

무선서비스사업자 관점에서의 무선망설계툴 운용방안

정현민

KTR&D부문 인프라연구소 무선인터넷개발담당 무선망설계개발부

Practical use of cell planning tool for wireless service providers

Jung, Hyun Meen

Infra Laboratory, R&D Group, KT

E-mail : hmjung@kt.co.kr

요 약

KT가 상용화한 휴대인터넷을 비롯한 통신서비스는 정지 및 이동 중에도 다양한 형태의 휴대 단말기를 이용하는 가입자에게 음성 및 데이터를 제공하기 위한 양질의 QoS와 Seamless mobility를 보장하는 무선망의 구축이 필요하다. 경제적인 무선망 구축을 위해서는 년도별/지역별 트래픽 수요예측 분석과 서비스 대상 지역에 대한 사업 단계별 망 확장 및 구축 시나리오에 따른 투자비의 산정과 양호한 서비스 품질을 보장하기 위한 무선망 설계가 선행되어야 한다.

본 논문에서는 무선망설계 절차 및 무선서비스사업자의 경제적인 무선망 구축을 위해 필요한 무선망설계툴 운용방안에 대해 알아보고, 노미널 설계, 상세 설계, 그리고 망 운용 및 최적화에 필수적인 KT가 자체 개발하여 휴대인터넷 망설계에 사용한 무선망설계툴 CellTREK에 대해서도 간략하게 소개한다.

1. 서론

무선서비스를 제공하는 사업자 입장에서는 전체 서비스 대상지역에 대한 인구비율 및 행정구역 면적대비 서비스 커버리지 비율과 품질 기준을 수립하고 이 기준치를 만족시키기 위하여 서비스 전개와 망 구축 및 확장 단계별 시나리오에 따른 무선망 설계 및 구축 그리고 망 최적화를 진행해 나가게 된다.

서비스 사업자 입장에서 서비스 제공 단계별 망설계의 관점은 다음과 같이 나누어 볼 수 있다. 서비스 초기단계에서는 트래픽 부하는 시스템의 용량을 초과하지 않을 것이므로 주로 셀 커버리지를 확장하기 위한 높은 커버리지 제공 우선의 망설계가 이루어진다. 차츰 가입자 수가 증가하게 되면 트래픽량도 증가하게 되므로 망의 안정화를

위한 트래픽 분산 및 처리 용량의 확충과 양호한 서비스 품질을 보장하기 위한 망설계를 진행하게 된다. 따라서 신규 무선서비스를 제공하기 위해서는 서비스 수요와 공급의 원칙이 잘 반영될 수 있도록 서비스 커버리지와 트래픽을 다각도로 예측하고 분석한 망구축 계획이 수립되어야 한다.

무선서비스 제공을 위한 무선망 구축 비용은 초기 투자비의 70 ~ 80% 정도를 차지하게 된다. 더욱이 시스템 제조업체 입장에서는 장비 납품 실적을 높이기 위해 실제 커버리지 서비스 대상 영역 제공 필요 기지국 수량 이상의 기지국 장비의 구매를 권장함으로써 투자비의 상승을 유발시킬 가능성도 있다. 따라서, 초기 무선망 구축 단계에서 투자비 절감과 서비스 품질 기준을 동시에 만족시킬 수 있게끔 무선망설계가 이루어져야 한다. 이를 위해 무선서비스 사업자 입장에서는 효율적이고 경제적인 무선망 설계를 위한 도구로써 무선망 설계툴을 무선망 사이클 전반에 걸쳐 활용해야 한다. 현재 대부분의 이동통신 서비스 사업자의 경우를 보더라도 무선망 설계 및 망 최적화를 위한 전용 툴을 자체적으로 보유하고 있다. 무선망 엔지니어링 프로젝트 수행 회사 및 신규 무선 서비스를 준비 중인 사업자들에게는 무선망 설계툴은 필수적으로 갖추어야 하는 도구이다.

본 논문에서는 사업자입장에서의 무선망설계툴 활용의 필요성과 활용사례에 대해 기술한다. 이에 앞서 2장에서는 무선망설계의 개념을 설명하고, 3장에서는 무선망설계 절차를 기술하고, 4장에서 사업자입장에서의 무선망설계툴의 활용방안에 대해 살펴본다. 그리고 5장에서는 신규 무선서비스를 시작하는 KT의 무선망설계툴 활용사례를 소개한다.

2. 무선망설계 개념과 필요성

이동통신시스템은 무선접속방식(CDMA, FDMA, TDMA)과는 무관하게 무선망 구축을 위한 투자

부문만으로도 전체 시스템 투자비용의 70 ~ 80%를 차지하게 된다. 사업자 입장에서는 초기 서비스 제공 시점부터 경제적이며 신뢰성 있는 기지국 치국을 통해 가입자에게는 양호한 통화품질을 제공하고 자체적으로는 투자비 절감을 추구하게 된다. 이를 위해서는 최적의 기지국 위치선정을 위한 계획수립 및 설계단계에서 서비스 지역에 대한 서비스 수요조사와 통화량 예측, 지형 DB를 이용한 무선망 설계작업 및 전파 측정작업 등 일련의 절차들이 밀접하게 연결되어 수행되어야 한다. 특히 무선망 설계작업은 서비스 지역 전파환경에 적합한 전파모델 튜닝작업을 통하여 서비스 대상지역의 지형고, 모폴로지, 이미지, 건물 데이터 등의 GIS 맵들이 구축된 기반하에 설계툴 상에서 서비스 전체 대상지역을 최소 행정단위 또는 최적화 단위의 몇 개 기지국을 묶은 클러스터 별 커버리지 및 용량 분석 등의 반복적인 예측을 통해 최적의 사이트 후보 위치와 기지국 수량을 산정하게 된다. 이를 통하여 사업자 입장에서는 망 구축 확장 단계별 서비스 커버리지 맵도 작성하게 된다. 이러한 노미널 설계작업의 결과를 기준으로 무선망 설계툴의 제반 기능을 활용하여 서비스 지역 전체를 대표하는 다수의 표본 지역을 대상으로 전파 측정작업을 통한 실측에 가까운 전파 예측모델링을 병행함으로써 기지국 위치선정의 정확성을 높이고 동시에 전파 음역지역의 최소화 및 투자비의 절감을 도모하게 된다.

3. 무선망설계 절차

그림 1은 일반적인 무선망 설계절차를 보여준다. 중앙의 점선을 기준으로 좌측에는 커버리지 기반의 소요 기지국수 산출방법, 오른쪽에는 트래픽 기반의 소요 기지국수 산출방법에 대한 절차를 나타낸다.

트래픽 기반의 소요 기지국 산출을 위해서는 년도별/지역별 가입자 수요예측이 선행되어야 하며, 커버리지 기반의 소요 기지국 산출을 위해서는 서비스 대상 영역의 면적이 정의되고 전파분석을 위

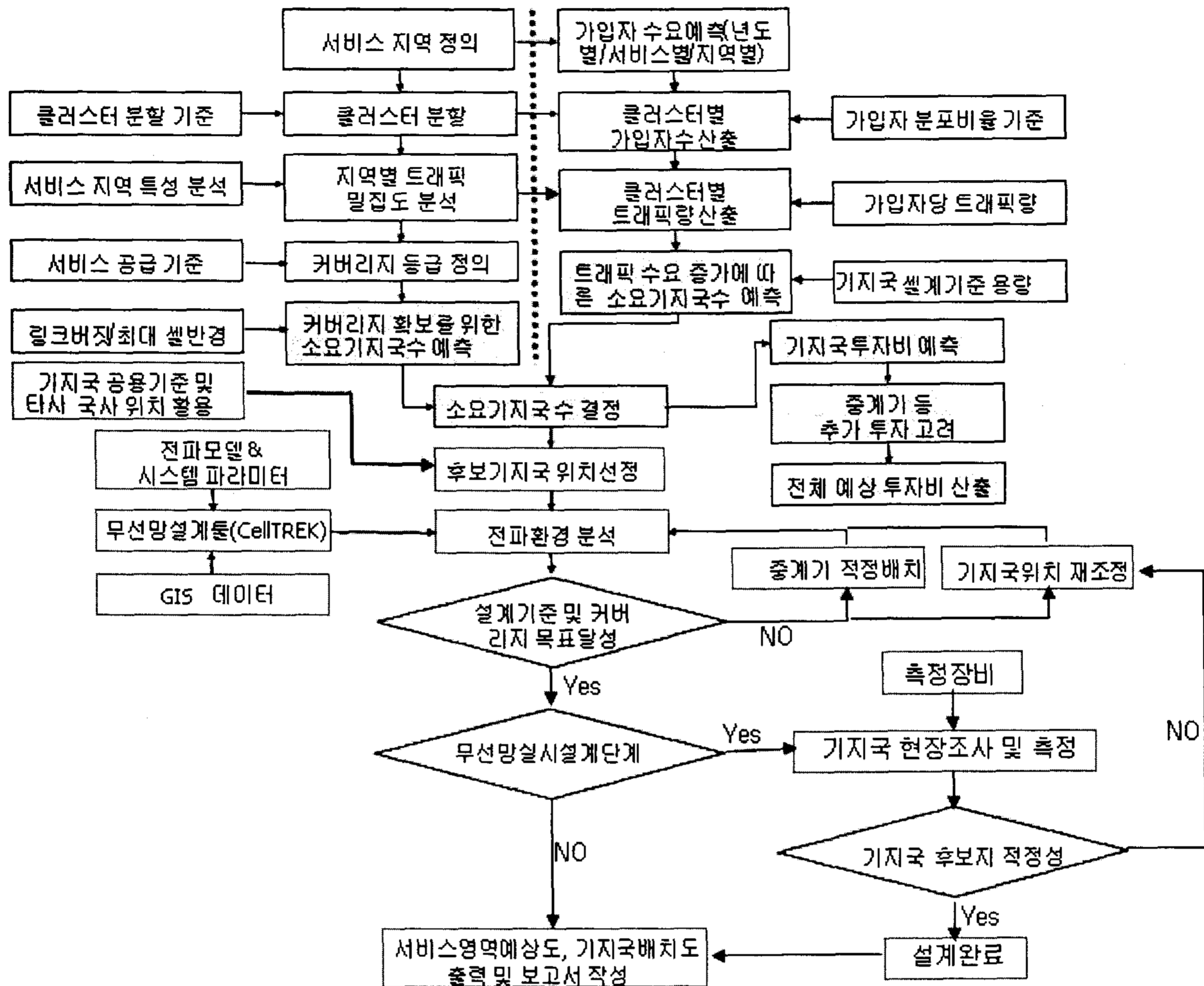


그림 1. 무선망 설계절차

한 지역별 토지 이용 특성을 반영하는 모폴로지 정보가 요구된다. 이 두 결과로부터 산정된 무선망 구축을 위한 기지국 소요량은 둘 중 많은 것을 취하든지 아니면 상대적 가중치를 줌으로써 벡터 합을 취하는 등의 방법으로 기지국 소요량을 산정하게 된다.

기지국 수량을 산정하고 나면 전파환경 분석을 통하여 설계기준 및 서비스 커버리지 목표를 만족하는 기지국의 적정위치를 결정하게 되고 서비스 영역 예상도와 기지국 사이트 후보지로 결정된 기지국 배치도를 결과물로서 얻게 된다. 실제 기지국을 구축하기 위한 무선망 실시단계에서는 후보지로 결정된 사이트 주변의 전파측정과 사이트 환경 조사를 통해 최적의 기지국 위치를 결정할 수 있게 된다.

노미널 설계단계에서는 무선망설계툴 상에서 소요 기지국 수만큼 후보 기지국사 위치에 후보 기지국을 만들어 지형 및 모폴로지 특성이 반영된 GIS 데이터를 기반으로 하여 기지국별 설정된 시스템 파라미터와 해당시스템 무선환경에 맞는 적당한 전파모델을 이용함으로써 전파분석을 실행하고 서비스영역 예상도를 작성하게 된다.

4. 무선망설계툴의 사업자 관점에서의 활용방안

무선망설계툴이란 이동통신 사업자의 투자비 중 70% 이상을 차지하고, 서비스 품질에 절대적인 영향을 미치는 기지국 위치 및 수량 파악, 그리고 커버리지 맵 작성 및 망 최적화 작업을 효율적으로 수행하기 위해 다양한 시뮬레이션 기능을 제공

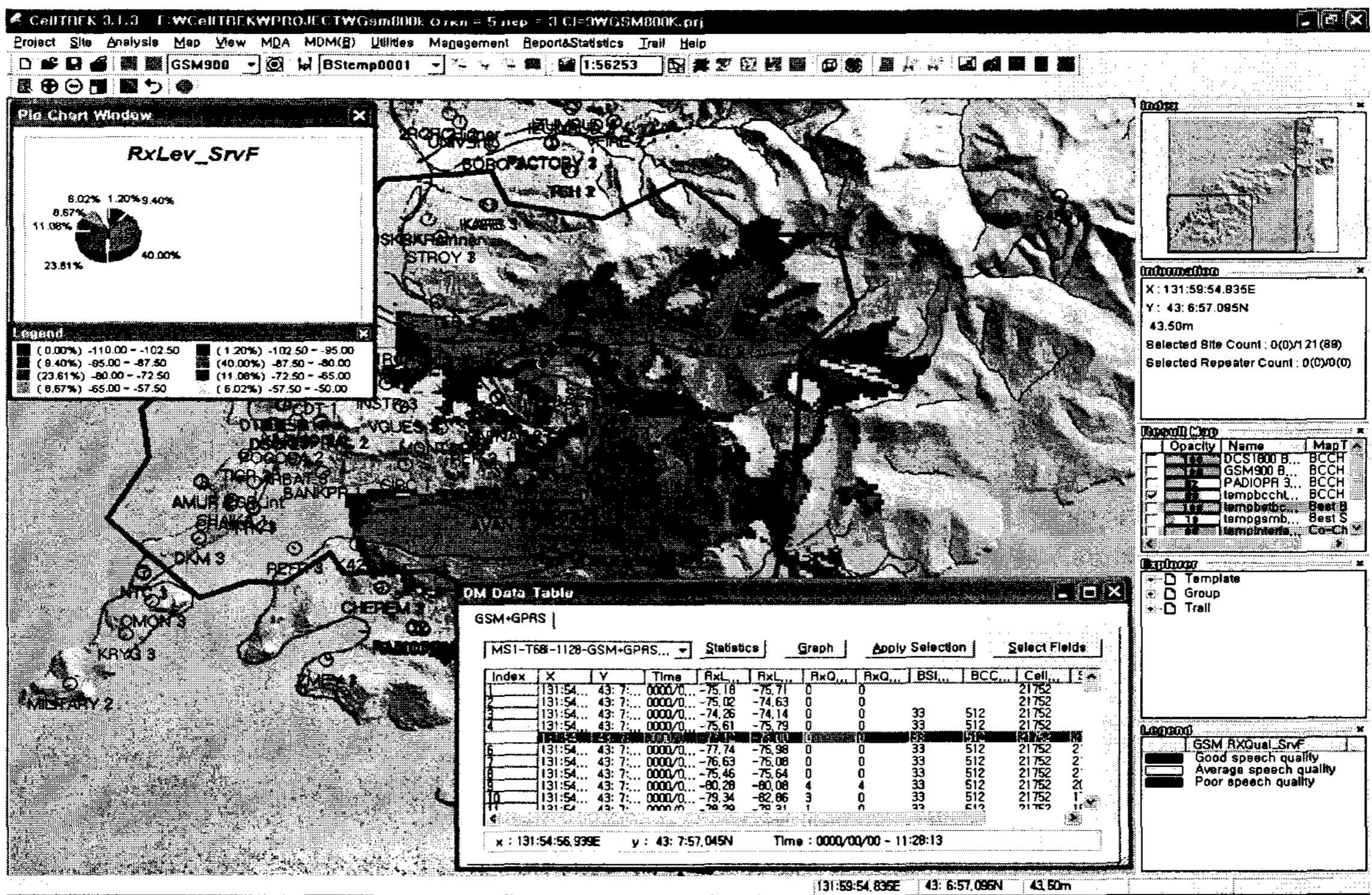


그림 2. CellTREK 구성화면 예

하는 소프트웨어 툴이다. 이의 핵심기술로는 전자 지도데이터(GIS) 처리 기술, 전파전파예측 기술(propagation model) 및 CDMA를 비롯한 이동통신 시스템 시뮬레이션 기술 등이 있으며, 이러한 기술들을 이용하여 다양한 시스템의 서비스영역 설계 및 최적화를 수행하게 된다.

무선망설계툴, CellTREK은 KT가 독자적으로 개발하여 1996년 PCS 사업권과 2000년 WCDMA 사업권 획득을 위해서 전국망 서비스영역을 예측하고 초기 무선망 구축 비용의 절감 및 최고의 서비스 품질 보장을 위한 무선망 설계/구축 지표 수립에 활용되어 왔다. CellTREK은 안정적이고 빠른 GIS 핸들링 엔진을 갖추고 있어 전국 무선망설계에 필요한 지형고, 건물, 모폴로지, 이미지 등의 GIS DB를 동시에 도시하고 처리할 수 있으며, 정확한 전파해석을 위한 매크로, 마이크로, 피코셀 환경의 셀 설계에 유효한 다수의 전파모델이 내장되어 있다. 또한, 다양한 전파해석 결과의 분석 지원을 위한 통계기능, 보고서 작성기능과 셀 설계자가 사용하기 편한 윈도우 GUI를

제공한다. 그림 2는 CellTREK의 화면구성에 대한 예를 보여준다.

사업자관점에서 서비스 초기에 서비스 커버리지를 만족하는 소요 기지국 수량을 산출하는 것은 투자비 산정을 위해 필수적인 작업이다. 이를 위해 셀 커버리지 반경 및 면적 계산이 선행되어야 하고, 가입자 증가를 고려한 지역별/서비스별 트래픽 양의 계산도 선행되어야 한다. 이렇게 산출된 소요 기지국 수로 실제 서비스 지역에 대해 품질기준을 만족하는 커버리지를 제공할 수 있는지를 판단하기에는 많은 어려움이 있게 마련이다. 무선망설계툴은 이러한 판단의 근거자료를 제공하게 되고, 사업자 입장에서는 최적의 소요 기지국 수량을 파악함으로써 초기 투자비를 절감할 수 있는 방안으로 무선망설계툴을 활용할 수 있다. 그리고 각 기지국간의 간섭을 분석함으로써 동일 수량의 기지국일지라도 최적 위치 및 섹터 방향 설정을 통하여 고객을 위한 고품질의 서비스를 제공할 수 있는 근거 자료를 확보하는데 활용할 수도 있다.

소요기지국 수량을 산출하는 방법에 대해 좀 더 자세한 계산과정이 아래에 설명되어 있다.

가. 커버리지에 의한 기지국 수량 산출 과정

그림 1의 무선망 설계절차에 제시되어있는 것처럼 서비스 대상 지역이 결정되면 이를 행정 경

용된 한 셀의 커버리지 반경과 면적을 계산하는 방법에 대한 흐름도이다.

무선통신시스템에 대한 파라미터 분석을 통하여 요구되는 SNR값과 수신기의 감도가 계산되고 셀 경계에서의 목표 서비스 확률을 적용함으로써 이에 상응하는 페이딩 마진을 링크버킷에 반영시키

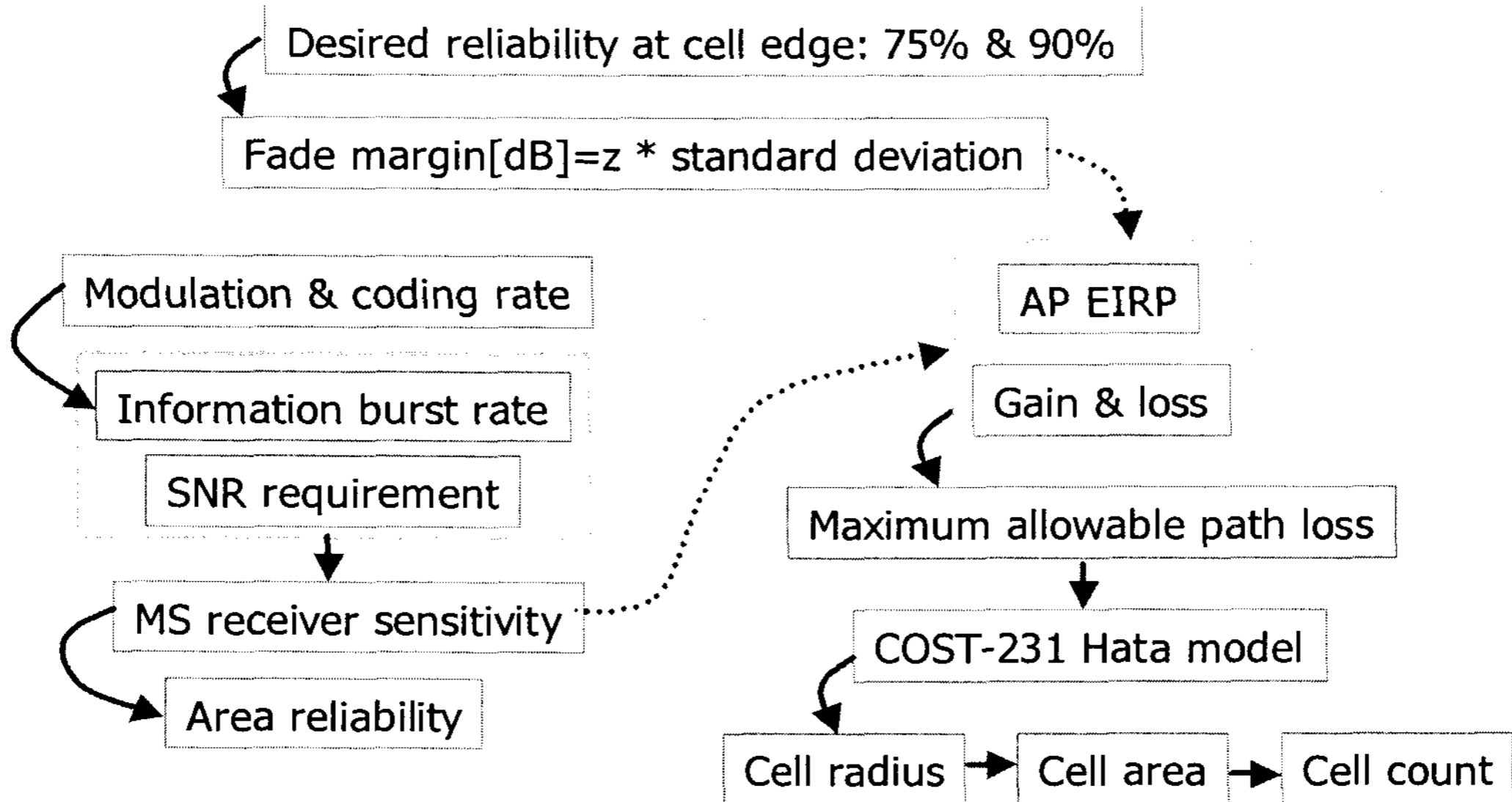


그림 3. 셀 반경 및 면적 계산 방법

계나 기지국 최적화 단위의 클러스터로 분할하게 되고, 서비스 지역의 지역별 특성에 따른, 예를 들면, 상업지역, 주거지역, 녹지지역 등에 대한, 트래픽 밀집도 분석과 서비스 공급 기준에 따른 커버리지 등급 등의 정의가 수반되어야 한다. 이는 커버리지 등급에 따른 셀 커버리지 반경의 차이를 고려하기 위함이다.

셀 커버리지를 계산하기 위해서는 시스템 파라미터에 따른 정확한 상하향 링크 분석을 위한 링크버킷 테이블을 작성해야 한다. 링크버킷은 시스템에 대한 하드웨어적인 변화와 성능에 따른 trade-off 영향을 이해하는데 매우 유용하며, 한 셀의 경계에서 커버리지 확률을 증가시키고 서비스 outage 확률을 감소시키기 위한 부가적인 마진을 적용함으로써 무선망 설계시 셀 커버리지를 예측하는데 중요한 도구가 된다.

그림 3은 커버리지 기반의 무선망설계에서 이

고 기지국의 출력과 안테나 이득, 케이블 손실 등을 고려하여 최대 허용 경로 손실을 계산한다. 이 손실 값을 일반적으로 많이 이용되는 COST-231 Hata 전파모델에 대입함으로써 셀 반경과 정육각 셀 모양에 대한 커버리지 면적을 계산할 수 있으며, 최종적으로 서비스 대상 영역에 대하여 정육각셀 면적을 나눔으로써 소요 기지국수를 산출하게 된다.

나. 트래픽에 의한 기지국 수량 산출 과정

트래픽에 의한 기지국 수량 산출을 하기 위한 가장 먼저 수행되어야 할 일은 수요 예측을 하는 것이다. 수요 예측에서는 연도별 전체 서비스 이용자 수와 목표로 하는 시장 점유율 등이 예측되어야 한다. 트래픽에 의한 기지국 수량 산출 과정은 지역별 가입자 수를 예측하고, 가입자당 발생 트래픽을 예측하여 지역별 발생 트래픽 총량이 계

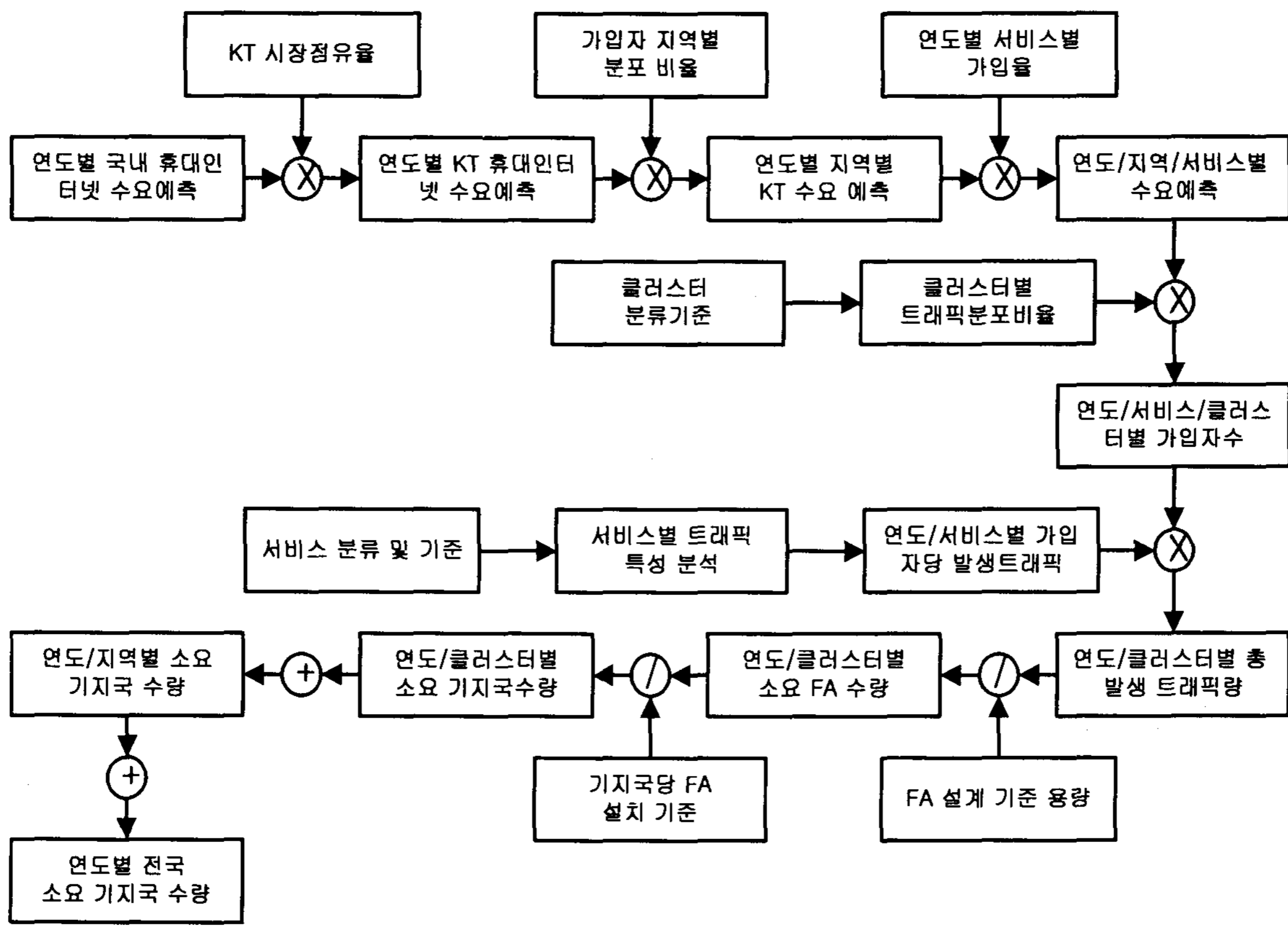


그림 4. 트래픽에 의한 기지국 수량 산출 흐름도

산되면 이를 기지국의 용량으로 나누어서 각 지역별로 필요한 기지국의 수량을 구해서 기지국을 배치하도록 하는 것이다. 그림 4는 트래픽에 의한 기지국 수량 산출 흐름도이다. 여기서 클러스터란 기지국 최적화를 위한 단위로 약 10 여개의 기지국으로 이루어진 지역을 의미한다. 기지국을 클러스터 단위로 묶는 이유는 한 클러스터에 있는 기지국은 다른 클러스터에 있는 기지국에 영향을 주지 않은 것으로 간주하여, 기지국 최적화를 클러스터 별로 독립적으로 수행할 수 있도록 하기 위함이다. 그림 4의 방법은 ITU-R Rec. M.1390의 방법을 변형하여 적용한 것으로 IMT-2000의 사업권 획득을 위한 제안서 제출시에도 이와 같은 방법을 사용하여 트래픽에 의한 기지국 수량을 산출했었다.

기존의 음성통화와 달리 데이터 트래픽은 heavy-tailed 분포를 갖는 경우가 많다. 따라서 M.1390의 방법론에서와 같이 M/M/c 큐잉 시스템을 이용하여 FA 설계 기준 용량을 산정하는 것

은 FA의 용량을 과다하게 산정하는 오류를 발생할 수 있다. 따라서, FA 설계기준 용량을 산정할 때에는 입력 트래픽이 Cut-off를 갖는 파레토 분포를 가질 때 기지국 시스템을 M/G/c 시스템으로 모델링하고 확산 근사(Diffusion Approximation)를 사용하여 기지국 용량을 산출하였다[4].

5. WiBro 서비스를 위한 무선망설계틀의 활용사례

KT 자체 기술력으로 개발하여 KTF 및 일본 KDDI, 러시아 NTC에서 운용중인 WCDMA, cdma2000 1x 및 EV-DO, GSM 무선망 설계틀, CellTREK에 휴대인터넷(WiBro) 무선망 설계 기능이 구현되어있다. 그림 5는 무선망설계틀 CellTREK을 이용하여 전국 81개 서비스 지역에 대해 KTF PCS 기지국 위치를 기준으로 WiBro 기지국(RAS)을 배치하였을 때의 downlink received power의 해석 결과이다.

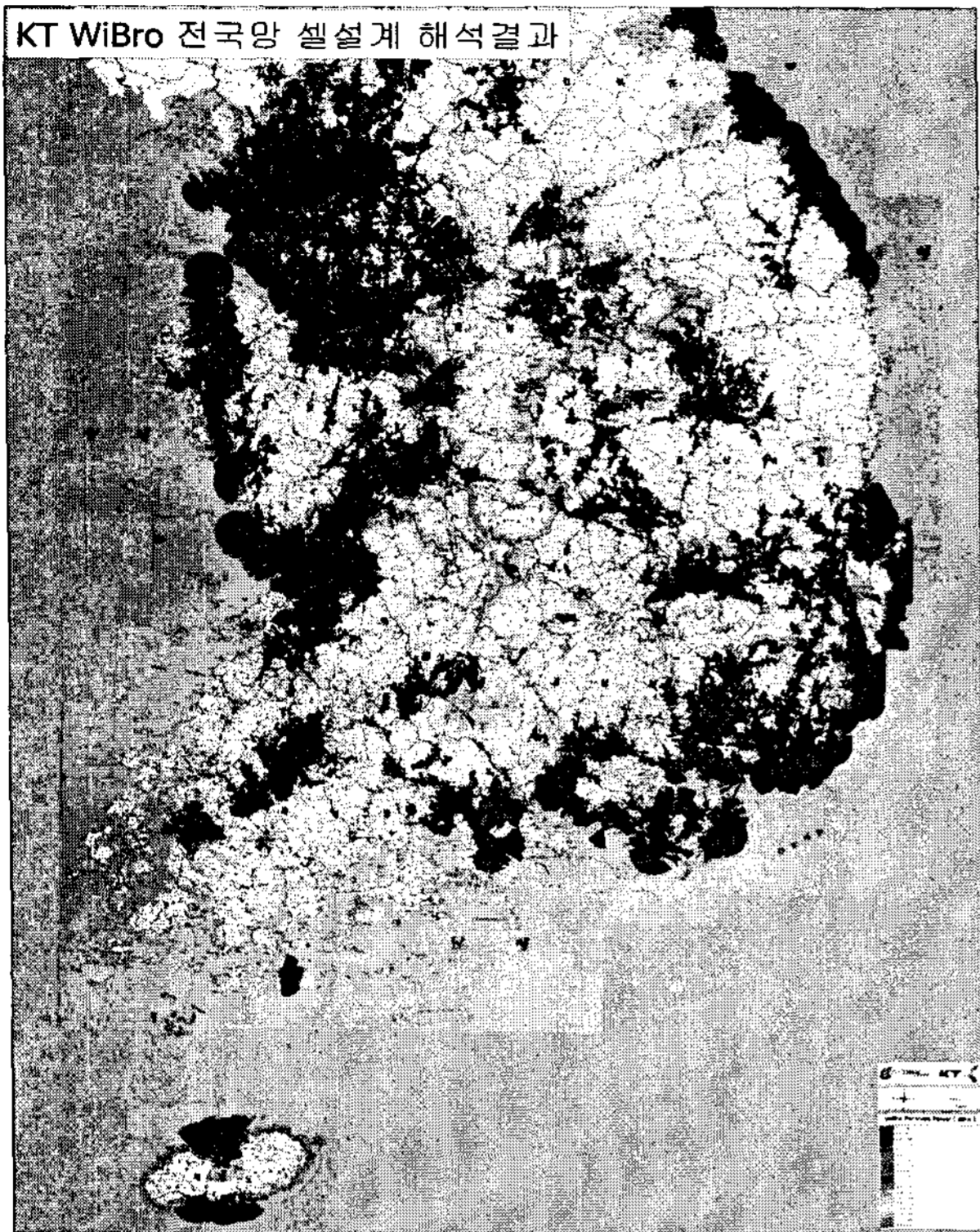


그림 5. KT WiBro 전국망설계 결과

휴대인터넷 서비스에 대한 사업계획서 작성을 위해서는 연도별 소요 기지국 수량에 따른 투자비의 산출 및 연도별 소요 기지국 수량에 기반하여 서비스 커버리지 예측결과가 필요하다. KT는 CellTREK을 활용함으로써 휴대인터넷 서비스 전개 시나리오 및 망 구축, 확장 계획에 따른 효과적이고 경제적인 망 구축 투자 근거를 마련하였으며, CellTREK 결과물을 기반으로 하여 연도별/지역별 서비스 전개 계획 및 망 구축 단계에 따른 투자비 산출 등의 근거 자료가 휴대인터넷 사업제안서에 반영되었다.

6. 결론

본 논문에서는 무선망설계의 개념과 무선망설계의 절차 및 사업자관점에서의 무선망설계들의 활용방안에 대해 살펴보았다. 국내 이동통신사내의 무선망엔지니어들 사이에서도 무선망설계들의 유효성에 대한 견해가 다양할 것이다. 이는 결국 무

선망설계들의 예측결과가 어느 정도의 신뢰성을 갖느냐에 달려있을 것이다. 현재 3차원 전파해석 엔진을 개발해서 CellTREK에 내장해서 운용해 본 결과, 측정데이터와 예측결과가 적정한 오차범위를 갖게 됨을 확인하고 있다. 결국 무선망설계들의 활용으로 어느 정도 신뢰성있는 예측결과 제공은 가능하리라 판단된다. 무선사업자 관점에서 무선망설계들을 활용함으로써 시스템 제조업체에서 제안하는 필요 시스템 수량이 적정한지 검토하고 최적의 소요 기지국 수를 산출하여, 사업 초기 망구축에 소요되는 투자비 절감을 유도할 수 있으며 서비스 지역에 대한 커버리지 분석을 통한 양호한 서비스 품질을 보장하는 무선망설계를 지원할 수 있어 무선망설계들 활용을 통한 충분한 효과를 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

[참고문헌]

- [1] 김충남 저, "차세대 이동통신 실무기술", 진한도서, 2001
- [2] 이오용, 배영호, 정현민, "휴대인터넷을 위한 무선망설계", 정보통신연구지 18권 1호, 2004
- [3] ITU-R Rec. M.1390, Methodology for the calculation of IMT-2000 terrestrial spectrum requirements, 1999
- [4] Young-Ho Bae, Young-Tae Lee, Hyung-Seok Choi, Won-Jin Park, "Capacity Planning for IMT-2000 using Long Range Dependent Traffic" in Vehicular Technology Conference, vol. 2., pp. 909-913, 1999