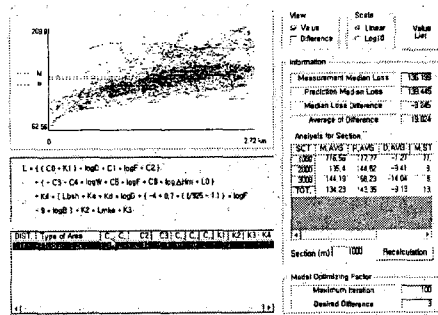


그림 2. 모델 보정 전 실측/예측 비교

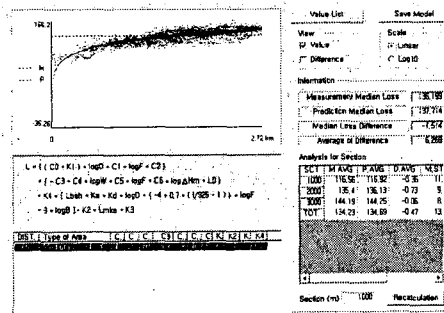


그림 3. Non-linear 보정 후 실측/예측 비교
이를 실측값과 비교한 결과가 그림 2.이다. 유전자 알고리즘을 활용한 Non-linear 방식으로 보정한 후 이를 다시 실측값과 비교한 결과는 그림 3.에 나타나 있다.

Linear 방식과 Non-linear 방식의 성능 비교를 위해 Linear 방식으로도 보정을 한 후 이 두 방식을 통계적으로 비교한 결과가 그림 4.이다. Linear 방식인 경우 21.134dB, Non-linear 방식인 경우 7.516dB의 표준편차가 발생했다. 여기서 Non-linear 방식의 보정기법이 더 우수한 성능을 보임을 알 수 있다.

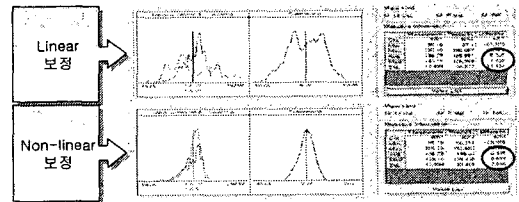


그림 4. Linear/Non-linear 보정 기법 성능 비교

언급된 보정기법을 사용하면 새로운 계수 Set을 가지는 New Pathloss 모델이 도출되는데 이는 각 지역별(혹은 더 작은 단위도 가능)로 각각의 새로운 전파모델 적용이 가능함을 의미한다.

2.3.2 기타 기본 분석 기능의 신뢰도 향상 기법

전파모델보정이 아닌 기본 분석기능에 대한 보정방법은 전 세계적으로 구체적인 체계가 아직 잡혀있지 않다. 하지만 기본 기능들에 대한 보정기법도 이제는 연구되어야 할 필요성이 절실하므로 본 논문에서는 그 과정을 제안한다. 이 과정은 그림 5. 순서도로 요약된다.

우선 가장 먼저 해야 할 작업은 내재 오차(Intrinsic Error)를 파악하는 것이다. 이상평지특성을 나타내는 지역을 선택해 전파감쇠 측정을 하고 이를 시뮬레이션 결과와 비교해 전파예측모델을 보정한다. 보정 후에도 존재하는 실/예측간의 오차는 시뮬레이션 틀에서 보정할 수 있는 기술이 현재로서는 없으므로 이를 내재 오차로 규정하고 추후 각 기능별 신뢰도 향상을 할 때 참고값(Reference Value)으로 삼는다.

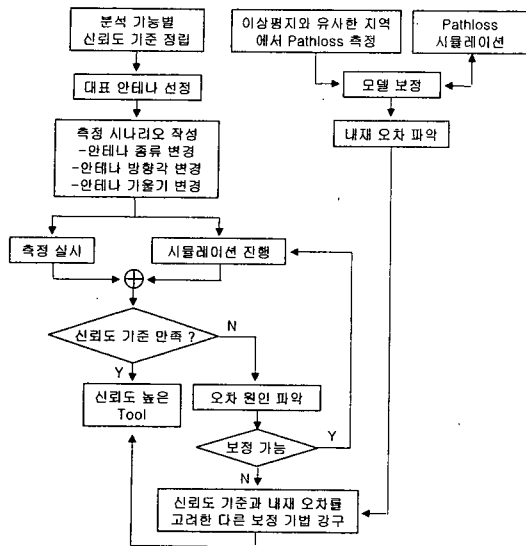


그림 5. 기본 분석 기능별 신뢰도 향상 기법
도출을 위한 작업 프로세스 순서도

내재 오차 파악과 병행해서 할 수 있는 작업이 각 기능별 신뢰도 기준을 정립하는 것이다. 각 분석 기능별 신뢰도 기준은 아직 정립된 것이 없으나 SKT의 경우 Ec/Io 경우 2~3dB를 관계적인 기준값으로 삼는다.

시뮬레이션 틀의 기능별 오차 발생 원인은 ①실제 환경과 프로그램과의 차이 ②프로그래머의 실수에서 기인한 오차 등 크게 2가지로 분류할 수 있다. 첫 번째 원인은 다시 실제 무선망 환경과 이를 유사하게 프로그래밍하면서 발생하는 차이(예를 들어 실제 망에서 행해지는 전력제어와 Static CellPLAN[®]에서 구현된 전력제어)와 측정 장비와 시뮬레이션 틀에서 구현된 이론 수식의 차이(예를 들어 Combined Ec/Io)에서 발생하는 오차로 세분할 수 있다. 그림 5.에는 이러한 오차 발생이 현장에서 발생하는 지 아님 다른 원인이 있는지를 판단하는 과정이 포함되어 있다. 각 분석 기능 결과에 가장 큰 영향을 줄 수 있는 물리적인 안테나 관련 측정을 통하여 시뮬레이션 결과와 이를 비교하면서 오차 발생 원인을 파악하고 이를 보정할 수 있다.

또한 체감 신뢰도를 높이기 위한 기법도 연구되어야 한다. 예를 들면 시뮬레이션 틀 설계자는 병렬 프로세싱을 도입해 분석 시간 등을 획기적으로 줄일 수 있는데 이러한 노력을 통해 체감 신뢰도를 높일 수 있다.

데이터 서비스 중심으로 진화해가는 무선망을 과학적으로 분석하기 위해서는 Static 시뮬레이션 틀로

역부족인 경우가 많다. 이를 보완하기 위해 SKT에서는 Dynamic 시뮬레이터를 개발하고, 3-D Ray-tracing 기법을 적용한 지하 터널용 Planner를 개발했다. 또 세계적인 추세인 자동 최적화 (Automatic Optimizer)를 개발하고 현재에도 보완 중이다.

이렇게 신뢰도가 향상된 시뮬레이션 틀은 무선망에서 다음과 같은 용도로 활용되어 질 수 있다.

1. 초기 망 설계
 - 기지국(중계기) 위치 선정
 - 초기 망 투자 물량 산출
2. 기지국(중계기) 신설/이설/제거
 - 기지국(중계기) 신설/이설/제거에 따른 무선망 영향 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 등

III. 결 론

본 논문에서는 시뮬레이션 틀의 신뢰도를 향상시키는 기법을 언급하고 그 기법을 도출해내는 과정을 제안했다. 이를 위해 무선망과 시뮬레이션 틀에 있어서의 신뢰도에 대한 명확한 개념을 정의하고 전파예측 모델 이외의 기본 분석 기능에 대한 신뢰도 기준 정

림의 필요성을 역설했다.

또한 샘플 기지국의 전파 측정값과 시뮬레이션 결과값의 비교를 통해 전파예측모델 보정 방식의 성능을 비교해 보았다. 이러한 성능비교를 통해 Non-linear 방식이 Linear 방식보다 보정 능력이 뛰어난 것을 파악할 수 있었다. 아울러 전파예측모델 이외의 기본 분석 기능에 대한 신뢰도 향상 기법도 도출하는 체계적인 과정을 제안했으며 기타 체감 신뢰도에 대한 중요성도 언급했다.

본 논문에서 제안한 기법을 통해 신뢰도가 향상된 시뮬레이션 툴을 활용한다면 엔지니어는 현장에서의 업무를 과학적/효율적으로 수행할 수 있다. 이는 곧 이동통신 사용자에게는 최고 품질의 통신 서비스를 제공할 수 있음을 의미한다.

[참고 문헌]

- [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," 2004년도 한국정보통신설비학회 하계학술대회, pp.169-172, 2004.
- [3] 이형수, 이혁재, "Macrocell에서 지형정보를 이용한 전파전파 예측모델 제안," Telecommunications Review, 제6권 제3호 pp.257~267, 1996.
- [4] William C. Y. Lee, Mobile Communications Design Fundamentals, A Wiley-interscience Publication, Second Edition, pp.47-100, 1993.