무선네트워크 가상화를 위한 핵심 기술

이기호 | KT 무선연구소 Access망개발1팀 매니저
박종호 | KT 무선연구소 Access망개발1팀 팀장
지영하 | KT 무선연구소 무선네트워크개발 담당
안태효 | KT 무선연구소 소장

1. 머리말

스마트폰 사용자 수가 2010년에 33% 성장하고, 2013년까지 전체 핸드셋 중 43%에 이를 것이라고 가트너는 예측하였다. 또한 스마트폰에 사용되는 다양한 always-on 응용프로그램 등으로 인하여 매년 2배 이상 트래픽이 급증할 것이라고 예측했다. 이러한 데이터 트래픽 급증에 대응하기 위해서 LTE, WiMAX 기술 등 차세대 네트워크 기술이 도입되고 있다. 그러나 현재의 장비와 유사한 구조의 네트워크 장비 도입은 급증하는 트래픽 양에 대응하기 위하여 상당한 양의 CAPEX 및 OPEX를 필요로 하고 이는 여전히 비싼 이동통신 데이터 요금으로 전가되어 사용자들의 데이터 사용 욕구에 부응하지 못하고 있다. 이러한 CAPEX 및 OPEX 절감을 위하여 신호 및 프로토콜 처리 프로세서 등 시스템 자원의 유연한 사용이 가능하고, 손쉬운 진화를 위한 솔루션으로 가상화 기술이 각광을 받고 있으며, 주요 글로벌 통신사들이 네트워크 진화 전략으로 고려하기 시작했다.

지금까지 가상화 기술은 애플리케이션, 데스크톱, 서버, 스토리지를 가상화 하는데 주로 사용되었으며 네트워크 영역에서는 L2, L3, L7 스위치, 네트워크 방화벽, 보안 장비들을 가상머신으로 구현하는데 활용되었다. 그러나 KT와 같이 통합서비스 사업자의 등장으로 WiBro, WCDMA, CDMA 등 다양한 무선접속네트워크가 공존하게 되었고 이에 따른 장비 개발 및 유지 보수 등이 복잡해지고 있으며, 데이터 사용자의 증가에 따라 꾸준한 네트워크의 용량 증설을 필요로 하며, 이는 CAPEX 및 OPEX 관점에서 많은 비용을 초래하고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위한 방법으로 시스템의 물리적 집중화 및 논리적 유연성을 가능하게 하는 무선네트워크 가상화 기술이 대두되고 있으며 여러 통신 사업자 및 제조사들의 관심을 끌기 시작하였다. 본고에서는 무선네트워크의 가상화를 중요 기술들에 대해서 알아본다.

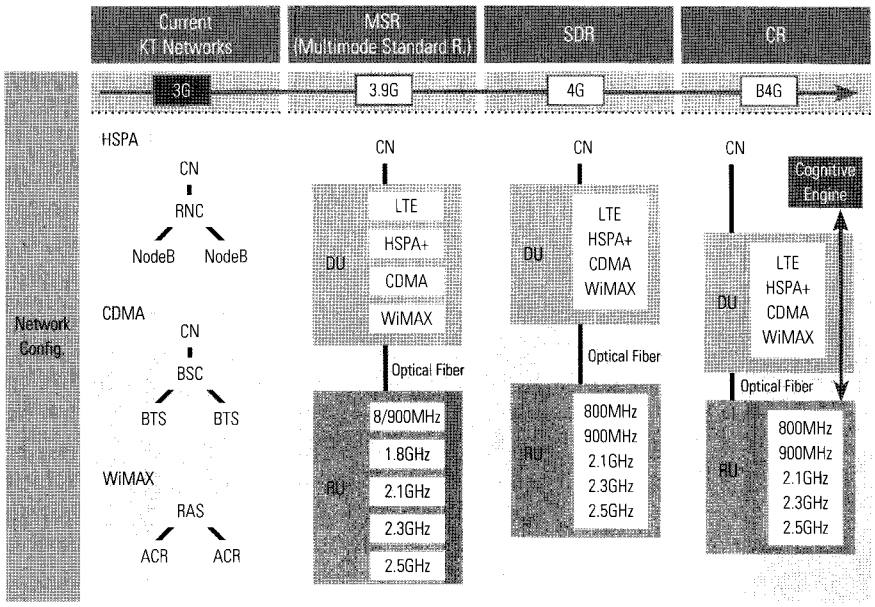
2. 무선네트워크 구조 진화 단계

현재 KT의 무선네트워크는 HSPA(WCDMA), CDMA 그리고 WiBro 네트워크가 중첩된 구조이다. 각각의 장비는 별도로 각각의 H/W 및 S/W를 가지고 있으며, 코어네트워크의 상호 접속이나 인터넷을 통해 연결된 구

조를 가지고 있다. 이에 따른 관련 부동산 임대 비용 및 냉방 등을 위한 전기료로 인하여 OPEX가 큰 네트워크 구조를 가지고 있다. 또한 네트워크 진화 또는 성능 향상을 위해서는 기존 H/W 대신에 별도의 H/W를 제작하거나 대용량 H/W로 교체하는 등 신규투자로 인한 CAPEX도 상당하다. 이러한 비 효율적인 네트워크 구조를 탈피 하기 위해서 3GPP에서는 [그림 1]에서와 같이 MSR(Multi-Standard Radio) 규격을 표준화 하였다[1]. 이 표준에서 장비는 DU(Digital Unit)와 RU(Radio Unit)로 분리되며 인터페이스는 Ericsson, Huawei, NEC 등 주요 글로벌 제조사들간의 표준인 CPRI(Common Public Radio Interface)[2]를 사용하게 된다. 일반적으로 DU는 크기가 작아서 적층이 가능하여 소수의 집중국에 설치하고 RU는 Radio Top 위에 위치하여 OPEX 경감이 가능하며 일본의 사업자인 SBM 등이 이러한 네트워크 구조를 채택하고 있다.

MSR 구조에서 주파수 대역을 변경하기 위해서는 새로운 RU H/W를 사용해야 하고, 네트워크를 진화시키거나 확장하기 위해서는 DU의 채널카드만을 변경하거나 S/W를 업그레이드함으로써 가능하게 된다. 이를 통해서 불필요한 H/W 변경을 최소화함으로써 CAPEX를 최소화할 수 있게 된다. 특히 NSN, ZTE의 경우에는 DSP 기반의 DU를 통해 S/W 변경만을 통해 WCDMA 네트워크에서 LTE 네트워크로 진화가 가능하며 이러한 장비가 이미 많은 사업자들에게 공급되고 있다. MSR 구조에서 또 하나의 특징은 기존 RNC의 기능들이 기능에 따라 DU나 CN(Core Network)에 S/W 형태로 분리 수용되는 구조이다. 이는 LTE 네트워크 구조가 eNodeB와 MME/GW로 구성된 Flat한 네트워크 구조이기 때문에 LTE로의 자연스러운 진화를 위함이다.

MSR에서 진화된 네트워크 구조로는 CR-SDR 구조이다. 이 네트워크 구조에서는 RU도 다양한 주파수에 따라 조율할 수 있는 LNA(Low Noise Amplifier)나 Filter 등을 활용해 S/W 업그레이드가 가능하게 되고, DU는 Cognitive Engine를 장착하여 동적 시스템 자원 및 무선 Radio 자원을 사용자 요구에 따라 최적으로 제공할 수 있게 된다.



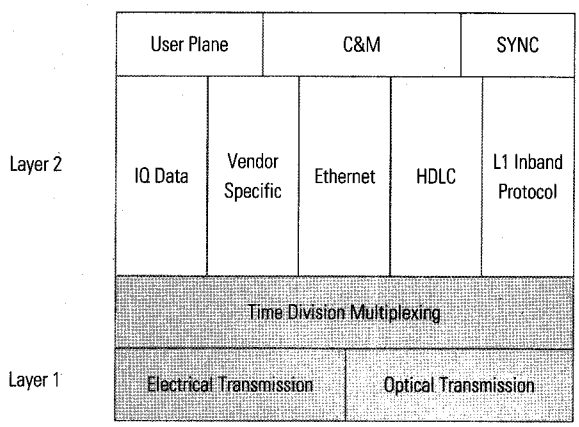
[그림 1] 네트워크 진화 방향 및 DU-RU 분리 구조

3. 무선네트워크 가상화 핵심 기술

본 장에서는 무선네트워크 가상화를 위한 주요 기술로 DU-RU 분리기술, GPP(General Purpose Processor) 기반 기저대역 처리 플랫폼 기술, CR(Cognitive Radio) 기술 그리고 RU의 적층 가능 H/W 설계기술을 고려한 형상에 대해서 알아본다.

3.1 DU-RU 분리 기술

MSR 구조에서 DU-RU 인터페이스로 사용되는 CPRI 규격은 [그림 2]에서와 같이 1계층과 2계층을 정의하고 있다. User Plane Data 전송을 위한 IQ Data와 프레임과 시간 동기를 위한 Synchronization, 기본적인 1계층 링크 설정 및 주요 정보를 전송하기 위한 L1 in-band Protocol, DU와 RU 사이에 제어 정보를 위한 C&M data로 구성되어 있다. C&M Data 중 긴급 정보는 L1 in-band Protocol을 통해서 전송되며 일반적인 정보는 Ethernet Frame이나, HDLC Frame을 통해서 전송된다. CPRI 규격에서 C&M Data나 Synchronization 정보는 정의가 되지 않았으며, 제조사마다 다르므로 DU-RU 장비 간 제조사 상호 동작하지 않는 단점이 있어서 NGMN을 중심으로 이 규격을 통일하기 위해 표준



[그림 2] CPRI Protocol 구조

화가 진행 중에 있다. User Plane Data는 무선 신호를 Sampling한 신호로서, Sampling Rate 및 각 Sample의 8B/10B Line Encoding(IEEE802.3)으로 Data Rate이 결정된다. 즉 이러한 DU-RU 분리구조를 통해서 많은 연산 처리가 필요한 DU를 한 곳에 모을 수 있으므로 DU-RU 분리 구조는 무선네트워크의 가상화를 위한 핵심 기술이라고 볼 수 있다.

CPRI에서는 6가지 Data Rate을 정의하고 있으며, 614.4Mbps 부터 6,144Mbps의 범위를 가지게 된다. UMTS의 경우 3.84Mcps에 해당하는 신호를 추출하기에 충분한 성능을 낼 수 있을 정도로 Data Rate 선택되면 된다. 일반적으로 DU-RU Interface에서의 광 신호는 Gigabit Ethernet NIC(Network Interface Card)를 통하여 가상화 시스템의 Baseband 신호 처리부로 전달된다.

3.2 GPP 기반 기저대역 신호 처리 플랫폼 기술

기존 네트워크의 단점인 동적 신호 처리 자원 할당 어려움과 장비 교체로만 가능한 시스템 확장 방법을 극복하기 위해서는 Cloud Computing 시스템의 무선네트워크 도입이 필요하다. 즉 [그림 3]과 같이 DU의 기저대역 신호 및 프로토콜 처리를 수행하는 부하의 동적 할당 및 확장성을 위해서 DU에 GPP 기반 Cloud Computing 기술 적용은 CAPEX 및 OPEX를 획기적으로 줄이고 기존 산업과 결합함으로써 규모의 경제를 얻을 수 있는 중요한 컨버전스 기술이 될 수 있다. 이를 위해서는 기저대역 신호 및 프로토콜을 GPP(General Purpose Processor)가 처리할 수 있도록 하는 플랫폼 개발이 필요하다. 그러나 기존 DSP나 FPGA에 크게 떨어지는 연산 처리 속도를 극복하는 것이 필요하며 이를 위해서는 최근 발전하고 있는 멀티코어 기술이 대안이 될 수 있다.

2008년 5월에 NASA, SGI, 그리고 Intel은 2009년까지 1petaFLOPS(10^{15} Floating point Operation Per Second)를 달성하고, 2012년에는 10PetaFLOPS까지 속

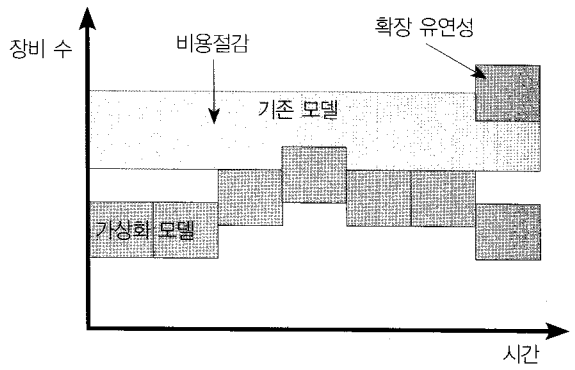
도를 높이는걸 목표로 하고 있다. IBM 또한 2011년까지 20PetaFLOPS가 가능한 슈퍼컴퓨터 개발을 추진하고 있다. 최근 이러한 개발 추세에 따르면 2019년에는 1exaFLOPS(10^{18} Floating point Operation Per Second)를 달성할 수 있을 것으로 예측된다.

하나의 Cell(Sector)에서 MIMO가 가능하고 대역폭 20MHz를 지원하는 LTE 시스템을 처리하기 위해서 현재의 상용 CPU 기술 수준은 수십 개의 CPU를 필요로 하게 된다. 그러나 현재 발전하고 있는 CPU 기술 수준을 보면 가까운 시일 내에 하나 또는 그 이하로 줄어들 것으로 예상되고, gigaFLOPS당 가격이 2000년 $1000(KLAT2 기준), 2003년 $82(KASYO 기준), 그리고 2009년 0.13$(ATI Radeon R800 기준)까지 떨어진 추세를 감안하면, 가상화 기술을 활용할 수 있는 경제성도 생기게 된다.

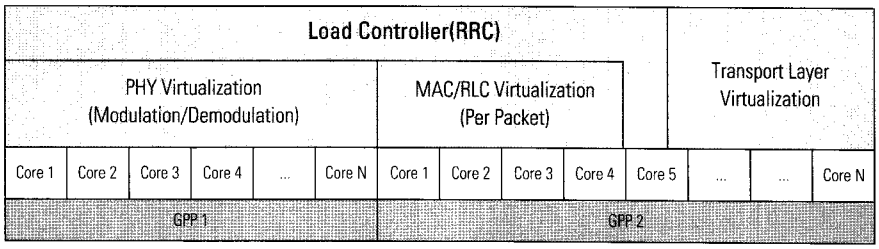
가상화 기술을 활용할 경우 [그림 3]과 같이 기존 모델에 비해 동적 자원의 할당 및 확장의 유연성으로 인하여 앞에서 언급한 FLOPS당 가격인하에 더하여 추가 비용절감이 가능하게 된다. 그러나 기존 Data Center 등의 가상화 시스템과는 다르게 무선네트워크 가상화를 위해서는 다양한 가상화 기술이 필요하다. 예를 들어 셀 또는 사용자(세션)의 부하 분산을 위한 GPP의 가상화 기술과 [그림 4]에서와 같이 신호 및 프로토콜 처리를 위한 코어의 가상화 기술이 필요하다. 일반적으로 Filter, Turbo/LDPC(Low Density Parity Check) 채널코딩 등의 Physical Layer 처리는 병렬 처리가 가능하고 많은 양의 연산을 필요로 하므로 복수 개의 코어를 할당하여 처리하게 되고, MAC/RLC/RRC 등의 프로토콜 처리를 위해서는 셀 또는 사용자당 한 개의 코어에서 충분히 처리된다. 이러한 신호 처리는 상향링크와 하향링크 모두 필요하며, 특히 상향링크는 많은 사용자들에 대한 독립적 신호 추출을 시도해야 하므로 하향링크에 비해 많은 자원할당을 필요로 하게 된다.

3.3 Cognitive Radio 기술

가상화 기술을 최대한 활용하기 위해서는 CR 기술이 필수적이다. [그림 5]에서와 같이 Cloud Computing 시스템을 활용하여 각각의 네트워크마다 적절한 부하 분배를 통해 사용자 요구에 맞게 시스템 자원을 할당해야 한다. 이를 위해서는 다양한 무선 환경 및 Policy를



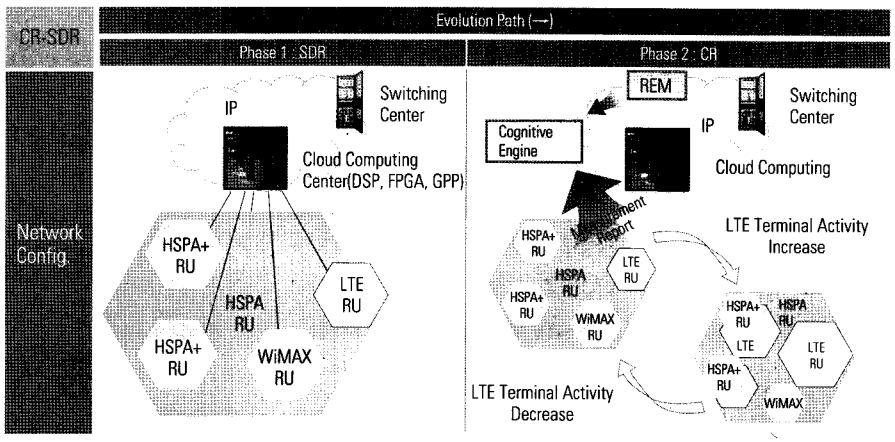
[그림 3] 가상화 효과



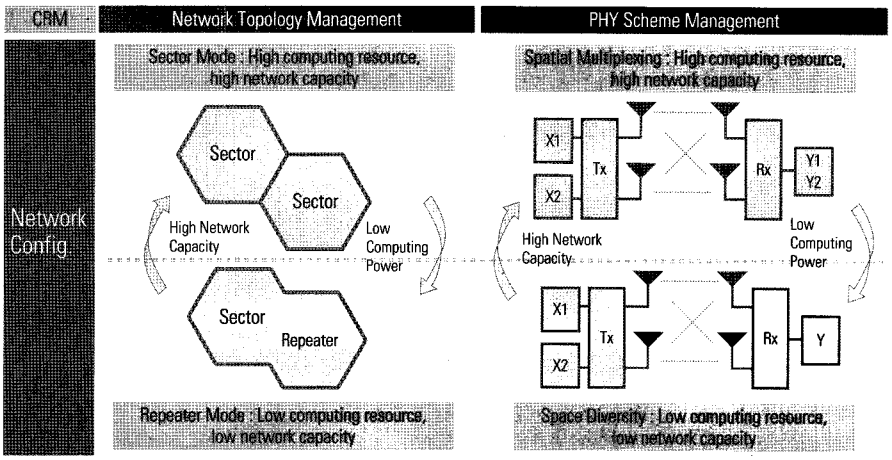
[그림 4] 멀티코어 가상화

포함하고 있는 REM(Radio Environment MAP)과 네트워크나 사용자로부터 오는 Feedback 정보를 기반으로 네트워크를 최적화하여 운용하기 위해서 Cognitive Engine이 필요하게 된다.

또한 CR 기술은 사용자의 대역폭 요구에 따라 적응적으로 네트워크 구조나 데이터 전송 방식 변경을 가능하게 한다. [그림 6]과 같이 사용자의 대역폭 요구가 커지게 되면 RU를 Sector 모드로 운용하여 용량을 확대하게 되고, 전송 방식도 Diversity 모드보다는 Spatial Multiplexing 방식을 운용하게 된다. 그러나 야간이 되거나 Heavy 사용자 등의 이동으로 사용자 대역폭 요구가 작아지게 될 경우 RU를 Sector 모드에서 Repeater 모드로 바꾸고, 전송 모드도 Diversity 모드를 우선적으로 사용하여서 사용되는 부하를 줄임으로써 On-Demand 방식에 따른 CAPEX 감소와 에너지 절감 등으로 인한 OPEX를 절감할 수 있게 된다.



[그림 5] CR-SDR 기술 기반 DU 가상화 기술

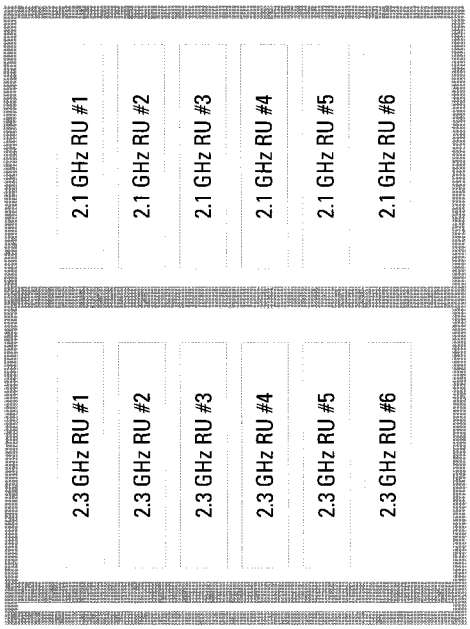


[그림 6] Cognitive Radio Management

3.4 Radio Unit의 적층 가능 H/W 설계 기술

RU는 장소 임대 비용을 줄이고 급전선에 의한 약 3dB의 전력 및 신호 손실을 막기 위해서 Radio Top 위에 설치되어야 한다. 그러나 현재의 RU들은 대부분 PA(Power Amplifier) 등의 발열을 고려해 적층에 다소 어려운 구조를 가지고 있다. 그러나 이러한 RU 구조는 여러 주파수에서 동작하는 무선네트워크들이 공존하고, 각 무선네트워크마다 용량 확보를 위해 많은 셀분할을 필요로 하는 현실을 고려할 때 많은 수의 RU가 Radio Top 위에 설치되어야 하기 때문에 불합리하다.

따라서 기존에 10% 정도이던 PA의 효율을 개선하여 발열이 적고, 확장성이 용이하도록 [그림 7]에서와 같이 적층 가능 구조의 H/W 형상으로 설계되어야 한다. 실제로 일본 전파산업협회에서는 효율 40% LTE용 DPD(Digital Pre-Distortion) AMP 상용화를 예정하고 있고, 국내 업체들도 GaN(질화갈륨) 소자를 활용 효율 40% LTE용 AMP 시험을 최근에 성공했다. 적층 가능한 구조의 설계를 통하여 얻을 수 있는 또 하나의 이득은 DU와의 광코어 인터페이스나 광코어 다중 장비와 인터페이스가 손쉽게 가능하게 된다는 점이다.



[그림 7] RU 형상

4. 맺음말

스마트폰의 활성화로 인하여 데이터 사용 요구는 급격히 증가하고 있다. 이에 따른 네트워크 증설 및 기존 장비 교체 등으로 인하여 많은 CAPEX 및 OPEX가 초래되고 있다. 이러한 변화에 능동적으로 대응하기 위해서는 무선네트워크의 유연한 확장 및 진화가 가능할 수 있어야 한다. 다행히도 최근 정보통신 기술의 융합화 및 고도화에 대응하기 위하여 IT 자원의 유연한 사용을 가능하게 하는 가상화 기술이 주목 받고 있다. 이 가상화 기술을 무선네트워크에 접목시킴으로써 무선네트워크의 CAPEX 및 OPEX를 줄일 수 있게 된다. 가상화 기술을 무선네트워크에 적용하기 위해서는 DU-RU 분리 기술, GPP 활용 신호처리 플랫폼 기술, CR 기술 그리고 여러 주파수 대역을 사용하더라도 RU의 유연한 확장을 가능하게 하는 H/W 설계 기술이 필수적이며 이 분야에 대한 연구가 산/학/연/관 협동으로 이루어지면 뒤처져있던 무선네트워크 시스템 분야에서도 정보통신 강국의 자리를 찾을 수 있을 것이다.

[참고문헌]

[1] http://www.3gpp.org, TSG-RAN WG.

[2] http://www.cpri.info/, CPRI Specification V4.1. TTA