

CDMA망에서 실시간 무선망 운용 및 최적화시스템 구축 방안

박 상진, 이 용희, 이 지영
SK텔레콤 네트워크연구원 엔지니어링기술개발팀

Deployment Method for Real-time Radio Access Network Optimizer in CDMA Network

Sang-jin Park, Yong-hee Lee, Chi-young Rhee
Network Engineering Development Team, Network R&D Center, SK Telecom

Abstract - CDMA 방식의 디지털 이동통신 망은 기존의 2G 방식에서 1X, 1xEV-DO를 거쳐 WCDMA로 비약적으로 발전하고 있으며, 이에 따라 무선망 운용 및 최적화 방법도 진화해가고 있다. 운용자들이 Field Tool을 사용하여 직접 Field 데이터를 측정, 분석하고 조치하는 방식이 가장 기본적인 방법이라면, Field 데이터와 Network 데이터를 함께 수집하여 분석하는, 보다 발전된 방법도 사용되고 있다. 그러나, 이러한 방법도 여러 Tool에서 데이터를 off-line으로 수집한 후 분석 작업을 수동으로 반복 수행해야하는 번거로움이 있어, 실시간 on-line 무선망 최적화 시스템을 통한 체계적이고 과학적인 운용 방법을 생각해 볼 수 있다.

우선, 타 운용 Tool들과의 on-line 연동으로 중앙 집중적 데이터베이스를 구축하여, 무선망에 관련된 모든 데이터에 대한 통합적인 관리가 필요하다. 이 데이터베이스를 이용하여, 실시간으로 무선망 성능 및 효율 저하 원인 분석을 실시하며, 분석된 결과는 기지국의 상태 및 문제점 도출에서부터 최종 처방까지 제시해준다. 본 논문에서는 이러한 솔루션을 구축하기 위한 다양한 네트워크 데이터 연동(성능, 장애, 구성, RF, 실측 데이터 등), 주요 KPI (Key Performance Indicator) 모니터링, 통계적 분석, 무선망 분석 등에 대해 고찰해본다.

1. 서 론

우리나라에서 CDMA방식의 이동통신 서비스가 상용화된 이후 운용자들은 무선망 최적화를 위하여 Field측정 데이터, 네트워크 데이터 그리고 RF(Radio Frequency) 데이터를 독립적으로 분석하여 개별적인 솔루션을 도출하고 현장에 적용하였으며 이러한 최적화 방법은 지금도 반복되고 있다. 본 논문에서는 기존의 최적화 방법의 문제점을 극복하고 무선망 최적화를 위한 Field, 네트워크, RF 데이터의 동시 분석과 최적화 절차 및 Know-how의 지식DB구축을 통한 보다 효과적인 최적화 시스템 구축 방안을 소개하고자 한다. 이를 위하여 Field, 네트워크, RF 데이터의 실시간 자동수집기능, 무선망 성능 및 효율 저하의 자동 감시기능, 시계열/상관/군집/마이닝 등의 다양한 통계적 분석기능 그리고 마지막으로 무선망 성능개선

과 무선망 효율향상을 위한 최적의 솔루션을 제공하는 최적화체계 및 최적화 솔루션 적용방안 등을 소개한다.

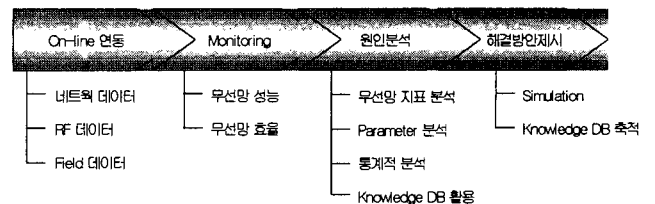
2. 본 론

2.1 시스템 개요

여러 가지의 무선망 최적화 방법론을 시스템화 하기 위한 개념과 시스템 구조를 설명한다.

2.1.1 시스템 개념도

최적화를 위한 분석 흐름은 [그림 1]과 같다. 우선 모든 기지국별로 네트워크 데이터, Field 측정 데이터, RF 데이터 등의 raw 데이터를 주기적으로 수집한다. 이를 바탕으로 무선망 성능과 효율을 모니터링하여 품질 저하 기지국을 추출한 후, 통계적 기법, Knowledge DB, 무선망 지표분석, Parameter분석을 통한 무선망 성능저하 원인과 해결방안을 제시한다.

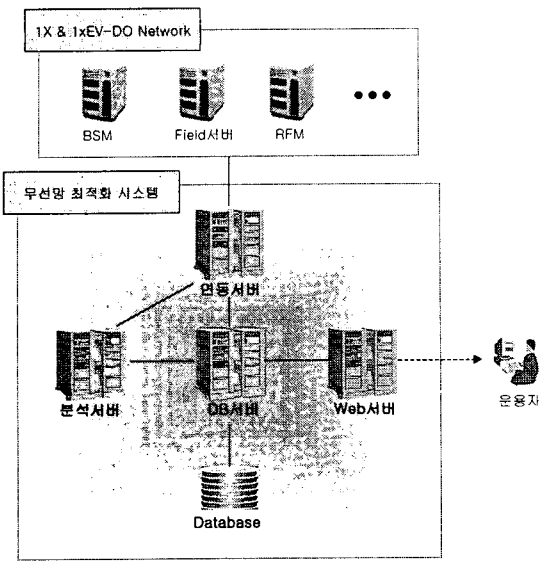


[그림 1] 무선망 최적화 분석 흐름

2.1.2 시스템 구조도

무선망 분석 시스템은 [그림 2]와 같이 연동서버, 분석서버, DB서버, Web서버로 구성된다.

연동서버는 네트워크데이터 혹은 RF데이터를 수집하는 각종 시스템과 연동하여, 각 시스템별 프로토콜에 맞추어 raw 데이터를 on-line으로 주기적으로 수집한다. 수집된 데이터는 DB에 저장할 수 있는 포맷으로 변환하여 DB 서버에 저장한다. 분석서버는 DB에 저장된 raw 데이터를 이용하여 각종 무선망 분석 결과 데이터를 생성한다. DB서버는 연동서버, 혹은 분석서버에서 생성된 데이터를 데이터베이스에 저장하는 역할을 하며, Web서버는 DB서버에 저장된 분석 결과를 운용자에게 알맞은 화면



[그림 2] 무선망최적화시스템 구조도로 제공한다.

2.2 On-line 연동

지금까지 무선망 최적화 작업을 위해서는 각종 관리 시스템 혹은 측정 장치로부터 개별적으로 데이터를 받아 운영자가 수동으로 분석을 해야만 했다. 그러나 무선망 최적화 시스템은 모든 타 시스템을 on-line으로 연동한 후, 실시간으로 데이터를 수집해와 무선망 데이터 DB를 구축하게 된다. 이로써, 데이터 수집 시스템에 따라 독립적인 수밖에 없었던 분석에서 벗어나, 자체 구축된 DB에서 관리되는 모든 무선망 데이터를 이용한 통합 분석이 가능하게 된다.

2.2.1 연동 방법의 분류

무선망 최적화 시스템은 기본적으로 연동하고자 하는 시스템에 맞추어 부하를 주지 않는 연동 방법을 찾아야 하므로, 시스템에 따라 연동 방법은 다양해진다. 데이터를 수집해 오는 방식은 다음과 같이 분류할 수 있다.

- (1) Text형식의 log 파일 수집
- (2) 원격 Command Interface
- (3) DB Query를 통한 수집

위와 같은 분류에 의해 데이터를 수집한 후, Raw 데이터 DB에 알맞은 format으로 변환하여 DB서버에 저장한다.

2.2.2 연동 데이터 종류

네트워크 데이터를 수집하기 위해서는 BSM(Base Station Management System)과의 연동이 필수이다. BSM은 주로 성능/구성/장애 관리를 위한 log 파일들을 생성하며, 무선망 최적화 시스템은 원하는 주기별로 이를 수집해온다. log 파일들은 parsing하여 Raw 데이터 DB형식에 맞는 format으로 변환시킨 후 DB서버에 저장한다. 기지국의 송,수신 출력값과 같은 RF측정값들은 원

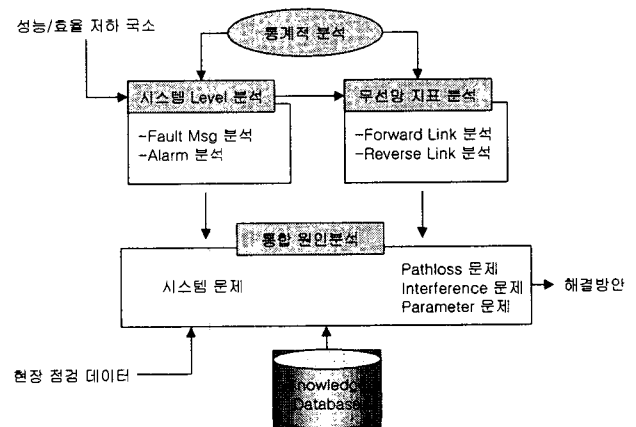
하는 주기별로 원격 command를 실행하여 얻은 결과를 통계치로 추출한다. Field 측정 데이터는 대부분 각 측정 tool에서 생성해내는 값들을 저장해 놓는 서버가 존재하는데, 이때 DB에 직접 접속하여 데이터를 query하는 방법을 사용한다.

2.3 KPI 모니터링

연동된 무선망 관련 데이터가 실시간으로 수집되면, 주기적으로 모든 기지국에 대한 분석을 수행한다. 이때, 우선적으로 KPI(Key Performance Indicator) 모니터링을 실시하여 기지국별로 무선망 성능/효율 저하를 감지한다. 이는 운영자들에게 우선적으로 최적화해야 할 국소를 선별해 주는 역할을 한다. 우선, 성능/효율 저하가 일어나는 각 지표의 기준값을 통계적 분석으로 제시한 후, 전 국소를 대상으로 모니터링 기능을 수행한다. 성능 저하 모니터링을 위해서는 발착신소통율, 완료율, CD율의 현재 상태와 지난 시간의 추세, 다발성 불소통항목을 중심으로 추출한 트래픽 통계 등을 분석한다. 효율 저하 모니터링을 위해서는 Handoff Overhead, 섹터간 트래픽 균형, Channel Element 사용율, FA효율, Cell Loading 등을 분석한다. 이러한 여러 가지 분석으로 생성된 결과값을 기준값으로 filtering 하여 이상국소를 triggering 한다. 또한, 통계적 분석 기법인 비모수 분석(Non-Parametric Analysis) 중 Rank Sign Test를 활용하여, 전체 MSC 또는 BSC의 성능지표 평균과 각 기지국의 성능지표 사이의 일치도를 분석하여 이상국소를 선별한다.

2.4 무선망 성능 저하 원인 분석

KPI 모니터링에 의하여 판별된 불량국소에 대해서는 [그림 3] 같은 무선망 최적화 체계에 따라 성능 저하 원인 분석과 진단 과정을 거치게 된다.



[그림 3] 무선망 최적화 체계

2.4.1 시스템 Level 분석

불량으로 판별된 국소에 대해서는 우선적으로 다음과 같은 시스템적 문제에 대해 분석한다.

(1) Fault Message 분석

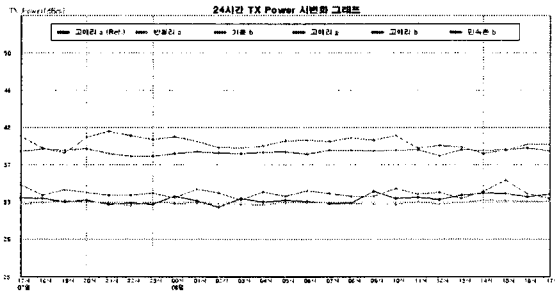
시스템에서 S/W적으로 일어나는 모든 Fault Message 중에서 다발성 Critical Fault Message를 추출하여 Fault Reason에 따른 원인을 도출한다.

(2) Alarm 분석

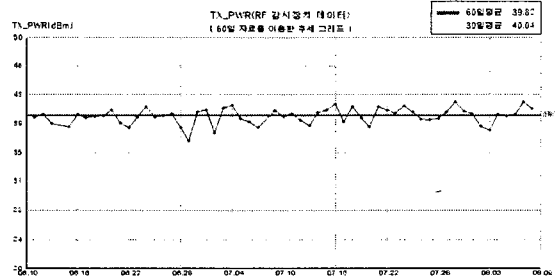
시스템에서 H/W적으로 일어나는 Alarm을 감지하여 reporting한다. 이는 시스템 Alarm, LPA/LNA Alarm, 중계기 Alarm 등을 모두 포함한다.

2.4.2 무선망 지표 분석 - Forward Link

Forward Link는 해당 기지국의 Pilot, Sync, Paging을 위한 Overhead Power와 Traffic까지 포함한 Tx Power 등으로 출력 상태를 분석한다. Tx Power는 Traffic, Handoff, Overhead간의 비율, 시변화, Erlang 당 Power 값 등으로 적당한 출력 power 값을 유지하고 있는지 판별한다. [그림 4]은 Tx Power의 시변화를, [그림 5]은 Tx Power의 60일 추세를 분석하는 화면이다.



[그림 4] Tx Power의 24시간 시변화

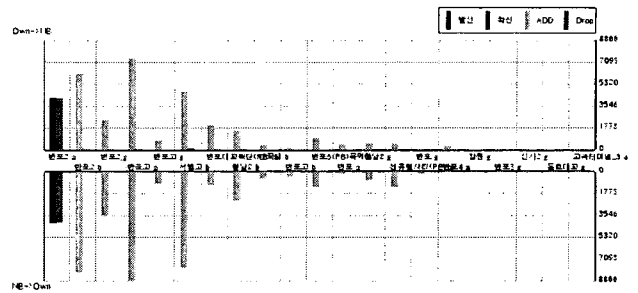


[그림 5] Tx Power의 60일 추세

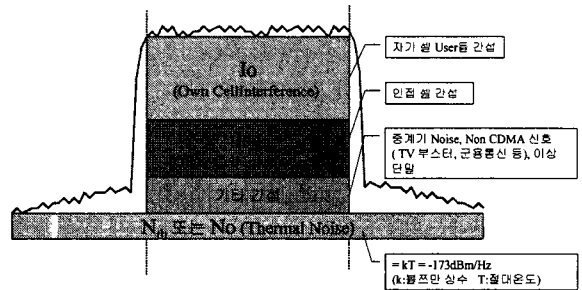
Parameter값으로는 Average FPG(Forward Power Gain)와 Over FPC(Forward Power Control) 등 Power에 관련된 Parameter 값의 이상 유무를 분석한다. 또한, 분석대상 기지국과 인접기지국들간의 양방향 Handoff 분석([그림 6])이나 Active PN의 Ec/Io의 통계 분석도 수행한다. 이는 불량국소의 Handoff 상태와 coverage 분석을 위해 사용된다.

2.4.3 무선망 지표 분석 - Reverse Link

Reverse Link는 해당 기지국의 Rx Power의 측정값을 기반으로 NoW(Thermal Noise), Io(Own Cell



[그림 6] 양방향 Handoff 분석 (Interference), Ioc(Other Cell Interference) 등을 도출하여 분석한다.



[그림 7] 기지국 RX 신호 분석

Rt=기지국 총 수신 레벨 이라 하고 R은 하나의 단말로 부터 수신한 신호 레벨이라 하면

$$E_b = \frac{S}{R} \quad N_t = \frac{R_t - S}{W} \tag{1}$$

$$\frac{E_b}{N_t} = \frac{\frac{S}{R}}{\frac{R_t - S}{W}} = G_p \frac{S}{R_t - S} \tag{2}$$

이 셀의 Required Eb/Nt 값이 존재한다(K라고 하자).

$$\left. \frac{E_b}{N_t} \right|_{Reg} = K \tag{3}$$

식 (3)을 (2)에 대입하면

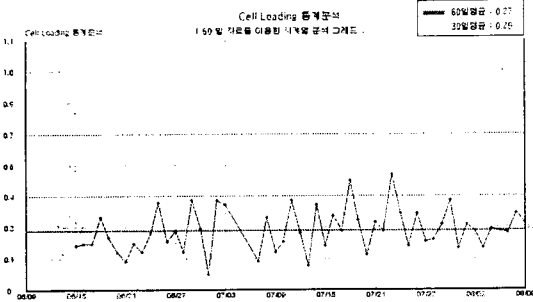
$$\begin{aligned} K(R_t - S) &= G_p S \\ S(G_p + K) &= KR_t \end{aligned} \tag{4}$$

그러므로 자기셀 하나의 단말로 부터 수신한 평균 신호 레벨 S와 전체 단말 수신신호 Io는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \therefore S &= \frac{KR_t}{G_p + K} \\ \therefore I_0 &= N_t S \end{aligned} \tag{5}$$

RF측정값을 통하여 기지국 총수신 레벨 Rt를 알 수 있으며, 최한시 모니터링을 통하여 NoW 실측값을 구할 수

있다. 따라서 Io를 정량적으로 산출함으로써 Ioc 레벨도 파악이 가능하고 이를 통하여 Frequency Reuse Factor 및 Cell Loading과 같은 Reverse Link에 관련된 엔지니어링 parameter를 도출하여 분석할 수 있다. [그림 8]은 Cell Loading의 추세를 분석하는 화면이다.



[그림 8] Cell Loading의 60일 추세

2.4.4 통계적 분석

시스템 분석과 무선망 지표 분석에는 각 분석 결과를 뒷받침하기 위해 통계적 분석이 함께 수행된다.

(1) 상관도

성능 저하의 주요 원인이 무엇이며 어느 Factor가 어느 정도의 상관도를 가지는지 Logistic Regression과 같은 다변량 분석 기법을 통해 알아낸다. 다변량 분석은 무선망 지표 데이터, 통계량, 상태/장애 정보, 파라미터 값 등 무선망에 영향을 미치는 모든 Factor들을 Input으로 하여, 각 원인들이 얼마만큼 성능저하에 영향을 미쳤는지 분석하는 것이다. 이 외에도 Decision Tree와 같은 통계적 Data Mining 기법을 이용하여 성능저하 국소들을 가장 잘 분류할 수 있는 Factor를 찾아 성능 저하 주요 원인을 추출한다.

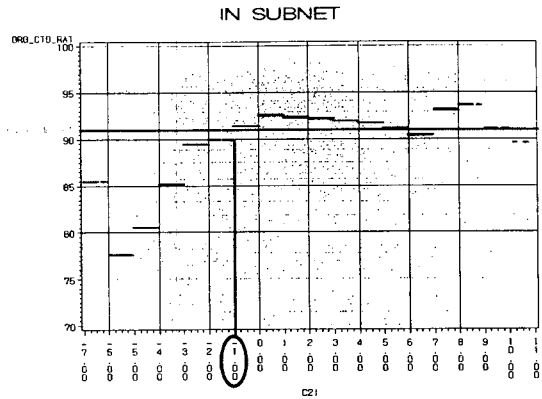
(2) 산점도

상관도 분석을 통해 성능 저하 주요 원인을 판별한 후, 각 Factor 별로 산점도 그래프를 생성하여 성능 저하 point를 규명한다. [그림 9]는 1xEV-DO 망에서 C/I와 발신접속율의 산점도 그래프의 예를 보여준다. 지속적으로 접속율의 저하가 일어나는 지점인 -1이 성능 저하 point로 분석되었다.

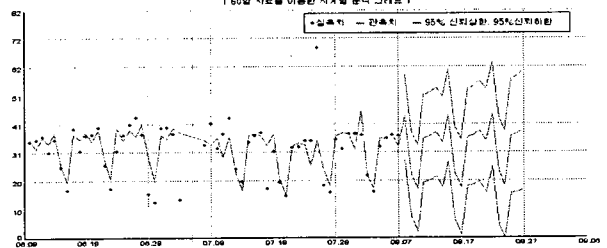
(3) 추세

지속적인 무선망 최적화를 위해서는 무선망 지표에 대한 추세 분석 및 예측이 필수적이다. 이를 위해 무선망 성능지표와 이에 영향을 미친 Factor들에 대해 [그림 10]과 같이 실측치와 관측치를 시계열 그래프로 분석한다.

시계열 분석 방법은 가장 실용적인 모델로 알려져 있는



[그림 9] 접속율과 C/I의 산점도 그래프

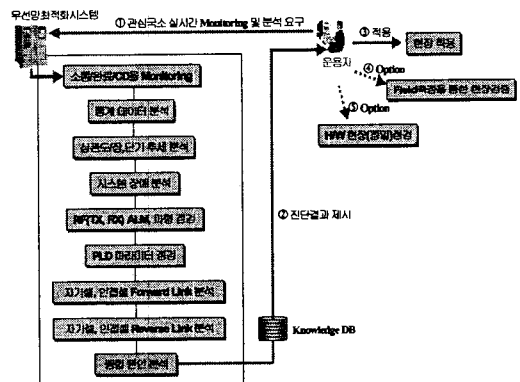


[그림 10] Erlang의 시계열 분석

Winter's Additive Smoothing Model을 이용한다.

2.5 진단 및 해결방안 제시

무선망 최적화 시스템은 망 구축단계에서 현재 운용시점까지 수 년 동안 발생한 문제들에 대하여 Case별 현상, 문제 징후를 반영하는 주요 지표값, Case별 해결 가능한 다양한 Solution들이 Knowledge DB로 구축되어 있다. 따라서 KPI 모니터링 결과에 따라 불량으로 판단된 국소들은 시스템 분석, 무선망 지표 분석, 통계 분석 등의 무선망 성능 저하 원인 분석 과정을 거친 후, 해당 Case별로 분류되어 원인분석에 따른 해결방안을 얻게 된다. 운용자는 제시된 해결방안을 즉시 현장 적용할 수도 있고, 필요에 따라 Field 측정을 통한 현장 검증, H/W 현장 점검 등을 병행하여 적용할 수도 있다.



[그림 11] 진단 및 해결방안 제시 흐름도

2.6 결론

이동통신망에 있어 기존의 최적화 방법은 시스템 운용 Tool이나 Field 측정장치 등을 통해 개별적으로 데이터를 수집해와 수동으로 분석하는 것으로, 운용자 기량에 따라 분석결과의 수준이 다르며 시간 소요가 크다. 본 논문에서 소개한 무선망 최적화 시스템은 각종 운용 Tool들과의 실시간 On-line 연동을 통하여 중앙 집중적 데이터베이스를 구축하고, 수집된 데이터를 바탕으로 국소별 KPI 모니터링과 성능 저하 원인 분석을 실시한 후, CDMA 이론 및 축적된 운용 Know-how에 의해 생성된 Knowledge DB를 토대로 분석된 결과에 따라 Case별 최적화 솔루션을 제시한다. 현재 SK텔레콤에서는 이러한 시스템을 구축하여 보다 정량적이고 체계적인 최적화 작업이 수행되고 있으며, 운용경험이 적은 운용자들도 수준 높은 분석결과를 최단시간 안에 얻을 수 있어 최적화 작업 및 망 운용의 효율을 극대화하고 있다. 또한 향후 네트워크 진단기능을 더욱 고도화시키고 문제발생 Case별로 해결방안을 더욱 세분화하여 실시간으로 문제해결이 가능한 전문가 시스템으로 발전될 전망이다.

(참 고 문 헌)

- [1] Vijay K. Garg, "IS-95 and CDMA2000 : Cellular/PCS Systems", Prentice Hall PTR, 1999.
- [2] Y. H. Lee, "Parameter Decision for Optimal Handoff Gain in CDMA2000 System", PIMRC2002 Vol.5, 2002.
- [3] J. S. Lee, Leonard E. Miller, "CDMA System Engineering Handbook", Artech House Publishers, 1998
- [4] K. I. Kim, "Handbook of CDMA System Design, Engineering and Optimization", Prentice Hall PTR, 1999.
- [5] S. J. Lee, S. J. Park, Y. H. Lee, C. Y. Ahn, B. C. Shin, B. C. Ahn, and J. T. Ihm "Radio Network Optimization Method with Statistical Analysis in CDMA2000 1X System", PTC Conference, 2002.
- [6] S. J. Park, W. W. Kim, B. Kwon "Analysis of Effect of Wireless Network by Repeater in CDMA System", IEEE VTC Spring, 2001
- [7] A. M.Viterbi, A. J. Viterbi, "Erlang Capacity of a Power Controlled CDMA System, " IEEE Journal on Selected Areas in Communications, August, 1993.