

## VoLTE 활성화에 따른 요금 인하 여력 분석

이 상 우\*, 정 선 화°

## Analysis of VoLTE Charge Reduction under VoLTE Growth

Sang-Woo Lee\*, Seon-Hwa Jeong°

## 요 약

VoLTE는 음성과 문자까지 IP 기반으로 서비스가 제공됨에 따라 기존 서킷방식의 2G/3G망 기반 음성서비스에 비해 기술 및 원가효율성이 높아 규모의 경제 효과가 클 뿐만 아니라, 음성과 데이터가 하나의 망으로 제공되기 때문에 범위의 경제 효과 또한 큰 것으로 알려져 있다. 이러한 기술적 효율성을 기초로 VoLTE 서비스가 기존 서킷방식의 음성서비스에 비해 원가적 측면에서 비용효율성이 얼마나 큰지 혹은 상대적으로 높은 원가효율성을 지니고 있는 VoLTE 서비스가 활성화될 경우 이에 따라 사업자들에게는 얼마만큼의 요금인하 여력을 제공할 수 있는지에 대한 연구는 전무한 상황이다. 본 논문에서는 기존 서킷방식의 음성서비스 대비 VoLTE 서비스의 상대적 원가효율성 규모를 분석하고, 이를 기초로 VoLTE 서비스 활성화 정도에 따른 음성서비스 요금 인하 여력이 얼마만큼 될 것인지를 계량적으로 분석하였다. 분석결과 첫째 음성통화량이 고정되어 있다는 가정하에 단기적으로는 VoLTE 서비스 제공을 위해 LTE망 구축 투자비 발생으로 인해 평균비용이 상승하나, VoLTE의 상대적 우수한 원가효율성에 따라 VoLTE 전환율이 높아질수록 음성서비스의 요금인하 여력이 발생하는 것으로 분석되었다. 둘째, 모든 음성통화량이 VoLTE로 전이될 경우 음성서비스 요금은 현재 요금 수준의 약 60%까지 인하될 여력이 존재하며, 이에 따라 데이터서비스 중심으로 과금하는 요금안의 정당성을 일부 확보할 수 있음을 증명하였다. 본 연구 결과를 통해 통신사업자에게는 요금전략 수립시 기초자료로 활용될 수 있으며, 정책적으로는 요금인하를 유도할 수 있는 정책자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

**Key Words** : VoLTE Charging, Cost-Efficient Network, Average Cost Curve

## ABSTRACT

It is informed that the Voice over LTE(VoLTE) which serves voice and message on IP networks is better in terms of economies of scale than the legacy voice service on 2G/3G circuit-switched networks because of its technological and cost efficiency. In addition, services of voice and data are running on a single LTE network and as a result VoLTE has the more economies of scope. But, there is no study about how much technology-efficiency VoLTE has compared to circuit-based voice service and how much voice charge can be reduced as VoLTE grows up. This paper analyzes empirically cost-efficiency of VoLTE against circuit-based voice service and quantifies the reduction of voice charge as 2G/3G voice traffic shifts to VoLTE. The results describe the first is that the average cost of the total voice traffic rises shortly just after the investment of LTE network for providing VoLTE but it will soon have a capacity available to reduce the charge due to VoLTE's outstanding cost efficiency on the assumption that voice traffic is fixed, and the second is that the charge can be

\* First Author : Electronics and Telecommunications Research Institute, woody@etri.re.kr, 정회원

° Corresponding Author : Electronics and Telecommunications Research Institute, sh-jeong@etri.re.kr, 정회원

논문번호 : KICS2015-09-288, Received September 2, 2015; Revised November 26, 2015; Accepted December 28, 2015

cut to 60% of the current rate in case of all the voice traffic moves to VoLTE. The latter proves partially the validation of data-focusing pricing plan. Our results are expected to become basic data for network operators' establishing pricing strategies and for policy makers' inducing price cutting.

### I. 서 론

지난 2011년 LTE 서비스가 처음 상용화된 이후 LTE 가입자는 연평균 139.1%씩 지속적으로 증가하여 2015년 6월 기준 전체 이동통신가입자의 67.2%를 점유하고 있다. 이러한 LTE 가입자의 폭발적 증가와 함께 LTE망을 통한 무선인터넷트래픽 또한 매년 급증하여 2012년 1월 기준 2,838TB로 전체 무선인터넷트래픽의 12%에 불과하던 비중이 2015년 6월에는 133,323TB로 무려 4,661%가 급증하여 전체 무선인터넷트래픽의 97.1%를 차지하고 있다. 가입자수와 무선트래픽의 증가 추세가 말해주듯이 LTE 서비스가 이동통신시장의 중심으로 자리잡고 있음을 알 수 있다.

이러한 LTE를 통한 무선인터넷서비스의 폭발적인 성장과는 달리 LTE를 통한 음성서비스인 VoLTE는 기존 2G/3G에 비해 상대적으로 짧은 통화연결시간, HD급 음성품질, 다양한 부가서비스 제공이 가능하다는 여러 장점에도 불구하고 현재 시장내 전체 음성통화량에서 VoLTE가 차지하는 비중은 매우 낮은 수준으로 활성화가 미흡한 실정이다. 우리나라는 VoLTE가 상용화되어 있는 다른 국가에 비해 상대적으로 상용화 시기가 빨랐음에도 불구하고 서비스 활성화가 다소 지연된 이면에는 VoLTE 서비스에 대한 요금정책 수립 미흡, 사업자들의 VoLTE 서비스 활성화의

지 부족과 더불어 가입자들의 VoLTE 서비스 수용도 부족, 사업자간 VoLTE 망연동을 위한 기술적·정책적 협의 지연 등을 주요한 요인으로 꼽을 수 있을 것이다. 그러나 지난 2014년말 이동통신사업자 3사간 VoLTE 연동 표준이 확정된 것을 계기로 그동안 지연되어 왔던 사업자간 VoLTE 연동서비스가 비록 시범서비스이긴 하나 세계 최초로 지난 6월에 상용화가 이루어졌으며, 올해 말까지는 3사 VoLTE 연동 완전 상용화가 예정되어 있음을 고려할 때, 그 어느 때 보다도 VoLTE 서비스가 활성화될 것으로 기대를 모으고 있다.

현재까지 VoLTE 관련 연구는 주로 VoLTE 상용화를 위한 기술적·경제적 이슈를 논하거나<sup>1,2)</sup> VoLTE 서비스의 전송·품질효율성을 증명하거나<sup>3-6)</sup> 혹은 기존 2G/3G망과의 로밍 및 상호접속을 위한 기술적 방안<sup>7, 8]</sup> 등 주로 기술적 측면에 초점이 맞추어져 연구가 진행되어 온 반면, 이러한 기술적 효율성을 기초로 VoLTE 서비스가 기존 서킷방식의 음성서비스에 비해 원가적 측면에서 비용효율성이 얼마나 큰지 혹은 상대적으로 높은 원가효율성을 지니고 있는 VoLTE 서비스가 활성화될 경우 이에 따라 사업자들에게는 얼마만큼의 요금인하 여력을 제공할 수 있는지에 대한 연구는 전무한 상황이다. 이에 따라 본 논문에서는 기존 서킷방식의 음성서비스 대비 VoLTE

표 1. 세대별 이동통신가입자수 추이  
 Table 1. Trend of Mobile Subscribers by Technology Generation

Technology	CDMA	WCDMA	LTE	Total
2011.12	15,815,487	35,499,972	1,191,334	52,506,793
	30.10%	67.60%	2.30%	100%
2012.12	10,753,379	27,059,688	15,811,360	53,624,427
	20.10%	50.50%	29.50%	100%
2013.12	7,741,958	18,489,445	28,449,437	54,680,840
	14.20%	33.80%	52.00%	100%
2014.12	6,331,643	14,870,808	35,974,320	57,176,771
	11.10%	26.00%	62.90%	100%
2015.6	5,394,329	13,558,501	38,914,827	57,867,657
	9.30%	23.40%	67.20%	100%
CAGR	-23.60%	-21.40%	139.10%	2.50%

표 2. 세대별 이동통신 데이터트래픽 추이  
 Table 2. Trend of Mobile Data Traffic by Technology Generation(TB)

Technology	2G	3G	4G	Total
2012.1	21	20,707	2,838	23,566
	0.10%	87.90%	12.00%	100%
2012.12	9	20,267	27,687	47,963
	0.00%	42.30%	57.70%	100%
2013.12	7	11,854	61,197	73,058
	0.00%	16.20%	83.80%	100%
2014.12	6	6,143	113,249	119,398
	0.00%	5.10%	94.80%	100%
2015.6	6	3,930	133,323	137,259
	0.00%	2.90%	97.10%	100%
CAGR	-26.90%	-34.00%	161.80%	55.40%

서비스의 상대적 원가효율성 규모를 분석하고, 이를 기초로 VoLTE 서비스 활성화 정도에 따른 음성서비스 요금 인하 여력이 얼마만큼 될 것인지를 계량적으로 분석하고자 한다. 또한 본 연구의 분석 결과를 토대로 향후 VoLTE 과금방식 및 활성화를 위한 바람직한 요금정책 방안을 제시하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 VoLTE의 기본 개념과 타 IP 기반 음성서비스 및 기존 서킷방식의 음성서비스와의 유사점 및 차이점을 간략히 소개하고, 더불어 현재까지의 국내의 VoLTE 도입 현황과 세계 최초로 상용화된 국내 이동통신사업자 3사간 VoLTE 연동방식을 소개한다. 3장에서는 VoLTE 서비스 제공에 따른 평균비용곡선의 변화를 추정하고 이를 기존 서킷방식의 음성서비스 제공시 평균비용곡선과 비교하여 VoLTE 활성화에 따른 음성서비스의 요금인하 가능 규모를 분석하였다. 또한 분석된 음성서비스 요금인하 여력을 기초로 사회적 후생 극대화를 위한 바람직한 요금정책 방향을 제시한다. 마지막으로 4장에서는 결론을 제시한다.

## II. VoLTE(Voice over LTE) 서비스 현황

VoLTE는 4세대 이동통신인 LTE망을 통해 제공되는 데이터 기반의 음성통화서비스로 서킷(Circuit)방식의 2세대 및 3세대 기반 음성서비스와는 달리 패킷(Packet)방식으로 음성서비스를 제공한다는 점에서 가장 큰 차이가 있다. 이와 유사한 IP 기반 음성서비스로 유선망 기반의 VoIP과 이동망 기반의 mVoIP가 있는데, 이들 모두 IP 네트워크를 이용한 음성서비스

표 3. VoLTE/VoIP/mVoIP간 기술적 유사성 및 차이점  
Table 3. Technological Similarities and Differences among VoLTE, VoIP and mVoIP

구분	Wired	Wireless	
	VoIP	VoLTE	mVoIP
Network	Internet	4G Network	Mobile Network + Internet
Level of QoS	Guarantee of minimum QoS	High Quality	Low Quality
Number Policy	070	010	N/A
Etc.	Some VoIP operators lease line facilities of other network ones except for G/W and G/K	Service only for 4G subscribers	Limitation of usage according to rate systems

라는 점에서 VoLTE와 기술적 공통점을 지니고 있으나, 이용하는 네트워크와 품질수준, 번호정책 등에 있어 표 3과 같은 차이점이 존재한다.

VoLTE는 IP 기술을 활용하여 제공되는 음성서비스인 만큼 기존 서킷방식의 2G/3G 음성서비스와는 제공방식에 있어 차이가 있으나, 2G/3G 음성서비스와 마찬가지로 VoLTE 또한 서로 다른 통신망간 직접연동을 통해 사업자간 음성통화(망외통화) 서비스가 제공되고 높은 QoS가 보장된다는 점에서 상호 유사성을 지니고 있다. 이에 반해 m-VoIP의 경우에는 망간 직접연동 방식이 아닌 유선인터넷망을 경유하여 서로 다른 무선데이터망간 연동되는 방식으로 사업자간 연동을 위해 최선형(best effort) 방식의 유선인터넷망을 경유하게 됨에 따라 m-VoIP을 위한 별도의 QoS가 보장되지 못한다는 점에서 VoLTE 서비스는 mVoIP 대비 분명한 비교 우위에 있다고 할 수 있다.

전 세계적으로 VoLTE 서비스 제공현황을 살펴보면, 2015년 3월말 기준 우리나라를 포함하여 16개 국가 25개 사업자가 VoLTE 서비스를 제공하고 있는 것으로 알려져 있다<sup>9)</sup>. 미국의 경우에는 2014년 5월 AT&T와 T-Mobile이 VoLTE 서비스를 제공하기 시작하였으며, 음성·문자·데이터를 무제한 이용 가능한 스마트폰 요금제 가입자에 한해 3G 음성과 동일한 과금방식으로 요금을 부과하고 있다. 또한 일본, 홍콩, 싱가포르, 독일 등이 현재 자사 고객을 대상으로 기존 3G 음성요금과 동일한 요금수준으로 VoLTE 서비스를 제공하고 있다. 이처럼 이들 국가는 현재 자사 가입자들간 이루어지는 망내 통화에 한해 VoLTE 서비스를 제공하고 있으며, 사업자간 VoLTE 연동을 통해 망외 통화까지 VoLTE 서비스가 이루어지고 있는 국가는 우리나라를 제외하고는 전무한 상황이다<sup>10)</sup>. 국내의 경우에는 지난 2012년 8월 SKT, LGU+를 시작으로 순차적으로 이동통신 3사가 망내통화에 한해 VoLTE 상용서비스를 제공하기 시작하였다. VoLTE 망외통화의 경우에는 착신가입자 확인방식, 얼리미디어 연동규격 표준화를 비롯하여 사업자간 VoLTE 연

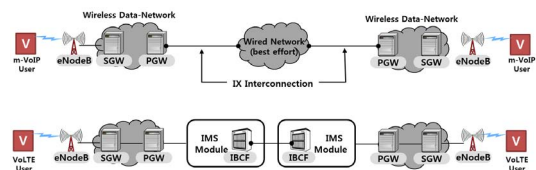


그림 1. VoLTE와 m-VoIP간 사업자간 연동방식 차이  
Fig. 1. Different Commercial Interconnected Ways between VoLTE and m-VoIP

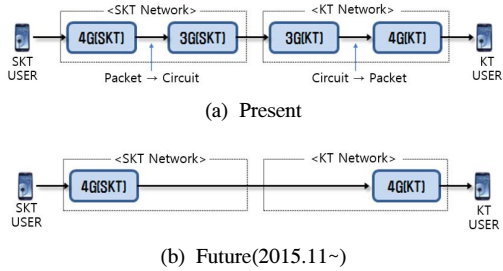


그림 2. 사업자간 VoLTE 서비스 상호연동 개념도  
Fig. 2. Concept Diagram of Commercial Interconnected VoLTE Service

동을 위한 세부 기술적 문제로 인해 다소 지연되다가 지난 6월말 시범서비스를 시작으로 오는 11월에는 이 동통신사업자 3사간 LTE에 기반한 음성통화서비스 (VoLTE)가 전면적으로 확대 추진될 예정이다. 이러한 이동통신사업자간 망연동 표준화와 상호접속을 통한 VoLTE 연동서비스 상용화는 세계 최초로 시도되는 것으로서 VoLTE 기술 진화를 선도하는데 있어 매우 상징적인 의미를 갖고 있다고 볼 수 있다.

### III. VoLTE 서비스 원가효율성 및 요금인하 여력 분석

#### 3.1 연구모형

일반적으로 통신산업은 커버리지 확보를 위한 망구축 비용이 소모되는 등 막대한 고정비성 초기 투자가 필요한 전형적인 장치산업으로 평균비용이 지속적으로 하락하는 규모의 경제효과가 큰 산업이다. 특히 평균비용이 감소하다가 일정 생산량 이상에서는 반대로 평균비용이 증가하는 U자형의 일반적인 평균비용곡선의 형태를 갖는 타 산업과는 달리 생산량이 증가함에 따라 평균비용이 지속적으로 하락하는 이른바 자연독점현상이 나타나는 대표적인 산업이라 할 수 있다. 그러나 이러한 수확체증현상이 존재하는 경우에도 만일 대규모 망증설이나 혹은 LTE망과 같은 신규 통신망 구축을 위한 추가적인 대규모 고정비성 투자비 발생시 그림 3과 같이 평균비용곡선은  $AC_0$ 에서  $AC_1$ 으로 상향 이동하여 평균비용은 상승하게 된다. 이때 신규 구축된 통신망이 기존 통신망에 비해 비용효율적인 경우에는 단기적인 평균비용 상승에도 불구하고 평균비용곡선의 기울기를 변화시켜 장기적으로는 평균비용이 더욱 하락하는 효과를 가져오게 된다( $AC_0 \rightarrow AC_2$ ).

예를 들어 위의 그림 3에서와 같이 기존 2G/3G망

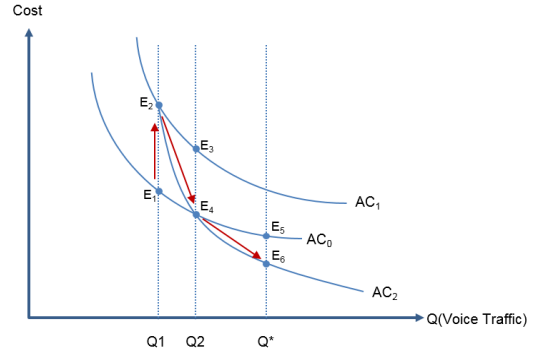


그림 3. 비용 효율적인 신규 통신망 투자 후 평균비용곡선의 변화  
Fig. 3. Change of Average Cost Curve After Cost-efficient Network Investment

에서 음성서비스 제공시 평균비용곡선을  $AC_0$ 라고 가정할 경우 만일 통신사업자들이 LTE와 같은 신규 통신망 구축없이 기존 2G/3G망 확충을 위한 투자를 하였을 경우 평균비용곡선은  $AC_0$ 에서  $AC_1$ 으로 상향 이동하게 될 것이다. 그러나 만일 동일한 투자비를 활용, 2G/3G망에 비해 비용효율적인 LTE망을 신규 구축하여 이를 통해 VoLTE 서비스를 제공할 경우 단기적으로는 동일한 수준만큼 평균비용이 상승하기는 하나( $E_1 \rightarrow E_2$ ), 비용효율성 정도에 따라 평균비용곡선 자체의 기울기를 변화시켜  $AC_0$ 에서  $AC_2$ 로 평균비용곡선이 변화될 것이다. 이러한 평균비용곡선의 변화는 통화량이 증가하고, 전체 통화량(Q) 중 VoLTE가 차지하는 비중이 커질수록 평균비용은  $E_2$ 에서  $E_4$ ,  $E_6$ 로 하락하게 된다. 이는 신규 LTE망 구축에 따른 투자비 증가로 단기적으로는 평균비용의 상승을 유발하지만 장기적으로는 VoLTE의 비용효율성이 음성서비스의 평균비용을 하락시키는 효과를 가져올 수 있음을 의미한다.

이러한 연구모형을 토대로 본 논문에서는 비용효율적인 LTE망 구축을 통한 VoLTE 서비스 제공시 2G/3G망에서의 음성서비스를 함께 고려하여 평균비용곡선의 변화를 추정하고 이를 통해 신규 LTE망 구축에 따른 대규모 고정투자비 발생으로 인한 단기적 평균비용상승에도 불구하고 VoLTE 서비스 활성화에 따라 요금인하 가능성을 살펴보고 가능하다면 요금인하 가능 규모를 실증적으로 분석하고자 한다.

#### 3.2 분석 방법 및 절차

본 논문에서는 통신망의 평균비용 추정을 위한 통신망 구축 비용을 현재 국내 음성상호접속료 산정, 설비제공대가 산정 등 다양한 정책분야에서 활용되고 있는 원가산정보형인 공학적 장기증분원가(Bottom-up

model) 모형)을 통해서 산출하였다. 공학적 장기증분 원가 모형은 통신망 엔지니어링 모델을 기반으로 한 원가산정 모형으로 주어진 가입자분포와 통화량 등을 기초로 경제적이고 효율적인 통신망 구축을 전제로 새로운 통신망의 구축과 효율적인 운영에 필요한 비용을 산정하는 원가산정 모형이다[11]. 그리고 본 논문이 기존 Circuit 기반 음성통화가 IP기반 음성서비스인 VoLTE로 전환되었을때의 원가효율성 확대에 따른 요금인하 여부를 분석하는 것을 목적으로 하고 있는바, 음성통화량 증가에 따른 평균비용 하락효과, 즉 규모의 경제효과를 배제하기 위하여 전체 이동통신 시장내 통화량이 증가되지 않고  $\bar{Q}$ 로 고정되었음을 가정하고, VoLTE 상용화 및 활성화가 이루어짐에 따라 기존 2G/3G 음성통화량이 VoLTE로 전이되는 통화량 전이 현상만 발생하는 것으로 가정하였다. 이는 현재 이동통신 시장내 음성통화량의 성장이 정체되어 있고, VoLTE가 상용화되더라도 가입자들은 자신의 통화량을 증가시켜 소비하지 않을 것이라는 합리적인 가정에도 부합된다고 할 수 있다. 이러한 기본 가정을 토대로 현재 이동통신 시장의 전체 통화량은 식 (1)과 같이 고정하고 전체 통화량 중 VoLTE가 차지하는 비중인 VoLTE 전환율을 증가시켜 이에 따른 평균비용곡선의 변화를 추정하였다.

$$\bar{Q} = (1 - \alpha) \times \bar{Q} + (\alpha \times \bar{Q}) \quad \text{여기서, } \alpha \text{는 VoLTE 전환율} \quad (1)$$

분석대상 사업자는 실제 사업자를 대상으로 할 경우 사업자의 가입자 수 및 통화량 규모에 따라 평균비용수준이 상이하고, 분석결과에도 영향을 미칠수 있음을 고려하여 동등 시장점유율을 가정, 33%의 시장점유율을 보유한 가상의 사업자를 설정하여 분석대상 사업자로 하였다.

본 연구는 그림 4와 같은 절차에 따라 크게 4단계로 나누어 분석되었다. 첫 번째 분석단계에서는 공학적 장기증분원가 방식을 활용, 33%의 시장점유율을 보유한 가상사업자가 국내 통신시장내 전체 통화량 중 33%의 통화량을 수용할 수 있는 2G/3G망을 구축하였을 경우와 2G/3G/4G망을 구축하였을 경우로 나

누어 각각의 경우에 소요되는 통신망 구축비용을 산출하였다. 두 번째 단계에서는 산출된 투자비를 통화량으로 나누어 분당 평균비용을 식 (2)와 같이 산출하였다.

$$AC = \frac{C(\bar{Q})}{\bar{Q}} \quad (2)$$

여기서,  $C(\bar{Q})$ 는 공학적 장기증분원가모형에 의해 산출된 통신망 구축비용

특히 VoLTE 서비스 제공을 위한 2G/3G/4G 통신망 구축 투자비 산출시에는 VoLTE 전환비율( $\alpha$ )을 1%에서 100%까지 변화시켜 VoLTE 전환비율에 따른 평균비용(plot data)을 산출 후 회귀분석을 통해 평균비용곡선을 추정(추정모형에 대한 적합성 검증 포함)하였다. 세 번째 단계에서는 추정된 각각의 평균비용곡선을 토대로 신규 LTE망 구축으로 인한 추가 투자비 발생에 따른 단기 손실발생규모와 VoLTE로의 전이에 따른 비용효율성 발생 규모를 비교하고, 마지막 단계에서는 손실발생규모와 비용효율성 발생규모 간 차이 분석을 통해 VoLTE로 서비스 제공 및 활성화에 따른 요금인하 가능 규모를 추정하였다.

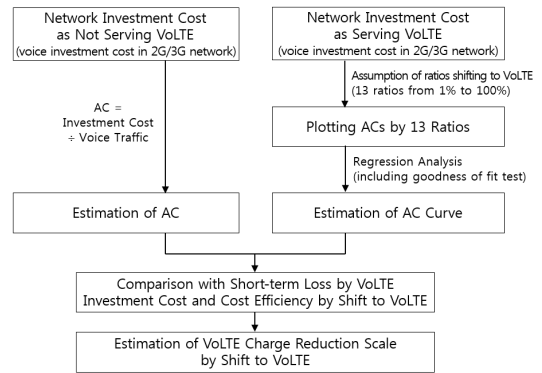


그림 4. 연구의 분석 절차 및 방법  
Fig. 4. Method and Procedure of Our Study

#### IV. 실증분석 결과

##### 4.1 평균비용곡선 추정

앞서 언급한 바와 같이 통화량이  $\bar{Q}$ 로 고정되어 있음을 전제로 공학적 장기증분원가 방식을 활용, 2G/3G망을 통한 음성서비스 제공시 평균비용곡선과 2G/3G/4G망을 통한 음성서비스 제공시 평균비용곡선을 추정하였다. 추정 결과, 2G/3G망을 통한 음성서비스 제공시 통화량이 고정되어 있고 망중설 및 확충을

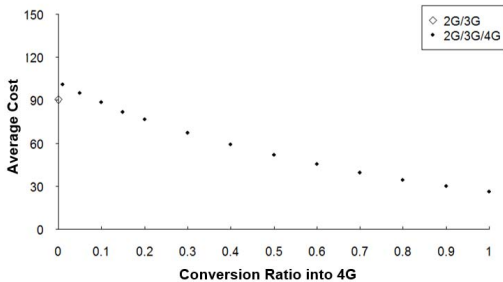
1) 공학적 장기증분원가 모형은 1990년대 중반 기준 한계 비용 산정 방식과 완전배부비용 방식이 갖고 있는 단점을 보완하기 위해 등장한 원가산정 모형으로 국내에서는 '03년 가입자 선로공동활용(LLU) 대가 산정시 처음으로 도입된 이후, 상호접속료, 설비제공대가 등 다양한 정책분야에서 활용되고 있는 원가산정 모형임

위한 추가적인 투자비가 발생하지 않는 이상 비용 또한 고정되어 있으므로 평균비용은 항상 일정한 상수 값 90.48(원/분)을 가지게 된다. 이에 반해 2G/3G/4G 망을 통해 음성서비스 제공시 평균비용곡선 추정을 위해 VoLTE 전환율을 1%에서 100%까지 13개의 전환율 시나리오를 상정하고 상정된 시나리오에 따라 산출된 비선형 패턴의 평균비용 데이터를 비선형함수인 단일격리모형(one compartment model)[12]으로 가정된 후 비선형회귀분석을 실시하였다. 평균비용함수 추정식은 다음 식 (3)과 같으며, 비용효율성이 높은 VoLTE로의 통화량 전환율이 높아짐에 따라 평균비용은 지속적으로 하락하는 형태를 취하는 것으로 분석되었다.

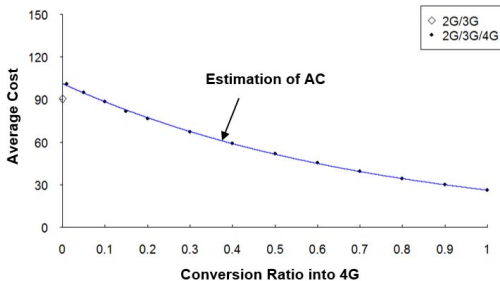
$$AC_{Curve_{2G/3G/4G}} = 101.1943 * e^{(-1.3523 * \alpha)} \quad (3)$$

표 4. 회귀분석결과 ( $C_\alpha = C_0 \exp^{-K * \alpha}$ )  
Table 4. Results of Regression Analysis ( $C_\alpha = C_0 \exp^{-K * \alpha}$ )

Model	Estimates	Std.Error	t-value	p-value
$C_0$ (Intercept)	101.1943	0.003561	1296.6	<2e-16
K	-1.352301	0.006522	-207.3	<2e-16



(a)



(b)

그림 5. VoLTE 전환율에 따른 평균비용 곡선  
Fig. 5. Estimation of Average Cost by Shift Ratio from 2G/3G Voice to VoLTE

추정된 평균비용함수의 회귀모수의 유의성 검증에서 p-value가 '<2e-16'로 매우 작은 값이 생성되고, 모형의 설명력에 대한 평가지표인 결정계수(coefficient of determination)  $R^2 = 99.97\%$  역시 매우 높기 때문에 평균비용함수가 매우 잘 추정되었음을 알 수 있다. 또한 잔차의 정규성 테스트에서도 p-value=0.4997로 잔차가 정규분포를 따른다는 귀무가설을 채택하여 선형회귀분석에 의한 모형 추정의 타당성을 입증할 수 있었다.

그림 5는 VoLTE로 전환율( $\alpha$ )에 따른 산출된 Plot data 형태의 평균비용을 회귀분석을 통해 평균비용곡선을 추정한 결과로 X축은 VoLTE 전환율( $\alpha$ )이며, Y축은 평균비용으로 VoLTE 활성화율에 따른 평균비용이 어떻게 변화하는지를 보여주고 있다.

#### 4.2 요금인하 가능 여부 및 가능 규모 산출

앞서 추정된 각각의 평균비용곡선을 토대로 LTE망 구축에 따른 대규모 투자비 부담에도 불구하고 VoLTE 활성화시 요금인하가 가능한지 여부와 그 가능 규모를 분석하기 위하여 그림 6에서 보는 바와 같이 면적 A와 면적 B의 크기를 계산하였다. 면적 A는 음성통화료가  $\bar{Q}$ 로 고정되어 있을 경우 LTE망 구축 투자비 발생에 따른 단기적 평균비용 상승으로 인한 사업자의 이익감소분을 의미하며, 면적 B는 비용 효율적인 VoLTE로의 통화량 전이가 일어남에 따라 평균비용 감소로 인해 얻게 되는 사업자의 이익증가분을 의미한다.

그림 6에서 보는 바와 같이 LTE망 구축에 따른 대규모 투자비 발생으로 VoLTE 전환율이  $R_1$ 이 되는 지점까지는 사업자들의 이익이 감소 상태를 유지하다가 VoLTE 전환율이  $R_1$ 을 넘어서게 되면, VoLTE의 비용 효율성이 초기 투자비 발생에 따른 평균비용 상승 효과를 감쇄하여 오히려 평균비용이 하락하게 된다.  $R_2$ 는 평균비용 상승으로 인한 사업자들의 이익감소분

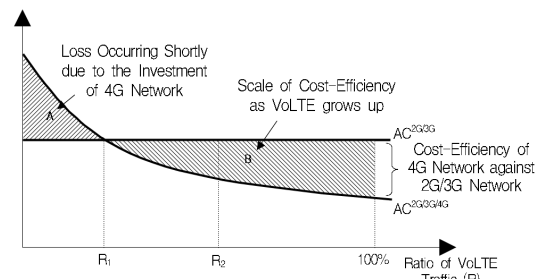


그림 6. VoLTE 전환율에 따른 비용효율성  
Fig. 6. Cost-Efficiency as VoLTE grows up



규모와 비용효율화에 따른 이익증가분 규모가 동일하게 되는 시점으로 VoLTE 전환율이 R<sub>2</sub>을 상회하기 시작하는 시점부터 비용효율화에 따른 이익증가규모가 단기적 평균비용 상승에 따른 이익감소규모를 초과함에 따라 요금인하가 가능해진다.

추정된 평균비용곡선을 토대로 단기적 평균비용상승으로 인한 이익감소분(A)이 VoLTE로의 통화량 전이로 평균비용이 감소함에 따른 이익증가분(B)가 동일해 지는 VoLTE 전환율은 식 (4)에서 R<sub>1</sub>이 8.28%를 만족할 때 산출되는 R<sub>2</sub> 지점인 16.82%이다. 즉 전체 통화량에서 VoLTE가 차지하는 비중이 16.82% 이상이 되어야 VoLTE의 비용효율화 효과가 발생하여 VoLTE 서비스 제공에 따른 요금인하 여력이 발생하는 것으로 분석되었다.

$$\int_0^{R_1} 101.1943e^{(-1.3523*\alpha)} - R_1 * 90.48$$

$$= (R_2 - R_1) * 90.48 - \int_{R_1}^{R_2} 101.1943e^{(-1.3523*\alpha)} \quad (4)$$

$$(R_1 = \log(\frac{90.48}{101.1943}) / (-1.3523) = 0.0828$$

$$\therefore 101.1943e^{(-1.3523*R_1)} = 90.48)$$

또한 VoLTE 전환율이 50%에 도달할 경우 VoLTE의 비용효율화 효과는 지속적으로 증가하고, 평균비용은 지속적으로 감소하게 되어 18.7% 음성통화요금을 인하하더라도 현재의 이익규모를 유지할 수 있을 것으로 분석되었다. 이에 따라 VoLTE 전환율이 50%에 달할 경우 요금인하 가능 규모는 18.7%라 할 수 있다. 이는 현재 분당 통화요금이 1.8원/초당임을 감안할 때, 1.4634원/초까지 인하될 수 있음을 의미한다. 만약 2G/3G 요금은 1.8원/초로 고정하고 VoLTE 요금만 인하할 경우 1.1268원까지 요금인하가 가능하다.

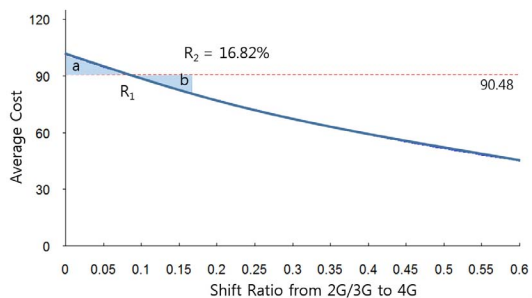


그림 7. 비용효율화 효과가 발생하는 VoLTE 전환율  
Fig. 7. VoLTE Shift Ratio when Cost Efficiency = 0

$$(0.5 - R_2) * 90.48 - \int_{R_2}^{0.5} 101.1943e^{(-1.3523*\alpha)} = 8.46 \quad (5)$$

$$h = 8.46 / 0.5 = 16.92 \quad \therefore 16.92 \div 90.48 (AC_{2G/3G}) = 18.7\%$$

마지막으로, VoLTE 전환율이 100%에 도달할 경우 VoLTE의 비용효율화 효과로 인해 38.7%까지 음성통화요금을 인하할 수 있을 것으로 분석되었다. 이는 1.1034원/초까지 인하될 수 있음을 의미한다.

$$(1.0 - R_2) * 90.48 - \int_{R_2}^{1.0} 101.1943e^{(-1.3523*\alpha)} = 35.00 \quad (6)$$

$$h = 35.0 / 1.0 = 35.0 \quad \therefore 35.0 \div 90.48 (AC_{2G/3G}) = 38.7\%$$

### 4.3 분석결과 함의

최근 음성무제한 요금제 출시 등 음성요금 인하 추세가 사업자간 경쟁에 의해 가속화되고 있다고는 하나, 식 (3)에서 제시한 바와 같이 기술발전으로 인한 원가효율성 증대, 트래픽 증가로 인한 단위당 원가의 하락 등을 고려할 때, VoLTE를 포함한 전체 음성서비스 요금의 지속적인 인하는 불가피한 상황이다. 특히 사업자간 무료통화 요금제의 경쟁적 출시로 음성통화가 무료서비스라는 인식이 확산되고 패킷 기반 음성서비스의 원가가 서킷 기반 음성서비스에 비해 월등히 낮을 것이라는 일반적인 인식은 이러한 요금인하 추세를 더욱 가속화시킬 것으로 전망된다.

현재 통신사업자들은 통신망 고도화를 위해 투입된 투자비를 회수할 수 있는 별도의 데이터 중심 요금정책 도입 없이, 단순히 원가에 기반한 VoLTE 요금인하 유도는 음성수익의 급격한 감소로 이어져 통신사에 큰 부담이 되는 만큼 VoLTE 요금 수준은 2G/3G 대비 유사한 수준이거나 혹은 LTE망 구축 비용 회수를 위해 오히려 높아져야 한다는 입장을 취하고 있다. 그러나 그림 7에서 보여주듯이 VoLTE로의 통화량 전이시 LTE망의 우월한 원가효율성에 기반하여 일정수준의 요금인하를 추진하더라도 사업자들의 주장과는 달리 충분한 원가회수가 가능한 것으로 분석되었다.

그러나 표 5에서 보여주듯이 VoLTE의 원가효율성이 2G/3G에 비해 상대적으로 높기 때문에 VoLTE 요금이 2G/3G 보다 저렴해야 한다는 단순한 논리는 2G/3G와 VoLTE를 분리, 개별원가에 기반한 요금제 설정을 전제로 하는 것으로 이 경우 음성통화가 2G/3G에서 VoLTE로 전이됨에 따라 VoLTE의 단위당 원가는 감소, 2G/3G 음성서비스의 단위당 원가는 급격히 상승하게 하는 또 다른 문제를 야기시킬 수 있다. 만일 일부에서 제기하는 바와 같이 VoLTE의 탁

표 5. 장기증분비용 모형에 의해 산출된 통신망 세대별 비용 효율성  
Table 5. Cost Efficiency Calculated through Bottom-Up LRIC(Long Run Incremental Cost) model by Network

Tech. Generation	Cost Efficiency comparing with	
	2G	3G
2G(1x)	100%	194%
3G(WCDMA)	51%	100%
4G(LTE)	29%	56%

월한 원가효율성만을 고려하여 VoLTE 요금인하를 추진할 경우 2G/3G망에 투자된 원가회수를 위해서는 2G/3G 통화요금에 인상되어야 한다. 2G/3G-4G가 기술방식이 다르기는 하나 VoLTE가 기존 2G/3G 음성 서비스의 연장선상에 있는 동일서비스로 인식되는 있으며, VoLTE의 원가효율성만을 고려하여 VoLTE 요금 수준을 결정할 경우 2G/3G 음성서비스의 요금인상을 유인하는 이른바 풍선효과(Balloon effect)를 유발하여 2G/3G 음성서비스와의 역차별 문제를 유발할 수 있다는 점에서 보다 신중한 접근이 필요할 것이다. 따라서 2G/3G/4G 서비스를 하나의 요금 바스켓(basket)화하여 동일(혹은 유사)한 요금수준으로 설정하여 VoLTE의 높은 원가효율성 효과를 2G/3G 음성 서비스에 분산시켜 전반적인 요금인하를 유인하는 것이 타당할 것으로 판단된다.

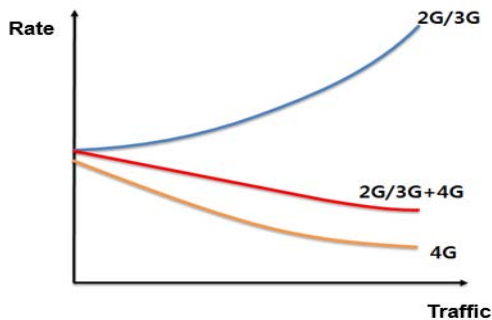


그림 8. 2G/3G+4G 음성서비스의 단일요금화  
Fig. 8. 2G/3G+4G Blended Pricing

### V. 결론

지난 6월말 국내 이동통신사업자 3사는 세계 최초로 사업자간 VoLTE 상호연동을 개시하였다. 이에 따라 2012년 최초 상용화 이후 자신이 가입된 통신사의 가입자간의 통화인 망내 통화에 한해서만 VoLTE 서

비스 이용이 가능했던 반쪽짜리 VoLTE 서비스에서 벗어나게 되었다. 금번 VoLTE 서비스의 이동통신사간 망연동은 VoLTE서비스 이용 활성화에 크게 기여할 것으로 판단되며, 이러한 VoLTE 활성화를 계기로 VoLTE의 원가효율성에 기반한 요금인하 요구가 더욱 거세질 것으로 판단된다. 본 연구는 VoLTE 서비스 상용화에 따른 기존 2G/3G 기반 음성서비스 대비 원가효율성 및 이를 통해 VoLTE로의 통화량 전환율에 따른 요금인하 여력을 분석하고, 향후 음성요금 인하를 위한 정책적 대안을 제시하고자 하였다.

주요 연구결과는 다음과 같이 요약될 수 있다. 첫째 음성통화량이 고정되어 있다는 가정하에 단기적으로는 VoLTE 서비스 제공을 위해 LTE망 구축 투자비 발생으로 인해 평균비용이 상승하나, VoLTE의 상대적 우수한 원가효율성에 따라 VoLTE 전환율이 높아질수록 음성서비스의 요금인하 여력이 발생하는 것으로 분석되었다. 둘째, 모든 음성통화량이 VoLTE로 전이될 경우 음성서비스 요금은 약 40%까지 인하될 여력이 존재하며, 이에 따라 음성서비스는 기본으로 하고 데이터서비스 중심으로 과금하는 요금안의 정당성을 일부 확보할 수 있음을 증명하였다.

다만, 본 연구에서는 통화량이 고정되었음을 가정하여 분석함으로써 통화량 증가에 따른 평균비용 하락 효과를 고려하지 못하였다는 점과, 현재 LTE망이 주로 데이터서비스 제공을 위해 활용되고 있으나, 데이터서비스를 고려하지 않고 음성서비스 제공을 위한 원가효율성만을 고려하여 요금인하 여력을 분석하였다는 연구의 한계점을 지니고 있다. 따라서 향후 연구에서는 음성뿐만 아니라 데이터서비스에 대한 원가효율성을 동시에 고려한 요금인하 효과를 분석하는 것이 필요하다. 요컨대 본 연구 결과는 그간 피상적으로 알려져 있던 VoLTE의 원가효율성과 이러한 원가효율성에 근거한 요금인하 요구를 계량적으로 분석하여 VoLTE로의 통화량 전이에 따른 실제 사업자간 요금인하 여력을 분석하였다는 점에서 의의를 가지고 있다. 또한 본 연구 결과를 통해 통신사업자에게는 요금 전략 수립시 기초자료로 활용될 수 있으며, 정책적으로는 요금인하를 유도할 수 있는 정책자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 또한 본 논문에서 제시한 연구결과를 토대로 현재 논의가 활발히 진행 중인 데이터 중심요금제에 대한 연구의 참고자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.



References

[1] R. N. Clarke, "Expanding mobile wireless capacity: the challenges presented by technology and economics," *Telecommun. Policy*, vol. 38, no. 8-9, pp. 693-708, Sept. 2014.

[2] W. Kim, "Factors for implementing VoLTE service: the case of verizon," *KISDI ICT & Media Policy*, vol. 23, no. 10, pp. 52-58, 2011.

[3] T. W. Ban and B. C. Jung, "Capacity analysis of VoIP over LTE network," *J. KIICE*, vol. 16, no. 11, pp. 2405-2410, 2012.

[4] T. W. Ban, B. C. Jung, and K. Y. Sung, "Analysis of capacity efficiency of broadcasting service in LTE network," *J. KIICE*, vol. 16, no. 12, pp. 2614-2618, 2012.

[5] K. Jun, "MAC scheduling scheme for VoIP traffic service in 3G LTE," *J. KICS*, vol. 32, no. 6, pp. 558-564, 2007.

[6] S. J. Bae, B. G. Choi, J. J. Lee S. Kwon, and M. Y. Chung, "A call admission control algorithm in 3GPP LTE system for guarantee of packet delay," *J. KICS*, vol. 34, no. 6, pp. 458-467, 2009.

[7] K. Kim, H. Jung, and J. Lee, "A seamless voice call handover scheme for the 3G LTE system," *J. KICS*, vol. 35, no. 2, pp. 174-185, 2010.

[8] D. Warren, *Roaming in LTE and voice over LTE*, Retrieved September, 1, 2015, from [http://www.3gpp.org/ftp/information/presentations/presentations\\_2010/2010\\_06\\_Latin\\_America/DanWarren\\_GSMA\\_%20VoLTE@RoamingLTE.pdf](http://www.3gpp.org/ftp/information/presentations/presentations_2010/2010_06_Latin_America/DanWarren_GSMA_%20VoLTE@RoamingLTE.pdf).

[9] GSA, *4G Market & Technology Update*, Retrieved September, 1, 2015, from [http://www.gsacom.com/downloads/pdf/Snapshot\\_VoLTE\\_extract\\_GSA\\_Evolution\\_to\\_LTE\\_report\\_210715.php4](http://www.gsacom.com/downloads/pdf/Snapshot_VoLTE_extract_GSA_Evolution_to_LTE_report_210715.php4).

[10] S. W. Hwang, *The Global First Commercial Interconnected VoLTE Service Launch*, Retrieved September, 1, 2015, from <http://www.fnnews.com/news/201506171051291688>.

[11] S. G. Jeong and S. W. Lee, "Bottom-up LRIC model for costing mobile network," *IE Mag. Ind. Eng. & Management Syst.*, vol. 3, no. 61, pp. 32-35, 2013.

[12] M. Blomhøj, T. H. Kjeldsen, and J. Ottesen, *Compartment Models*, Retrieved November, 25, 2015, from <http://www4.ncsu.edu/~msolufse/Compartmentmodels.pdf>

이 상 우 (Sang-Woo Lee)



1996년 : 서강대학교 경영학과 졸업  
 2004년 : KAIST IT경영학 박사  
 2005년~현재 : 한국전자통신연구원 방송통신정책연구실 선임연구원

<관심분야> 통신규제 및 정책연구, 통신시장 및 소비자 연구, 통신산업 및 서비스 분석 등

정 선 화 (Seong-Hwa Jeong)



1996년 : 전남대학교 통계학과 졸업  
 2001년 : 전남대학교 전산통계학과 박사  
 2001년~현재 : 한국전자통신연구원 방송통신정책연구실 책임연구원

<관심분야> 문자인식, 우정물류, 통신규제 및 정책, 통신산업 및 서비스 분석 등