

차세대 네트워크 진화를 위한 핵심기술 및 사업자 요구사항



문 성 호
SK텔레콤



고 현 모
SK텔레콤



박 진 효
SK텔레콤



최 진 성
SK텔레콤

1. 서론

최근 이동통신 시장의 화두는 단연 스마트폰의 폭발적인 증가 및 유선 수준의 사용자 경험을 제공하는 LTE 서비스의 급속한 확산이라고 할 수 있다. 국내 총 이동전화 가입자 5,360만명 중 스마트폰 가입자는 13년 1월 기준으로 총 3,330만여명에 도달하였으며, 이 중 LTE 가입자는 1,730만여명으로 스마트폰 가입자의 약 51.2%를 차지하고 있다. 증가 추세 또한 매우 빨라서, SK텔레콤의 경우 12년 1월의 LTE 가입자는 약 100만명에서 13년 1월 기준 약 830만명으로써 8.3배 증가하였으며^[1], 향후 2014년까지 매년 평균 54% 가량 증가할 것으로 예상되고 있다.

또한, 스마트폰 및 태블릿 등 Smart Device는 최근 Full HD 스마트폰 등 High-end Device로 다양화되고 있으며, 이러한 Device들은 과거 피쳐폰의 35배에서 최대 500배까지 데이터 트래픽을 발생시키는 것으로 예측되고 있다^[2]. 또한 Youtube와 같은 플랫폼의 등장 및 활발한 UCC 제작으로 멀티미디어의 수요와 공급이 급팽창중이며, 부가서비스는 자체적인 Rich화 및 타 플랫폼간 연동으로 연쇄적 데이터 증가를 유발하고 있다.

결과적으로 모바일 데이터 트래픽 역시 빠른 속도로 증가하고 있다. 3G에서의 스마트폰 확산 및 데이터 무제한 요금제에 따라 데이터 사

모바일 데이터 트래픽 역시 빠른 속도로 증가하고 있다. 3G에서의 스마트폰 확산 및 데이터 무제한 요금제에 따라 데이터 사용량이 급증하였으나, LTE 가입자는 3G 가입자 대비 인당 35.7% 이상의 모바일 데이터를 추가로 사용하고 있다.



용량이 급증하였으나, LTE 가입자는 3G 가입자 대비 인당 35.7% 이상의 모바일 데이터를 추가로 사용하고 있다^[3]. 국내외 모바일 트래픽 전망 또한 이를 뒷받침하는데, 12년 KCC가 발표한 모바일 광개토 플랜에 따르면 11년 9월 기준 월 17 Peta Bytes의 모바일 트래픽이 2015년에는 월 107 Peta Bytes로써 약 6배 이상 증가할 것으로 예상되었으며, 12년 CISCO 전망에 따르면 11년 월간 47 Peta Bytes의 모바일 트래픽이 16년에는 월간 460 Peta Bytes로 약 10배 가량 증가할 것으로 예측되었다^[2].

이러한 트래픽 급증에 대비하기 위해 전세계 통신 사업자들은 다양한 기술 진화를 추진 중이다. NTT docomo의 경우에는 고주파에서의 효율적인 Small 셀 활용을 위해, Control Plane은 기존 저주파수에서, Data Plane은 신규 고주파수에서 지원하는 Phantom 셀 개념을 도입할 예정이라고 밝혔으며, China Mobile 역시 Small 셀과 Macro 셀의 간섭 및 이동성 관리와 Small 셀의 구성 자동화 기술을 포함하는 LTE-Hi 기술을 통해 차세대 네트워크 진화를 준비하고 있다^[4]. 이러한 다양한 기술 진화 동향에 발맞추어, SK텔레콤은 차세대 Access Network의 진화 방향으로 “SUPER 셀”이라는 Vision을 수립하고, 2016년까지 용량 100배 증대, 비용 10배 감소를 의미하는 “100×10”을 목표로 하여 핵심 기술 발굴 및 선제적 확보를 추진 중이다.

첫 번째로 무선자원의 효율을 증대시키는 방향, 두 번째로, 셀 분할을 통한 방법, 세 번째로 주파수 확장 방법

II. 차세대 네트워크 진화를 위한 핵심 기술 및 요구 사항

사업자 관점에서 차세대 네트워크의 진화는 앞서 언급한 모바일 데이터 폭증에 대비한 시스템의 용량을 증대시키는 방향과 이로 인해 발생하게 되는 신규 투자 및 운용을 효율화하는 비용 감소로 구분해 볼 수 있다.

무선 네트워크의 용량을 증대하기 위해서는 크게 세 가지 방향의 접근이 필요하다. 첫 번째로 무선자원의 효율을 증대시키는 방향, 두 번째로 셀 분할을 통한 방법, 세 번째로 주파수 확장 방법이 있다.

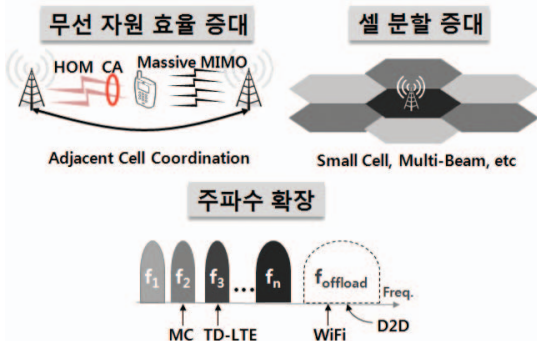
1. 무선 자원 효율 증대

무선 자원의 효율을 증대시키는 방안은 MIMO, 스케줄링 및 셀간 간섭제어 기술, 변복조 및 다중접속 기술 등을 사용하여 정해진 무선자원의 Spectral Efficiency (bps/Hz)를 증대하는 방법이다. 이를 위해서는 3GPP 표준에서 정의된 무선 기술이 기반이 되어야 하며, 사업자의 차별화된 스케줄링 기법 및 운용 기술이 결합되어야 한다.

가. 스케줄링 및 간섭제어 기술

(1) Carrier Aggregation(CA)* ^[5-7]

LTE주파수 대역을 최대 5개까지 묶어서 동시에 단말로 송수신하는 기술로, 이론적으로는 대역당 최대 20MHz×5 Carrier(FA)로 100MHz 대역폭으로 3Gbps까지 전송 가능하다 (8×8 MIMO 기준). 단, 현 RF 표준으로는 2개의 주파수 대역의 결합만이 지원 가능하며^[8], 셀의 부하나 셀 내의 단말의 위치 등을 고려한 스케줄링 및 전송 트래픽 종류에 따른 CAC (Call



〈그림 1〉 무선 네트워크 용량 증대 방향

*MC(Multi-Carrier)와 비교시 CA는 ①단말이 동시에 여러 주파수로 송수신하여 속도를 높일 수 있고, ②채널환경 및 트래픽에 따라 단말의 사용 주파수를 순시적으로 선택하여 셀 용량 증대 가능

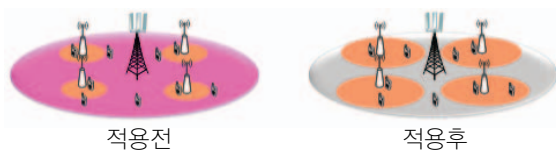
Admission Control)로 Multi-Carrier(MC) 대비 5% 이상의 용량 증대가 요구된다.

(2) Coordinated Multipoint Tx/Rx (CoMP)^[9]

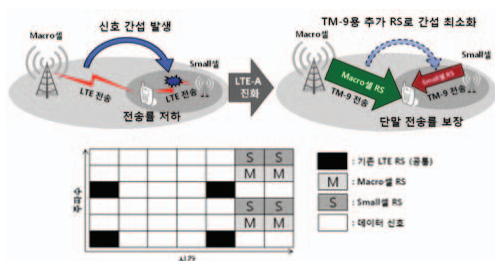
인접한 복수 셀에 협력적으로 트래픽을 할당하여 셀 간 간섭을 제어하는 기술이다. 표준상으로 Release 11에서 지원되는 LTE-A 기술이나 이미 제조사들에 의해 LTE 단말도 지원이 가능한 Coordinated Scheduling 기법(Advanced Smart Cloud Access Network: A-SCAN)이 구현되어 국내 상용망에 적용되어 있다. Coordinated Scheduling 및 Release 11기반의 하향 링크 Dynamic Point Selection (DPS) 등의 기술 적용으로 5% 이상의 용량 증대 효과를 기대하고 있다. 또한, 상향링크의 경우 기지국간의 수신신호 교환을 통한 Joint Reception 및 셀기반의 ID가 아닌 단말 단위의 ID인 Virtual Cell ID (VCI)^[5]를 이용하여 셀경계 단말의 성능 향상을 기대할 수 있게 된다.

(3) Enhanced Inter-Cell Interference Coordination(EICIC)

Macro셀과 Small셀이 Overlay된 HetNet (Heterogeneous Network) 환경에서, Small셀로의 간섭을 줄이고 셀 커버리지를 조정하는 Release 10 기술로, Macro셀이 특정 시간 동안 전파를 송신 하지 않고



<그림 2> eICIC적용 전후의 Small셀 커버리지 비교



<그림 3> TM-9을 이용한 간섭제어 개념도

Small셀이 해당 시간 동안 셀 경계 단말들에게 자원 할당하여 Small셀의 커버리지를 확대하고, Small셀 경계 단말 속도를 개선하는 기술이다. 사업자 관점에서는 용량 증대보다는 경계 단말의 전송속도에 초점을 두고 적용되어야 할 것으로 보고있다.

(4) Transmission Mode 9 (TM-9)^[5-7]

Release 10에 새롭게 정의된 전송 기법으로, 사용자별 구분신호(DM-RS) 및 채널신호(CSI-RS)의 정의 및 8x8 MIMO 지원 등으로 구성된 전송방법이다. 이 중, DM-RS와 CSI-RS의 특징을 이용하여 HetNet 환경에서 셀 경계 단말의 간섭을 줄여 성능 개선을 가져올 수 있다. 또한, eICIC 기술에 TM-9 기술을 결합하여, 셀 중심에 단말들에게 Almost Blank Subframe (ABS)에 의해서 낭비되는 무선 자원을 추가 할당할 수 있도록 하여, 추가용량 증대 효과를 기대할 수 있다.

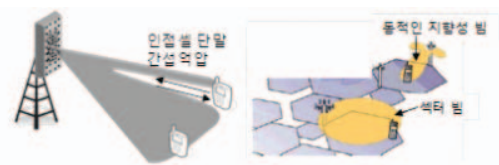
(5) New Carrier Type(NCT)

Release 12에서 표준화되고 있는 Non-Backward Compatible Carrier*로 Physical Downlink Control Channel (PDCCH) 등의 제어채널의 전송을 최소화한 데이터 전용 캐리어이다. 이를 통해 약 20%의 용량 개선 효과를 가져올 것으로 기대하고 있다.

나. 다중 안테나 기술

(1) 3D 빔포밍^[10]

Active Array Antenna (AAA)로 3차원 빔을 형성, 수평적 빔형성 뿐 아니라 수직적 빔형성까지 결합하여



<그림 4> 3D 빔포밍 개념도

*Release 8/9 기반 LTE 단말이나 Release 10/11 기반의 LTE-A 단말이 접속할 수 없는 주파수 캐리어



인접 셀에 미치는 간섭을 최소화 하면서 사용자의 신호품질을 향상시키는 기술이다. 10~20%의 용량 증대 효과를 기대할 수 있다.

동일 면적에 개별 용량을 가지는 셀의 수를 증가시켜 전체 네트워크의 용량을 증가시키는 방법

용량을 가지는 셀의 수를 증가시켜 전체 네트워크의 용량을 증가시키는 방법으로, Small Cell을 추가하여 물리적인 셀의 수를 증가시키는 방법과 안테나 기술을

이용하여 셀을 분리하는 방법이 있다.

(2) Massive MIMO

송/수신 Element 배열의 안테나로 수십~수백의 가상 안테나를 만들어, N/W 용량과 신호 송수신 품질 개선하는 기술이다. 현재 학계 등에서 활발한 연구가 이루어지고 있으며, 3GPP에서도 관련 논의가 이루어지고 있다. 상용화를 위한 기술의 성숙도는 아직 부족한 상황이지만, 기술 적용으로 용량 기준으로 약 2.5배의 이득을 얻을 수 있을 것으로 기대하고 있다.

다. 변복조 및 다중접속 기술

(1) Non-Orthogonal Multiple Access (NOMA)^[12]

셀 내 접속된 사용자간 간섭을 부분적으로 허용하는 형태로 자원을 할당하여 셀당 접속 가능한 사용자수 및 용량을 증가시키는 다중 접속 기술로, Tx. Coding 기술 및 Rx. Receiver 기술 개발을 통해 OFDM 기반 중첩 비율을 조정하고 전력제어를 활용하여 구현이 가능할 것으로 예상하고 있다.

(2) High-Order Modulation (HOM)

단위 주파수당 전송 데이터 양을 증가시키는 변복조 기술이다. 현재 LTE/LTE-A 표준화에는 64QAM 기술까지가 포함되어 있으나, 향후 256~1024QAM까지 확장될 것으로 기대하고 있다.

2. 셀 분할 증대

셀 분할을 통한 용량 증대 방법은 동일 면적에 개별



〈그림 5〉 Massive MIMO 개념도

가. Small 셀 추가에 의한 방법

(1) Femto

가정/사무실의 유선 IP망을 활용하여 WiFi와 같이 손쉽게 설치할 수 있는 Small 셀 형태이며, 가격적인 장점이 있다.

(2) Macro-assisted small 셀^[13]

현 기지국은 Baseband Processing을 담당하는 Digital Unit (DU)부와 RF processing을 담당하는 RU(Radio Unit)으로 구성되어 있으며, 현 DU에 소형 출력을 지원하는 Micro/Pico RU를 연결한 Small 셀 구성을 의미한다. Macro셀과 coordination을 통해 간섭 제어를 통한 성능 향상이 장점이다.

나. 안테나 기술을 이용한 방법

(1) Multi-Beam

독립적 용량을 가지는 여러 개의 안테나 빔을 동시에 방사하는 방법으로, 기존의 3개나 6개의 섹터 대비 약 9개에서 18개까지 섹터를 구성하는 방법이다. 상용화



〈그림 6〉 Multi-Beam 안테나 개념도



〈그림 7〉 Vertical Sectorization 개념도

를 위해서는 크기와 무게를 줄이고, 빔간 간섭을 최대한 억제할 수 있는 구현이 필요하다.

(2) Vertical Sectorization^[14]

AAS(Active Antenna System)의 구현을 통한 수직적 Cell 분할을 통해 정해진 커버리지를 Inner Cell과 Outer Cell로 분할함으로써 셀의 용량 증대하는 기술이다.

3. 주파수 확장

셋째로, 주파수 확장 방법은 신규 주파수를 할당 받으므로써 용량을 증대하는 방법이며, 비면허 대역의 전송 기술이나 근거리 통신을 활용한 전송 기술도 가상의 주파수를 추가하는 개념으로 본 범주에 포함될 수 있다. LTE용 신규 주파수 경매 혹은 보유 주파수의 Re-farming을 통한 주파수 확보, 비면허 대역을 활용한 WiFi를 활용하여 데이터 트래픽 분산 및 D2D와 같은 단말간 통신으로 데이터 트래픽 분산하는 방법을 고려할 수 있다.

4. 비용 절감

비용 절감을 위한 차세대 네트워크의 핵심 기술은 운용 비용을 줄일 수 있도록 해주는 Self-Organizing Network (SON), DU 집중화, 그리고 RF 전력 소모 절약 기술이다.

SON 기술을 적용하면, 단순/반복 동작이나 사람의 실수로 인한 오류를 줄여줄 수 있으며, 실시간 무선환경 감시 및 자가진단/복구 기술 적용으로 운용의 비용

- **Smart:** 이중셀간 기능 분리 구조, 이동성/용량 향상
- **Unified RAN:** 이중망을 포함하는 Cloud 구조
- **Performance Optimized:** 고객관점의 성능 최적화
- **Energy Efficient:** 전력절감을 위한 Green 운용
- **Reconfigurable:** 적응형 모드 및 자동운용 기능

을 약 30%가량 절감할 수 있다고 보고 있다.

CMCC의 분석에 의하면 사업자의 전체 비용 중, 약 60%가 운용비용이며, 이중 가장 큰 비용을 차지하는 것이 전력사용료와 국소 임대료이다^[15]. 따라서, 광인프라가 비교적 풍부한 국내의 경우는 DU 집중화를 통해 많은 비용을 절감할 수 있을 것으로 기대하고 있다.

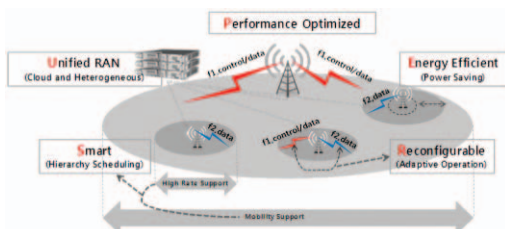
마지막으로, RF 전력 소모를 위해서는 고효율의 Active Array Antenna(AAA)의 적용이 필요하며 이를 통해서 약 15% 가량의 절감 효과를 기대하고 있다.

III. SK 텔레콤의 SUPER 셀

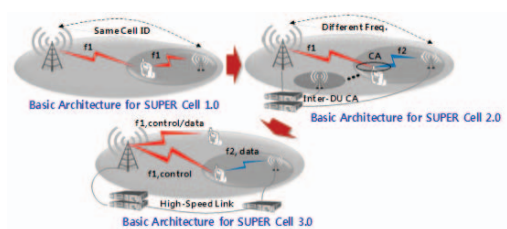
SUPER셀은 3가지의 네트워크의 용량 증대의 방향에서 핵심 요소 기술과 SK텔레콤만의 차별화 기술을 결합하여 만든 차세대 네트워크 구조로, 고객관점의 기술지향을 기반, 셀간 핸드오버가 없는 자유로운 이동성과 셀간 유기적 연결을 통한 간섭제거 및 SON연동을 통한 운용 효율성 향상을 비전으로 하고 있다.

S-U-P-E-R는 다음과 같은 방향성을 의미한다.

- **Smart:** 이중셀간 기능 분리 구조, 이동성/용량 향상
- **Unified RAN:** 이중망을 포함하는 Cloud 구조
- **Performance Optimized:** 고객관점의 성능 최적화
- **Energy Efficient:** 전력절감을 위한 Green 운용
- **Reconfigurable:** 적응형 모드 및 자동운용 기능



〈그림 8〉 SK텔레콤의 SUPER Cell 비전



〈그림 9〉 SUPER Cell 진화 로드맵



SUPER Cell은 <그림 9>와 같이 3가지 단계로 진화시켜나갈 예정이다. 첫 번째 단계는 Macro셀과 동일한 주파수로 Micro/Pico셀을 구성하고, TM-9 기술을 결합하여 단말이 핸드

오버 없이 셀간 경계를 이동할 수 있는 네트워크 구조를 기반으로 한다. 이러한 기반에서 Cloud 기반의 중앙 집중형의 간섭제거 및 Analytics 기반의 네트워크 운용 자동화 기술들의 결합을 통해 비용 효율화를 추진한다.

두 번째 단계는 Macro셀과 Small셀이 이중 주파수를 사용하며 구성되며, Carrier Aggregation를 적극 활용하고, Release 11에 정의된 CoMP 기술과의 결합을 핵심으로 한다. 또한, 실시간 무선망 및 트래픽 QoS 감시를 통한 간섭제어 및 공중선 파라미터 최적화로 운용 비용을 최적화한다.

세 번째 단계는 Macro셀과 Small셀의 역할을 구분하여, Macro셀은 제어채널을 주로 전송하고, Small셀은 New Carrier Type으로 구성하고 Site간 CA를 활용하여 데이터채널을 위주로 전송하도록 N/W 구조를 진화시킨다.

이러한 비전과 로드맵을 바탕으로, 2016년까지 현재의 데이터 용량 대비 100배의 용량 증대 효과 및 10배의 비용 감소를 목표로 하고 있다. 무선자원 효율성 증대는 LTE/LTE-A의 표준 기술 및 SK 텔레콤의 차별화 기술을 결합하여 약 4배, 셀 분할 증대는 Small셀의 확대 및 Multi-Beam과 Vertical Sectorization 기술을 통해 약 8배, 마지막으로 주파수 확장에서는 신규 주파수 확보 및 기존의 CDMA/W-CDMA/WiBro 대역의 주파수 재배치(Re-farming)을 통해서 약 3배의 용량 향상을 얻을 것으로 기대하고 있다. 또한, SK 텔레콤의 차별화된 운용 노하우 및 SON 기술 결합을 통해서 지속적인 비용 감소를 추진할 예정이다.

폭증하는 데이터 트래픽 수용을 위해서 SK텔레콤의 SUPER 셀과 같은 진화 방향을 바탕으로 산/학/연의 긴밀한 협력 및 기술 개발이 필요한 시점

IV. 결론

본 논문에서는 폭증하는 모바일 데이터 트래픽을 수용하고, 네트워크 구축 및 운용 비용을 줄이기 위한 네트워크의 진화방안을 소개하고, 이를 위한 핵심 기술 및 사

업자 관점에서의 요구사항을 살펴보았다.

해외에서는 일본의 NTT Docomo나 중국의 CMCC를 중심으로 차세대 네트워크 진화 기술들에 대한 연구가 진행되고 있으며, 국내도 폭증하는 데이터 트래픽 수용을 위해서 SK텔레콤의 SUPER 셀과 같은 진화 방향을 바탕으로 산/학/연의 긴밀한 협력 및 기술 개발이 필요한 시점이라고 할 수 있겠다.

참고 문헌

- [1] 방송통신위원회 “유무선 통신서비스 가입자 통계”, 2012년 및 2013년 1월말 현황
- [2] CISCO Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast 2012
- [3] 방송통신 위원회 “무선 데이터 트래픽 통계 (2013년 1월말)”
- [4] IEEE Communications Magazine 102, February 2013, “Trends in Small Cell Enhancements in LTE Advanced”, 101p 2013년 2월
- [5] 3GPP TS 36.211: “Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Physical Channels and Modulation”.
- [6] 3GPP TS 36.212: “Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Multiplexing and channel coding”.
- [7] 3GPP TS 36.213: “Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Physical layer procedures”.
- [8] 3GPP TS 36.101: “Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); User Equipment (UE) radio transmission and reception”.
- [9] 김윤선, 이효진, 김영범, 이주호, “LTE-Advanced 기반 전송지점 간 협력통신에 대한 표준화 동향 및 성능분석, TTA Journal, Vol. 139, 2012년 1월



- [10] Koppenborg, Johannes, "3D beamforming trials with an active antenna array," International ITG Workshop on Smart Antennas (WSA), 7-8 March 2012
- [11] Rusek, Fredrik, et.al., "Scaling Up MIMO: Opportunities and Challenges with Very Large Arrays," IEEE Signaling Processing Magazine, Vol 30, Issue 1, 2013.
- [12] Wang, Peng, et.al., "Comparison of orthogonal and non-orthogonal approaches to future wireless cellular systems," IEEE Vehicular Technology Magazine, Vol. 1, Issue 3, 2006.
- [13] Yohhihisa Kishiyama, "Conceptual Views and Candidate Technologies for Future Radio Access", TTA workshop: LTE-Advanced and Beyond, September, 2012.
- [14] Osman N. C. Yilmaz, et.al., "System Level Analysis of Vertical Sectorization," IEEE International Symposium on Wireless Communication Systems, 2009.
- [15] China Mobile Research Institute, "C-RAN: The Road Towards Green RAN", Version 2.5, Oct. 2011



문 성 호

1999년 2월 KAIST 전기 및 전자공학과 학사
 2001년 2월 KAIST 전자전산학과 석사
 2006년 8월 KAIST 전자전산학과 박사
 2006년 10월~2007년 10월
 미국 스탠포드대 박사후 과정
 2007년 11월~2010년 12월
 LG 전자 이동통신 연구소
 2011년 1월~현재 SK텔레콤 Network 기술원

<관심분야>
 OFDM, MIMO, LTE/LTE-A, Small Cell 등



고 현 모

2005년 2월 연세대학교 전기전자공학 학사
 2010년 2월 연세대학교 전파통신공학 석사
 2005년 3월~현재 SK텔레콤 Network 기술원

<관심분야>
 Mobile WiMax, TD-LTE, Small Cell



박 진 효

1994년 2월 고려대학교 수학교육과 (학사)
 2005년 2월 고려대학교 대학원 정보통신학 (석사)
 1994년~1996년 LG전자 시스템개발실 연구원
 1997년~1998년 이리돔코리아 기술운영팀
 1999년~2001년 SK텔레콤 중앙연구원
 IMT-2000개발그룹
 2002년~2007년 SK텔레콤 Network연구원
 Access망개발팀
 2008년~2008년 SK텔레콤 Network기술원
 기술전략팀
 2009년~현재 SK텔레콤 Network기술원 Access망
 개발팀장

<관심분야>
 LTE-A 등 B4G 기술 및 SON/SDN/NFV 등



최진성

- 1987년 2월 서울대학교 제어계측공학과 (학사)
- 1994년 12월 USC(University of Southern California) Computer Engineering (석사)
- 1998년 5월 USC, Electrical Engineering (박사)
- 1987년 1월~1989년 2월 금성반도체 정보통신부문
- 1989년 5월~1992년 7월 삼보컴퓨터 SW 사업본부 DBMS 팀
- 1998년 4월~2003년 12월
LG전자/LG정보통신 차세대통신연구소 실장(상무)
- 2004년 1월~2009년 5월
LG 전자 CTO 산하 이동통신연구소 소장
- 2009년 6월~2010년 5월
LG전자 MC 사업본부 Global 상품기획 팀장(전무)
- 2010년 6월~2010년 10월
LG전자 MC 사업본부 Contents&Service 기획팀장
- 2010년 11월~2012년 1월
LG전자 MC 사업본부 핵심기술 실장
- 2012년 3월~2013년 2월
SK텔레콤 기술전략실장 (전무)
- 2013년 2월~현재 SK텔레콤 ICT 기술원장 겸 Network 기술원장