

# LTE 서비스 도입에 따른 유도된 수요 발생에 관한 실증 연구

이 상 우\*, 최 선 미\*, 박 준 선\*\*, 박 명 철\*\*\*

## Empirical Analysis of Induced Demand Resulted from LTE Service Launching

Lee Sang-Woo\*, Sun Me Choi\*, Park Jun-Seon\*\*, Park Myeong-Cheol\*\*\*

### 요 약

스마트폰 도입 이후 국내 무선인터넷 시장은 획기적으로 변화하여 왔다. 이에 따라 무선인터넷시장의 성장은 물론 무선데이터 트래픽 또한 기하급수적으로 증가하고 있다. 이러한 무선인터넷 시장 및 트래픽 증가 현상에 대해 다양한 찬반양론은 있으나, 무선인터넷 서비스 시장의 활성화는 그간 성장이 다소 정체되어 왔던 통신시장의 재도약의 발판을 마련하고 있는 것은 부정할 수 없는 사실이다. 이에 본 연구는 사건연구(Event Study) 방법론을 이용하여 망 전송 속도 및 네트워크 용량 확대에 따라 발생가능한 수요 패턴 중 하나인 유도된 수요(Induced Demand)가 LTE 도입에 따라 실제 통신시장에서도 발생하고 있는 지를 실증적으로 분석하고, 유도된 수요 발생에 따른 문제점 및 정책적 해결 방안을 제시하고자 한다.

**Key Words** : 무선인터넷서비스, 유도된 수요, LTE, 수요예측, 트래픽

### ABSTRACT

Since introduction of smart phone in Korean mobile telecommunication market, mobile internet service market has changed dramatically. Although there have been many heated discussion of pro and cons of recent tremendous growth of mobile traffic, mobile data service market has contributed to re-development of whole telecommunication market. This paper is aimed at empirically test and confirms the occurrence of induced demand resulted from LTE service launching. In conclusion, we suggest the direction of regulation and policy for sustainable development of mobile internet service.

### I. 서 론

국내 무선인터넷서비스 시장은 유선기반의 초고속 인터넷 서비스와 달리 성장률이라는 단어가 무색할 정도로 성장이 정체되어 있었다. 그러나 2009년 스마트폰 도입과 더불어 무제한 데이터 요금제 도입(10.8

월) 등 사업자는 물론 정부의 다각적인 무선인터넷시장 활성화 노력으로 최근 3년간 가히 폭발적이라 할 만큼의 성장세를 기록하였다. 2008년 4분기 기준으로 SMS/MMS 등 메시징 서비스를 제외한 무선인터넷 시장규모가 전체 이동통신시장 중 약 11.2%를 차지하는 2.4조원에 불과하던 것이 2010년에는 108%가 성

• 주저자 겸 교신저자 : 한국전자통신연구원 방송통신정책연구팀, woody@etri.re.kr, 정희원

\* 한국전자통신연구원, sonia@etri.re.kr

\*\* 방송통신위원회, parknaju@daum.net

\*\*\* 한국과학기술원(KAIST), imcpark@kaist.ac.kr, 정희원

논문번호 : KICS2012-06-279, 접수일자 : 2012년 6월 18일, 최종논문접수일자 : 2012년 7월 31일

장한 약 5조원 규모의 시장을 형성하여 전체 이동통신 매출액의 약 22%를 차지하고 있는 것으로 조사되었다. 이러한 무선인터넷 시장의 폭발적 성장세는 스마트폰 가입자의 지속적 증가, LTE(Long Term Evolution, 이하 LTE) 상용화('11.9월) 및 정액요금제 확산 등에 따라 당분간 지속될 것으로 전망된다.(표1)

표 1. 이동통신시장 무선인터넷 매출 추이(단위:십억원)  
Table 1. Mobile Internet Sales Trend (Unit: KRW in billions)

구분	'08년	'09년	'10년
무선인터넷매출 (전년대비성장률)	3,809(-)	4,307 (13.1% ↑)	5,031 (16.8% ↑)
전체 시장대비 비중	17.9%	19.5%	22.0%

출처 : 각사(SKT, KT, LGU+) IR 자료

무선인터넷시장의 성장과 더불어 무선데이터 트래픽 또한 기하급수적으로 증가하였는데, 스마트폰 도입 초기인 2009년 무선데이터 트래픽 규모가 약 1,900TB/년에 불과하던 것이 2011년에는 무려 약 73배가 증가한 140,774TB/년에 달하는 것으로 조사되었다.

표 2. 무선인터넷트래픽 추이  
Table 2. Mobile Internet Traffic Trend

구분	'09년	'10년	'11년
총 트래픽 (전년대비증가율)	1,906TB (-)	16,629TB (772% ↑)	140,774TB (747% ↑)
1인당 일평균트래픽	6.8MB	29.2MB	237.5MB

출처 : 방송통신위원회

이러한 스마트폰, 태블릿 PC 등 스마트기기의 보편화는 소비자들로 하여금 과거 음성중심의 통신시장에서는 겪어보지 못하였던 편리함과 정보성을 경험토록 해 줌으로써 소비자들끼리 통신서비스를 통해 느끼는 효용은 무한히 확대된 반면, 통신사업자의 입장에서는 무선데이터 사용량 급증에 따른 통신서비스 품질 저하 및 망 과부하 문제 등의 해소를 위하여 LTE 조기 상용화, 3G망 용량확충, 트래픽 분산(off-loading)을 위한 Wi-Fi망 확충 등 이동통신망의 고도화를 위해 막대한 투자를 지출하고 있는 상황이다.

현재까지 이동통신시장에서의 데이터 트래픽 폭증 문제는 통신망의 지속적인 확충 및 고도화, 데이터 트래픽의 효율적 관리라는 측면에서 주로 논의되어 왔다. 그러나 데이터 트래픽의 소비자 수요패턴을 고려한 무선데이터 트래픽 관리 방안에 대한 연구는 아직

까지 미흡한 상황이다. 특히 2011년 9월 LTE의 본격적 상용화 이후 불과 7개월만에 가입자가 400만명을 돌파하는 등 기존 3G망에서 LTE로의 가입자 전이가 가속화되는 상황을 고려할 때, 망의 전송속도 및 용량 증대에 따른 소비자의 무선인터넷트래픽 수요패턴을 고려한 트래픽 관리 및 정책에 대한 연구가 시급한 상황이다.

이에 따라 본 논문에서는 사건연구(Event Study) 방법론을 이용, 망 전송속도 및 네트워크 용량 확대 등 통신망 고도화에 따라 발생가능한 소비자의 수요 패턴 변화 중 하나인 유도된 수요(Induced Demand)가 실제 국내 이동통신시장에서도 발생하고 있는지를 실증적으로 분석하고, 유도된 수요 발생에 따른 문제점 및 이를 위한 정책적 해결방안을 제시하고자 한다.1)

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 유도된 수요의 개념과 이에 대한 기존 연구내용을 소개하고, LTE 도입에 따른 유도된 수요의 발생이 소비자 후생에 미치는 영향을 이론적으로 분석한다. 특히 최근 무선인터넷 트래픽 폭증이 가중되고 있는 상황에서 유도된 수요의 발생은 트래픽 폭증세를 더욱 가속화시킬 수 있다는 점에서 더욱 심각한 문제가 될 수 있다. 현재까지 이동통신시장에서 신규 통신망 구축에 따른 유도된 수요 발생여부를 실증적으로 검증한 연구는 전무한 상황이다. 3장에서는 국내 이동통신사업자 중 LTE 상용화를 가장 먼저 개시한 이동통신사업자의 자료를 활용, 국내 이동통신시장에서 유도된 수요가 발생하고 있는지에 대한 실증적 분석을 수행하고 이에 따른 영향을 제시한다. 또한 이러한 유도된 수요 발생에 따른 사회적 후생 저하 가능성 및 이를 방지할 수 있는 정책적 방안을 제시한다. 마지막으로 4장에서는 결론을 제시한다.

이러한 분석결과를 토대로 향후 소비자들로 하여금 합리적인 무선인터넷서비스의 소비를 유도하고 궁극적으로 시장참여자간 상호 상생할 수 있는 건전한 무선인터넷 생태계 조성을 위한 정책적 방안을 제시하고자 한다.

## II. 유도된 수요(Induced Demand)의 개념과 관련 선행 연구

1) 사건연구 방법론은 해당 이벤트의 효과를 분석하기 위해 특정 이벤트 발생 시점을 중심으로 그 전후의 효과를 비교 측정하는 방법으로 주로 재무 및 회계 분야에서 널리 사용되고 있으며 MIS 분야의 많은 연구에서도 활용되고 있는 방법론이다.

2.1. 유도된 수요

유도된 수요는 공급이 증대된 이후 이에 따라 수요가 증가하는 현상을 의미하는 것으로, 주로 도로확충과 관련하여 미래의 교통량 증가를 예측하고 이를 평가하는데 주요 논리로 사용되어 왔다.<sup>[1-3]</sup>

유도된 수요는 Bressey et. al(1938)에 의해 개념적으로 처음 제시된<sup>[4]</sup> 이후 Leeming(1969)과 Lewis, Mogridge는 유도된 수요가 실제 현실에서도 발생하고 있음을 실증적으로 증명한 바 있다.<sup>[5,6]</sup> 특히 Lewis와 Mogridge는 교통시장에서 도로가 확충되면 더 많은 통행량이 확충된 도로를 채우게 된다는 실증적 분석을 통해 통행량은 도로 공간을 채울 때까지 팽창하게 된다는 명제를 증명하였다. 즉, 공급을 늘리면 이에 따라 수요도 함께 증가하는 이른바 유도된 수요의 특성이 있다는 것이다.

이러한 유도된 수요 개념은 도로체계와 유사한 네트워크 산업에서도 적용될 수 있다. 즉, 사업자가 자신의 통신망을 고도화함에 따라 망용량과 전송속도가 증대되면 이후의 트래픽은 망투자 이전의 트래픽보다 큰 폭으로 증가하여 궁극적으로는 고도화된 망 또한 포화될 때까지 트래픽이 증가할 수 있다는 점이다. 특히 본 연구의 분석 대상인 무선인터넷 시장의 양면시장적 특성으로 인해 무선인터넷산업의 Value Chain내 네트워크 사업자를 중심으로 전·후방 시장에 걸쳐 유도된 수요가 발생할 수 있다는 점에서 네트워크 산업에서의 유도된 수요 발생 가능성은 매우 높다고 할 수 있다.

예를 들어 전방시장의 경우 기존 3G망에 비해 5배 이상 속도가 빠른 것으로 평가받고 있는 LTE망이 구축되어 망의 전송속도 및 용량 증대가 증가되면, 소비자는 과거 3G망에서 전송속도의 한계 등으로 서비스 이용을 주저하였던 실시간 동영상 서비스를 끊임 없이 이용하게 됨으로써 유도된 수요가 발생하고 이에 따라 통신사업자는 이를 수용하기 위한 망확충 등 추가적인 망투자비용을 지출하게 하는 등 양의 피드백(positive feedback) 효과를 발생시키게 된다.

또한 후방시장에서는 망의 전송속도 및 용량 증대로 CP(Contents Rights 포함) 및 Platform 사업자들은 기존 보다 용량이 큰 다양한 multi-media 데이터를 개발 유포하는 등 데이터 자체의 증가를 유발하게 된다. 결국 이러한 LTE 도입에 따른 유도된 수요로 인해 그림 1에서 보는 바와 같이 단기적으로는 수요곡선 자체의 이동을 견인하게 된다.

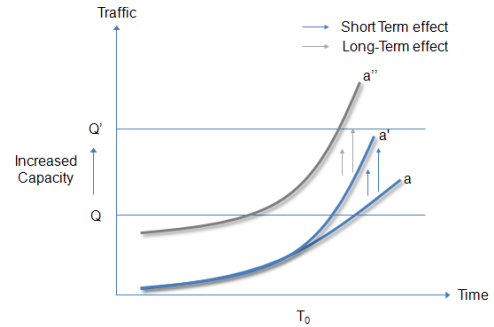


그림 1. 유도된 수요에 따른 수요곡선의 장단기적 변화  
Fig. 1. Short and Long-term Changes of the Demand Curve due to Induced Demand

2.2. 연구모형

경제학적으로 수요와 공급의 법칙에 따라 공급량이 증가하게 되면 재화의 가격이 떨어져 수요는 증가하게 된다. 또한 소비자는 재화 혹은 상품을 구매 혹은 소비함에 있어 자신의 효용함수에 따라 주어진 예산 제약하에서 자신의 효용을 극대화할 수 있을 만큼 소비함을 가정하고 있다. 즉, 무선인터넷사용자는 무선인터넷 서비스에 부여하는 가치와 지불가격의 비교에 의해 결정되는 효용에 의해 소비 규모가 결정된다고 가정하여 왔다. 이를 수식으로 나타내면 다음 식(1)과 같다.

$$Max_q U(Q/P) \tag{1}$$

여기서 U는 효용함수를 의미하며, P는 데이터 트래픽 단위당 사용료를 의미한다. 즉, 이동통신가입자는 자신의 효용극대화를 위해 합리적인 소비를 하고, 예산제약조건이 없을 경우 주어진 요금(P)에 따라 자신의 효용을 극대화할 수 있는 최적 소비량 Q\*를 소비하게 된다.

그러나 만일 유도된 수요가 존재할 경우 다시 말해, 네트워크의 전송속도 및 용량이 증가하였을 경우 자신의 효용극대화를 위한 최적 소비량을 결정함에 있어 요금(P)뿐만 아니라 전송속도에 의해서도 결정될 경우 식(1)은 다음 식(2)와 같은 형태의 효용함수로 바뀌게 된다.

$$Max_q U(P,v) = U^t(Q/P) + U^a(Q/v) \tag{2}$$

여기서 U<sup>t</sup>는 가격에 의한 효용함수로 가격이 낮아지면 수요량이 증가하게 됨을 의미하며, U<sup>a</sup>는 전송속도 및 망의 용량이 증대됨에 따라 소비자가 느끼는 효용이 증가하여 수요가 증가하게 됨을 의미한다. 즉, U<sup>a</sup>에 의해 효용이 결정되고 수요량이 증가할 경우 이

는 곧 유도된 수요가 발생하고 있는 것으로 볼 수 있다.

효용함수 식(2)를 통해 효용극대화를 위한 최적소비량인  $Q^*$ 를 구하기 위한 1차 조건식(1st order condition)은 다음과 같이 식(3)으로 구성할 수 있다.

$$\partial U / \partial Q = (\partial U^d / \partial Q) + (\partial U^f / \partial Q) = 0 \quad (3)$$

식(3)에서  $U^d$ 는 소비자가 데이터서비스를 한단위를 추가적으로 소비함에도 불구하고 발생하는 한계비용이 0일 경우, 다시 말해 데이터 트래픽을 한단위 추가적으로 이용하더라도 전송속도가 감소하지 않는 한, 항상 증가하는 강단조성을 지니게 된다. 따라서 이 경우  $\partial U / \partial Q$ 는 항상 0보다 크므로( $\partial U^d / \partial Q > 0$ ). 결국 식(3)이 성립되기 위해서는  $\partial U^f / \partial Q < 0$ 이 반드시 성립해야 한다.  $\partial U^f / \partial Q < 0$ 의 의미는 효용적 관점에서 주어진 통화료 수준에서 효용을 극대화하기 위한 자신의 최적 소비량( $Q^*$ )보다 많이 소비할 수 있음을 의미한다.

그러나 이러한 소비자 효용관점에서의 분석은 현재 이동통신요금체계가 단계별 정액제(tiered pricing scheme) 형태로, 단계별 정액제하에서 소비자는 자신에게 주어진 최대소비용량 한도 내에서 데이터서비스를 소비할 것이므로, 전송속도 증가에 따라 수요가 증가하는 유도수요가 있다라도 소비자 효용관점에서는 큰 문제가 없다. 그러나 만일 이동통신요금에 단계별 정액제가 아닌 완전 종량제일 경우 전송속도 증가에 따른 유도된 수요 발생은 자신의 효용극대화를 위한 최적 소비규모보다 많은 통화량을 이용하게 될 수 있음을 보여주는 것이라 할 수 있다.

본 논문에서는 LTE 상용화에 따른 이동통신 가입자들의 월평균 일인당 데이터 사용량(이하 ATPU : Average Traffic Per User)의 변화 추이를 분석함으로써 무선인터넷 시장에서도 유도된 수요가 발생하고 있는지를 실증적으로 분석하고자 한다.

### III. 실증분석 결과

#### 3.1. 조사방법 및 분석절차

국내 무선인터넷시장에서 유도된 수요가 실제로 발생하고 있는지를 실증적으로 분석하기 위하여 분석대상은 국내에서 제일 빠르게 LTE 서비스 상용화를 시작한 사업자를 선정하였으며, 분석 자료는 무선인터넷 시장이 성장하기 시작한 2009년 8월부터 2012년 3월

까지 해당 사업자의 무선데이터 트래픽의 실측 자료를 활용하였다. 특히 본 연구에서는 LTE망과 3G망을 구분하여 ATPU 추이를 예측하고 분석할 경우 LTE 서비스가 도입 초기임에 따라 발생하는 early adopter 효과로 인해 결과값이 왜곡될 수 있음을 고려하여, 3G망과 LTE망을 구분하지 않고 3G망 및 LTE망에서 발생된 총 데이터 트래픽을 전체 이동통신가입자로 나누어 ATPU 산출 후 분석을 수행하였다.

본 연구는 그림 2와 같은 절차에 따라 크게 세단계로 나누어 분석하였다. 첫 번째 분석단계에서는 2009년 8월부터 2012년 3월까지 확보된 총 32개의 월평균 일인당 데이터 사용량에 대한 시계열자료 중 LTE 상용화 이후 시점인 2011년 10월부터 2012년 3월까지 6개의 자료를 제외한 총 26개의 과거 시계열자료를 기초로 SPSS PASW 17.0을 이용, 예측모형을 식별·진단하여 최종 예측모형을 선정하였다. 두 번째 단계에서는 최종 선정된 예측모형을 통해 2011년 10월부터 실측 자료의 최종시점인 2012년 3월까지 6개월간의 월별 단기 수요예측을 실시하였다. 마지막 세 번째 단계에서는 추정된 예측 ATPU와 실제 ATPU간 차이를 통계적으로 분석함으로써 LTE 도입에 따른 유도된 수요 발생 여부를 실증적으로 분석하였다.

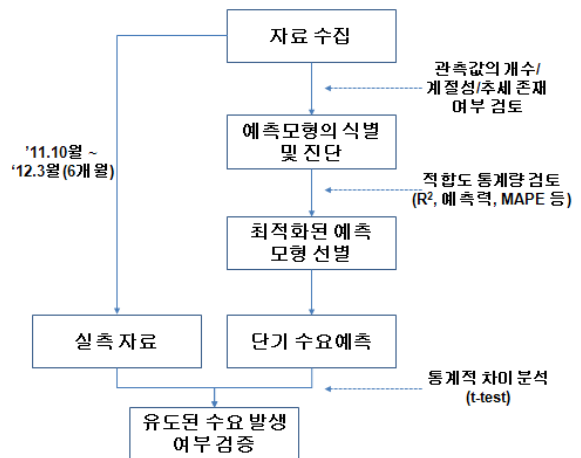


그림 2. 연구의 분석 절차 및 방법  
Fig. 2. Study Procedures and Methods

#### 3.2. 분석 모형

앞서 언급한 바와 같이 본 논문의 목적은 무선인터넷시장에서 데이터 서비스를 이용함에 있어 유도된 수요가 실제 이동통신시장에서 발생하는 지를 분석하는데 있다. 이를 위하여 본 논문에서는 다음과 같은 분석 모형을 설정하였다.

$$Q_{Traffic} = F(P, U_n) \quad (4)$$

여기서  $Q_{Traffic}$  은 일인당 월평균 데이터 사용량 (ATPU),  $P$ 는 MB당 데이터 사용요금,  $v_n$ 는 가입된 망에서의 평균 전송속도(혹은 전송용량)을 나타낸다. 식 (4)는 다른 조건이 일정할 경우 일인당 월평균 데이터 사용량은 데이터 사용요금 및 전송속도에 의해 영향을 받는다는 가정하에 설정하였다.

유도된 수요는 일반적인 경제학적 관점에서 보면 그림 3과 같이 설명될 수 있다.

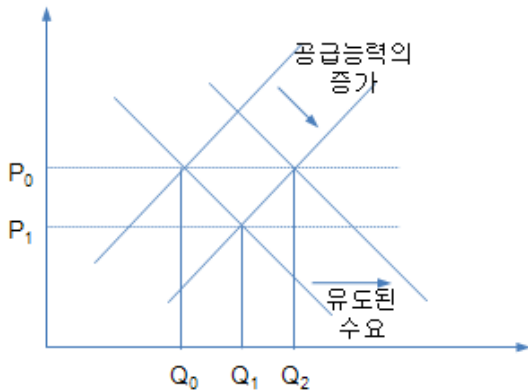


그림 3. 공급량 증가에 따른 유도된 수요  
Fig. 3. Induced Demand due to Supply Increase

위의 그림 3에서 보는 바와 같이 공급능력의 증가는 가격은  $P_0$ 에서  $P_1$ 으로 하락하게 되고 이에 따라 수요량은  $Q_0$ 에서  $Q_1$ 으로 증가하게 된다. 하지만 시장내에 유도된 수요가 발생할 경우 발생된 유도된 수요로 인해 추가적으로 수요량은  $Q_1$ 에서  $Q_2$ 로 증가하게 되는 반면, 가격은  $P_1$ 에서  $P_0$ 로 다시 상승하게 된다. 결국  $Q_1$ 까지의 거래량 변화는 공급능력 증가에 따른 가격인하로부터 기인하게 되며,  $Q_1$ 에서  $Q_2$ 까지의 수요 변화를 유도된 수요라 할 수 있다.

그러나 국내 이동통신시장의 경우 이동통신요금의 공급량이 증대되더라도 그것이 요금인하로 연결되지 않는 특성을 지니고 있으며, 또한 본 연구의 분석대상 기업의 경우 LTE 데이터 요금과 3G 데이터 요금간 차이가 없었기 때문에<sup>2)</sup> 위의 그림 3에서 분석한  $Q_0$ 에서  $Q_1$ 까지의 공급량 증가에 따른 가격인하로 유발되는 수요량 변화는 없다고 볼 수 있다.

다시 말해, 기존 3G와 LTE 서비스간 데이터 서비스 요금체계가 단계별 정액제로 유사하고 요금수준

또한 기존 3G 요금제 대비 LTE 요금제가 오히려 높거나 유사함을 감안할 때, LTE 도입에 따른 가격인하 효과에 의한 수요량 변화는 없는 것으로 볼 수 있으므로, 본 연구에서 분석한 LTE 도입 이전과 LTE 도입 이후의 수요량 변화는 전송속도 증대에 따른 유도된 수요로 규정할 수 있을 것이다.

### 3.3. 예측 모형의 진단과 최적 모형 선정

수집된 시계열 자료를 활용하여 적합한 예측모형을 식별하기 위해서는 수집된 자료가 어떠한 조건을 갖추고 있는지 파악하는 것이 중요하다. 일변량 시계열 분석 방법 중 가장 대표적인 모형 중 하나인 ARIMA 모형을 설정하기 위해서는 적절한 표본크기가 필요하다. G.Box와 G.M. Jenkins(1994)는 ARIMA 모형을 설정하기 위해서는 최소 50개 이상의 관측값이 필요하다고 제안한 바 있으나,<sup>17)</sup> 일반적으로 ARIMA 모형은 관측값이 35개 이상일 때 비교적 안정적인 예측값이 산출되는 것으로 알려져 있다. 이에 반해 지수평활법의 경우에는 10개 이상의 자료가 있을 때에도 비교적 안정적인 예측값이 산출되는 것으로 알려져 있다.<sup>18)</sup>

본 연구의 경우 2009년 8월부터 2011.9월까지 총 26개의 자료를 이용하여 예측모형을 구축함에 따라 관측개수의 부족으로 인한 모형의 예측력 저하를 고려, ARIMA 모형은 진단대상에서 제외하였으며, 일변량 시계열분석 방법 중 자료가 불충분한 경우에도 비교적 안정적인 예측값을 산출할 수 있고 추세가 존재하는 자료에 적용가능한 지수평활법 중 Holts 선형추세, Brown 선형추세, 진폭감소 추세 모형 등 3가지 모형을 대상으로 모형의 적합도를 비교 평가하였다.

일반적으로 모형의 적합도 비교는  $R^2$  (정상  $R^2$ )값을 제외한 나머지 값들은 작은 값을 가질수록 모형의 적합도가 높다고 볼 수 있다.<sup>3)</sup>

각 예측모형별 모형적합 통계량은 다음 표 3과 같다. 모형 적합도 통계량을 보면, 3가지 모형 모두  $R^2$  값이 0.987 이상인 것으로 나타났다. 또한 예측모델의 정확도를 측정할 수 있는 절대평균오차비율(MAPE) 값은 각각 6.079, 6.060, 6.242로 모두 0%~10% 범위에 있어 3가지 모형 모두 매우 정확한 예측값을 나타내는 것으로 분석되었다.<sup>4)</sup> 그 중에서도 절대평균오차

2) 기존 3G 요금제의 경우 스마트34(스마트 44)와 스마트 54의 경우 데이터 서비스 한도가 각각 1G와 무제한인 반면, LTE 요금제의 경우 LTE 34(LTE 42)와 LTE54의 경우 각각 750MB(1.5GB)와 2.5GB임을 감안할 때, 오히려 LTE 요금제가 단위당 가격이 높거나 혹은 유사한 것을 알 수 있다.

3) 예측값의 정확도는 예측오차에 의해 결정되며, 오차가 작으면 작을수록 정확도는 높아진다. 일반적으로 정확도를 측정하는 방법으로는 오차제곱합, 오차제곱평균, 평균오차제곱근, 절대평균오차비율 등이 있으며, 이 중에서 MAPE는 계량모델간에 예측오차의 비교가 용이하고 그 신뢰도가 높기 때문에 자주 이용되고 있다



비율(MAPE)값이 가장 낮은 모형은 Brown 선형추세 모형인 것으로 분석되었다.

표 3. 각 모형별 모형적합 통계량  
Table 3. Model Fit Statistics

Fit Statistic	Holt Mean	Brown Mean	진폭감소 Mean
Stationary R-squared	0.038	0.027	0.549
R-squared	0.987	0.987	0.988
RMSE	6.663	6.567	6.693
MAPE	6.079	6.060	6.242
MaxAPE	19.952	21.144	20.993
MAE	3.314	3.363	3.339
MaxAE	20.945	20.335	22.966
Normalized BIC	4.044	3.889	4.178
Ljung-Box Q(18)	5.209	4.834	3.492

모형 적합 통계량 분석 이외에 모형의 우위성을 판단할 수 있는 또 다른 기준이 되는 모형의 예측력을 비교하기 위하여 LTE 상용화 이전 가장 최근 5개월 간의 데이터(2011년 5월부터 9월까지)를 제거한 후 각 모형에 근거하여 제거된 5개월 시점의 예측값을 산출한 결과는 다음 표 4와 같다.

주어진 5개의 예측값과 제거된 실측값과의 비교를 통해 각 모형별 예측력을 평가한 결과, 3가지 모형 중 Brown 선형추세 모형에 의해 산출된 예측값이 다른 모형에 의해 예측된 값들 보다 제거된 관측값의 ATPU에 더 가깝다는 것을 알 수 있다.

표 4. 예측력을 사용한 모형 비교 (단위:MB/월)  
Table 4. Model Comparison with Predictive Power (Unit: MB/ month)

기간	관측값	Holts	Brown	진폭
'11.5	104	100	99	100
'11.6	123	122	120	122
'11.7	162	150	147	150
'11.8	185	185	182	186
'11.9	192	231	227	232

모형적합 통계량(R<sup>2</sup>값, MAPE) 및 예측력 평가 결과, Brown 선형추세 모형이 Holts 선형추세 및 진폭 감소 추세모형보다 예측력이 가장 높은 것으로 분석

되어, 2011년 10월 이후 2012년 3월까지 6개월간의 단기 ATPU 예측을 위한 최적 예측모형으로 선형추세 모형을 선정하였다.

3.4. 실증 분석 결과

표 5는 LTE 상용화 이전 자료와 상용화 이후 자료 간 일인당 월평균 데이터 트래픽 사용량에 대한 기술 통계량이다.

표 5. LTE 상용화 이전 및 이후 ATPU의 기술통계량  
Table 5. Comparison of ATPU Descriptive Statistics between Pros and Cons of LTE Commercialization

구분	LTE 상용화 이전 ('09.8~'11.9)	LTE상용화 이후 ('09.8~'12.3)
평균	48.0458	112.70167
관측수	26	32
표준편차	58.28859	158.23206
'11.8	185	185
'11.9	192	231

특히 LTE 서비스가 본격적으로 상용화되기 이전 시점인 2011년 9월에 일인당 월평균 데이터 트래픽(ATPU : Average Traffic Per User)이 192MB이었으나, 2012년 3월에는 무려 3배가 증가한 563MB에 달하는 것으로 조사되었다. 그림 4는 Brown 선형추세 모형에 의해 추정된 예측값과 실제값과의 차이를 보여주고 있다. LTE 서비스가 도입되어 본격적인 상용화가 시작된 2011년 10월(t=27기) 이후 예측모형에 의한 예측값과 실측값이 차이가 현저히 벌어지고 있음을 확인할 수 있다.

또한 3G 사용자와 LTE 사용자의 평균 트래픽 차이를 분석한 결과 3G 가입자당 월평균 데이터 사용량이 286.56MB/월인데 반해, LTE 가입자당 월평균 2,103MB/월에 달하는 것으로 분석되어 LTE 가입자가 3G 가입자 대비 약 7.3배 이상의 트래픽을 유발하는 것으로 분석되었다.

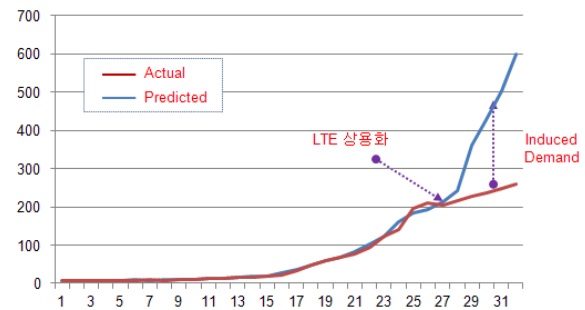


그림 4. 예측값과 실측값간 차이 분석  
Fig. 4. Interval Analysis between Predicted Value and Actual Value

4) 절대평균오차비율은  $MAPE = \frac{100}{n} \sum \left| \frac{y_t - \hat{y}_t}{y_t} \right|$  와 같이 계산되며, 계산된 MAPE 값이 0~10% 사이이면 매우 정확한 예측을, 10%~20% 사이이면 비교적 정확한 예측으로 평가될 수 있다.<sup>19)</sup>

이러한 정성적 분석결과는 Brown 선형추세 모형에 의해 추정된 예측값과 실제값과의 차이인 예측오차에 대한 분석에서도 확인할 수 있다. LTE 상용화 초기시점인 2011년 10월 예측오차가 10에 불과하던 것이 3G에서 LTE로의 가입자 전환이 본격화됨에 따라 예측오차가 확연히 증가하는 것을 알 수 있다. 특히 LTE 가입자가 400만명에 근접한 2012년 3월에는 예측값 대비 실측값이 2.2배에 달하는 것으로 분석되었다.

표 6. 예측모형에 의한 예측오차 변화  
Table 6. Trends of Predicted Error by Prediction Model

구분	실측값(A)	예측값(B)	예측오차 (C=A-B)
'11.10	213	203	10
'11.11	241	214	27
'11.12	359	226	133
'12.1	427	237	190
'12.2	504	249	255
'12.3	563	260	303

또한 예측모델의 정확도를 판단하는 예측모형의 절대평균오차비율(MAPE)의 변화를 통해서도 유도된 수요의 발생 여부를 판단할 수 있다. LTE 도입 이전까지의 시계열자료를 기초로 추정된 Brown 선형추세 모형의 MAPE가 6.060이었으나, LTE 도입 이후 발생한 실제값을 추가로 고려하였을 경우 예측모형의 MAPE가 9.8472로 상승하는 것으로 분석되어 예측모형의 예측력이 현저히 저하됨을 알 수 있었다.

실측값을 포함하였을 경우의 예측모형의 MAPE 값(9.8472)과 LTE 도입 이전까지의 자료를 기초로 한 예측 모형의 MAPE(6.060) 차이에 대한 통계적 유의성 검증 결과(표 7), 유의성은 약간 낮으나 10% 유의수준에서 유의한 것으로 분석되었다. (F=2.837, p=0.098)

표 7. MAPE 차이 분석 검증통계량  
Table 7. Verification Statistics Analysis of MAPE Differences

구분	SSR	df	MS	F	Sig.
Between Groups	389.229	1	389.229	2.837	.098
Within Groups	7681.738	56	137.174		
Total	8070.967	57			

이러한 분석 결과는 LTE 도입 이후 이동통신가입자의 ATPU의 증가추세가 LTE 도입 이전과는

매우 상이한 증가추세를 보이고 있으며, 이용자는 자신의 효용극대화를 위한 최적의 데이터 소비량을 결정함에 있어 통신망의 전송속도에 의해서도 영향을 받고 있음을 의미한다. 이는 기존 3G망에 비해 전송속도 및 용량이 증대된 LTE 서비스가 제공됨에 따라 실제로 무선인터넷시장에서 유도된 수요가 발생하고 있음을 실증적으로 보여주는 결과라 할 수 있다.

### 3.5. 분석 결과의 함의 및 제언

분석 결과, 이동통신시장에 LTE 서비스가 도입됨에 따라 소비자의 이용패턴이 변화하고 있으며, 통신시장에서도 실제로 유도된 수요가 발생하고 있다는 것을 알 수 있었다. 또한 이러한 유도된 수요의 발생은 이용자들이 자신의 효용극대화를 위한 최적 소비규모보다 더 많은 데이터 트래픽을 소비할 가능성이 있는 한편, 이로 인한 트래픽 과다 발생으로 통신망의 과부하가 초래될 가능성이 존재할 수 있음을 보여주는 결과라 할 수 있다.

따라서 이러한 유도된 수요 발생을 최소화하기 위해서는 데이터 트래픽 사용량에 따라 요금을 차별적으로 부가함으로써 소비자들로 하여금 자신의 효용함수에 따라 최적 소비량에 근접한 데이터 사용량을 소비하도록 유도할 수 있는 제도적 장치가 마련되어야 할 것이다.

유도된 수요 발생을 최소화할 수 있는 가장 직접적이고 효과적인 해결책은 트래픽 사용량에 따라 요금을 부과하는 데이터 종량제를 도입하는 것이다. 그러나 현재 flat-rate 방식의 소매시장 요금구조를 usage-based 방식으로 변경하는 것이 사회적으로 용이하지 않은 상황임을 고려할 때, 이에 대한 대안으로 통신사업자들에게 망투자 확대를 위한 다양한 투자유인을 제공해줌으로써 유도된 수요 발생으로 인한 전송속도 저하 등 소비자편익 감소를 최소화할 수 있는 정책기제 마련이 시급한 상황이다.

즉, LTE 도입에 따른 전송속도 개선 등으로 인해 상·하류 시장에서 CP 및 이용자가 얻게 되는 추가적인 편익을 가격기제를 통해 통제하거나 혹은 트래픽 전송에 따른 이용자의 지불가격을 투자이전과 동일하게 유지토록 함으로써 유도된 수요를 최소화할 수 있도록 노력하여야 할 것이다. 한편 망고도화에 따른 전송속도 및 용량증대로 인해 CP는 물론 이용자들은 기존 보다 용량이 큰 다양한 멀티미디어 데이터를 추가로 발생시키는 등 유도된 수요 발생으로 인해 추가적인 망확충 요구가 증대하는 이른바 양(+)의 피드백 효

과로 인해 발생하는 통신사업자의 망확충 부담을 무선인터넷생태계에 참여하고 있는 모든 시장참여자들이 공평하게 부담토록 할 수 있는 제도적 장치 또한 시급히 강구되어야 할 것이다.

#### IV. 결 론

지난 2011년 10월 LTE 전용 스마트폰 출시 이후 불과 6개월만에 가입자가 400만명을 돌파하는 등 비야호로 LTE 서비스가 이동통신시장의 중심으로 자리잡아 나가고 있다.

본 연구는 LTE 서비스 상용화로 인해 발생가능한 소비자의 수요패턴 변화 중 하나인 유도된 수요가 실제 국내 이동통신시장에서도 발생하고 있는지를 분석하고 이에 따른 문제점 및 정책적 해결방향을 제시하였다.

주요 연구결과는 다음과 같이 요약될 수 있다. 첫째 국내 이동통신시장, 특히 무선인터넷시장에서 LTE 도입에 따른 전송속도 및 망용량 증대로 인해 유도된 수요(Induced Demand)가 발생하고 있음을 실증적으로 분석하였다. 둘째, 이러한 유도된 수요 발생으로 인하여 소비자들은 자신의 효용극대화를 위한 최적소비량과는 다른 데이터 트래픽을 소비할 수 있으며, 통신사업자 입장에서는 유도된 수요 발생에 따른 양(+)의 피드백 효과로 추가적인 망확충에 필요한 투자부담이 가중될 수 있음을 제시하였다.

다만, 본 연구에서는 LTE가 상용화된지 6개월밖에 경과하지 않아 활용 가능한 자료의 개수가 부족하여 ARIMA 모형 및 LTE 도입과 같은 외부사건(intervention)에 의해 시계열데이터가 받는 영향도를 고려할 수 있는 모형인 ARIMA Intervention 모형 등 충분한 수요예측 모형을 고려하지 못하였다는 연구의 한계점을 지니고 있다.

요컨대 본 연구 결과는 그간 도로교통 분야에서 주로 연구가 진행되어 왔던 유도된 수요가 무선인터넷시장에서도 발생하고 있음을 제시함으로써 이용자들에게는 합리적인 데이터 트래픽 사용을 유인하는 한편, 사업자 입장에서는 망투자 및 요금전략 수립시 마케팅 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 또한 본 논문에서 제시한 연구결과를 토대로 현재 논의가 활발히 진행 중인 망중립성에 대한 연구의 참고자료로 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

#### References

- [1] Phil Goodwin, "Empirical Evidence on Induced Traffic", *Transportation*, Vol. 23, No. 1, pp. 35-54, 1996.
- [2] Robert Cervero, "Road Expansion, Urban Growth, and Induced Travel: A Path Analysis," *Journal of the American Planning Association*, Vol. 69, No. 2, pp. 145-163, 2003.
- [3] Todd Litman, "Generated Traffic; Implications for Transport Planning," *ITE Journal*, Vol. 71, No. 4, 2001, pp. 38-47, 2011.
- [4] Bressey C & Lutyens E, Highway Development Survey, *Ministry of Transport*, 1938.
- [5] J. J. Leeming, Road Accidents: Prevent or Punish. Cassell, 1996.
- [6] Mogridge, Martin J. H., Travel in towns: jam yesterday, jam today and jam tomorrow? *Macmillan Press*, London, 1990
- [7] Box, G.E.P., Jenkins, G.M., and Reinsel, G.C., Time Series Analysis: Forecasting and Control, 3rd ed. *New Jersey: Prentice Hall*. 1994.
- [8] 윤지수 외, "경남지역 지식기반기계산업 종사자 수 예측에 관한 연구", *산업경제연구* 제25권 제1호, pp.387-407, 2012.2  
Ji-su Yun et al., "A Forecasting of Knowledge-based machine industry employees in Gyeongnam Area", *Industrial Economic Research*, Vol. 25, No 1, pp.387-407, 2012
- [9] Lewis, C. D., Industrial and Business Forecasting Methods, *London : Butterworth*, 1982
- [10] Chung-gi Lee et al., "A Study on Selection Method of Optimum Time Series Demand Forecasting Model", *Tourism Research*, Vol. 31, No. 6, pp.289-311. 2007  
이충기 외, "최적 시계열 수요예측 모델선정에 관한 연구", *관광학연구* 제31권 제6호, pp.289-311. 2007.12
- [11] Dong-bin Jung, "SPSS(PASW) Time Series Demand Forecasting I", *Hannarae Academy*, 2009  
정동빈, "SPSS(PASW) 시계열 수요예측 I", *한나라아카데미*, 2009
- [12] Housing Industry Research Institute, Housing Business Forecasting Model I, 2004  
주택산업연구원, 주택경기 예측모형 연구 I,



2004. 12

- [13] IR Statistics of SKT, KT and LGU+ 통신사업자(SKT, KT, LGU+) IR 자료
- [14] Korea Culture and Tourism Policy Institute, A Study on the Guidelines of Demand Forecasting in Tourism  
한국문화관광정책연구원, 관광수요예측 가이드라인 설정 연구, 2006.12
- [15] [www.kcc.go.kr](http://www.kcc.go.kr), Statistics of Fixed and Mobile Subscribers  
[www.kcc.go.kr](http://www.kcc.go.kr), 유,무선가입자 통계현황

**이 상 우 (Lee Sang-Woo)**



1996년 서강대학교 경영학사  
2004년 KAIST IT경영학 박사  
2005년~현재 한국전자통신연구원 선임연구원  
<관심분야> 방송통신정책, 사업전략

**최 선 미 (Sun Me Choi)**



2003년 KAIST IT경영학 석사  
2011년 KAIST IT경영학 박사  
수료  
2003년~현재 한국전자통신연구원 선임연구원  
<관심분야> 방송통신정책, 소비자행동

**박 준 선 (Park Jun-Seon)**



2008년 경희대 정보통신대학원 공학박사  
2000년 방송위원회 기술정책부장  
2008년 방송통신위원회 통신자원정책과장  
2011년 방송통신위원회 시청자 권익증진과장  
2012년 세종연구소(국가전략)  
<관심분야> 방송통신정책, 차세대 방송통신

**박 명 철 (Park Myeong-Cheol)**



1990년 미국 아이오아 주립대학교 경영학 박사  
1998년~현재 한국과학기술원 경영과학과 교수  
<관심분야> 통신경영, 벤처경영, 경영전략