ITU-R IMT-Advanced 표준 동향

임은택 · 최성호 · 박정호
삼성전자 DMC 연구소

Ⅰ. 서 론

흔히 4G라고도 불리는 IMT-Advanced 기술은 지난 2003년부터 ITU-R을 통해 표준화가 진행되어 왔으며, ITU-R 진행 일정에 따라 3GPP 및 IEEE와 같이 직접 기술 표준을 개발하는 단체를 통해 구체화되고 있다.

IMT-2000 표준화 과정과 유사하게, IMT-Advanced도 ITU-R에서 정의한 성능 요구 사항을 만족시키는 복수의 기술로 정의될 것으로 보이며, 현재 3GPP의 LTE-Advanced(LTE Release 10 and Beyond) 및 IEEE의 802.16m 기술이 후보 기술로 제안된 상태이다.

국내는 KCC, TTA, 그리고 산업계/학계의 협력을 바탕으로 ITU-R의 IMT-Advanced 표준화에 대해 조직적으로 대응을 해왔다. 그 결과로 IEEE의 802.16m 기술을 TTA 명의로 제안하여, 한국 정부와 함께 802.16m의 IMT-Advanced 표준 최종 승인을 지원하고 있다. 또한 TTA는 3GPP의 Organizational Partner로서 3GPP 제안 기술인 LTE-Advanced 또한 지지하고 있다. 더불어 TTA의 PG707(의장: 정현규 박사, ETRI)은 IMT-Advanced 표준 기술의 외부 평가 기관으로서 LTE-Advanced(FDD) 및 802.16m(FDD, TDD)에 대한 1차 기술 평가 결과를 ITU-R에 제출하였으며, 최종 평가 결과를 준비하고 있다.

본 논고에서는 IMT-Advanced 표준 개발과 관련한 ITU-R에서의 진행 현황을 정리하고자 한다. 그리고 현재 진행 중인 표준화 과정을 살펴봄으로써 앞으로 논의 결과에 대해 전망하고자 한다.

Ⅱ. ITU-R IMT-Advanced 표준 추진 과정

2-1 IMT-Advanced 개념

IMT-Advanced는 지난 2003년 ITU-R 권고서 M.1645를 통해 그 개념이 제시되었다. 권고서 M.1645는 미래 mobile 통신의 비전을 제시하고 있으며, 향후 증가될 데이터 통신의 요구를 만족시키기 위해서는 향상된 속도 및 이동성을 지원하는 새로운 기술의 필요성을 언급하고 있다. ITU-R은 본 권고서를 통해 new capability로 명명된 새로운 이동통신 기술이 도래할 것으로 전망하며, 이 기술이 이동 시 100 Mbps, 정지 시 1 Gbps의 전송 속도를 지원할 것이라는 비전을 보여줌으로써 산업계에 신규 이동통신 표준 개발에 대한 연구 목표를 제시한 바 있다. 이후, 해당 전송 속도는 3GPP 및 IEEE 표준 단체에서 3G 진화 및 새로운 IMT-Advanced 기술 표준을 개발할 때, 일종의 가이드라인으로 고려되었다. 또한, 권고서 ITU-R M.1645는 기존 IMT-2000과 그 진화, 그리고 새롭게 개발될 new capability의 기술이 handover 및 상호 interworking으로 유기적으로 연결되어 사용자에게 최적의 이동통신 서비스를 제시할 것으로 예상한 바 있으며, 이러한 상호 연관의 개념 역시 이후 ITU- R에서 IMT-Advanced를 정의할 때 매우 중요한 원칙이 되었다.

권고서 ITU-R M.1645가 IMT-2000부터 IMT-Advanced를 포괄하는 큰 vision을 제시하였다면, 결의 ITU-R 56은 IMT-Advanced라는 용어를 정의함과 동시에 매우 구체화된 개념을 제시하였다.

결의 ITU-R 56에 따르면, 글로벌 이동통신 표준인 IMT(International Mobile Telecommunication)는 3G를 의미하는 IMT-2000 및 진화와 차세대 표준을 의미

하는 IMT-Advanced로 구성된다. 일종의 root concept인 이 정의는 IMT-Advanced가 실질적으로 3G의 연장선에서 발전할 것이라는 전망을 구체화 한 것으로 이해될 수 있을 것이다.

2-2 IMT-Advanced 요구 사항

IMT-Advanced의 기술적 측면을 본격적으로 다루기 시작한 것은 요구 사항을 정의할 당시라고 할 수 있다. ITU-R은 WP5D(Working Party 5D) 그룹을 통해 IMT-Advanced 기술이 만족해야 할 요구 사항을 구체적으로 정의하기 시작하였으며, 지난 2008년 6월 제2차 WP5D 회의에서 요구 사항을 담고 있는 보고서 ITU-R M.2134를 최종 완료하였다. 또한 병행하여 요구 사항의 만족 여부를 객관적으로 평가할 수 있도록 기술 평가 가드라인 문서인 보고서 ITU-R M.2135를 개발 완료하였다. 두 문서는 IMT-Advanced 요구 사항을 모의 실험 등을 통해 도출되는 통계적 성능과 표준 규격에서 도출되는 성능으로 구분하여 정의하였다. <표 1>에서 보는 바와 같이 통계적 성능은 Indoor Hotspot 환경, 마이크로 셀 환경, 매크로 셀(base coverage urban) 환경 및 rural 환경 등 4개의 환경에서의 평균 전송률, 셀 경계 성능, 음성 용량 및 이동성 지원을 위한 링크 성능 등으로 정의되고 있으며, 표준 규격으로부터 도출되는 성능은 최대 전송 용량, 전송 지연, 핸드오버 지연 및 확장된 대역폭 지원 등을 포함하도록 정의되어 있다.

ITU-R에서 정의한 요구 사항에 비춰 볼 때, IMT-Advanced는 대역폭 확장 및 MIMO 성능 향상 등으로 3G 기술과 차별화 될 것으로 전망되었으며, 실제로 3GPP 및 802.16m 역시 상기 특징을 고려하여 기술 개발을 진행하고 있다. MIMO 기술의 경우, 요구 사항에서는 최대 전송 속도 시 4×4 MIMO로 기존 LTE나 WiMAX에서 정의한 최대 성능과 큰 차이를 보이지 않는다. 그러나 일반적 전송 속도를 고려할 경우, 특히 Uplink에서 2×4 MIMO를 요구되기 때문에 최소 성능의 향상은 필요할 것이다. 또한, 기존 3G 기술이 5 MHz 대역폭에서 그 진화인 LTE 및 WiMAX 등에서 최대 20 MHz까지 확장된 것과 유사하게, IMT-Advanced는 최대 지원 가능한 전송 대역폭을 최소 40 MHz까지 요구함으로써, 권고서 ITU-R M.1645에

<표 1> IMT-Advanced 성능 요구 사항

주요 항목		ITU-R IMT-Advanced 요구사항 수치			
환경		실내	마이크로 셀	매크로 셀	고속 환경
최대 전송 속도(bps/Hz)		다운 링크(4×4): 15, 업 링크(2×4): 6.75 (600 MHz @ 40 MHz/270 MHz @ 40 MHz)			
평균 전송 효율 (bps/Hz/Cell)	다운 링크(4×2 MIMO)	3	2.6	2.2	1.1
	업 링크(2×4 MIMO)	2.25	1.8	1.4	0.7
셀 경계 전송 효율 (bps/Hz)	다운 링크(4×2 MIMO)	0.1	0.075	0.06	0.04
	업 링크(2×4 MIMO)	0.07	0.05	0.03	0.015
이동 시, 링크 기준 주파수 효율(bps/Hz)		1.0(3 km/h)	0.75(30 km/h)	0.55(120 km/h)	0.25(350 km/h)
VoIP 사용자(명/MHz/셀)		50	40	40	30
대역폭(MHz)		Scalable 40(Multi-carrier 허용)			
핸드오버 지연(ms)		27.5(동일 FA)/40(인접 FA)/60(다른 대역 FA)			
지연		Control Plane: 100 ms/User Plane: 10 ms			

서 언급한 이동 시 100 Mbps의 구현이 실질적으로 가능하도록 요구하고 있다. 덧붙여 multi-carrier 등 기술로 최대 100 MHz 대역폭의 지원이 가능한지에 대해 질의하는 등 간접적으로 제안 기술이 정지 시 1 Gbps의 전송 속도를 구현할 수 있는 기술을 예상하고 있다.

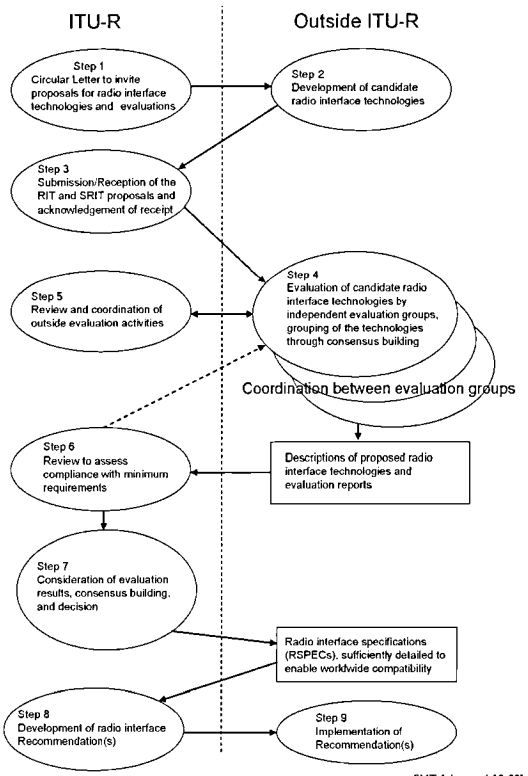
요구 사항 개발 당시에는 3GPP의 경우, LTE-Advanced에 대한 study item을 착수하는 단계였으므로 사업자 및 제조사간 기술 개발을 위한 target을 설정하는 단계였다. 반면, IEEE는 이보다 좀 더 이른 2007년부터 IMT-Advanced를 목표로 기존 IEEE 802.16-2009의 amendment로 802.16m 표준을 개발하기 시작하였으며, 계획 초기에 정의된 내부 요구 사항을 토대로 최소 요구 사항을 제안한 바 있다. ITU-R의 요구 사항은 최종적으로 두 표준 단체 및 관련 업계의 합의로 도출되었다.

Ⅲ. 표준 논의 현황

3-1 IMT-Advanced 표준화 과정

IMT-Advanced 표준 추진을 위해 ITU-R은 WP5D를 통해 Circular Letter 5/LCCE/2 문서를 통해 [그림 1]과 같이 총 8단계의 표준 과정을 정의하였다. 해당 과정은 사실 IMT-2000의 표준화 과정과 거의 동일하다고 볼 수 있다. [그림 1]에서 Step 3 과정은 기술 표준 단체에서 개발한 표준을 제안하는 단계로 ITU-R은 완성된 기술 제안을 위해 (1) 제안 기술의 세부 규격 및 성능을 담은 description template, (2) 기술 제안자의 성능 보고서 또는 기술 제안자가 인정한 성능 보고서, (3) 그리고 ITU-T/ITU-R/IEC/ISO 공동의 IPR 정책을 준수한다는 사실을 제출하도록 요구하고 있다. 이러한 Step 3는 지난 2009년 10월 회의를 기준으로 마무리 되었다.

2009년 10월 제6차 ITU-R WP5D 회의에서는 IMT-Advanced 후보 기술로서 3GPP의 LTE-Advanced 및



[그림 1] IMT-Advanced 표준화 process

IEEE의 802.16m, 2개 기술에 대한 총 6개의 기술 제안서가 한국의 TTA, 중국과 일본 정부 및 3GPP, IEEE 등으로부터 접수되었다. 그러나 한국, 중국, 일본의 제안 기술은 모두 3GPP 또는 IEEE의 제안 기술과 동일한 기술을 제안하였으며, 따라서 제6차 WP5D의 회의 결과, 평가 과정에서는 3GPP, IEEE 기술과 동일하게 다루어질 것임이 공지된 바 있다.

현재는 ITU-R의 논의 상태는 프로세스 상 Step 5 과정 중으로 ITU-R에 등록된 총 14개의 외부 기관의 앞에서 언급된 기술 제안서를 기초로 기술 평가를 진행하는 중이다. ITU-R 계획상으로는 차기 회의에 평가를 완료하고 이후에 평가 결과에 따른 최종 결정을 도출하는 Step 7 과정을 시작할 예정이다. 특히 Step 7에서는 최종 기술 선정에 앞서 consensus buil-

ding 과정을 통해 유사한 기술 제안을 하나의 기술 群으로 병합하는 과정이 진행된다. 따라서 앞에서 설명한 바와 같이 현재 6개의 기술 제안이 크게는 3GPP의 LTE-Advanced(가칭) 및 IEEE의 802.16m 2개 기술 群에 해당되므로 최종적으로 2개 기술이 IMT-Advanced 표준으로 승인될 것으로 전망된다. 승인 기술이 최종적으로 결정된다면, 이후에는 IMT-Advanced 세부 기술 규격인 IMT.RSPEC(가칭)이 2011년 3월까지 WP5D에서 개발될 예정이다.

3-2 제안 기술의 특징

앞에서 설명한 바와 같이 IMT-Advanced의 후보로 제안된 기술은 3GPP의 LTE-Advanced 및 IEEE의 802.16m 기술이다. 해당 기술은 모두 ITU-R의 개념상 3G Enhancement로 분류되는 LTE 및 WiMAX 기술의 진화 기술로써 기존 기술 대비 MIMO 성능 개선 및 대역폭 확대 등으로 평균 및 최대 전송 속도의 향상을 꾀하고 있다.

3GPP의 LTE-Advanced는 LTE 기술에 MIMO 기능을 강화하였으며, 특히 DL Multi-User MIMO 기술과 UL 2×4 MIMO 기술을 DL 평균 전송 속도와 UL 평균 전송 속도를 LTE 대비 각각 1.8배, 3.1배 향상시킨 것으로 제안되었다. 또한 carrier aggregation 기술을 이용하여 전송 대역폭을 40 MHz 이상 지원할 수 있도록 규격 작업을 진행하고 있어 ITU-R 요구 조건을 만족시킬 수 있다. LTE-Advanced 표준 기술은 ITU-R 요구 조건을 만족시킬 뿐만 아니라 실질적인 셀 커버리지 확장과 셀 용량을 향상시킬 수 있는 기술인 relay, heterogeneous network 기술 관련 표준화도 포함하고 있다. 따라서 LTE-Advanced 표준은 향후 증가하는 데이터 서비스 용량을 충족시키기 위한 핵심 표준 기술 위주로 개발되고 있다.

반면 IEEE 802.16m 기술도 기존 IEEE802.16-2009 대비 프레임 구조 개선 및 control 채널 등의 개선을 통해 실질적 데이터 전송 효율을 높임과 동시에 MIMO 기술의 확장 및 최적화 등을 통해 평균 셀 전송율 및 셀 경계 전송율을 개선하였다.

〈표 2〉 및 〈표 3〉에서 기술한 바와 같이, 기술 제안자의 분석에 의하면 두 기술은 모두 IMT-Advanced의 최소 요구 사항을 만족하는 것으로 보이며, 현재까지의 외부 평가 그룹에서의 결과 역시 각 기술 제안자의 분석과 크게 다르지 않은 것으로 확인된다.

〈표 2〉 LTE-Advanced 제안 기술 성능

주요 항목		LTE-Advanced			
환경		실내	마이크로 셀	매크로 셀	고속 환경
평균 전송 효율 (bps/Hz/Cell)	다운 링크	4.1~6.6	2.8~4.5	2.4~3.8	1.8~4.1
	업 링크	3.3~5.8	1.9~2.5	1.5~2.1	1.8~2.3
셀 경계 전송 효율 (bps/Hz)	다운 링크	0.19~0.26	0.087~0.15	0.066~0.10	0.057~0.13
	업 링크	0.23~0.42	0.073~0.086	0.062~0.099	0.082~0.13
최대 전송 속도(bps/Hz)		16.3 b/s/Hz(DL), 8.4 b/s/Hz(UL)			
최대 지원 대역폭(MHz)		100 MHz(Carrier Aggregation 기술 활용)			
핸드오버 지연(ms)		10.5 ms			
이동 시, 링크 효율(bps/Hz)		2.56	1.21	1.08	1.22
VoIP 사용자(명/MHz/셀)		140(/Cell)	80	68	91
지연		4.8 ms(User Plan)(10 % HARQ), 80 ms(Control Plan)			

〈표 3〉 IEEE 802.16m 제안 기술 성능

주요 항목		802.16m			
환경		실내	마이크로 셀	매크로 셀	고속 환경
평균 전송 효율 (bps/Hz/Cell)	다운 링크	6.93	3.22	2.41	3.23
	업 링크	5.99	2.58	2.57	2.66
셀 경계 전송 효율 (bps/Hz)	다운 링크	0.260	0.092	0.069	0.093
	업 링크	0.426	0.111	0.109	0.119
최대 전송 속도(bps/Hz)		16.96 bit/s/Hz(DL), 9.22 bit/s/Hz(UL)			
최대 지원 대역폭(MHz)		단일 Carrier 시 20 MHz, 멀티 Carrier 시 100 MHz			
핸드오버 지연(ms)		0~15 ms for intra-FA, 5~20 ms for inter-FA			
이동 시, 링크 효율(bps/Hz)		3.41	1.50	1.30	1.23
VoIP 사용자(명/MHz/셀)		140(/sector)	82	74	89
지연		7.32 ms(user, 10 % HARQ), 81 ms 이하(control)			

최종 결론은 다음 WP5D 회의에서 도출될 계획이다.

Ⅳ. 향후 일정 및 전망

앞에서 설명한 바와 같이, ITU-R의 IMT-Advanced 표준으로 제안된 기술 평가 결과를 완료한 후 최종 기술 선정을 위한 본격적 논의 과정이 ITU-R에서 진행될 것이다. 이러한 최종 기술 선정 과정까지의 논의 내용 및 결론을 정리할 목적으로 ITU-R WP5D는 가칭 IMT.Radio 문서 개발을 준비하고 있다.

보고서로 개발될 IMT.Radio 문서는 제안 기술의 특징 및 제출 성능 분석, 그리고 최종 기술 선정을 의미하는 consensus building에 대한 논의 내용 등이 기술될 계획이다. 특히 앞으로 남은 ITU-R의 IMT-Advanced 과정이 기술을 확정 짓고, 세부 규격을 개발해야 하는 과정이므로, 어떤 결론을 내릴 것인가에 대한 명확한 논의 방향이 필요하며, IMT.Radio 보고서는 WP5D 내에서 이러한 내용이 효율적으로 논의될 수 있도록 바탕을 제공할 것으로 보인다.

최종 결론으로는 6개의 후보 기술 제안이 기술적으로 3GPP 또는 IEEE의 기술 제안과 동일하다는 점에서 2개 기술이 IMT-Advanced 표준으로 승인될 것으로 전망되며, ITU-R에서는 consensus building이라는 과정을 통해 위 전망을 구체적인 결정으로 도출할 것으로 보인다. ITU-R 일정에 따르면 2010년 6월 제8차 ITU-R WP5D회의에서 어떤 과정으로 consensus building을 진행할 지를 논의하기 시작하여, 2010년 10월 WP5D 회의에서 최종 결론을 도출할 예정이다.

IMT-Advanced의 세부 기술 권고서인 가칭 IMT.RSPEC은 2010년 10월 최종 기술 선정 후 3GPP 및 IEEE와 같은 표준단체의 제안을 토대로 2011년 3월 제10차 WP5D 회의에서 완료될 것이다.

Ⅴ. 결 론

앞에서 살펴본 바와 같이, ITU-R의 IMT-Advanced 표준화는 일정에 큰 변화 없이 무난히 진행되고 있다. 현재 제출된 6개 제안서의 2개 기술(3GPP, IEEE)은 외부 평가 기관에 의해 분석되고 있으며, 아직까지는 두 제안 기술 모두 IMT-Advanced 기술의 최소 요구 사항을 만족시키는데 무리가 없는 것으로 판단되고 있다.

ITU-R은 최종 기술 선정은 금년 10월 WP5D 회의에서 완료할 예정이나, 세부 규격은 내년 3월 개발될 예정이며, 3GPP 제안 기술의 경우, 올 12월에 완료될 LTE-Advanced 규격을 토대로, 그리고 IEEE 제안 기술의 경우 올 11월에 완료될 예정인 802.16m 기술을 토대로 ITU-R의 세부 기술 권고서가 개발될 것이다.

참 고 문 헌

[1] 권고안 ITU-R M.1645, "Framework and overall objectives of the future development of IMT-2000 and systems beyond IMT-2000".

[2] 결의 ITU-R 56, "Naming for International Mobile Telecommunications".

[3] 보고서 ITU-R M.2134, "Requirements related to technical performance for IMT-Advanced radio interface(s)".

[4] 보고서 ITU-R M.2135, "Guidelines for evaluation of radio interface technologies for IMT-Advanced".

[5] http://www.itu.int/itu-r/go/rsg5-imt-advanced

≡ 필자소개 ≡

임 은 택

1996년 2월: KAIST 산업경영학 (경영학사)
1998년 2월: KAIST 산업공학과 최적화 이론 전공 (공학석사)
2003년 2월: KAIST 산업공학과 최적화 이론 전공 (공학박사)
2003년 4월~현재: 삼성전자 DMC연구소 책임연구원
[주 관심분야] *Spectrum engineering, Telecom Policy and Regulation*

최 성 호

1993년 2월: 서울대학교 수학과 (이학사)
1995년 2월: KAIST 수학과 응용확률론 전공 (이학석사)
1998년 8월: KAIST 수학과 응용확률론 전공 (이학박사)
1999년 9월~2007년 2월: 삼성전자 DMC연구소 책임연구원
2007년 3월~현재: 삼성전자 수석연구원
[주 관심분야] 3GPP Radio Interface, Network Architecture 표준화

박 정 호

1997년: 연세대학교 전자공학과 (공학사)
2000년: 연세대학교 전자공학과 (공학석사)
2005년: 연세대학교 전자공학과 (공학박사)
2005년~현재: 삼성전자 DMC연구소 책임연구원
[주 관심분야] IEEE 802.16m 기술 개발 및 표준화, WiMAX Forum TWG