ETRI

2017
Electronics and
Telecommunications
Trends

TDD 동향과 전망

Trend and Prospect on TDD

장재혁 (J.H. Jahng)　통신정책연구그룹 선임연구원

미래전략기술 특집

Ⅰ. 서론
Ⅱ. 서비스 및 시장 동향
Ⅲ. 주파수 및 기술 동향
Ⅳ. 향후 전망
Ⅴ. 결론

국내 이동통신은 상향과 하향 신호를 주파수 대역으로 구분하는 주파수분할(FDD: Frequency Division Duplex) 방식을 중심으로 발전해 왔으나, 최근 가용 주파수가 줄어드는 상황에서 5G 대응 및 모바일 생태계의 지속적인 발전을 위해 상향과 하향을 시간으로 구분하는 시분할(TDD: Time Division Duplex) 방식의 주파수 활용에 대한 필요성이 높아지는 추세이다. 또한, 주파수 이용 효율성, 주파수 확보 용이성, FDD-TDD 상호 호환성, TDD 생태계 조성의 필요성, 5G 신기술 수용 및 확장성 등을 고려할 때 국내 TDD 주파수 정책은 분명 새로운 전환 국면을 맞이하고 있으며, 이에 국내 환경에 적합한 TDD 정책방향을 탐색하기 위해 최근 국내외 LTE-TDD 서비스 및 시장, 주파수 및 기술 동향을 살펴보고, 향후 TDD 활용 전망을 제시하고자 하였다.

OPEN KOGL 공공저작물 자유이용허락
본 저작물은 공공누리 제4유형
출처표시+상업적이용금지+변경금지 조건에 따라 이용할 수 있습니다.

© 2017 한국전자통신연구원

Ⅰ. 서론

국내 이동통신은 상향과 하향 신호를 주파수 대역으로 구분하는 FDD(Frequency Division Duplex, 주파수 분할) 방식을 중심으로 발전해 왔으나, 최근 가용 주파수가 줄어드는 상황에서 5G 대응 및 모바일 생태계의 지속적인 발전을 위해 상향과 하향을 시간으로 구분하는 TDD(Time Division Duplex, 시분할) 방식의 주파수 활용에 대한 필요성이 높아지는 추세이다.

또한, 주파수 이용 효율성, 주파수 확보 용이성, FDD-TDD 상호 호환성, TDD 생태계 조성의 필요성, 5G 신기술 수용 및 확장성 등을 고려할 때 국내 TDD 주파수 정책은 분명 새로운 전환 국면을 맞이하고 있으며, 이에 국내 환경에 적합한 TDD 정책방향을 탐색하기 위해 최근 국내외 LTE-TDD 서비스 및 시장, 주파수 및 기술 동향을 살펴보고, 향후 TDD 활용 전망을 제시하고자 하였다.

앞서 우리나라는 휴대인터넷(WiBro)을 통해 2006년 6월에 세계 최초로 TDD 상용서비스를 개시한 바 있고, 2007년 ITU에서 WiBro 기술이 반영된 IEEE 802.16d/e 계열의 IMT-2000 OFDMA TDD WMAN을 6번째 IMT-2000 표준으로 채택되기도 하였다[1]. 그러나, 이후 3GPP 진영이 주도하는 세계 통신시장 주도권 경쟁에서의 열위, 기존 이동통신 시장 잠식 우려에 대한 사업자의 소극적인 투자, 장비 및 단말 수급에 대한 규모의 경제 측면에서 WiBro 시장은 LTE 계열에 비해 지속적인 성장과 발전을 이어가지 못하였다.

한편 WiBro가 TDD 방식임에도 불구하고, 국내에서는 국제 기술표준과 달리 WiBro 서비스를 이동통신 서비스가 아닌 휴대인터넷 서비스로 시장획정 되어 구분함에 따라, 국내 통신정책 및 시장의 특수성을 감안하여 본 고에서의 TDD는 LTE 계열에 주안점을 두고 기술하고자 한다.

Ⅱ. 서비스 및 시장 동향

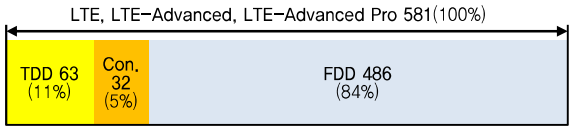
1. 상용 서비스

3GPP는 LTE TDD 모드를 LTE FDD 모드와 동시에 Release 8 기술로 채택하였으며, 국제전기통신연합ITU)은 2012년 1월 3GPP Release 10 이상의 기술인 LTE-Advanced와 IEEE 802.16m 이상의 기술인 Wireless MAN-Advanced를 이동통신 4G(IMT-Advanced) 기술의 국제표준으로 확정하였다[2]. 나아가 3GPP는 Release 13/14에 적용되는 주요 기술들을 'LTE-Advanced Pro'라는 브랜드 네임으로 정의하였다.

세계모바일공급자협회 GSA(Global Mobile Suppliers Association)에 따르면, 2017년 1월 현재 186개국 581개 사업자가 상업용 LTE, LTE-Advanced, LTE-Advanced Pro 서비스를 런칭하였고, 그중 TDD 방식은 54개국 95개 사업자가 상용 서비스를 제공하고 있다[3]. TDD 상용화는 국가 수 기준으로 29%이며, (그림 1)에서 보는 바와 같이 사업자 수 기준으로 16% 수준이다. TDD 사업자 중에서 63개 사업자는 TDD 서비스만 제공하고 있고, 32개 사업자는 FDD와 TDD를 서로 다른 주파수 대역을 활용하여 두 가지 방식을 혼용(converged)하여 서비스를 제공하고 있다[3].

TDD 채택 사업자는 자국에서 3위 이하의 사업자가 많은데, 그중 일부가 FDD&TDD 서비스를 병행 도입하고 있으며, 미국의 Sprint, 일본의 Softbank, 러시아의 Megafon 및 MTS 등이 해당된다[3].

중국은 국가 주도로 전략적으로 TDD 산업을 육성 지원함에도 불구하고, LTE-TDD 시장점유율이 차이나모바일에 편중되어 2015년 2월에 3G 대역에서의 LTE-FDD 상용서비스 사업권을 승인하기에 이르렀다. 즉 차



(그림 1) LTE 모드별 상용서비스 사업자 수 및 비중

이나텔레콤은 CDMA 1xEV-DO로 사용 중인 1920~1935/2110~2125MHz 대역에서, 차이나유니콤은 WCDMA로 사용중인 1755~1785/1850~1880MHz 대역에서 LTE-FDD 사용이 가능하게 된 것이다[4]. 두 사업자는 기존에 발부받은 TDD 대역과 추가 승인된 FDD 대역을 혼합해서 LTE 서비스를 제공하고 있으며, 차이나모바일은 TDD 대역만으로 LTE 서비스를 제공하고 있다. 이로써 중국은 2016년말 기준으로 LTE-TDD 중심의 4G 가입자는 7억 7천만에 이르고 있다[5].

2. 글로벌 에코시스템

〈표 1〉에서 LTE-TDD 주파수 대역별 상용서비스 사업자 수는 2.3GHz 대역의 Band 40이 38개로 가장 많으며, 최근 3.5/3.7GHz 대역의 Band 42/43에서 28개로 늘어나는 추세이다. 또한, 2.6GHz 대역에서 Band 38은 18개이고, Band 41에서 중국, 미국, 일본 등 시장 규모가 상대적으로 큰 국가를 중심으로 19개 사업자가 이용하고 있다[3].

한편, LTE 전체 상용 단말기는 517개 제조업체에서 7,037종의 LTE 단말 모델을 공급하고 있으며, 그중 TDD 지원은 2,797종으로 LTE 전체 대비 약 40%에 이른다. 〈표 2〉의 LTE-TDD 대역별 단말기 수에서 2.3GHz 대역의 Band 40 지원 단말이 77%(2,161종)로 가장 많고, 차순위로 2.6GHz 대역의 Band 38 지원 단말이 61%(1,720종)이다[6]. 이외에도 Multi-band, Multi-mode FDD-TDD 단말기는 Band 3/5/40에서 579종이 지원하고 있다. 또한 단말기 형태는 스마트폰이 70%(1,952종)로 차지하는 비중이 가장 높다[6].

〈표 1〉 LTE-TDD 주파수 대역별 사업자 수

주파수 대역	주요국	사업자 수	3GPP Band(MHz)
2.3GHz	중국, 인도, 러시아, 호주	38	40(2300~2400)
2.6GHz	러시아, 브라질, 스웨덴	18	38(2570~2620)
	중국, 미국, 일본	19	41(2496~2690)
3.5GHz	영국, 이탈리아, 캐나다	24	42(3400~3600)
3.7GHz	영국, 슬로바키아, 아르헨티나	4	43(3600~3800)
1.9GHz	중국	1	39(1880~1920)

[출처] GSA, "Evolution to LTE Report," Jan. 2017.

〈표 2〉 LTE-TDD 대역별 단말기 수(일부 멀티대역)

주파수 대역	단말기 수	3GPP Band(MHz)
2.3GHz	2,161	40(2300~2400)
2.6GHz	1,720	38(2570~2620)
2.6GHz	1,599	41(2496~2690)
1.9GHz	1,358	39(1880~1920)
3.5/3.7GHz	172	42(3400~3600) 43(3600~3800)

[출처] GSA, "Status of the LTE Ecosystem," Jan. 2017.

3. 해외 TDD 서비스 현황

미국의 700MHz 대역 D&E(716~728MHz) 블록은 Unpaired 대역으로 모바일TV 용도로 경매되었으나, 모바일TV 시장 비활성화로 인해 AT&T가 2011년 12월에 Qualcomm이 대부분 보유한 면허를 인수하였으며, 나머지 E블록은 Dish Network에서 다수 보유하고 있다. FCC는 AT&T가 인수한 주파수에 대해 보조하향링크(SDL) 사용 조건을 부과하였으며[7], 또한 A 및 B 블록에 적용하는 출력 제한 및 안테나 높이 제약조건으로 운영해야 하고, 특히 AT&T는 D&E 블록을 업링크 사용 시 A블록과 심각한 모바일 간섭을 초래하기 때문에 다운링크 용도로만 사용하는 것으로 규정하였다[8].

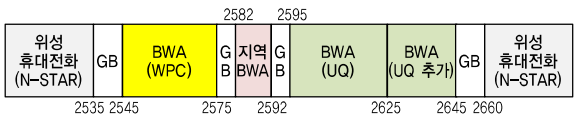
이외에도 1.7GHz 대역 AWS(Advanced Wireless Services)의 경우 2015년 AWS-3 경매로 15MHz폭(1695~1710MHz)을 TDD 주파수로 할당하였다. 2.3GHz 대역은 WCS(Wireless Communications Service) 사용으로 30MHz폭을 할당하였으며, 그중 10MHz폭 C&D(2315~2320MHz, 2345~2350MHz) 블록은 TDD로 할당되었다. 한편, FCC에서 2012년에 WCS 대역에서 LTE 사용을 허용하면서, 그동안 AT&T가 다량의 WCS 주파수를 보유하고서도 인접한 위성디지털라디오(SDARS: Satellite Digital Audio Radio Service) 간섭 및 기술적 제약으로 활용되지 못하던 것이 LTE 사용으로 허용됨에 따라 점차 시장에서의 영향력을 확대하고

있다. 2.6GHz 대역은 EBS(Educational Broadband Service), BRS(Broadband Radio Service), WiMAX 등으로 제공되고 있으며, 2013년도에 Sprint가 Clearwire를 인수하여 WiMAX 가입자를 LTE-TDD 서비스로 점진적으로 전환하면서 2016년 3월에 WiMAX 서비스는 종료되었다.

중국의 TDD 이용은 독자개발한 TD-SCDMA 서비스를 2009년에 도입하면서 시작하였다. 이후 TD-SCDMA 55MHz 폭 중에서 20MHz폭(1880~1900MHz)을 LTE-TDD로 재활용하고, 35MHz폭(1900~1920MHz, 2010~2025MHz)은 TD-SCDMA로 계속 사용하고 있다. 한편 2013년 주파수 규제당국은 이동통신 3사에게 4G 상용서비스인 'LTE/제4세대 디지털 이동통신업무(TD-LTE)' 사업권을 발부하면서 LTE-TDD 용도로 1.9GHz, 2.3GHz, 2.6GHz 대역 등에서 총 210MHz폭을 할당하였다[4]. 차이나모바일은 130MHz을 획득하여 2013년 12월에 LTE-TDD 상용서비스를 개시하였고, 차이나텔레콤 및 차이나유니콤은 각각 40MHz폭씩 획득하여 2014년 2월 및 3월에 상용서비스를 시작하였다.

일본은 2009년 2.6GHz 대역에서 BWA(Broadband Wireless Access)용으로 60MHz폭을 할당하여 사용하였으나, 2013년 기존 위성 DMB(2630~2655MHz) 서비스를 중단하고, 보호대역 외 20MHz폭(2625~2645MHz)을 BWA용으로 추가 할당함으로써 현재는 80MHz폭(2545~2575MHz, 2595~2645MHz)을 BWA용으로 사용하고 있다. 기존 대역은 WiMAX에서 LTE-TDD로 전환하고 있으며, 추가 대역에 대해서는 LTE-TDD 상용서비스를 제공하고 있다[(그림 2) 참조].

3.5GHz 대역은 WRC-07에서 3.4~3.6GHz 대역이 IMT 용도로 분배된 것을 계기로 주파수 재편 액션 플랜



(그림 2) 일본 2.5GHz 대역 TDD 할당 현황

을 수립하여 2014년에 120MHz폭(3480~3600MHz)을 DoCoMo, KDDI, Softbank 등 이동통신 3사에게 40MHz씩 TDD 방식으로 균등하게 할당되었다.

4. 국내 TDD 서비스 현황

국내 TDD 주파수 할당은 현시점에서 WiBro가 유일하지만, 휴대인터넷 활성화 정책에 따라 이동통신용이 아닌 WiBro 특화 서비스로 구분되어 이용되고 있다. 2005년 휴대인터넷 사업자가 선정되고, 2006년 세계 최초로 휴대인터넷 서비스를 개시하였으며, 2012년 WiBro 주파수 재할당을 통해 현재 운용 주파수의 이용기간은 2019년 3월까지이다. WiBro 가입자 수는 2012년 11월 105만을 정점으로 최고치에 도달하였으나 이후 지속적으로 감소하여 2017년 1월에 57만으로 떨어진 상태이다[9]. 따라서, 향후 재할당 쟁점은 이용자 보호 측면에서 서비스 품질을 유지하면서 일부 대역을 회수하여 LTE 및 LTE 진화기술로의 재활용을 고려하고 있다[10].

〈표 3〉 2.5GHz 대역 할당 추진내역

구분	공고일 (할당방법)	주파수 (MHz)	주요내용
1차	2010.8.4. (대가할당)	2580 ~ 2620	용도: 휴대인터넷(WiBro) 기술: OFDMA WMAN TDD(WiBro) 방식 또는 이후의 진화된 기술방식
2차	2010.12.17. (대가할당)	2580 ~ 2620	용도: 휴대인터넷(WiBro) 기술: 1차와 동일
3차	2011.10.19. (경매)	2575 ~ 2615	용도: 휴대인터넷(WiBro) 기술: 1차와 동일 최저경쟁가: 807억원
4차	2012.11.26. (경매)	상동	용도: 휴대인터넷(WiBro) 기술: 1차와 동일 최저경쟁가: 647억원
5차	2014.1.28. (경매)	상동	용도 및 기술: ①휴대인터넷 (WiBro) ② 이동통신 (LTE-TDD) 최저경쟁가: 2,790억원 (WiBro 523억원)
6차	2014.5.2. (경매)	상동	용도 및 기술: 5차와 동일 최저경쟁가: 2,627억원(WiBro 489억원)
7차	2015.8.31. (대가할당)	2.5GHz 또는 2.6GHz	용도 및 기술: 5차와 동일, 대역별 구분 (LTE 2.5GHz or 2.6GHz, WiBro 2.5GHz) 예상매출액 기준 할당대가: 1,646억원 (WiBro 228억원)

한편, 국내 규제기관에서는 신규 이동통신사업자 선정을 통한 경쟁 촉진 및 TDD 주파수 이용 활성화를 위해 2010년부터 2.5GHz 대역 할당을 7차에 걸쳐 지속적으로 추진하였다[〈표 3〉 참조]. 특히 5차 이후로는 신규 사업자의 시장진입 촉진을 위해 WiBro와 함께 LTE-TDD도 허용하기 시작하였다. 그러나, 신청법인 대부분이 자본력 부족, 네트워크 구축 및 서비스 제공 방안 미흡 등으로 허가법인 선정이 부결되었다[11].

Ⅲ. 주파수 및 기술 동향

1. 주파수 동향

LTE 및 LTE 진화기술은 FDD와 TDD를 모두 지원하며, 현재 3GPP에서는 〈표 4〉와 같이 TDD 주파수 대역으로 16개를 지정하여 운용하고 있다[12]. 기존에 국가별로 지정하여 사용해오던 3.4~3.6GHz 대역 Band 42를 WRC-15에서 세계 공통 IMT 대역으로 추가되었으며, Band 46은 Wi-Fi가 점유하고 있던 5GHz 비면허대역으로 면허대역의 LTE-A와 CA(Carrier Aggregation)를 통해 이용하는 방식으로서 LAA(License-Assisted Access) 또는 LTE-U(Unlicensed)라고 통칭하고 있다.

Band 47의 V2X(Vehicle to Everything)는 운전 중 도로 인프라 및 다른 차량과 통신하면서 교통상황 등의 정보를 교환하거나 공유하는 통신 방식으로 차량과 차량(V2V), 차량과 도로 인프라(V2I), 차량과 보행자(V2P) 간 통신기술을 의미하며, 차량과 네트워크(V2N) 같은 클라우드 기반 기술도 포함할 수 있다.

〈표 4〉 3GPP LTE-TDD 운용 대역

Band(#)	Identifier	Frequencies(MHz)	Bandwidth(MHz)
33	TDD 2000 Lower	1900~1920	20
34	TDD 2000 Upper	2010~2025	15
35	TDD 1900 Lower	1850~1910	60
36	TDD 1900 Upper	1930~1990	60
37	PCS Center Gap	1910~1930	20
38	IMT Extension Gap	2570~2620	50
39	China TDD	1880~1920	40
40	2300	2300~2400	100
41	US 2600	2496~2690	194
42	3500	3400~3600	200
43	3700	3600~3800	200
44	APT 700 LTE	698~806	100
45	CHINA 1500 BAND	1447~1467	20
46A	LAA	5150~5250	100
46B		5250~5350	100
46C		5470~5725	255
46D		5725~5925	200
47	V2X	5855~5925	70
48	TDD 3600	3550~3700	150

[출처] 3GPP, "TS 36.300 version 13.5.0 Release 13," Dec. 2016.

2. LTE-TDD 기술진화

주파수 집성과 관련하여 Release 10에서 최대 5CA 지원으로 최대 100MHz 전송 대역폭이 가능하며, Release 12에서 TDD-FDD 듀플렉스 모드 사이의 CA가 지원된다. 또한, Release 13에서 32개 캐리어까지 지원하는 CA 기능이 개선되었다. 이러한 CA 기술의 진화로 인해 전송속도의 향상을 가져 왔으며, Cat-4 2CA(10+10MHz)에서 150Mbps 속도가 Cat-11 3CA(20+20+20MHz) 256QAM에서는 600Mbps로 높아졌다. 또한, 5CA 256QAM에서는 최대 1000Mbps가 가능하다.

또한, TDD 활용성 측면에서 사업자의 주파수 보유 현황에 따라 FDD와 TDD로 구분하여 운용하던 것을 점차 통합하려는 추세이며, 이에 TDD와 FDD 사이의 이

〈표 5〉 LTE TDD-FDD 통합운용 가능 밴드 조합

구분	FDD	TDD
미국	B2/25	B41
유럽	B1, B3, B7, B8, B20	B38, B40
중국	B1, B3, B8	B39, B40, B41
홍콩	B1, B3, B7, B8	B40
일본	B1, B3, B8, B18, B19, B21, B26, B28	B41, B42
한국	B1, B3, B8, B5	B40
중동, 기타	B3, B5	B40, B38/41

[출처] GTI, "TDD/FDD LTE Convergence White Paper v2.0," Sept. 2015.

〈표 6〉 LTE-TDD Subframe Allocations[14]

Configuration	switch periodicity	Subframe number										DL:UL resource ratio
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
0	5ms	D	S	U	U	U	D	S	U	U	U	4:6
1	5ms	D	S	U	U	D	D	S	U	U	D	6:4
2	5ms	D	S	U	D	D	D	S	U	D	D	8:2
3	10ms	D	S	U	U	U	D	D	D	D	D	7:3
4	10ms	D	S	U	U	D	D	D	D	D	D	8:2
5	10ms	D	S	U	D	D	D	D	D	D	D	9:1
6	5ms	D	S	U	U	U	D	S	U	U	D	5:5

주) D: 하향 전송 서브프레임, S: “special” 서브프레임, U: 상향 전송 서브프레임

동성, TDD 하향 커버리지 향상, 이용자의 데이터 전송률 증대 등을 가져올 수 있는 TDD-FDD 통합망 운용의 필요성이 증가하였다. 〈표 5〉에서 미국은 Band 2/25와 41에서 통합 운용이 가능하며, 한국은 Band 1, 3, 8, 5와 40에서 통합 운용이 가능하다[13]. 실제 LTE TDD-FDD 통합 운용하는 사업자로는 미국의 Sprint, 일본의 Softbank, 스웨덴의 3Sweden, 호주의 Optus 등 9개 사업자에 이른다[3].

TDD에서 용량 및 전송속도 향상을 위해 주파수를 유동적으로 분할하여 사용하는 하향/상향 링크 설정도 중요한 이슈이다. 3GPP는 〈표 6〉과 같이 LTE-TDD에 대해 7개 하향/상향 링크를 설정하였고, Special Subframe을 포함하여 약 4:6에서 9:1까지 가능하다. Configuration 0(4:6)은 상향 로드가 많은 경우 사용 가능하지만 실제 상용 서비스를 제공하는 사업자는 없으며, Configuration 1(6:4), 2(8:2)는 WiMAX와 공유하여 사용 가능하다. 한편 주파수 이용 효율성을 높이기 위해 TDD 대역을 전용 하향보조링크(SDL: Supplementary Down Link)인 DL:UL=10:0 설정방식을 Release 14에서 논의 중으로 2017년 6월까지 진행될 예정이다[14].

또한, Dynamic TDD의 경우, 트래픽 상황에 따라 상향/하향 링크 할당 비율을 동적으로 변동하는 방식으로 진화되고 있는데, 무선자원 사용의 극대화를 위해 5G 주요 후보기술의 하나로 논의되고 있다.

3. 5G 시대의 TDD

2016년에 5G 전략추진위원회는 평창 동계올림픽에서 선보일 5G 시범서비스의 기술규격을 TDD 방식으로 채택하고 4세대 기술과 연동하여 광대역 서비스 제공이 가능하도록 하였으며[15], 5G 서비스 도입을 계기로 TDD 활용이 가속화될 전망이다. 4세대 이동통신에서는 FDD와 TDD 방식을 모두 수용하였으나, 5세대의 경우 커버리지 및 용량 측면이 동시에 고려되는 6GHz 이하 대역은 C band(3300~4990MHz) 위주로 100MHz폭 이상의 채널폭을 필요로 하고, 용량 측면에서 고려되는 6GHz 이상 대역은 Ultra Small 형태로 500MHz폭 이상의 채널폭이 필요할 것으로 예상된다[16]. 한편 3GPP는 Release 15에서 RAN1 단일 캐리어의 최대 채널폭으로 400MHz폭을 고려하고 있다[17]. 따라서, 기존 IMT 주파수 경쟁력은 하모나이즈 여부에 따른 규모의 경제로 인해 2G/3G에서 4G 서비스로 전환하면서 주파수 대역도 계승되어 FDD 방식이 우위의 연장선에 있었으나, 5G는 고주파 대역에서 새롭게 이동통신용으로 활용함에 따라 주파수 효율을 고려한 듀플렉스 방식과 5G 후보기술에 대한 선택권이 넓어진 것이다.

실제로 3GPP 기술총회에서는 5G NR 요구사항으로 FDD와 TDD에서 주파수 자원 배분의 유연성을 고려하여

업링크와 다운링크를 자유자재로 변동하는 Duplexing flexibility 기술을 포함하고 있으며[18], Subframes는 DL/UL 전송을 위해 유동적으로 사용 가능하도록 하는 Dynamic TDD 지원도 논의되고 있다.

Ⅳ. 향후 전망

1. 해외 전망

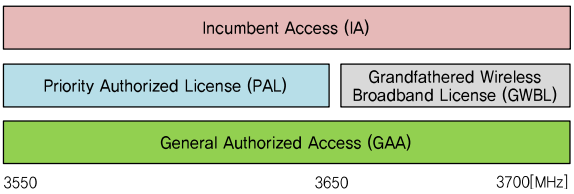
LTE-TDD는 LTE-FDD와 기술적으로 유사하고 장비, 칩셋, 단말의 공급이 용이하여 상용서비스 사업자 및 에코시스템이 지속적으로 확대되고 있다. 최근 TDD-FDD 통합운용을 통해 커버리지 및 용량 증대를 꾀할 수 있고, 하향 보조링크(SDL) 및 Dynamic TDD 등의 진화기술을 통해 TDD 활용성은 더욱 높아지고 있다. 무엇보다 TDD 기술의 상향과 하향 주파수 자원의 배분 유동성으로 인해 트래픽을 유연하게 대처할 수 있어 TDD 활용이 갈수록 부각될 전망이다.

특히 주목할 주파수는 3.5/3.7GHz 대역으로 전파전파 특성상 먼거리 신호 전달 특성이 좋지 않으나, 향후 생활 인구가 밀집된 도심지 Hot-spot 지역에서 트래픽 해소를 위한 소형셀 이동통신 서비스 활용이 예상되는 대역이다. 이미 WRC-07에서 3400~3600MHz 대역이 한·중·일을 포함한 97개국에서 IMT 용도로 지정되었고, WRC-15에서 IMT 지정 지역의 확대를 결정하면서 〈표 7〉에서처럼 공통 TDD 및 FDD 배치안을 정의하였다[19].

〈표 7〉 Frequency Arrangements in the Band 3400~3600MHz

Frequency	Paired arrangements				Unpaired (MHz)
	MS Tx (MHz)	Centre gap (MHz)	BS Tx (MHz)	Duplex separation (MHz)	
F1					3400~3600
F2	3410 ~ 3490	20	3510 ~ 3590	100	None

[출처] ITU-R, "Frequency Arrangements for Implementation of the Terrestrial Component of IMT in the Bands Identified for IMT in the RR," Oct. 2015.



(그림 3) 미국 3.5/3.7GHz 사용 가능 주파수 범위[21]

한편, 유럽 ECC(Electronic Communication Committee)는 2014년에 3400~3800MHz 대역으로 확장하여 IMT 서비스를 포함한 유무선 광대역 서비스 도입 활성화 정책을 추진하고 있다. 3.5GHz 대역은 선호 밴드플랜(Preferred frequency arrangement)으로 TDD 방식을, 대안 밴드플랜(Alternative frequency arrangement)으로 FDD 방식을 각 회원국에서 채택할 수 있도록 한 것이다. 반면 3.7GHz(3600~3800MHz) 대역은 단일화된 TDD 방식 도입을 결정하였다[20].

미국은 3.7GHz 대역이 ITU 분배와 동일하게 고정, 고정위성, 무선측위 업무로 분배되어 있으며, 연방용과 상업용이 동시에 이용되고 있다. 3600~3650MHz 대역을 군 레이더용으로 사용하고 있어 주파수 이용 효율 극대화 정책의 일환으로 3550~3700MHz 대역에서 주파수 공동사용을 통한 이동통신 운용을 고려한 규칙을 제정하였다[21]. (그림 3)에서 총 3 Tier로 분류하고 하위 Tier는 상위 Tier를 보호하는 방식인데, 우선 사용조건으로 인가 사용자(PAL)는 3550~3650MHz 내에서 사용 가능하며, 이동통신 사업자 등이 경매를 통해 사용권을 획득하여 1년 단위로 갱신하게 된다. 비인가 사용자(GAA)는 3550~3700MHz 내에서 사용 가능하며, 기존 대역 사용자(IA) 및 인가사용자(PAL) 미사용 주파수를 사용하는 낮은 우선순위가 부여된다.

중국은 이동통신 소형셀 용도의 활용 방안을 검토 중이나, 현재 3430~3500/3530~3600MHz 대역에서 고정위성서비스(FSS: Fixed Satellite Service)를 사용하는 관계로 전파 간섭 처리에 대한 이슈가 남아 있다.

일본은 3480~3600MHz 대역을 2014년에 DoCo-

Mo, KDDI, Softbank 등 이동통신 3사에게 40MHz씩 120MHz폭을 TDD 방식으로 균등하게 할당하였으며, 3개 사업자는 상호 간섭 방지를 위해 네트워크간의 싱크 동기화에 합의해야 하는 조건이 부여되었다.

2. 국내 전망

향후 국내에서 6GHz 이하에서 LTE 진화기술로 TDD 활용이 가능한 대역은 1.9/2.0GHz, 2.3GHz, 2.5GHz, 3.5/3.7GHz 대역 등이며[(그림 4) 참조], LTE-A, LTE-A Pro 또는 LTE-A Evolution 등의 기술이 적용될 것으로 전망된다.

1.9/2.0GHz 대역은 주파수 분배표 K114 주석에서 1885~1920MHz 및 2010~2025MHz 대역을 IMT-TDD용으로 총 50MHz폭을 확보하고 있다[22].

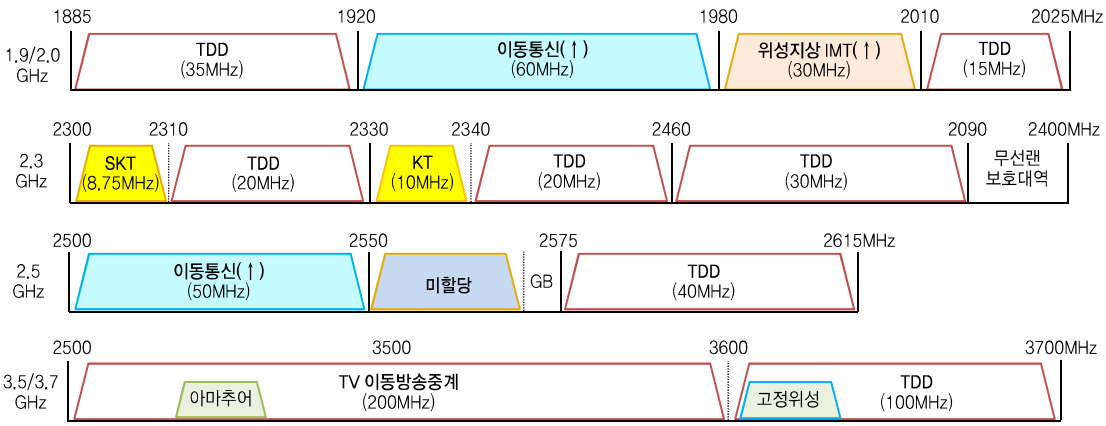
2.3GHz 대역은 'K-ICT 스펙트럼 플랜'에서 2019년 3월 WiBro 이용기간 만료 시점과 연계하여 40MHz폭을 확보할 계획을 수립하고 있으며, WiBro 이용자 보호를 고려하여 사업자당 1FA를 재할당하고 일부는 회수하여 LTE-TDD로의 재활용을 고려하고 있다[23].

2.5GHz 대역은 전 세계적으로 2.3GHz 대역과 함께 TDD 서비스로 가장 많이 활용되고 있으나, 국내는 과거 신규 사업자용으로 우선 공급을 추진하다가 선정에 차질이 생기면서 활용방안을 재검토하는 단계이다. 향후에도 신규사업자의 시장진입 촉진을 위해 용도 및 기술은 휴대인터넷(WiBro) 또는 이동통신(LTE-TDD)으로 개방될 가능성이 높다.

3.5/3.7GHz 대역은 TV이동방송중계용, 아마추어무선용, 고정위성용 등으로 이용하였으나, 신규허가를 중지하고 이미 사용 중인 TV이동방송중계용은 아날로그 방송 종료 시까지 허가 및 유예기간을 거쳐 이후 6GHz 대역에서 서비스를 제공하며, 아마추어무선국은 국제 공통대역인 10GHz 대역으로 분배 변경하게 되고, 고정위성용은 시설자인 KTSat의 계획에 따라 2017년 6월에 폐지되어 반납 예정이다[24]. 따라서 향후 3400~3700MHz 대역은 2017년 12월까지 주파수 회수가 완료되면 이동통신용으로 300MHz폭 확보가 가능할 전망이다[23].

V. 결론

우리나라는 휴대인터넷(WiBro)을 통해 2006년 세계 최초로 TDD 상용서비스를 개시한 바 있으나, 3GPP 진영이 주도하는 세계 통신시장 주도권 경쟁 등의 영향으로 지속적인 성장과 발전을 이어가지 못하였다. 최근 가용 주파수가 줄어드는 상황에서 5G 대응 및 모바일 생태계 조성을 위해 TDD 방식의 주파수 활용 필요성이



(그림 4) 6GHz 이하 TDD 주파수 확보 가능 대역

높아지는 추세이며, 이에 LTE-TDD를 중심으로 서비스, 시장, 주파수, 기술 등의 동향과 함께 향후 발전전망을 논하였다.

현시점에서 주목할 점으로 중국은 LTE-TDD 서비스를 개시하고서 3년 만에 7억 7천만의 가입자를 확보하였고, 세계 주요국은 5G 기술과 시장 선점을 위해 치열한 경쟁을 하고 있다. 우리나라도 더 이상 TDD 방식을 외면하기 어려운 상황에 이르러, 국내 환경에 적합한 TDD 활용방안을 모색하고자 국내외 주요 현안을 중심으로 시사점을 찾고자 하였으며, 이를 통해 실질적인 TDD 서비스 활성화를 마련하는 전략적 접근의 단초가 되었으면 한다.

용어해설

3GPP GSM, WCDMA, LTE 계열의 이동통신 표준화 기술협력 기구로서 TTA(한국), ARIB/TCC(일본), ATIS(미국), CCSA(중국), ETSI(유럽), TSDSI(인도) 등 7개 표준화 기관과 약 400여 관련 업체가 회원으로 참여

BWA IEEE802.16 기반의 광대역무선통신접속은 단말의 이동성을 지원하지 않는 고정 시스템이었으나, IEEE802.16 Wireless-MAN으로 멀티미디어 서비스 및 초고속 전송을 제공하는 휴대인터넷 서비스 등으로 발전

SDARS 위성 디지털 라디오 서비스로 XM Radio 및 Sirius 2개 사업자가 서비스 제공 중이었으나, 2007년 2월 'Sirius XM'으로 합병

TD-SCDMA 시분할연동코드분할다중접속(time-division synchronus CDMA)으로 중국에서 지멘스와 공동으로 개발한 독자 3G 표준으로 2009년 차이나모바일에서 상용서비스를 개시

WCS 미국의 일반적인 무선통신서비스로서 음성 및 데이터 통신서비스 제공이 가능

약어 정리

AWS	Advanced Wireless Services
BRS	Broadband Radio Service
BWA	Broadband Wireless Access
CA	Carrier Aggregation
DMB	Digital Multimedia Broadcasting
EBS	Educational Broadband Service
ECC	Electronic Communication Committee
FDD	Frequency Division Duplex
FSS	Fixed Satellite Service
GSA	Global Mobile Suppliers Association
LAA	Licensed Assisted Access
RAT	Radio Access Techonology
SDARS	Satellite Digital Audio Radio Service
SDL	Supplementary Down Link
TDD	Time Division Duplex
V2X	Vehicle to Everything
WCS	Wireless Communications Service
WMAN	Wireless Metropolitan Area Network

참고문헌

[1] ITU-R, "M.1457: Detailed Specifications of the Terrestrial Radio Interfaces of IMT-2000," Rec. ITU-R M.1457-7, Oct. 2007.

[2] ITU-R, "M.2012: Detailed Specifications of the Terrestrial Radio Interfaces of IMT-Advanced," ITU, Jan. 2012.

[3] GSA, "Evolution to LTE Report," Jan. 2017.

[4] MIIT, 2013.12.4. URL: www.miit.gov.cn

[5] MIIT, 2017.2.7. URL: www.miit.gov.cn

[6] GSA, "Status of the LTE Ecosystem," 2017. 1.

[7] FCC, "Application of Application of AT&T Inc. and Qualcomm Incorporated for Consent To Assign Licenses and Authorizations," FCC 11-188, 2011.12.

[8] FCC, "R&O and Order of Proposed Modification," FCC 13-136, 2013.10.

[9] 미래창조과학부, "2017년도 무선 통신서비스 통계 현황," 2017. 2.

[10] 미래창조과학부, "K-ICT 스펙트럼 플랜 토론회," 2016. 12.

[11] 미래창조과학부, 방송통신위원회 "주파수 할당 공고," 2010-2016.

[12] 3GPP, "TS 36.300 version 13.5.0 Release 13," 2016. 12.

[13] GTI, "TDD/FDD LTE Convergence White Paper v2.0," Sept. 2015.

[14] http://www.3gpp.org

[15] 미래창조과학부, "제4차 5G 전략추진위원회," 2016. 5.

[16] Telefonica, "ITU-R Activities towards 5G between WRC-15 and WRC-19," 21st LStelecom Spectrum Summit, 2016.7.

[17] 3GPP, "3GPP TSG RAN WG1 Meeting," Feb. 2017.

[18] 3GPP, "TR 38.913 V14.1.0 Technical Specification Group Radio Access Network; Study on Scenarios and Requirements for Next Generation Access Technologies;

(Release 14)," Dec. 2016.

[19] ITU-R, "Frequency Arrangements for Implementation of the Terrestrial Component of International Mobile Telecommunications (IMT) in the Bands Identified for IMT in the Radio Regulations (RR)," Recommendation ITU-R M.1036-5, 2015.10.

[20] ECC, "Harmonised Frequency Arrangements for Mobile/ Fixed Communications Networks (MFCN) Operating in the Bands 3400-3600 MHz and 3600-3800 MHz," ECC Decision 11(06), Mar. 2014.

[21] FCC, "Report and Order and Second Further Notice of Proposed Rulemaking," FCC 15-47A1, April 2015.

[22] 미래창조과학부, "대한민국 주파수 분배표," 미래창조과학부고시 제2016-123호, 2016. 11.

[23] 미래창조과학부, "K-ICT 스펙트럼 플랜," 2017. 1.

[24] 국무조정실, "제4차 주파수심의위원회," 보도자료, 2016. 8.