

IMT-Advanced 기술의 성능평가

박진영 (고려대학교), 김태중 (TTA), 정광수 (광운대학교), 오성준 (고려대학교)

I. 서론

유엔 산하의 무선통신관련 국제 표준화 기구인 International Telecommunication Union-Radiocommunications (ITU-R)에서는, 증가하는 다양한 형태의 새로운 무선 통신 서비스 요구를 보다 효율적으로 충족해 줄 수 있는 차세대 무선 통신 기술로 International Mobile Telecommunications-Advanced (IMT-A) 무선 접속 (Radio Interface) 기술 방식을 2010년 말부터 2011년 초에 걸쳐서 결정할 예정이다. 패킷 방식에 기반한 IMT-A 기술은, 현재 상용화 되어 널리 사용되고 있는 서킷 CDMA 방식의 IMT-2000 기술이 진화한 것으로, OFDMA 방식을 물리계층의 기술로 사용되고 있다. 이러한 IMT-A 기술은 다양한 무선 환경 (실내, 밀집된 도심, 교외)에서 정지 사용자부터 고속 이동사용자까지의 다양한 이동특성의 사용자에게 멀티미디어 무선 통신 서비스를 제공하는 것을 목표로 하고 있다.

무선 통신 기술 표준과 관련하여 ITU-R에서는, 표준이 되는 기술을 개발하지는 않고, 다른 (표준) 기구에서 ITU-R로 제출된 기술들에 대

하여 성능 평가를 통하여, ITU-R에서 정의한 IMT-A의 성능요구 사항을 만족시키는 가를 판단한 다음, 그러한 제출된 기술을 IMT-A 기술로 승인하는 일을 하게 된다. 복수의 제안된 기술이 성능평가를 만족하는 경우, ITU-R에서는 이 기술들을 IMT-A로 선정할 수 있다. 실제로 IMT-2000의 경우 현재 6개의 다른 기술들이 IMT-2000 기술로 인정을 받고 있다.

ITU-R에서는 무선통신과 관련된 국제 표준화를 담당하고 있으며, 그중에서 지상 서비스 관련한 표준화는 Study Group 5에서 논의되고 있다. IMT-A 기술 승인에 관한 일의 진행을 위하여 ITU-R 산하에 Working Party 5D (WP5D)가 2008년 1월에 출범하여 1차 회의를 가졌고, 이후 연 3회의 회의를 가져오고 있다. WP-5D 이전에는 WP-8F 라는 Working Group에서 주로 IMT-2000 시스템에 관련된 표준화 작업을 수행했다. IMT-A 기술로 승인과 관련하여, ITU-R WP5D에서는 관련하여 다음과 같은 일을 수행한다.

- 어떠한 성능기준을 만족시키는 무선통신 기술을 IMT-A 기술로 승인할 것인가를 구제

적으로 정의.

- 어떠한 방식으로 성능평가를 할 것인가. 특히, 중요한 성능 평가가 모의실험에 의해 결정되므로, 현실적이면서도 공정하고 상세한 모의실험방법에 관한 설명.
- IMT-A 기술로 승인하기 위한 절차.

또한, 실제적으로 모의실험의 경우 객관적으로 쉽게 동의할 수 있는 결과를 도출해 내기 힘들기 때문에, ITU-R WP5D에서는 다양성의 측면에서 다수 외부 평가기관 결과를 취합하게 되며, IMT-A 기술 승인에 외부 평가기관의 성능 평가 결과도 큰 영향을 미칠 수 있다.

본고에서는 ITU-R WP5D에서는 어떠한 절차를 통하여 IMT-A 기술을 승인하며, 그와 관련하여 현재까지의 진행상황과 앞으로의 전망 등에 대하여 논한다. 그리고 IMT-A 기술로 승인받기 위해 ITU-R WP-5D에 제출된 후보기술의 성능 평가방법으로 사용되는 모의실험 방법에 대하여 설명하도록 한다.

II. 표준화 과정

본 절에서는 IMT-A 시스템의 표준화 일정, 요구되는 성능과 성능 평가 방법을 소개하고, 2009년 10월에 ITU-R로 제출된 두 후보 기술 및 현재 등록되어 있는 외부평가기관에 대해 설명 하도록 한다.

1. 표준화 일정

IMT-A 기술 승인까지는, 우선 IMT-A 기술이 적용된 시스템이 반드시 제공해야 하는 최소

성능 요구사항과 성능 평가방법이 ITU-R로부터 확정되어야 한다. 그 후에 성능 평가를 담당하게 될 외부 평가그룹이 등록을 하고, IMT-A 시스템 후보 기술들이 자체 성능평가 결과와 함께 ITU-R로 제출된다. 제안 된 후보기술은 외부평가 그룹들이 평가하며, 평가결과가 ITU-R로 제출되고, ITU-R에서는 외부 평가그룹의 성능평가 결과와 후보기술 자체평가 결과를 바탕으로 하여, 후보기술(들)이 최종적으로 IMT-A 기술로 인정할 것인지를 결정한다.

다양한 환경에서 다양한 서비스를 제공하기 위한 IMT-A의 서비스 및 최소 성능 요구 사항은 M.2134[1]에서 기술되어 있으며, 2008년 6월 회의에서 최종 결정되었다. M.2134 문서는, 후보기술이 제출될 때 기술적인 질문에 대하여 비교적 간단한 대답을 요구하는 사항들이정의 되어 있으며, Spectral Efficiency와 같이 정량적인 질문사항 들은 대부분 모의실험을 통하여만 얻을 수 있다. 실제 무선 환경 (무선채널, 셀룰라 환경에서 사용자의 분포, 대역폭 등)을 최대한 잘 반영하면서 공정한 결과를 얻을 수 있는 모의 실험이 될 수 있도록, ITU-R WP5D에서는 평가방법에 대하여 M.2135[2]에 문서로 기술하였다. 이 평가방법에 대해서는 WP5D 이전의 WP8F부터 논의 되었던 것으로, 2008년 10월에 최종 결정 되었다. M.2135에 따라서 제안된 후보기술을 평가하는 외부 평가그룹은 2009년 말까지 등록을 ITU-R에서 하였다. 한국의 평가 그룹인 TTA PG707를 비롯하여 14개의 평가 그룹이 외부 평가그룹으로 등록을 하였으며, 이 중에는 한국, 중국, 일본, 미국, 인도, 이스라엘, 러시아, 캐나다 아르헨티나 등의 국가 평가기관 들과, ETSI, ATIS, WiMAX Forum, WCAI, WINNER+등의 지역표준관련 단체들이 있다.

2009년 10월 회의에는 두 개의 IMT-A 후보 기술이 제출되었다. 3GPP 진영의 LTE 진화기술인 LTE-Advanced 가 하나이고, IEEE 진영의 WiMAX/Wibro 의 진화 기술인 IEEE 802.16m 이 다른 하나이다. 두 기술 모두, OFDMA에 기반한 패킷통신 방식으로, M.2135에 따라 수행된 자체 모의실험 결과에서 두 기술 모두 ITU-R의 성능 기준을 상회하는 것으로 나타났다. 2010년에는 2, 6월 그리고 10월에 ITU-R WP5D 회의가 열렸고, 열릴 예정이다. 2월과 6월에 걸쳐서는 외부평가 그룹들이 성능평가 결과를 제출하고, 10월에는 2009년 10월에 제출된 자체성능평가와 2010년 6월까지 제출된 외부평가기관의 성능평가결과로부터 IMT-A 기술로 승인 여부를 결정 하게 된다.¹⁾

2. Report ITU-R M.2134

IMT-A 기술이 제공해야 하는 성능에 대해서는 ITU-R Report 중에서 M.2134에서 기술 되어 있다. M.2134에 기술되어 있는 내용에 근거한 성능 평가방법이 M.2135에 설명되어 있다. 최소 성능은 다음 8개 항목에 대해 정의되어 있다.

- Cell Spectral Efficiency (CSE)
- Peak Spectral Efficiency (PSE)
- Bandwidth
- Cell Edge User Spectral Efficiency (CEUSE)
- Latency

- Mobility
- Handover Interruption Time
- VoIP capacity

이 항목들 중에서, CSE, CEUSE, Mobility 그리고 VoIP capacity와 관련된 최소 성능요구사항의 만족 여부는, System-Level Simulation (SLS)와 경우에 따라서는 Link-Level Simulation (LLS)를 통하여 결정하게 된다. 이들 항목에 대한 사항은 다음 절에서 논의하도록 한다.

Latency의 경우에는 Control-plane latency 요구사항과 User-plane latency 요구사항이 있다. Control-plane latency와 관련한 요구 사항은 기지국과 연결이 안 되어 있는(idle) 사용자가 100ms 이내에 연결(active)이 될 수 있어야 한다. 여기서 100ms 이내라 함은, downlink paging 및 유선상의 지연은 제외하고, 순수하게 무선 채널상의 지연만을 고려한 것이다. User-plane latency와 관련하여서는 사용자가 기지국과 연결이 되어있을 때 매우 짧은 IP 패킷의 경우 10ms 이내에 전달 (기지국으로부터 사용자의 경우와 사용자로부터 기지국까지 모두의 경우) 될 수 있어야 한다는 것이다. Handover Interruption Time은 사용자가 통신을 하고 있는 기지국을 이동 등의 이유로 변경 (handover) 하는 경우 통신이 두절되는 시간을 spectrum band가 다른 주파수로 handover 하는 경우에는 60ms 이하, 동일한 spectrum band 내의 다른 주파수의 경우에는 40ms 이하 그리고 같은 동일 주파수상에서는 27.5ms 이하로 할 것을 요구 하고 있다. 이와 같은 Latency와 Handover Interruption Time에 관련된 요구사항은 제안된 기술을 (모의실험 없이) 분석 및 직관을 통하여 평가할 수 있는 항목이다.

1) ITU-R WP5D 회의 이후에 Study Group 회의 등의 절차가 있으므로, 실질적으로 2010년 10월 WP5D 회의에서 IMT-A 기술로의 승인이 되더라도, 보는 관점에 따라 공식적인 IMT-A 기술 인정 시점은 다를 수 있다.

PSE의 경우에는 하향/상향링크²⁾에 대하여 각각 15/6.75 bps/Hz 까지 이론적으로 제공할 수 있을 것을 요구한다. PSE의 경우에는 표준에 해당되는 Modulation/Coding 방식을 정의하기만 하면 되는 것으로, 실제 구현에서의 문제점을 크게 고려하지 않아도 되는 사항이다. Bandwidth와 관련하여서도, M.2134에서 요구하는 사항은 (40MHz까지) scalable bandwidth로 IMT-A 서비스가 제공되어야 하며 100MHz까지도 제공될 것을 권장하고 있다. Bandwidth 요구사항도 PSE의 경우와 마찬가지로 표준에 정의만 해놓으면 되는 사항이다.

PSE와 대역폭 요구사항으로부터 IMT-A가 제공할 수 있는 최대 통신 속도를 이론적으로 계산할 수 있다. 100MHz 대역폭이 제공된다고 했을 때, PSE는 하향/상향 각각 15/6.75 bps/Hz이므로, 1.5Gbps와 675Mbps의 속도를 하향/상향링크에서 제공할 수 있다. 그러나 100MHz의 대역폭이 사용 가능한 경우도 쉽지 않고, 더군다나 PSE를 현실적으로 제공하기 힘들므로, 하향 1.5Gbps와 상향 675Mbps는 현실적이기 힘들다고 볼 수 있다.

3. Report ITU-R M.2135

IMT-A 기술 평가에 대한 거의 모든 내용은 ITU-R Report 중에서 M.2135에서 기술되어 있다. 후보기술의 자체 평가는 물론이고 외부 평가기관들이 후보기술을 평가할 때에도 M.2135의 평가방법을 따르도록 권고되고 있다. 앞 절에서 논의된 바와 같이 M.2134에서 정한 최소 성능 기

준을, 제안된 기술이 만족하는 가는 M.2135에 의하여 평가되며, 특히 모의실험과 관련된 실험환경 및 해당되는 무선 채널 모델링 방법이 M.2135에 자세히 기술되어 있다.³⁾

모의실험은 다음의 4가지 실험 환경이 고려되고 있다

- Indoor (Indoor Hotspot, InH)
- Microcellular (Urban Micro, UMi)
- Base coverage urban (Urban Macro, UMa)
- High speed (Rural Macro Area, RMa)

M.2134의 최소 성능 요구사항도 4가지 환경에 따라 다르게 정의되어 있으며, 이 환경들은 좋은 성능을 얻기 다소 어려운 무선 채널 환경들을 반영하고 있다. Indoor 환경은 정지상태의 사용자만을 고려하며 작은 건물 안에 2개의 기지국이 설치된 상황을 모델링하고 있다. 다른 환경에서는 19개의 3중 셀구조를 고려하고 있으며, 각 셀은 3개의 방향성 안테나를 가지고 있다. 모의실험의 효율을 높이기 위해 3중 셀 구조가 modulo 방식으로 간섭을 주도록 한 wrap-around 방식으로 모의실험을 수행하도록 한다. Microcellular와 Base coverage에서는 정적인 사용자와 자동차사용자 모두를 모델링하여, 각각 0~10Km/h와 10~120Km/h의 속도가 고려된다. High speed 환경은 교외지역의 고속 기차를 주로 모델링한 것으로 120Km/h부터 350Km/h의 사용자를 고려한다.

2) 하향/상향링크는 각각 기지국으로부터 사용자/사용자로부터 기지국으로의 전송을 의미한다.

3) 한국 평가그룹인 TTA PG707에서는 M.2135를 따르는 모의실험용 Channel Simulator의 C-언어로 된 소스코드를 TTA PG707 홈페이지^[3]를 통해 공개하였다.

4. 후보기술

IMT-A 후보기술은 2009년 10월 ITU-R WP5D 회의에서 제안되었다. 형식적으로는 한국, 중국, 일본 등의 국가가 제안한 기술도 있고 IEEE와 같이 표준 단체에서 제안한 기술도 있는데, 실제적으로는 LTE-Advanced와 IEEE802.16m 두 가지 기술이 제안되었다고 볼 수 있다. 두 기술 모두 자체평가 결과가 ITU-R에서 정한 최소 성능 요구사항을 상회하므로, 현실적으로 외부평가 기관의 결과도 비슷할 것으로 예측되며, 따라서 두 기술 모두 IMT-A로 인정받게 될 것으로 현재 예상된다. 두 기술 모두, OFDMA에 기반한 패킷 방식통신으로, 데이터 및 멀티미디어 사용자에게 다양한 무선통신서비스를 고속으로 제공할 수 있는 반면, 기존의 음성통신 사용자들에게도 VoIP 기술을 통하여 Quality of Services (QoS)를 보장받을 수 있도록 한다. 이러한 커다란 특징에 있어서 두 기술은 매우 비슷하다. 다만, LTE-A가 LTE와 이전의 W-CDMA에서 진화했으므로, 기지국과 사용자간의 다중화 방식을 주파수 분할 (Frequency Division Duplexing, FDD)이 주로 고려되고, IEEE 802.16m 기술은 이전의 IEEE 802.16e에 기반한 WiMAX/Wibro 기술로부터 진화한 것으로 볼 때 기지국과 사용자를 시간축에서 분할 (Time Division Duplexing, TDD)이 고려된다는 측면에 있어서 두 기술은 커다란 다른 특징을 가지고 있다고 말할 수 있었다. 하지만, 원칙적으로 두 기술 모두 IMT-A 후보기술을 제출할 때에는 FDD와 TDD 모두 제공하도록 각각의 기술들을 정의하였기 때문에, (실제적으로 주로 사용될 것과는 별도로) 적어도 IMT-A 평가와 관련하여서는 FDD/TDD 측면에서 두 기술을 다르다고 볼 수 없다. 형식적인

면에 있어서, LTE-A와 IEEE 802.16m 모두 FDD와 TDD 방식을 제공하지만, IEEE 802.16m의 경우에는 두 다중모드 방식모두 하나의 무선 접속기술 (Radio Interface Technology, RIT)로 ITU-R에 제출된 반면, 3GPP에서는 FDD와 TDD를 두 개의 다른 기술로 (Set of RIT, SRIT) ITU-R에 제출 되었다.

LTE-A는 3GPP에서 2010년에 결정예정인 Release 10 표준과 그이후의 표준을 의미하며 2008년에 표준으로 결정된 Release 8은 LTE에 해당한다. LTE-A는 LTE와 마찬가지로, 하향링크에는 OFDM를 사용하여 주파수축에서 채널상황에 따른 스케줄링을 제공하며, 상향링크에서는 OFDM의 높은 Peak To Average Power Ratio (PAPR)을 피하기 위하여 Single-Carrier FDMA (SC-FDMA) 방식이 사용된다. 더불어, ITU-R에서 요구하는 성능을 얻기 위해 다중 송수신 안테나 기술을 포함하고 있다. 자체 성능 평가 중에서 CSE/CEUSE를 얻기 위한 모의실험에서는 하향링크의 경우 4개의 송신 2개의 수신 안테나가 주로 사용되었으며, 상향링크에서는 하나의 송신 4개의 수신 안테나가 주로 사용되었다. 그 외 LTE-A에서 제공되는 기술로는 다양한 대역폭, 다중 사용자를 이용한 MIMO 기술 (Multi-User MIMO, MU-MIMO) 다중 기지국간의 협력통신, 릴레이기술 등이 있으나, 실제로 성능평가에서는 MU-MIMO만 일부 사용되었고, 나머지 기술들은 사용되지 않았다. 특히, 하향링크 성능 평가에서는 UMi와 UMa 환경에서의 요구사항을 만족하기 위하여 LTE-A에서 새로 도입된 MU-MIMO 기술을 사용하여 모의 실험을 하였으나, 다른 환경의 하향링크와 모든 상향링크에서는 Release 8 (LTE) 기술에서 제공하고 있는 단일 사용자 MIMO (Single User

MIMO, SU-MIMO) 기술과 diversity 기술로도 ITU-R에서의 요구사항을 만족시키는 것으로 자체성능 분석 결과에 알려져 있다.

IEEE 802.16m도 LTE-A와 마찬가지로 OFDM 기술에 기반하고 있으며 상향/하향 모두 OFDM 기술이 사용되고 있다. IEEE 802.16e (WiMAX/Wibor의 기본이 되는 표준)가 진화된 형태인 IEEE 802.16m은 LTE-A와 마찬가지로 다양한 대역폭 제공, 다중 안테나 기술, 진화된 자원 할당기술, 릴레이 및 Femto-Cell 지원 기술 등을 포함하고 있으나, 성능평가에서 사용되는 기술은 LTE-A와 마찬가지로 MU-MIMO 기술 뿐이다. 자체 성능평가에서는 상향/하향 모두 기지국의 경우 4개 사용자의 경우 2개의 안테나를 가정하여, MU-MIMO 기술과 SU-MIMO 기술이 각각 하향/상향링크 모의실험에서 사용되었다.

5. 외부 평가 기관

IMT-A 후보기술을 평가하고자 하는 ITU-R에 2008년 말까지 등록을 한 외부평가그룹은 14개가 있으며[4], 국가 평가기관 및 표준단체 관련 평가기관으로 나눌 수 있다. 등록된 14개의 평가 기관은 다음과 같다.

- 한국 평가그룹 (TTA PG707)
- 일본 평가그룹 (ARIB)
- 중국 평가그룹 (ChEG)
- 미국 표준 그룹 (TR45)
- 유럽 표준 그룹 (ETIS)
- 캐나다 평가그룹 (CEG)
- 인도 평가그룹 (TCOE)
- 러시아 평가그룹
- 이스라엘 평가그룹

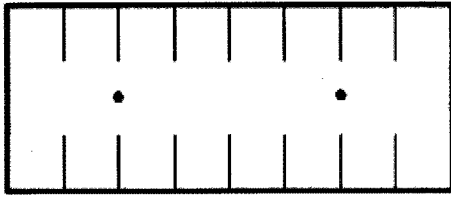
- 아르헨티나 평가그룹
- 북미표준평가그룹 (ATIS)
- WiMAX Forum 평가그룹 (WFEG)
- WCAI
- WINNER+ 평가그룹

이러한 평가그룹들은 2010년 2월 및 6월에 걸쳐 평가 보고서를 제출하게 되고, 모의실험은 M.2135에서 기술된 방법에 따라 수행하도록 권고가 되어 있다. ITU-R의 제출과는 별도로, 후보기술 별도의 워크샵 (LTE-A 워크샵과 IEEE 워크샵)을 ITU-R로 결과를 제출하기 전에 결과에 관한 의견을 교환하기도 한다. 다만, 이러한 평가그룹 하나하나가 모든 후보기술의 모든 면을 다 평가해야만 하는 것은 아니므로, 실제로 최종적인 결과는 일부 평가그룹에서만 수행될 것으로 예상되며, 평가 그룹에 따라서는 IMT-A 후보기술의 자체평가와 동일한 결과를 제시할 것으로도 예상되고 있다.

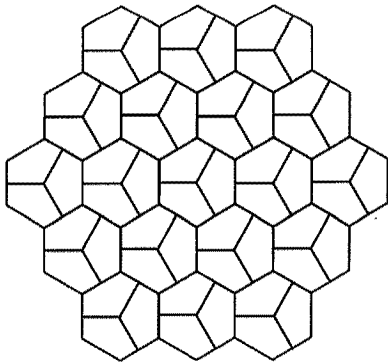
III. SLS 개발 및 결과

앞 절에서 언급된 바와 같이, IMT-A 후보기술의 성능 중에서 CSE와 CEUSE, 그리고 VoIP capacity 와 Mobility에 관한 성능 평가는 모의실험을 통하여 결과를 얻게 된다. 본 절에서는 이와 같은 성능평가를 목적으로 TTA와 고려대에서 M.2135에 따라 개발한 System-Level Simulator (SLS)를 설명하고, 그 SLS로부터 얻어진 모의실험 결과를 후보기술의 자체 평가결과와 비교해 보도록 한다.

모의실험은 앞에서 4가지 환경에 대하여 각각의 시나리오에 대하여 실시되며, InH의 경우 <그룹 1>과 같이 두 개의 기지국이 가정되고, 그 외



〈그림 1〉 네트워크 Layout (InH)



〈그림 2〉 셀룰라 Layout (UMi, UMa, RMa)

의 시나리오는 <그림 2>와 같이 일정한 크기의 육각 격자 19개(base station)가 일정 거리의 위치, 각각 3개의 안테나가 섹터로 나뉘어져 총 57개의 섹터로 형성된다. InH을 제외한 모든 시나리오는 wrap around되어 있으며, 시나리오에 따라 기지국 사이의 간격을 결정한다.

시나리오가 결정되면, 설정된 base station 주변으로 사용자가 랜덤하게 뿌려지는(dropped) 방식이다. 모의실험 한번을 수행할 때 (per-simulation run) 평균 10명의 사용자가 한 섹터에 존재하도록 하므로, InH에서는 60명, 다른 시나리오에서는 570명의 사용자에게 대해 모의실험을 실시하게 된다. IMT-A의 요구사항중의 하나가 다양한 대역폭을 제공하는 것인 반면, IMT-A 성능평가와 관련하여서는 20MHz의 대역폭 (FDD인 경우 상향/하향 각각 10MHz)에 대해서만 모의실험을 실시한다. 네트워크 상에 랜

덤하게 위치하게 된 사용자의 경우 역시 랜덤하게 결정되는 이동속도를 가지게 되지만, 모의실험이 진행되는 동안 사용자는 이동하지 않는다고 가정 한다 - 이동속도는 페이딩 채널을 생성하는데 사용되지만, 사용자의 이동 등으로 인한 Handover등은 SLS를 통한 모의실험에서 고려하지 않는다.

CSE는 주어진 무선 자원 (주파수와 시간)을 셀룰라 네트워크상에서 얼마나 효율적으로 사용할 수 있는 가를 나타내는 무선통신에서는 가장 중요한 평가지표라고 할 수 있다. 이러한, CSE는 무선자원을 할당하는 스케줄러 방식에 따라 많이 달라질 수가 있으며, 많은 경우 무선채널환경이 좋지 않은 사용자 (대부분 셀반경 부근에 위치하며, 원하는 기지국으로부터/기지국까지의 전력도 미약하고, 타 기지국으로부터/기지국까지의 간섭이 큰)에 대한 자원할당을 적게 함으로써 높아지는 경향이 있다. 이러한 형평성의 문제를 함께 고려하기 위하여 CEUSE도 함께 성능평가 지표로 활용되고 있으며, CEUSE의 경우, CSE와 같은 모의실험에서 얻어진 결과를 동시에 고려하고 있다. 따라서 채널환경이 좋은 사용자들만이 무선자원을 독점적으로 사용할 수 있게 하는 스케줄러를 모의실험상 사용할 경우, CSE를 높일 수 있지만, CEUSE의 경우 현저하게 떨어지는 것을 관찰할 수 있다. 모의실험에 사용되는 스케줄러는 IMT-A 기술에서 정의하고 있지는 않지만, 자체평가에서는 Proportional-Fair (PF) 스케줄러가 주파수 별로 사용되고 있다. 그리고, CSE/CEUSE를 구하는 모의실험에서는 패킷 스위칭에서 필요한 제어채널들의 overhead도 고려하여 최종 CSE/CEUSE에 반영하도록 하고 있다. 또한, 사용자 패킷의 도착과 관련한 것은 고려하지 않으며, 항상 보낼 패킷이

있다는 가정(full-buffer assumption)하에서 모의실험을 수행하게 된다.

VoIP capacity 모의실험에서는 실제 음성 패킷이 도착하는 프로세스를 모델링을 하며, 따라서 full-buffer가 아닌 경우의 모의실험을 시행하게 된다. 또한, 실시간 통신이 요구되는 음성 서비스의 특성상 채널 상태에 따른 스케줄러 대신 무선 자원을 VoIP 사용자에게 지속적으로 할당하는 방식의 스케줄러가 (PF 스케줄러 대신) 사용되고 있다. Mobility test의 경우에는 SLS를 통하여 각 시나리오 상에서의 중간값에 해당하는 SNR을 찾은 후, 해당 SNR 상황에서 (시나리오상의 사용자 이동속도를 유지하면서) 1% 에러를 유지할 수 있는 CSE를 LLS를 통하여 구한다.

TTA와 고려대 무선네트워크 연구실이 공동으로 개발한 IMT-A Simulator로부터 얻은 CSE와 CEUSE의 모의실험 결과는 <그림 3-6>에서 볼 수 있다. KU는 모의실험 결과를 나타내며, 3GPP와 IEEE 등은 2009년 10월에 제출된 자체 성능평가 결과를 나타내고, ITU-R은 M.2134에 정의되어 있는 최소 성능 요구 사항을 나타낸다. CSE의 단위는 bps/Hz이고, CEUSE의 단위는 bps/Hz/User 이다. 결과에서 보는 바와 같이 모의실험 결과는 3GPP와 IEEE의 자체 성능평

		InH	UMi	UMa	RMa
	KU	4.73	2.86	2.42	2.85
CSE	3GPP	5.5	2.9	2.4	3.2
	ITU-R	3	2.6	2.2	1.1
CEUSE	KU	0.22	0.11	0.088	0.11
	3GPP	0.22	0.087	0.066	0.090
	ITU-R	0.1	0.075	0.06	0.04

<그림 3> 하향 LTE 모의실험 결과

		InH	UMi	UMa	RMa
	KU	2.91	1.61	1.53	1.58
CSE	3GPP	3.3	1.9	1.5	1.8
	ITU-R	2.25	1.8	1.4	0.7
CEUSE	KU	0.257	0.063	0.065	0.069
	3GPP	0.24	0.073	0.062	0.082
	ITU-R	0.07	0.05	0.03	0.015

<그림 4> 상향 LTE-A 모의실험 결과

		InH	UMi	UMa	RMa
	KU	6.5	4.5	2.6	4.28
CSE	IEEE	6.93	3.22	2.41	3.23
	ITU-R	3	2.6	2.2	1.1
CEUSE	KU	0.51	0.173	0.078	0.08
	IEEE	0.26	0.092	0.069	0.093
	ITU-R	0.1	0.075	0.06	0.04

<그림 5> 하향 IEEE 802.16m 모의실험 결과

		InH	UMi	UMa	RMa
	KU	5.68	2.9	2.89	2.83
CSE	IEEE	5.99	2.58	2.57	2.66
	ITU-R	2.25	1.8	1.4	0.7
CEUSE	KU	0.41	0.126	0.13	0.115
	IEEE	0.426	0.111	0.109	0.119
	ITU-R	0.07	0.05	0.03	0.015

<그림 6> 상향 IEEE 802.16m 모의실험 결과

가 결과와 비슷하며 모든 경우에 최소 성능 요구 사항을 상회하는 것을 볼 수 있다.

IV. 결론

무선 통신 표준회의의 경우, 업체가 중심이 되어, 각 사들이 보유하고 있는 특허를 표준의 일부

로 채택되게 함으로써 기술적인 우의를 차지하려는 노력을 쉽게 볼 수 있다. ITU-R의 경우는 무선통신 표준을 만드는 곳이 아니라 제출된 무선통신 기술을 승인하는 곳으로 특허와 관련된 쟁점은 많지 않은 곳이다. 다만, IMT-A 승인과 관련하여서는 상이한 기술에 대한 평가를 하게 되고, 비록 각각의 기술이 ITU-R에서 이미 결정한 최소 기준을 상회하는가를 판단하는 것이 본래의 목적이지만, 동일한 모의실험환경에서 다른 두 개의 기술을 평가한다는 점에서, 두 기술을 상대적으로 비교하는 결과를 초래할 수도 있다. 오히려, IMT-A에 관심이 있는 무선 사업자의 경우, IMT-A로 인정받느냐의 사실 보다는, 어떤 후보기술의 성능이 더 좋은지에 대해 관심이 많을 것이다.

지금까지 알려진 외부 평가그룹의 부분적 모의실험 결과와 후보기술 자체의 성능평가 모두 ITU-R에서 정한 최소성능 기준을 상회하기 때문에, 두 기술 모두 IMT-A 기술로 인정받을 수 있을 것으로 예상해 볼 수 있다. 현재 보고되고 있는 성능 결과와 관련하여서는 IEEE 802.16m이 LTE-A 보다는 좋은 결과를 나타내지만, 자세히 살펴보면 LTE-A의 경우 많은 부분 모의실험 결과를 Release 8 LTE (LTE-A가 아님), 즉 LTE-A 이전의 기술로 ITU-R의 요구 사항을 만족 시키는 것을 알 수 있다. 더욱이, LTE-A와 IEEE802.16m 기술 성능 평가는 ITU-R에서 정의한 IMT-A 기술의 최소 성능을 상회하느냐를 판단하는 것으로, 두 기술의 성능을 비교하는 것으로 보기에 무리가 있다.

참고문헌

- [1] M.2134 : Requirements related to technical performance for IMT-Advanced radio interface(s). 2008. Available at <http://www.itu.int/publ/R-REP-M.2134/en>
- [2] M.2135 : Guidelines for evaluation of radio transmission technologies for IMT-Advanced, 2008. Available at <http://www.itu.int/publ/R-REP-M.2135/en>
- [3] TTA PG707 Web-Site : http://www.tta.or.kr/English/new/standardization/Committee_newEngList_pop.jsp?committee_code=PG707
- [4] External Evaluation Group available at <http://www.itu.int/ITU-R/index.asp?category=study-groups&link=rsg5-imt-advanced&lang=en>

저자소개



박진영

2010년 2월 고려대학교 전자통신공학과 학사

주관심 분야 : 차세대 이동통신 시스템

저자소개



김 대 중

1993년~2009년 전남대학교 공과대학 학사(1993)
 경희대학교 정보통신공학과 석사(2004)
 광운대학교 전자통신공학과 박사(2009)
 1993년~2001년 한국 전파진흥원(구; 무선관리단)
 2001년~현재 한국정보통신기술협회 표준화본부 전파
 방송팀장

주관심 분야 : 이동통신, 방송통신 표준화 및 이동통신 표
 준 시뮬레이션(LLS, SLS) 등



정 광 수

1983년~1993년 한양대학교 전자공학과(학사),
 KAIST 전기 및 전자공학(석사)
 미국 University of Florida 전기공학
 과(공학박사)
 1983년~1993년 한국전자통신연구원 선임연구원
 1991년~1992년 KAIST 전산학과 겸임교수
 2005년~2008년 광운대학교 산학협력단장
 1993년 3월~현재 광운대학교 전자통신공학과 교수

OSIA 부의장/한국정보과학회 정보통신연구회 위원장
 역임, KRnet/HSN/ICOIN2008등 국내외 학술대회 프로
 그램 위원장 등

저자소개



오 성 준

1991년 2월 KAIST 전기 및 전자공학과 학사
 1995년 2월 KAIST 전기 및 전자공학과 석사
 2000년 9월 미국 University of Michigan, Ann Arbor,
 Electrical Engineering and Computer
 Science 박사
 2000년 9월~2003년 3월 Senior Engineer, Ericsson
 Wireless Communications Inc., San
 Diego, CA, USA.
 2003년 3월~2007년 8, Staff Engineer, Qualcomm
 CDMA Technologies, San Diego, CA,
 USA.
 2007년 9월~현재 고려대학교 정보통신대학 컴퓨터통
 신공학부, 조교수
 주관심 분야 : 차세대 이동통신 시스템, Modem (ASIC)
 Design, Network Resource Allocation