

# 모바일 트래픽 동향

## Mobile Traffic Trends

장재혁 (J.H. Jahng, sapaha@etri.re.kr)

통신정책연구그룹 선임연구원

박승근 (S.K. Park, seungkp@etri.re.kr)

전파자원연구그룹 책임연구원

### ABSTRACT

Mobile traffic is one of the most important indexes of the growth of the mobile communications market, and it has a close relationship with subscribers' service usage patterns, frequency demand and supply, network management, and information communication policy. The purpose of this paper is to understand mobile data usage in Korea and to suggest the optimal steps for establishing the frequency supply and demand system by researching the traffic trends that reflect the characteristics of radio resources in the mobile communications field. To achieve this goal, attempts were made to increase the possibility of policy use by analyzing and forecasting mobile traffic trends, and to improve the accuracy of the research through the verification of the existing prediction results. The paper ends with a discussion of the necessity of a frequency management system based on data science.

**KEYWORDS** Mobile traffic, Data-driven, Demand and supply, Traffic forecast

## 1. 서론

이동통신은 기술 진화에 따른 세대 변화를 지속하였고, 다양한 혁신 서비스에 대한 수용도가 높아지면서 가입자와 트래픽은 급증하였으며, 이러한 요인으로 주파수 수요도 자연스럽게 늘어나게 되었다. 한편 이동통신 서비스는 주파수 공급이 수요보다 적으면 전송품질(QoS)에 문제가 발생하는데,

이처럼 무선자원은 항상 적정 수준 이상의 주파수를 선제적으로 공급하여 자원의 수급균형을 유지해야 하는 특징을 가지고 있다. 그러나 전파자원의 희소성으로 인해 공급량이 제한적이기 때문에 주파수 포화시기 이전에 적시 적량의 주파수 할당을 필요로 하며, 또한 자원관리 측면에서 여러 복합적인 요소들을 고려하여 중장기 계획에 따라 실행 방안을 마련하고 있다.

\* DOI: 10.22648/ETRI.2019.J.340311

\* This work was supported by the ICT R&D program of MSIT/IITP (2017-0-00109-003).

한편 모바일 트래픽은 이동통신 시장 성장을 대표하는 지표 중 하나로서 가입자의 서비스 이용행태, 주파수 수요와 공급, 네트워크 관리, 정보통신 정책 등과 밀접한 관계를 가지고 있다. 이에 기존 음성통화량에 대한 중요도는 낮아지고 무선 트래픽에 대한 통계의 필요성에 의해 「전기통신사업법」 제88조에 따라 2012년부터 ‘무선데이터 트래픽 통계’를 구축하고 있다[1]. 이를 통해 국내 전파자원 이용현황에 관한 중요한 통계 체계를 제공하고 있으며, 트래픽의 급증 원인과 통신망 과부하, 네트워크 투자 등 정부정책이나 사업자의 판단에 도움이 되고 있다.

이처럼 모바일 트래픽이 정보통신 산업에 미치는 영향이 적지 않음에도 불구하고 이를 체계적으로 분석하여 예측하는 연구는 국내외에서 활발하지 못한 편이며, 일부 기관 및 주요 통신업체에서 발표하는 정도이다. 국제전기통신연합(ITU)은 세계 모바일 트래픽에 대해 2020년 62EB에서 2030년에는 5,016EB로 기하급수적으로 증가할 것으로 전망하였고[2], CISCO는 세계 모바일 데이터 트래픽은 2017년 12EB에서 연평균 46%씩 증가하여 2022년에는 77EB에 이를 것으로 전망하고 있다[3]. 한편 Ericsson은 스마트폰의 월 데이터 이용량은 북미지역의 경우 2018년 8.6GB(/월)에서 2024년에는 50GB(/월)로 추정하고 있으며, 세계 모바일 트래픽은 2018년 27EB에서 연평균 31%씩 증가하여 2024년에는 136EB로 전망하고 있다[4]. 한편 국내의 경우 Lee 등은 모바일 서비스를 제공하는 다양한 디바이스 기반의 텔파이 조사 방법론으로 국내 모바일 트래픽을 추정하였다[5]. 그러나 세계 모바일 트래픽은 국내 실정을 반영하지 못해 실질적인 활용도가 낮으며, 사후 평가로서 예측검정에도 미흡한 편이다.

본 고에서는 이동통신 분야에서 전파자원의 특

성이 반영된 트래픽 동향을 살펴봄으로써 모바일 데이터 이용에 대한 이해를 도모하고, 트래픽 관련하여 미래의 수요예측과 연계한 주파수 공급체계 확립의 중요성과 객관적이고 효율적인 전파정책 수립의 방향성을 제시하고자 하였다. 특히 우리나라는 제4차 산업혁명을 주도할 핵심 인프라로 주목받고 있는 5세대 이동통신(5G) 상용화를 선도적으로 시작하였다. 이미 4세대 이동통신(4G)에서 디지털 라이프 스타일의 변화와 ICT 중심의 산업간 융합을 부분적으로 경험한 바 있어, 다양한 요구사항들이 반영된 5G 혁신 서비스에 대한 수용도 역시 높을 것으로 예상되고 있다. 따라서 앞으로 모바일 중심의 데이터 융합시대 가속화로 데이터 가치는 상승하게 되고, 이로 인해 통신 네트워크의 활용성 증대로 모바일 트래픽과 주파수 수요는 더욱 늘어날 전망이다.

이를 위해 우선적으로 국내 모바일 트래픽 동향을 분석하고 예측함으로써 정책적 활용 가능성을 높이고, 기존 예측결과의 검정을 통해 연구의 정확도를 제고해 보고자 하였으며, 이를 통해 데이터 과학을 이용한 주파수 관리체계의 필요성을 논하고자 하였다.

## II. 트래픽에 대한 이해

### 1. 기본 개념

트래픽(Traffic)은 사전적으로 특정 지역의 도로를 따라 이동하는 모든 차량을 의미하며, 또한 선박, 기차, 항공기 등 한 장소에서 다른 장소로 이동하거나 운송되는 것을 가리킨다[6]. 한편 통신 분야에서 트래픽이란 통신망에서 전송되는 데이터의 양을 의미하는 것으로, 모바일 트래픽(Mobile traffic)은 무선통신에서 전파를 이용하여 전송되는 정보량이라 할 수 있다.

이에 앞서 미국의 수학자이자 공학자였던 Shannon은 정보를 측정 가능한 물리적 단위로 다루는 ‘정보량(amount of information)’의 개념을 사용하여 통신의 효율화와 정보 전달에 대해 채널 용량(the capacity of a channel) 정리를 제시하였다[7]. 즉 무선 채널의 용량은 어떤 전송 방식의 채널에서 달성될 수 있는 최대 전송 용량이며, 식 (1)과 같이 나타낸다.

$$C = W \times \log_2 \left( 1 + \frac{S}{N} \right) \quad (1)$$

여기서  $C$ 는 채널 용량(Channel capacity)으로 단위는 bps(bits/second)를 사용한다.  $W$ 는 반송파의 대역폭(Hz),  $S$ 는 신호출력(Watts),  $N$ 은 잡음세기(Watts)이며,  $S/N$ 은 신호대잡음비(SNR: Signal to Noise Ratio)를 의미한다.

해당 채널에서의 최고 성능 한계와 별도로 전국 단위에서의 무선자원 용량을 증대시키는 기술적인 방법들이 다수 존재한다. 첫째는 더 많은 전파자원을 배치하는 것으로 추가 주파수의 공급을 늘려 대역폭을 넓히는 것이다. 둘째는 셀 증분에 따른 지리적 재사용으로서 셀 분할(Cell splitting)과 Pico cell 및 Femto cell 형태의 소형셀 증설이다. 셀 분할은 셀 반경 감소로 전파전송손실(Path loss)이 줄어들어 전체 용량이 늘어나는 효과를 얻을 수 있고, 도심의 밀집지역에서 셀 설계가 용이하다는 장점이 있다. 반면 기지국 간 이동 시 통화를 계속 이어주는 핸드오버(hand-off) 증가, 촘촘히 박힌 기지국 사이의 좁은 간격으로 간섭 레벨 증가, 셀의 소형화에 따른 셀 수의 확대에 따른 설비투자비용(CAPEX)이 증가하는 단점이 있다. 셋째는 주어진 지리적 환경에서 기술발전에 따른 주파수 효율 향상이다. 주파수 효율은 단위 대역폭당 전송률(Bit/Sec/Hz, bps/Hz)을 의미한다. 이 외에도 이기종 무선 네트

워크의 공유를 활용한 트래픽 분산 등이 가능하다.

이처럼 트래픽은 복잡한 함수 관계를 통해서 주파수와 비례관계를 가지고 있으며, 네트워크 품질 및 관리를 위한 주요 구성 요소이기도 하다. 또한 네트워크의 다양한 토폴로지는 시스템의 트래픽 양을 기준으로 구현할 수 있다. 음성(Voice) 및 데이터(Data) 트래픽은 서비스 형태에 따른 것이고, 물리적인 공간과 주파수 재사용 유무에 따라 셀 단위의 트래픽과 전국 단위의 트래픽으로 구분할 수 있으며, 적정 시간의 길이와 이용 행태에 따라 최번시(Busy hour), 통화중(Busy), 다량(Heavy), 비실시간(Non-realtime) 트래픽 등의 분류도 가능하다.

## 2. 데이터 주도 시대

앞서 트래픽을 데이터의 흐름이라고 하였다. 사회 전(全) 분야의 정보에 대한 디지털화(Digitalization)는 빅데이터를 양산하고 디지털경제 시대를 가속화하고 있다. 시장과 사회의 복잡도가 증가하고, 상품과 서비스에 대한 정보가 기하급수적으로 늘어나서 개인의 선택에서도 경우의 수는 더욱 많아지고 있다. 특히 정부 및 공공기관들은 현재와 미래에 대한 검증 가능한 객관적 데이터를 기반으로 정책을 수립하는 추세이며, 이러한 변화 양상을 통해 이미 데이터 주도(Data-driven) 시대로 진입했음을 알 수 있다.

특히 공공성을 가진 전파자원의 효율적인 이용을 위해서는 증거 기반의 의사결정(Evidence based decision)을 필요로 하게 되며, 트래픽은 의사결정에 있어 선행지표(Leading indicators)로써 활용 가치가 높다.

이동통신의 경우 모바일 광대역, IMT-2020, 모바일 미디어 소비 증가, 고해상도 AR/VR 등은 직접적으로 트래픽 증가 요인으로 주목하고 있다(그

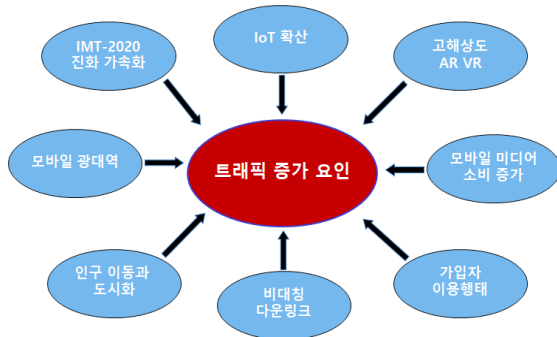


그림 1 트래픽 증가 요인

림 1 참조). 향후에는 데이터의 가치 상승으로 인해 데이터를 실어 나르는 통신 네트워크의 활용성은 더욱 증대할 것이며, 트래픽 증가에 따른 주파수 수요는 늘어날 수밖에 없다. 이에 본 고에서는 전국 단위의 트래픽을 대상으로 범위를 한정하여 현재 동향과 미래 전망을 살펴보고자 하였다.

### III. 과거와 현재

#### 1. 트래픽 추이

국내 이동통신 서비스는 1996년 신규사업자 진입과 저렴한 단말기 보급 등에 따른 이용자 확산으로 음성통화량은 급증하고 이동통신 대중화 시대로 진입하게 되었다. 이후 3세대에서 모바일 인터넷 서비스와 무선패킷 기술의 발전과 함께 스마트폰의 등장으로 무선 데이터 이용이 촉발되었고, 2011년 4세대로 접어들면서 데이터 트래픽은 폭발적으로 늘어나게 되었다. 과거 트래픽 추이를 살펴보기 위해 음성통화는 연간 발신 통화량을 데이터 트래픽으로 환산하기 위해 2세대 속도인 20 kbps를 적용하고, 무선데이터 트래픽은 과학기술정보통신부 통계자료를 이용하였다[8]. 그림 2에서 보는 바와 같이 2010년까지 음성통화 사용량이 데이터 사용량보다 우세하였으나, 4세대 이동통신 서비스가 시작되는 2011년부터 데이터 트래픽은 음성 트래

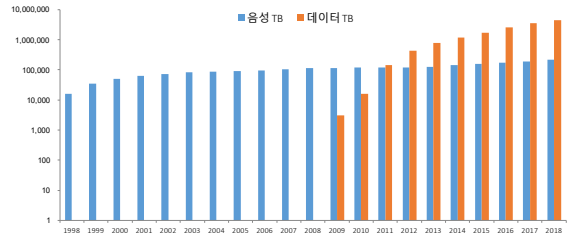


그림 2 모바일 트래픽 추이(TB/year, Logarithmic scale)

픽을 초과하고 있다. 앞으로 제4차 산업혁명 시대에는 5세대 이동통신의 도입으로 모든 산업과 생활 전반이 ICT 중심으로 재편되어 트래픽 수요는 더욱 증대될 것으로 예상하고 있다.

그림 3에서 최근 이동통신 트래픽 추이를 살펴보면, 3G 트래픽은 2012년 8월 최고치(22,770TB)에 이르는 동시에 4G 가입자가 1천만 명을 넘었으며, 2012년 10월에 4G 트래픽이 3G 트래픽을 추월한다. 2013년 4월에 4G 가입자가 2천만 명을 초과하면서 3G 트래픽은 지속적으로 감소하는 추세가 이어진다. 또한 2014년 상반기에 4G 데이터 무제한 요금제가 이동통신사마다 경쟁적으로 출시되면서 트래픽 증가는 가속화되었으며, 2018년 기본 제공 데이터 양이 상향 조정되는 중저가 데이터중심 요금제가 개편되기도 하였다. 이러한 추이 변화를

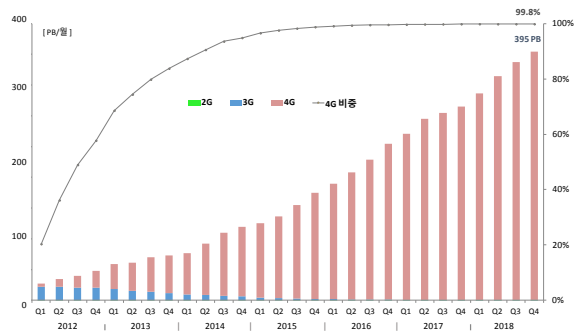


그림 3 이동통신 데이터 트래픽 추이(PB/월, %) 출처 과학기술정보통신부

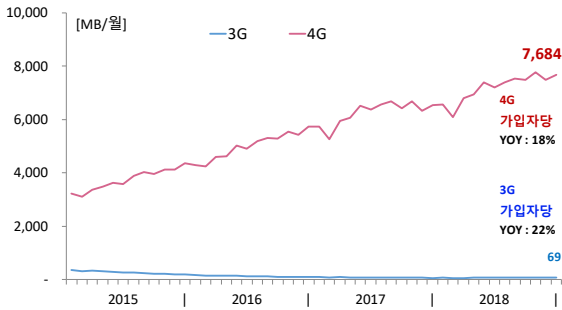


그림 4 가입자당 월 트래픽 증감 추이(MB/월)

출처 과학기술정보통신부

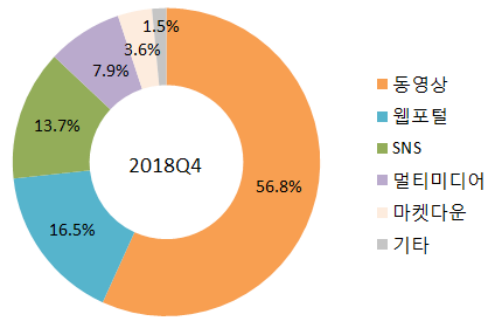


그림 5 콘텐츠 유형별 트래픽 현황

출처 과학기술정보통신부

통해 2018년 12월 한 달 동안의 이동통신 데이터 트래픽은 404,656TB에 이르고, 그 중 4G 트래픽은 404,022TB로 이동통신 트래픽의 99.8%를 차지하게 된다. 이동통신 대비 가입률 83%라는 세계 최고 수준으로 성장해온 4G 서비스는 이제 5G 상용화를 계기로 새로운 국면에 접어들고 있는 것이다.

## 2. 트래픽 이용 행태

2018년 12월 기준으로 기술세대별 가입자당(회선당) 월 트래픽의 경우, 4G 가입자당 트래픽은 7,684MB로 전년동기 대비 18% 증가하였으며, 이

러한 증가 추세는 당분간 계속 이어질 전망이다. 반면 3G 가입자당 트래픽은 69MB로 전년동기 대비 22% 증가하였으나 가입자 이탈의 영향으로 최근 1년간 가입자당 트래픽은 55~71MB 범위 내에서 등락을 반복하고 있다(그림 4 참조).

모바일 콘텐츠 유형에 따른 트래픽은 동영상 56.8%로 가장 높고, 웹포털 16.5%, SNS 13.7% 순이다. 동영상, 웹포털, SNS 등 상위 3개 유형의 트래픽 비중은 87.0%에 이른다(그림 5 참조).

4G 데이터 트래픽 이용행태를 보면, 다량이용자(헤비유저) 상위 1%에 해당하는 55만이 트래픽의 13%를 유발하고 있으며, 상위 5%(276만)가 38%의

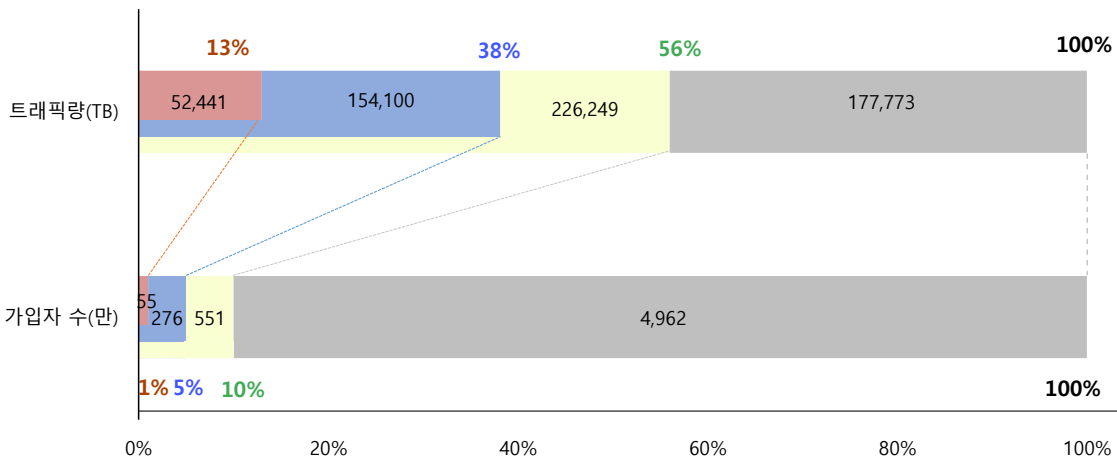


그림 6 4G 이용자별 트래픽 발생 구조

트래픽을 유발, 상위 10%(551만)가 56%의 트래픽을 유발하는 구조이다. 따라서 나머지 하위 90%에 해당하는 4,962만 이용자는 44%의 트래픽을 유발하고 있는 셈이다(그림 6 참조).

## IV. 미래 전망

### 1. 예측의 필요성

예측이란 미래 시점에서의 사건을 사전에 추측하는 것으로, 미래의 불확실성을 해결하여 보다 합리적이고 효율적인 의사결정을 지원하기 위해 실시하고 있다. 예측대상 범위에 따라 기술, 제품, 서비스, 시장의 수요 혹은 공급의 변화를 분석하여 미래의 수요 및 공급을 추정할 수 있는 것이다.

한편 모바일 트래픽이 증가하면 주파수 소요량도 증가하는 관계를 가지는데, 일반적으로 공간적으로 셀을 분할하거나 주파수 효율을 높여 주파수 소요량을 줄이는 데 한계에 이르면, 추가 주파수 공급을 통해 트래픽을 수용하게 된다. 따라서 크고 작은 부문에서의 트래픽 예측은 전파자원의 희소성, 통신기술의 진화, 융합 서비스 출현 등으로 트래픽이 급증함에 따라 급변하는 주파수 이용환경의 변화에 대응하고, 주파수 수급체계 혁신과 시장 수요를 고려한 전파이용의 과학화 요구에 따른 것이다. 뿐만 아니라 주파수는 이동통신 산업의 필수 설비(Essential facility)로서 한정된 자원의 효율적 이용을 위해 데이터 과학 기반의 합리적 근거 제시가 필요하며, 특히 이동통신 각 세대별 전(全) 주기에 걸친 최적의 주파수 이용 효율화를 위해 체계적인 주파수 분석시스템 개발이 추진되고 있는 것이다.

### 2. 예측 검증

모바일 트래픽 예측은 주파수 수요 예측에 가장

중요한 요소이며, 예측 대비 실측 간의 오차율을 성능지표로 검증함으로써 예측 모형의 신뢰성을 높이고 중장기 주파수 정책 수립의 기초자료가 될 수 있다. 중장기 주파수 종합계획으로 2017년 1월에 수립된 「K-ICT 스펙트럼 플랜」에서의 모바일 트래픽 전망은 2016년 10월까지의 데이터를 이용하여 이후 시점에 대하여 예측하였으며, 당시 예측치와 시간 경과 후 실제 관측치를 서로 비교함으로써 예측의 정확도를 평가해 볼 수 있다.

평균절대퍼센트오차(MAPE)는 가장 널리 사용되는 예측 정확도 측정 방법으로써 신뢰성, 단위 없는 측정(Unit-free measure), 해석의 용이성, 표현의 명확성, 오차에 대한 모든 정보 등을 포함하는 특성이 있다. MAPE는 식 (2)로 표현된다.

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{\hat{y}_t - y_t}{y_t} \right| \times 100 \quad (2)$$

여기서  $n$ 은 샘플의 크기,  $\hat{y}_t$ 는  $t$ 기의 예측값,  $y_t$ 는  $t$ 기의 관측값을 나타낸다. 한편 Lewis는 산업 및 비즈니스 데이터에 대한 해석에 있어서 MAPE가 10 미만이면 매우 높은 예측 정확도가 있는 것으로 평가하고 있다[8].

그 중 4G 트래픽 오차분석에 의한 예측검정 결과, 최근 2018년 12월까지 26개월간 4G 트래픽의 예측 대비 관측 간 평균퍼센트오차(MPE)는

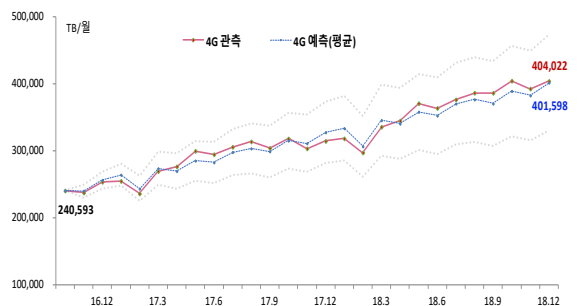


그림 7 K-ICT 스펙트럼 플랜의 4G 트래픽 예측검정

0.6%에 불과하였고, 평균절대퍼센트오차(MAPE)는 2.7% 수준으로 이는 동기간 평균 97% 이상의 높은 적중률을 보이고 있음을 의미한다(그림 7 참조).

### 3. 국내 전망

이동통신 기술은 전송속도, 주파수 효율 등에 따라 1세대(아날로그), 2세대(디지털), 3세대(영상통화), 4세대(고속멀티미디어 등)를 거쳐 현재는 국제전기통신연합(ITU)에서 ‘IMT-2020’으로 명명한 5세대로 진화하였다. 이처럼 이동통신은 기술세대별 서비스 특성 차이로 인해 트래픽의 경우에도 이와 같은 구분이 필요하다.

국내 모바일 트래픽 전망은 기본적으로 시간 흐름에 따른 가입회선 수 및 회선당 트래픽 변화량의 곱으로 산출되며, 기술별 모바일 트래픽의 변화 특성에 따라 적합한 예측모형을 선정하고 커버리지, 전송속도, 동영상 이용시간 등에 근거한 합리적 가정을 통해 추정하게 된다.

5G의 경우 실감형 게임, AR/VR/MR 디바이스 등 혁신서비스에 대한 체험자를 중심으로 5G 초기 시장을 형성할 것으로 예상되며, 중장기적으로 NR(new radio) 기술이 도입되는 2021년 이후에 기본적인 서비스 이용의 업그레이드를 통해 수용자 확산속도는 급증하게 되고, 이후 5G 스마트폰은 자율주행을 보조하고 인공지능(AI)을 활용한 정보처리 등으로 타 산업과의 융합 서비스로 발전될 것으로 기대하고 있다.

모바일 트래픽 예측분석 결과, 향후 7년간 국내 이동통신 트래픽은 현재 대비 6배 급증하여 2024년에는 2.8EB에 이를 것으로 전망된다. 5G 상용화 이후에도 4G 트래픽은 당분간 완만한 증가를 유지하다가 2021년에 감소 추세로 전환하면서 2024

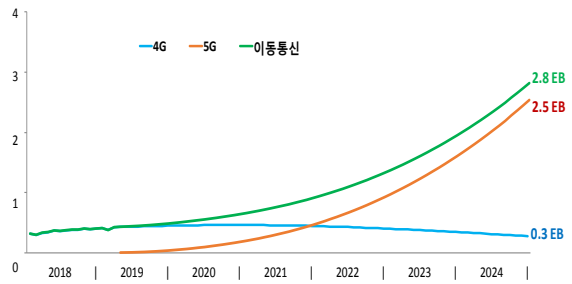


그림 8 이동통신 트래픽 전망(EB/월)

년에는 0.3EB로 줄어들고, 5G 트래픽은 2024년에는 2.5EB로 전망되고 있다. 한편 초연결(mMTC) 서비스는 시설 관리·제어 등의 산업용과 교통·방범·방재·환경 등의 스마트시티에 활용 가능하다. 국내 사물인터넷은 면허대역 및 비면허대역을 통해 상호 보완관계를 형성함에 따라 5G 네트워크에 집중되는 초연결 트래픽은 상대적으로 높지 않을 것으로 보고 있다.

### V. 결론

이동통신은 신규서비스의 도입, 성장, 성숙, 쇠퇴 등 주파수 이용 생애주기를 가지며, 2개 이상의 세대별 서비스가 공존하면서 대체되는 특성이 있다. 특히 전파는 이동통신 발전과 산업 융합을 위한 핵심 인프라로서 다양한 수요 충족을 위해 과학적이고 체계적인 관리가 중요하다. 이러한 배경 속에서 주파수 수요예측을 통해 수요와 공급의 균형 관점에서 자원관리 방안을 모색하고, 전자산업의 활성화와 효율적인 주파수 이용정책 수립을 위해서는 모바일 트래픽에 대한 정확한 분석과 예측이 선결되어야 한다.

향후에는 이러한 분석과 예측을 어떻게 활용해서 바람직한 미래를 만들어 갈 것인가에 초점을 맞추어야 할 것이다. 즉 주파수의 효율적인 관리와

그 가치를 극대화 할 수 있는 신(New) 주파수 관리 체계가 요구되며, 이를 위해 이동통신 세대별 전(全) 주기에 걸친 전파자원의 선순환 구조에서 각 단계별 주파수 분석시스템과 함께 주파수 수급체계를 합리화하기 위해 주파수 수요 및 공급의 상태를 나타내는 다양한 지수 도입을 통해 전파자원을 정량적으로 평가하고 관리해야 할 필요성이 있다. 이러한 데이터 기반의 수급체계 구축을 통해서만이 전파관리 정책의 패러다임 전환을 꾀할 수 있을 것이다.

**용어해설**

- TB** 테라바이트(TeraByte).  $2^{40}$  바이트(Byte) 정보량
- PB** 페타바이트(PetaByte).  $2^{50}$  바이트(Byte) 정보량
- EB** 엑사바이트(ExaByte).  $2^{60}$  바이트(Byte) 정보량
- VR** 가상현실. 자신과 배경·환경 모두 현실이 아닌 가상의 이미지를 사용
- AR** 증강현실. 현실의 이미지나 배경에 3차원 가상 이미지를 겹쳐서 하나의 영상으로 보여주는 기술
- MR** 혼합현실. 현실 세계를 배경으로 가상의 정보를 혼합
- mMTC** 대규모 사물통신. IMT-2020 이동통신에서 원격검침, 차량관제, 의료, 공장 등 사회 전반에 활용

**약어 정리**

AR	Augmented Reality
MAPE	Mean Absolute Percent Error
MPE	Mean Percent Error
mMTC	massive Machine Type Communications
MR	Mixed Reality
VR	Virtual Reality

**참고문헌**

- [1] 전기통신사업법, 2019.
- [2] ITU-R, "IMT Traffic Estimates for the 2020 to 2030," Report ITU-R M.2370-0, 2015.
- [3] Cisco, "Visual Networking Index: and Trends, 2017-2022," 2018.
- [4] Ericsson, "Mobility Report," 2018.
- [5] S. Lee, C. Cho, E. Hong, B. Yoon, "Forecasting Mobile Broadband Traffic: Application of Scenario Analysis and Delphi Method," *Expert Syst. Applicat.*, vol. 44, 2016, pp. 126-137.
- [6] Collins English Dictionary. <https://www.collinsdictionary.com>
- [7] C. E. Shannon, "A Mathematical Theory of Communication," *Bell Syst. Techn. J.*, vol. 27, no. 3, 1948, pp. 379-423.
- [8] C. D. Lewis, "Industrial and Business Forecasting Methods," London: Butterworths, 1982.