

HSPA+와 CCC를 위한 무선망 설계 시스템의 구현

論 文

9-4-6

Implementation of Wireless Network Planning System for HSPA+ and CCC

배 영 호*, 김 병 우**, 이 성 춘***

Young-Ho Bae, Byung-Woo Kim, and Seong-Choon Lee

Abstract

KT will deploy HSPA+/CCC network in this year to handle data explosion. CCC is an evolutionary wireless network architecture which divides a node B into baseband and radio part. By collecting baseband units in a digital unit central station and installing only remote units on desired sites, the operator can reduce the total cost of ownership and CO₂ emission. In this paper, we describe some expected problems in deploying HSPA+/CCC network, and how to implement the wireless network planning system to solve them effectively.

Keywords : HSPA, CCC, MIMO, HSDPA, HSUPA

I. 서 론

최근의 스마트 폰 및 태블릿 PC의 확산에 따라 이동 통신 고객의 사용 패턴이 음성통화에서 무선인터넷 중심으로 변화하였고 이동 통신망에서 처리해야 하는 데이터 량이 폭발적으로 증가하는 이른바 데이터 폭발(Data Explosion) 시대를 맞이하게 되었다.

이러한 고객의 변화된 요구를 충족시키고 앞으로 계속해서 증가할 무선 데이터에 대한 요구에 대비하기 위해서 고품질 대용량 모바일 네트워크를 도입해야 할 필요성이 높아졌다. 또한, 탄소 배출을 줄여 지구 온난화의 가속화를 막기 위해 무선망에서 사용되는 전력을 절감하고자 하는 움직임도 대두되었다.

폭발하는 데이터 요구와 저탄소 그린 통신망에 대한 해결책으로 2010년도에 KT는 CCC (Cloud

Communication Center)를 3G (WCDMA) 네트워크에 도입하기로 결정하였다. CCC를 3G 상용 망에 도입하여 운영하는 것은 전 세계에서 KT가 처음이다.

CCC란 그림 1과 같이 기존의 무선 기지국에서는 하나의 장비 내에 있던 디지털신호처리부 DU (Digital Unit)와 무선신호처리부 RU (Radio Unit)를 분리하여, DU는 DU 집중국에 집중화하고 RU는 서비스 대상 지역에 원격으로 설치하여 DU와 RU를 광케이블로 연결하는 무선통신망 구조이다[1].

CCC는 냉방 및 전력 장치를 DU 집중국에 축소 설치함으로써 전력 소모량을 줄이며 유연한 네트워크 용량 및 확장성이 뛰어나며 주파수의 효율적 이용에 적합하다.

또한, CCC 도입 시에는 장비 교체에 따라 기존의 3GPP Release 6의 HSPA (High Speed Packet Access) 무선망에 비해 진화된 HSPA+ (Evolved HSPA) 무선망 구축이 가능하다.

이러한 CCC 구조는 기존의 중계기를 RU로 대체함에 따라 용량 증대 효과를 기대할 수 있으나 많은 RU를 한정된 공간에 배치하고 무선망 최적화를 수행하지 않는다면 각 셀의 신호가 다른 신호에 간섭

접수일자 : 2010년 09월 20일

최종완료 : 2010년 12월 10일

*배영호 : KT 유무선네트워크연구소

교신저자, E-mail: ybae@kt.com

**김병우: 강원대학교 전자통신공학과

***이성춘 : KT 유무선네트워크연구소

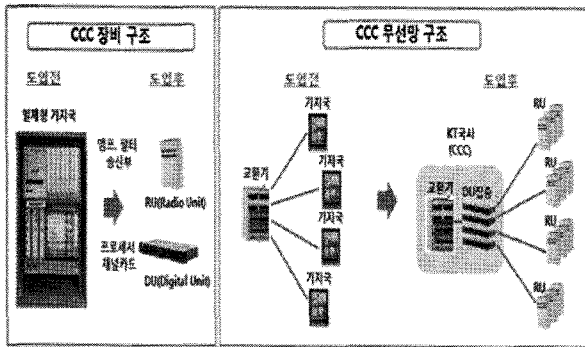


그림 1. CCC 무선망 구조
Fig. 1. Structure of CCC Access Network

을 발생하여 RSSI (Received Signal Strength Index)는 충분히 크더라도 CINR (Carrier to Interference Noise Ratio)이 낮아 통신이 불가능한 PN Pollution 문제가 발생할 수 있으며, 인접한 RU마다 다른 PSC (Primary Scrambling Code)를 할당해야 하므로 무선망 품질을 높이기 위해서는 무선망 최적화와 PSC 코드 계획이 필수적이라 하겠다. CCC 도입 시에 발생할 수 있는 이러한 문제들을 해결하여 CCC 도입 효과를 높이기 위해 KT에서는 HSPA+와 CCC를 지원하는 무선망 설계 시스템을 개발하였다. 현재 HSPA+/CCC 무선망 설계 시스템인 CellTREK은 3GPP Release 9 까지 완벽하게 지원하도록 구현되었으며 기지국과 단말에서의 MIMO (Multiple Input Multiple Output)도 지원할 수 있도록 구현하였다.

본 논문에서는 CellTREK에서 HSPA+/CCC를 지원하기 위한 기능을 개발한 경험을 바탕으로 HSPA+/CCC를 지원하는 무선망 설계 시스템에서 가져야 할 기능들을 서술한다.

이를 위해 2장에서는 HSPA+ 설계 기능 구현 시 고려할 사항에 대해서 HSDPA와 HSUPA 부분으로 나누어서 기술하고 3장에서는 CCC 도입에 따라서 무선망 설계 시스템에서 변경되어야 할 부분과 CCC 도입에 필수적인 PSC 설계 기능에 대해서 기술하도록 하겠다.

결론에서는 HSPA+/CCC 무선망 설계 시스템의 향후 연구 방향에 대해서 기술하도록 하겠다.

II. HSPA+ 설계 기능 구현

1. 무선망 설계 관점에서의 HSPA+

기존의 HSPA 시스템에서 진화된 HSPA+ 시스템의 특징은 HSPA와는 달리 높은 등급의 변조

방식의 사용, MIMO의 도입, 새로운 트래픽 채널의 추가 그리고 반송 주파수를 여러 개 사용하는 Dual Cell의 사용 등이라 하겠다[2]. 또한 기술의 발전에 따라 단말의 카테고리가 추가되어 보다 높은 성능을 내는 단말을 기대할 수 있다.

무선망 설계 관점에서 HSPA+는 기존의 HSPA 시스템과 RSSI나 CINR은 크게 달라질 것이 없지만 고성능 단말의 추가, 높은 등급의 변조방식, MIMO, Dual Cell의 도입 등으로 인해 데이터 속도가 기존 시스템에 비해 개선되므로 HSPA+ 무선망 설계 시스템은 이러한 데이터 속도 개선에 초점을 맞춰서 개발해야 한다.

본 논문에서는 이러한 속도 개선 부분을 무선망 설계 시스템에서 어떻게 고려해서 구현했는지에 대해 다음 절에서 HSDPA와 HSUPA 부분으로 나누어서 기술하도록 하겠다.

2. HSDPA

3GPP Release 99 기반의 WCDMA 시스템에서 3GPP Release 5 HSDPA로 진화하면서 많은 부분이 바뀌었는데 이는 표 1에서 정리되어 있다[3].

표 1. WCDMA와 HSDPA와의 비교
Table 1. Comparison of WCDMA and HSDPA

기능	WCDMA	HSDPA
소프트 핸드오버	지원	미지원
전력 제어	지원	미지원
AMC	미지원	지원
다중 코드	지원	지원
HARQ	미지원	지원
노드 B 스케줄링	미지원	지원
TTI	80, 40, 20, 10ms	2ms
트래픽 채널	DCH	HS-DSCH
변조	QPSK	16QAM
채널 코드	OVSF	고정(SF=16)

WCDMA 시스템에서는 데이터 전송을 위해 사용자마다 배타적으로 할당된 DCH (Dedicated Channel)를 사용하지만, HSDPA 시스템에서는 HS-DSCH (High Speed Downlink Shared Channel)라는 전달 채널을 셀 내 사용자 간에 공유하여 CDM (Code Division Multiplexing) 및 TDM (Time Division Multiplexing) 방식으로 다중화하여 데이터를 전송한다. 또한 AMC (Adaptive Modulation and Coding), HARQ (Hybrid Automatic Repeat Request), 노드B 스케줄링, 짧은 TTI (Transmission Time Interval) 등을 통해서 최대 다운로드 속도를 384Kbps이던 WCDMA에 비해 14.4Mbps로 비약적으로 높였다.

이러한 HSDPA 규격은 3GPP Release 5에서 완료된 것이 아니라 Release 9까지 계속해서 발전되어 왔다. HSDPA가 Release 9까지 진화하면서 Release 5와 달라진 점 중 무선망 설계 측면에서 중요한 사항은 다음과 같다.

- 신규 단말 카테고리 추가
- 단말의 종류에 따라 다른 CQI 테이블 사용
- 64QAM 지원
- MIMO/Dual Cell 지원

Release 5에서는 HSDPA category 12까지의 단말을 지원하였으나 Release 9에서는 64QAM (Quadrature Amplitude Modulation) 및 MIMO /Dual Cell의 지원 여부, 최대 TB (Transport Block) 크기 등에 따라 다양한 단말의 종류가 추가되어 카테고리 28까지 지원한다[4].

이러한 신규 단말 카테고리의 추가와 더불어서 기존의 단말은 채널 환경에 따라서 전송할 수 있는 TB 크기와 사용할 수 있는 HS-PDSCH (High Speed Physical Downlink Shared Channel)의 코드 수, 변조 방식을 정의한 CQI (Channel Quality Indicator) 맵핑 테이블을 모든 단말에 대해서 동일한 테이블을 사용하였으나, Release 9에서는 단말의 카테고리나 기지국에서 64QAM과 MIMO /Dual Cell 기능이 어떻게 설정되어 있는지에 따라서 A부터 K까지의 여러 CQI 맵핑 테이블 중 하나를 사용한다[5].

따라서, 무선망설계 시스템에서도 CQI 맵핑 테이블을 모두 구현하고 단말의 카테고리나 기타 파라미터 값들을 고려하여 거기에 맞는 CQI 맵핑 테이블을 선택해서 커버리지를 분석해야 한다.

HSDPA에서의 MIMO는 Release 7에서부터 도입되었다. HSDPA의 MIMO는 단말이 CQI와 PCI (Precoding Control Information)을 기지국으로 전송하는 2x2 폐루프(Closed Loop) MIMO 까지 지원하며 단말의 종류와 전파 환경에 따라서 공간 다이버시티(Spatial Diversity)와 공간 다중화(Spatial Multiplexing)을 선택하여 적용한다.

공간 다이버시티는 데이터 전송량은 증가하지 않고 다른 경로로 같은 정보를 재전송하는 것이므로 특정 변조 및 코딩율에서 요구되는 CINR값이 낮아져서 데이터 전송 속도가 개선되고 공간 다중화는 서로 다른 정보를 여러 개의 안테나를

통해 전송하므로 데이터 전송 속도를 높이는 효과가 있다. Dual Cell의 경우는 여러 반송파를 통해 데이터를 동시에 보내는 것이므로 공간 다중화와 같이 데이터 전송 속도를 높일 수 있다.

공간 다이버시티와 공간 다중화는 어느 한 방식이 다른 방식에 비해 우월한 것이 아니고, CINR이 낮은 구간에서는 공간 다이버시티, CINR이 높은 구간에서는 공간 다중화가 성능이 우수한 것으로 나타난다[6].

따라서 시스템 설계 시에는 CINR에 따라서 공간 다이버시티와 공간 다중화를 선택적으로 적용하도록 설계해야 하며 HSPA+에도 이러한 기능이 가능하도록 설계되어 있다.

MIMO의 공간 다이버시티와 공간 다중화의 효과를 데이터 전송 속도 계산 시에 고려하기 위해서는 단말의 속도 및 전파 환경과 변조 및 코딩율에 따라 MIMO 효과를 실험한 링크 단계의 시뮬레이션 결과가 필요하다. CellTREK에서는 그러한 링크 단계 시뮬레이션 결과를 사용자가 변경하기 쉽도록 인터페이스를 준비하였다. 그림 2는 링크 단계 시뮬레이션 결과를 변경하기 위한 다이얼로그이며 그림 3은 HSDPA의 데이터 전송 속도를 계산하기 위한 순서도이다.

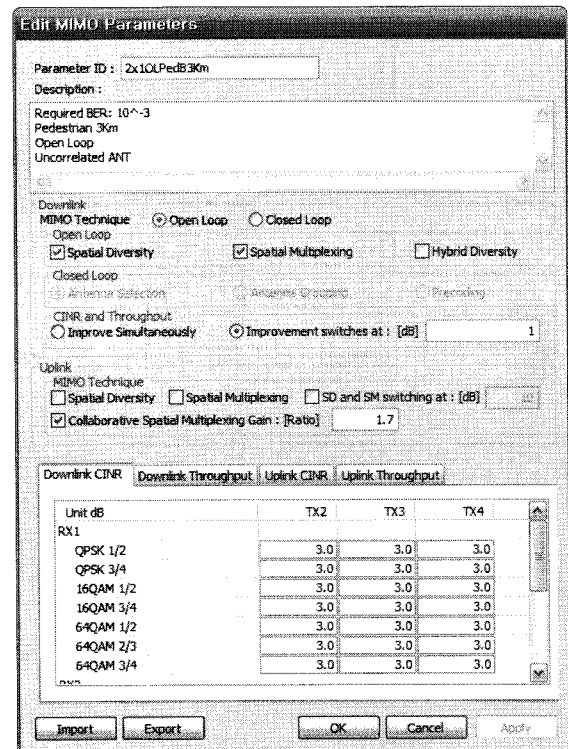


그림 2. LLS 결과 설정 다이얼로그
Fig. 2. LLS Result Setting Dialog

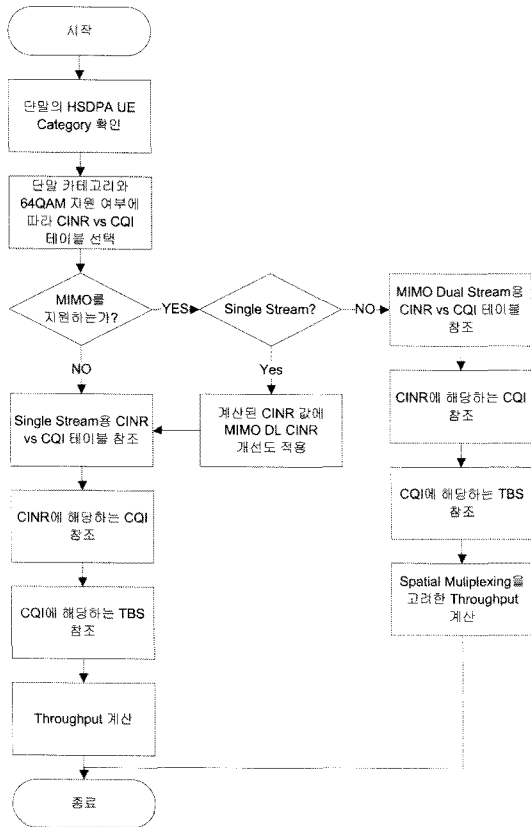


그림 3. HSDPA 전송 속도 계산 순서도
Fig. 3. Flow Chart of HSDPA Throughput Calculation

3. HSUPA

HSUPA는 3GPP Release 6부터 도입되기 시작한 WCDMA 상향링크의 개선 방안이며 3GPP 표준안에서 사용하는 정식 명칭은 EUL (Enhanced Uplink)이다. HSDPA에서 HS-DSCH 전달 채널이 추가 되었듯이 HSUPA에서는 E-DCH (Enhanced DCH) 전달 채널이 추가된다[7].

또한 HSUPA는 노드 B 스케줄링, Incremental Redundancy 방식의 HARQ, 2ms TTI 추가 등 기능이 개선되었다. 그리고 9가지 HSUPA category의 단말이 정의되었으며 AMC가 Release 6에서는 지원되지 않았으나 Release 7부터 상향링크에서 16QAM 변조가 가능하게 되어 AMC도 지원하게 되었다.

2ms TTI의 경우 전송 블록 크기 테이블이 0~3의 4종류, 10ms TTI의 경우 전송 블록 크기 테이블이 0~1의 2종류를 지원한다[8]. HSUPA에서는 상향링크의 MIMO를 지원하지 않으나 dual cell은 지원한다. HSUPA는 새로운 공통 채널을 사용하는 HSDPA와는 달리 기존의 WCDMA와 유사한 전용 채널을 사용하며 L1, L2의 개선으로

표 2. WCDMA와 HSUPA와의 비교
Table 2. Comparison of WCDMA and HSUPA

기능	WCDMA	HSUPA
가변 SF	지원	지원
전력 제어	지원	지원
AMC	미지원	지원
다중 코드	지원	지원
HARQ	미지원	지원
노드 B 스케줄링	미지원	지원
소프트 핸드오버	지원	지원
TTI	80, 40, 20, 10ms	10, 2ms
트래픽 채널	DCH	E-DCH
변조	QPSK	16QAM

성능을 향상 시켰다. 표 2는 기존의 WCDMA와 HSUPA와의 비교이다.

이러한 HSUPA의 특징을 반영해서 무선망 설계를 하기 위해서는 새로 생성된 E-DCH 채널의 전력과 단말의 카테고리, TTI에 해당하는 전송 블록 크기 테이블을 고려해서 커버리지를 계산해야 한다. 따라서 CellTREK에서는 새로 생성된 E-DCH의 수신 전력, CINR을 계산하는 기능을 추가하였으며 E-DCH의 CINR과 단말의 카테고리, 전송 블록 크기 테이블을 고려하여 E-DCH의 데이터 전송 속도를 계산하는 기능을 추가하였다.

HSUPA에서는 AMC가 지원되므로 CINR에 따라 E-TFCI (Enhanced Transport Format Combination Indicator) 값을 선택할 수 있도록 전송 블록 크기 테이블의 각 E-TFCI에 CINR 값 항목을 두어 사용자가 링크 단계 시뮬레이션 결과를 적용할 수 있도록 하였다.

그리고, 현재 HSUPA의 상향링크에서는 MIMO를 적용하지 않으나, 추후 도입이 될 경우를 대비하여 CellTREK에서는 커버리지 해석 시에 MIMO 적용이 가능하도록 구현하였다.

III. CCC 설계 기능 구현

CCC 구조를 무선망 설계 시스템에서 모델링하기 위해서 바뀌어야 할 기능은 크게 두 가지로 볼 수 있다.

첫 번째는 기존의 기지국과 섹터가 같은 장소에 위치하던 것이 DU, RU로 나뉘어 따라서 기지국과 섹터를 분리하여 다른 장소에 위치할 수 있도록 변경하는 것이고 두 번째는 기지국과 같은 PSC 코드를 사용하는 중계기와는 달리 RU마다

다른 PSC 코드를 할당해야 하므로 PSC 코드 할당 업무가 기존에 비해서 복잡해지고 엔지니어가 수작업으로 할당하기에는 시간이 많이 걸리기 때문에 자동화 할 필요성이 있다.

1. DU/RU 구조 지원

CCC 구조를 무선망 설계 시스템에서 모델링하기 위해서는 DU는 기존의 기지국으로 RU는 기존의 섹터로 모델링할 수 있다.

하지만 기존의 구조와는 달리 CCC에서는 DU와 RU는 서로 다른 위치에 위치할 수 있으므로 한 기지국(DU) 내의 섹터(RU)가 독립된 위치를 가질 수 있어야 한다.

또한, 기존의 기지국-중계기 구조에서는 섹터 안테나의 높이가 변하지 않는 이상 한 기지국 내의 모든 섹터의 경로 손실은 동일하고 안테나 패턴에 따라 계인 값만을 변경해주면 되었지만 CCC 도입으로 인해 각 섹터(RU)의 위치는 기지국(DU)의 위치와 다를 수 있으므로 각 섹터는 각자 고유한 경로 손실 값을 갖는다.

그림 4는 CCC 구조를 도입하여 한 기지국 내의 3개의 섹터를 서로 다른 장소로 이동하였을 경우의 하향링크 DPDCH의 CINR 계산 결과이다.

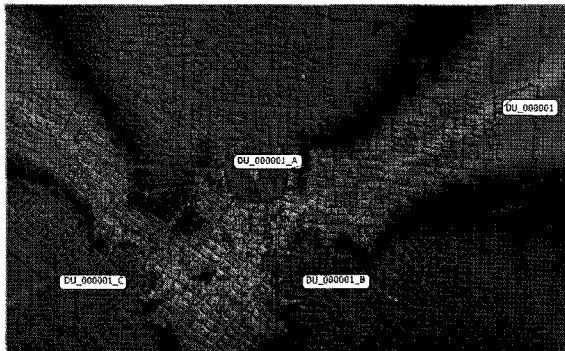


그림 4. CCC 구조의 하향링크 DPDCH CINR 계산 예
Fig. 4. Downlink DPDCH CINR Result on CCC Structure

2. PSC 설계 기능

기존의 기지국-중계기 구조에서도 PSC 설계는 필요한 기능이었지만 CCC 구조를 도입하면서 섹터의 PSC를 그대로 사용하던 기존의 중계기를 서로 다른 PSC를 할당해야 하는 RU로 대체하므로 PSC 설계의 중요성은 더욱 강조되었다.

CCC 구조에서는 PSC를 할당해야 할 대상이 증가하였으므로 PSC 코드 할당 업무가 기존에 비해서 복잡해지고 엔지니어가 수작업으로 할당

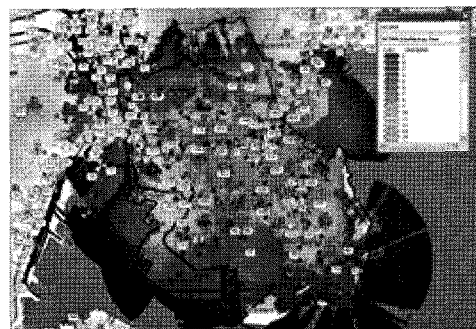
하기에는 시간이 많이 걸리기 때문에 이를 자동화 할 필요성이 증대된다.

PSC 설계를 제대로 하지 못해서 인접한 셀들이 동일한 PSC를 가진 경우 단말은 셀 탐색 및 획득 과정을 실패하고 통신이 불가능해진다.

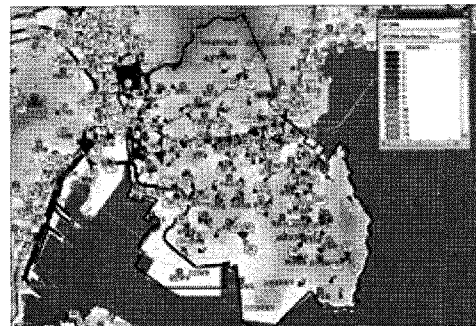
따라서, KT에서는 원활한 CCC 도입을 위해 기존의 무선망 설계 시스템에서 지원하던 PSC 설계 기능을 보강하여 기존의 간섭 계산 기반의 PSC 설계 기능에 사용자 규칙 기반의 PSC 설계 기능을 추가하였다.

간섭 계산 기반의 PSC 설계 기능은 무선망 설계 시스템이 섹터 간의 커버리지 중첩 영역을 계산하여 인접한 섹터에 영향을 많이 미치는 섹터들의 PSC를 서로 다르게 자동으로 할당하는 기능이다. 이 기능은 WCDMA 시스템을 위해서 개발해서 이미 사용되고 있었고 CCC 시스템을 위해서는 사용자 규칙 기반의 PSC 설계 기능을 추가하였다. 사용자 규칙 기반의 PSC 설계는 사용자가 PSC 관리를 편리하게 하기 위해 사용자가 그룹, 그룹 당 PSC 번호, 예비로 남겨둔 PSC 번호 등을 설정하면 그 규칙에 맞춰서 PSC를 섹터에 할당하는 방식이다.

그림 5는 PSC 할당 전과 할당 후의 간섭 분석 결과이다.



(a) PSC 할당 전 간섭 분석



(b) PSC 할당 후 간섭 분석

그림 5. PSC 할당 전후의 간섭 비교

Fig. 5. Interference Before and After of PSC Allocation

IV. 결 론

이상에서 HSPA+/CCC 무선망 설계 시스템을 구현하면서 얻은 경험을 바탕으로 HSPA+/CCC에서 가져야 할 기능들을 서술하였다.

HSPA+는 이동통신이 3G에서 4G로 넘어가는 환경에서 고속 데이터를 처리하기 위해 점증적으로 규약이 진화하고 있으며 폭증하는 데이터 트래픽에 대응하기 위해 KT는 새로운 CCC 구조를 도입할 계획이다.

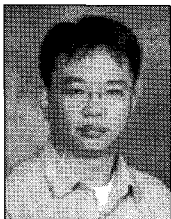
진화하는 이동통신 시스템에 맞추어 무선망 설계 시스템도 계속해서 진화해나가기 하고 PSC 자동 할당 기능과 같이 현장 엔지니어들의 수고를 덜어줄 수 있는 기능을 구비해야 한다.

본 논문에서 언급한 CellTREK 무선망 설계 시스템은 향후 CCC 시범망 구축 시 활용될 계획이다. 엔지니어들이 사용하면서 생긴 요구사항을 반영하여 사용자 편의성을 높일 것이며, 측정 데이터와 예측 데이터의 비교 및 전파모델 튜닝 과정을 통해 예측의 정확도를 높여갈 것이다.

[참고 문헌]

- [1] 안태효, "KT CCC 사업 추진 전개방향", IT CEO Forum, 2010.
- [2] 이상근, 조봉열, 여운영, 쉽게 설명한 3G/4G 이동통신 시스템 개정판, 홍릉과학출판사, 2009.
- [3] H. Holma and A. Toskala, *WCDMA for UMTS 5th Edition*, Wiley & Sons, Sep. 2010.
- [4] 3GPP, *TS25.306 V9.3.0 UE Radio Access Capabilities (Release 9)*, 2010
- [5] 3GPP, *TS25.214 V9.2.0 Physical Layer Procedures (FDD) (Release 9)*, 2010.
- [6] C. F. Ball, E. Humburg, S. Eder, and L. Lacinak, "WiMAX Capacity Enhancements introducing MIMO 2x2 Diversity and Spatial Multiplexing," *Proc. of Mobile and Wireless Communications Summit 2007*, 2007
- [7] H. Holma and A. Toskala, *HSDPA/HSUPA for UMTS*, Wiley & Sons, 2006.
- [8] 3GPP, *TS25.321 V10.0.0 Medium Access Control (MAC) protocol specification (Release 10)*, 2010.

Biography



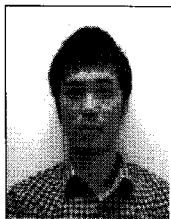
배영호

1993년 포항공대 전자계산학과 공학사
 1995년 포항공대 전자계산학과 공학석사
 1995년~현재 KT 유무선네트워크 연구소
 <관심분야> 무선망설계, 통신 시스템
 성능 평가
 <e-mail> ybae@kt.com



이성준

1982년 서울대학교 전자공학과 공학사
 1984년 서울대학교 전자공학과 공학석사
 2001년 서울대학교 전자공학과 공학박사
 1985년~ 현재 KT 유무선네트워크 연구소장
 <관심분야> WiBro, Femtocell,
 IP이동성, 모바일 멀티캐스트
 <e-mail> lsc@kt.com



김병우

2011년 강원대학교 전자통신공학과 졸업예정
 2010년~현재 KT 중앙연구소
 <관심분야> 무선망설계, 통신 시스템
 <e-mail> bwookim7@gmail.com