

OECD 국가의 이동통신 서비스 효율성 평가: 자료포락분석 방법론을 활용하여

서한결*, 남상준°, 이성준*

The Efficiency of Mobile Communication Service: A comparison of OECD Countries

Han-Gyeol Seo*, Sang-Jun Nam°, Seong-Jun Lee*

요약

현재 우리나라의 통신 요금이 적절한 수준인가에 대한 다양한 이해관계자들의 논의를 거치고 있다. 본 연구는 이동통신 서비스 효율성을 이동통신 서비스 이용자의 지불 비용 대비 사용자 편익 수준으로 조작적 정의하여, OECD 국가 간으로 비교하고자 한다. 자료포락분석 방법론인 투입지향 CRS, VRS, SSBM 및 부트스트랩 DEA를 활용하여 30개 국가의 이동통신 서비스의 효율성을 비교하였다. 해당 방법론의 투입요소인 이동통신 서비스 지불 비용은 단말기 비용(보급, 고급형)과 통신 바스켓 별 요금(30calls/100MB, 300calls/1GB, 900calls/2GB)을 고려하였다. 산출요소인 이동통신 서비스 사용자 편익은 이동통신 서비스 품질 관련 지표(4G 실제 다운로드 속도, 4G 커버리지, 무선 가입자 비율)와 활용도 관련 지표(마이크로 모먼트, 의존도)로 고려하였다. 투입지향 CRS, VRS, SSBM DEA 분석 결과, 우리나라 이동통신 요금 대비 편익은 가장 우수한 것으로 나타났다. 반면, 부트스트랩 DEA 분석 결과, 통계적 95% 신뢰수준의 상한은 1위, 하한은 29위, 편익 조정 효율성은 19위 수준으로 OECD 30개국 중에 가장 큰 편차를 가지며, 앞선 DEA 결과들과 상이한 결과가 나타났다. 이는 이동통신 서비스의 비용 요소들 간의 불균형 상태에 기인하는 것으로 해석될 수 있다. 해당 연구는 요금 수준 비교 연구에서 비요금적 요소를 통합적으로 고려한 연구로 현재 이동통신 요금 규제에 대한 많은 사회적 관심이 모아지고 있는 상황에서 다양한 측면을 고려하는 것이 필요하다는 것을 시사한다.

Key Words : Mobile pricing, Mobile telecommunication customer's benefit, Efficiency of mobile communication service, OECD comparison, Data Envelopment Analysis(DEA)

ABSTRACT

In recent years, various stakeholder have been actively discussing about whether mobile telecommunication pricing are appropriate in Korea. Against this background, this study aims to compare the level of mobile telecommunication user's benefit versus telecommunication cost which is operationally defined as efficiency of mobile communication service. The efficiency in OECD countries were measured by using input-oriented CRS, VRS, SSBM and bootstrap DEA. The input variables are average mobile device selling prices, and mobile basket prices. The output variables are the service quality indicators, and the utility indicators. The results of CRS,

* First Author : (ORCID:0000-0002-6358-5785)Electronics and Telecommunications Research Institute, hgseo@etri.re.kr, 정희원

° Corresponding Author : (ORCID:0000-0002-7120-8875)Electronics and Telecommunications Research Institute, sjnam@etri.re.kr, 정희원

* (ORCID:0000-0001-9214-8333)Electronics and Telecommunications Research Institute, sungjun2@etri.re.kr, 정희원

논문번호 : 201810-345-0-SE, Received October 22, 2018; Revised December 14, 2018; Accepted December 22, 2018

VRS, SSBM DEA shows that Korea has the highest efficiency among 30 countries. As a result of the bootstrap DEA, the upper limit score of the 95% confidence level in Korea is ranked first, the lower limit score is 29th, and the average score of bias-corrected efficiency is 20th. This result may be interpreted as resulting from the imbalance between the cost factors of mobile communication service. This study suggests that various aspects of mobile service are needed to be discussed in a situation where social concerns about mobile telecommunication regulation are gathered, and provides policy implications for appropriateness of mobile telecommunication charges related to consumer welfare.

I. 서 론

이동통신 요금 국제 비교 이슈는 국내뿐만 아닌 국제적인 관심사이기 때문에 OECD 최적 요금, 메릴린치 실제지불요금, 중앙값 방식 등 다양한 비교 방식의 국내외 연구가 이루어지고 있다. 그러나 국제 요금비교 방식은 이동통신 이용 패턴, 요금 구조, 자료 수집 기준과 같은 복잡한 문제들이 수반되기 때문에, 어떠한 기준으로 요금 수준을 비교하느냐에 따라 이해관계자들의 논쟁이 지속적으로 이어지고 있다. 이러한 이해관계자들의 소모적인 논쟁은 과거 정부의 다양한 규제 조치들의 실질적 인화효과에 대한 공감대 형성을 저해하기도 하였다. 이러한 문제 발생의 다양한 원인 중 하나가 이동통신 서비스의 이용자 지불 비용과 제공 품질과 관련된 편익 요소에 대한 평가가 독립적으로 수행되기 때문이다. 실제 4G 다운로드 속도, 커버리지 등 편익과 관련된 요소들이 OECD 국가 간에도 유의미한 격차를 보이고 있으며, 이용자 지불 비용은 네트워크 품질 관리 및 투자비용과 상관성이 존재하기 때문에 단편적으로 요금 가격만을 비교하는 것은 이해관계자들마다 입장 차이를 보일 수밖에 없다.

대표적으로 활용되는 요금 비교 방식 중 하나인 메릴린치 실제지불요금은 가입자당 매출액 기준의 분당 매출액을 산출하는 방식으로 통신사의 사업 평가 지표로 사용된다. 해당 비교 방식은 접속료 수익 같은 도매 매출 요소들을 포함하고 있기 때문에 각국의 이동통신 소매 요금 수준을 비교하기엔 무리가 있으며, 이동통신 서비스 품질 및 비요금적 요소가 반영되어 있지 못하다. 또 다른 주요 비교방식인 OECD 최적요금제는 실제 음성, SMS, 데이터 사용량을 고려하여 여러 개의 요금 바스켓(basket)을 설정한 뒤 이를 충족시킬 수 있는 가장 낮은 요금제 가격을 비교하는 방식이다. 영국(Ofcom), 캐나다(CRTC), 일본(총무성) 등 해외 규제기관들과 국내 코리아인텍스 개발협의회 등에서 공통적으로 활용된다는 점에서 대표성을 가지고 있으나, 설정된 바스켓이 최근 이동통신 이용행태를 반영하지 못한다는 지적과 함께 4G 다운로드 속도

와 같은 비요금적 측면이 통합적으로 고려된 요금 비교 방식이 아닌 것에 한계점을 지닌다. 이처럼 요금 및 비요금 요소를 통합적으로 고려한 요금 비교 연구는 아직 부족한 상황이며, 선행연구자들에 의해 요금 요소의 단일 비교가 아닌 서비스 품질, 지리적 특성, 소득 수준 등 이동통신 이용자 편익 또는 환경적 요소와 같은 비요금적 요소가 통합적으로 고려되어야 할 필요성이 지속적으로 제시되고 있다^[7,9,13,14,18,19].

본고에서는 해당 필요성에 입각하여, 이동통신 비용과 이용자 편익 측면을 통합적으로 고려한 OECD 30개 국가 간 비교를 수행하고자 한다. 이용자 입장에서 이동통신 비용을 지불하고 그에 따른 편익을 얻는다고 본다면, 이동통신서비스 비용과 편익 측면을 통합적으로 고려하는 것은 효율성 개념으로 접근할 수 있다. 이용자 편익은 이동통신을 통한 다양한 콘텐츠 활용과 의존에 의해 발생될 수 있기 때문에^[11], 이를 대리(proxy)하기 위해 통신 사업자가 제공하는 통신 서비스 품질과 이동통신 활용 정도를 고려한다. 또한 이동통신 비용은 통화 및 데이터 제공범위에 따른 요금제와 단말기 비용으로 고려한다. 이동통신 비용 대비 이용자 편익을 분석하기 위하여, 본 분석에서는 효율성 측정 방법론인 자료포락분석 방법론(DEA)을 활용하고자 한다. DEA는 다투입-다산출 지표를 고려하여 다양한 척도에 대한 고려와 가중치를 지정할 필요 없이 단일의 효율성 지표로 산출할 수 있다는 장점으로 경영, 경제, 회계 분야 등 다양하게 적용되는 방법론이다. 이에 본 연구에서는 DEA 세부 모형으로 투입지향(input-oriented)의 불변규모수익 모형(Constant Return to Scale: CRS), 변동수익 모형(Variable Return to Scale: VRS), 여분기반 초효율성 모형(Slack Based Super-efficiency Model: SSBM), 부트스트랩 모형(Bootstrap DEA)을 이용하고자 한다. 이후 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 본 연구에서 활용된 input-oriented CRS, VRS, SSBM, 부트스트랩 DEA에 대한 내용을 서술하며, 3장 연구 설계에

서는 국가 간 요금 비교를 위한 지표 설정과 자료 수집을 서술한다. 4장에서는 활용된 DEA들에 대한 분석 결과를 수록하고, 5장에서는 결론 및 시사점에 대해 논의하고자 한다.

II. 본 론

2.1 자료포락분석

DEA는 평가대상인 의사결정단위 (decision making units: DMUs)로부터 효율적인 DMU 집단을 선별하여 최적 프론티어를 도출하고, 이를 기준으로 비효율적인 DMUs의 상대적 효율성을 측정하는 선형 계획법(Linear Programming) 방법론이다. 해당 방법론은 다음과 같은 장점으로 경영 전략 수립, 성과 평가 등의 연구 분야에서 활용되고 있다^{2,3,6}. 첫 번째, DEA는 다 투입-다 산출 지표를 통합적으로 반영하여 하나의 효율성 값을 도출한다¹¹. 이는 지표별 가중치를 입력할 필요 없이 투입과 산출 지표들이 가지는 척도와 특성을 반영하여 단일의 효율성 값으로 산출할 수 있다는 것에 장점을 지닌다. 두 번째, DMU 간 상대적 효율성을 측정하므로 통계적 가정이 요구되지 않으며 객관적 비교가 가능하다¹⁴. 이는 생산함수 추정 없이도 효율성 평가가 가능하므로 투입과 산출 간의 함수적 관계에 대한 가정이 불필요하다. 마찬가지로 표본 집단이 모집단을 대변할 수 없기 때문에 한계

점으로 작용할 수 있으나, 부트스트랩 자료포락분석 (Bootstrapping DEA)과 같은 방법으로 극복 가능하다. 세 번째, DEA는 투입과 산출요소에서 어느 항목을 개선을 해야 하는지 등에 관한 정보를 제공할 수 있기 때문에 각 DMU는 최적의 효율성 개선을 위한 전략적 지침을 제공할 수 있다¹³.

DEA는 규모수익(Return to Scale; RTS) 가정에 따라 CCR과 BCC의 두 가지 모형으로 구분된다. CCR 모형은 투입 및 산출 관계가 규모에 상관없이 일정 비율로 불변규모수익(Constant Return to Scale; CRS)을 가정하며¹¹, BCC 모형은 불변규모수익 가정을 완화하여 투입 및 산출 관계가 규모에 따라 변하는 가변규모수익(Variable Return to Scale; VRS)을 가정한다¹⁶. 또한, DEA 모형은 투입지향(Input-oriented)과 산출지향(Output-oriented)으로 구분할 수 있는데 투입지향 모형은 산출물 수준을 유지한 상태에서 투입요소들을 최소한으로 줄여 최적의 효율성 달성을 목적으로 하고, 산출 지향은 반대로 투입 요소 수준을 유지한 상태에서 산출물들을 최대화할 수 있는 방향으로 최적의 효율성 달성을 목적으로 한다. 본 연구 목적인 이동통신 서비스 비용 대비 편익에서 비용 요소는 통제 가능한 요소이며, 비용 비교에 더 중점을 두기 때문에 투입지향 모형을 활용하며, 투입지향 CRS, VRS 모형에 대한 수식은 다음 표 1과 같다.

위의 CRS 및 VRS로 산출된 효율성 점수는 0 (가

표 1. Input-oriented CRS, VRS 모형 수식
Table 1. The equations of input-oriented CRS and VRS model

	CRS	VRS
Input oriented	$\min \theta - \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \right)$ subject to $\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + s_i^- = \theta x_{io} \quad i \in I;$ $\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + s_i^- = x_{io} \quad i \notin I;$ $\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} - s_r^+ = y_{ro} \quad r = 1, 2, \dots, s;$ $\lambda_j \geq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n.$	$\min \theta - \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \right)$ subject to $\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + s_i^- = \theta x_{io} \quad i \in I;$ $\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + s_i^- = x_{io} \quad i \notin I;$ $\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} - s_r^+ = y_{ro} \quad r = 1, 2, \dots, s;$ $\lambda_j \geq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n.$ $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$
Efficiency target	$\hat{x}_{io} = \theta^* x_{io} - s_i^{-*} \quad i \in I$ $\hat{x}_{io} = x_{io} - s_i^{-*} \quad i \notin I$ $\hat{y}_{ro} = y_{ro} + s_r^{+*} \quad r = 1, 2, \dots, s$	

where $I \subseteq \{1, 2, \dots, m\}$ and $O \subseteq \{1, 2, \dots, s\}$ represent the sets of specific inputs and outputs of interest, respectively. Only the inputs associated with I or the outputs associated with O are optimized.

표 2. 규모에 대한 수익가변 가정의 SSBM 모형 수식
Table 2. The equations of VRS, SSBM model

	SSBM
Additive DEA model	$\alpha_o^* = \min \alpha_o = \sum_{i=1}^m t_{io}^- + \sum_{r=1}^s t_{ro}^+$ <p>subject to</p> $\sum_{j=1, j \neq o}^n \lambda_j x_{ij} \leq x_{io} + t_{io}^-, i = 1, 2, \dots, m$ $\sum_{j=1, j \neq o}^n \lambda_j y_{rj} \geq y_{ro} - t_{ro}^+, r = 1, 2, \dots, s$ $\lambda_j, t^- x_{ij} - s_r^+ = y_{ro} \quad r = 1, 2, \dots, s;$ $\lambda_j \geq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n.$
Super-efficiency score	$\hat{\delta}_o(\alpha) = \frac{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (x_{io} + t_{io}^*(\alpha)) / x_{io}}{\frac{1}{s} \sum_{r=1}^s (y_{ro} - t_{ro}^*(\alpha)) / y_{ro}}$

$\lambda_j^*(\alpha), j = 1, 2, \dots, n, j \neq o; t_{io}^{*-}(\alpha), i = 1, 2, \dots, m; t_{ro}^{*+}(\alpha), r = 1, 2, \dots, s$

장 비효율적인 경우)에서 1 (가장 효율적인 경우) 사이의 값을 갖는다. DEA는 생산효율(production frontier) 집단을 도출하기 때문에, 하나의 DMU가 유일하게 1의 값을 갖는 것이 아니라 다수의 DMU가 효율적으로 나타나는 경우가 일반적이다. 이는 효율적인 DMU(1의 값을 갖는 국가)들 간의 변별력을 갖지 못하는 단점으로 작용한다. 또한, 상대적인 효율성 비교에서 투입지표의 초과분 혹은 산출변수 부족량을 나타내는 잔여(slack)를 고려하지 못하기 때문에, 정확한 효율성 값을 도출하기에 한계점을 갖는다. 이러한 문제점들을 극복하기 위한 DEA 세부 모형으로는 여분기반의 초효율성 모형(Slack Based Super Efficiency Model: SSBM)이 있다¹⁾. 여기서 SSBM 모형은 규모에 대한 수익불변(CRS), 규모에 대한 수익가변(VRS) 가정을 선택해야 하는데, 분석 대상인 서비스 비용 대비 편익은 일반적으로 지불 비용이 증가함에 따른 편익 향상 정도는 선형적이지 않다는 가정 하에 규모에 대한 수익가변의 SSBM 모형을 활용하도록 한다¹⁾. 이에 규모에 대한 수익가변의 SSBM 수식은 다음 표 2와 같다.

앞서 설명한 DEA 확장 모형들은 수집된 자료에 근거하여 각 DMU의 효율성을 점추정한다는 점에서 확정적인 특성을 가지고 있다⁶⁾. 즉, 비모수 통계방식으

로 투입 및 산출 요소의 자료의 확률적 변동성을 제시하지 못하기 때문에, 연구자의 표본 크기 혹은 지표에 관련된 자료 수집 등으로 인하여 효율성 값이 달라질 수 있다. 본 논문의 분석 대상은 OECD 30개국이기 때문에 모집단을 대변할 수 없다는 문제에서 비교적 자유로울 수 있으나, 변수 대비 표본 크기 문제, 자료 수집 시점 등의 문제가 잠재적으로 존재한다. 이러한 문제들을 해결할 수 있는 확장 모형으로 부트스트랩 DEA가 있으며, 해당 모형을 통하여 효율성 값의 확률적 변동을 고려하여 효율성 값의 통계적 신뢰구간을 제시할 수 있다. 이에 부트스트랩 효율성점수 추정치를 구하는 단계는 다음과 같다. 단계 1) 규모에 대한 수익 변동을 가정한 VRS 모형을 활용하여 효율성 값 $\hat{\theta}_k (k = 1, \dots, L)$ 를 계산한다. 단계 2) $\hat{\theta}_k (k = 1, \dots, L)$ 로부터 크기 L의 무작위표본을 생성하고, $(\theta_{1b}^*, \dots, \theta_{Lb}^*)$ 를 도출하기 위해 커널밀도추정(Kernel density estimation)과 반사법을 활용한다. 단계 3) 준거부트스트랩기술(reference bootstrap technology)을 생성하기 위해 의사자료집합(Pseudo data set) $\{(x_k, y_{kb}^*), k = 1, \dots, L\}$ 을 계산한다. 단계 4) 이러한 의사자료집합에 대해 표준적인 선형계획모형의 부트스트랩 대응모형(bootstrap counterpart)의 해를 구함으로써 각 국가에 대해 $\hat{\theta}_k$ 의 부트스트랩 효율성 추정치 $\hat{\theta}_{kb}^*$ 를 계산한다. 단계 5) 부트스트랩 효율성 추정치 $\{\hat{\theta}_{kb}^* (b = 1, \dots, B)\}$ 를 얻기 위하여 매우 큰 수인 B번 반

1) 본 연구의 연구결과 부분(표 6 참조)에서 서비스 비용과 이용자 편익의 관계는 규모 효과가 작용하는 것으로 나타나며, 이는 해당 가정이 적절함을 부분적으로 뒷받침한다.

표 3. 부트스트랩 DEA 추정량 산출식
Table 3. The equations of bootstrap DEA estimator

Indicator	Equation	Indicator	Equation
Bootstrap estimator	$\bar{\theta}_k^* = \frac{1}{B} \sum_{b=1}^B \hat{\theta}_{kb}^*$	Bias	$\widehat{bias}_k(\hat{\theta}_k) = \bar{\theta}_k^* - \hat{\theta}_k$
Estimator of (1- α) percent	$\hat{\theta}_k + \hat{\alpha}_\alpha^* \leq \theta_k \leq \hat{\theta}_k + \hat{b}_\alpha^*$	Bias-corrected estimator	$\tilde{\theta}_k = \hat{\theta}_k - \widehat{bias}_k(\hat{\theta}_k) = 2\hat{\theta}_k - \bar{\theta}_k^*$

복한다. 여기서 B번은 1,000번 이상 반복하는 것을 추천하며, 본 연구에서는 1,000번 수행하였다^[12]. 이하, 부트스트랩 DEA 수식은 다음 표 3과 같다.

III. 연구 설계

본 연구에서는 OECD 30개 국가의 이동통신 서비스 비용 대비 이용자 편익에 대한 효율성 비교 연구를 분석하기 위하여 투입지향 CRS, VRS, SSBM, bootstrap DEA를 활용한다. DEA 모형은 어떤 기준으로 효율성을 도출하느냐에 따라 투입지향과 산출지향을 선택하여야 하는데, 투입지향은 산출물 수준을 유지하면서 투입 요소를 최소한으로 줄여 효율성을 향상시키는 것을 목적으로 한다. 본 연구는 이동통신 서비스 비용에 대한 수준 비교에 목적이 있기 때문에, 투입지향 DEA 모형을 활용하였다.

자료포락분석에 있어 활용된 투입 및 산출 변수의 도식화는 표 4와 같다. 투입 변수로는 이동 통신 사용자의 비용 측면에서 단말기 구입비용과 바스켓별 요금을 포함하였으며, 국가 간 비교를 위하여 해당 년도의 구매력 평가지수(PPP)를 반영하였다.

단말기 구입비용의 경우, 단말기 보조금에 대한 이슈나 단말기 자급제 도입 등 가계통신비의 인하 차원

에서 다루어지고 있는 만큼 이동통신 사용자에게 통신비용으로 인식되는 중요한 요소이다. 단말기의 경우에는 제조사와 모델 별로 가격이 다양하기 때문에 국가 간 비교를 위해서 통용되는 기준이 필요하다. Gartner market statistics는 고급 및 보급형 단말기를 구분하여 평균 판매가격(Average selling price)을 국가별로 제공한다. 이에 본 연구에서는 2014년 기준 보급형 및 고급형 단말기 가격정보를 투입 요소로 고려하였다. 요금 바스켓의 경우 OECD Digital Economy Outlook 2015 자료를 참조하였으며, 2014년 기준의 통화량과 데이터 사용량 바스켓인 30calls/100MB, 300calls /1GB, 900calls/2GB의 요금 가격을 고려하였다. OECD에서는 이동통신 이용자의 통화 및 데이터 이용량을 반영하여 소량, 중량, 다량 바스켓을 구성하고 그에 따른 최적요금제를 조사하는 방식을 활용한다. 해당 방식의 바스켓 구성은 최근 데이터 이용 증가 추세를 반영하지 못하고 있다는 지적이 존재하지만, 자료 수집 및 기준 절차에 가장 공신력이 있으며 통화량 및 데이터 범위에 따른 요금 정보를 제공하고 있기 때문에 분석에 활용하였다.

이용자 편익은 고품질의 이동통신 서비스를 통한 다양한 활용용도에 의해 발생될 수 있기 때문에^[8,11], 이를 대리(proxy)할 수 있는 산출 지표들로 사업자가

표 4. 변수 및 자료 출처
Table 4. Input and output variables

	Indicator	Variable	Source
Input Variables	Mobile baskets price (3 indicators)	30calls/100MB (USD,PPP)	OECD
		300calls/1GB	
		900calls/2GB	
	Mobile phone price (2 indicators)	Premium phone (USD,PPP)	Gartner
		Basic phone	
Output Variables	Service quality (3 indicators)	4G download speed	Opensignal
		4G coverage	GSMA
		Wireless broadband subscriptions	OECD
	Reliance (2 indicator)	Micro Moments	Google
		Reliance	Google

표 5. 기초 통계량
Table 5. Descriptive statistics

	Variables	Average	St.d	Min	Median	Max
Input	30calls/100MB	17.591	9.183	8.067	15.135	49.05
	300calls/1GB	36.568	17.930	11.563	33.153	82.6751
	900calls/2GB	48.125	26.701	17.852	42.213	131.750
	Premium phone	471.172	122.023	307.764	434.958	812.733
	Basic phone	115.632	39.588	68.186	99.943	211.534
Output	4G download speed	17.467	5.853	10	16.5	36
	4G coverage	0.740	0.208	0.245	0.759	1
	Wireless broadband subscriptions	75.001	27.010	32.907	68.223	131.58
	Micro Moments	31.293	7.546	18.556	30.0556	53
	Reliance	53.133	12.550	35	53.5	93

제공하는 이동통신 품질과 활용 정도를 반영하고자 한다. 이동통신 품질 측면의 산출 변수로는 실제 4G 다운로드 속도(4G Actual download speed), 4G 커버리지(4G coverage), 무선 가입자 비율(wireless broadband subscriptions) 3개의 지표를 고려하였다. 실제 다운로드 속도는 영국의 무선 네트워크 시장조사기관인 Opensignal 공식 자료를 참조하여 OECD 국가 모바일 사용자의 실제 4G 다운로드 속도를 구하였으며, 4G 커버리지는 GSMA datastream을 참조하여 국가 간 데이터를 활용하였다. 무선 가입자 비율은 OECD Digital Economy Outlook(2015)의 데이터를 활용하였다. 이동통신서비스 활용 정도는 Google에서 제시하는 마이크로 모먼트(Micro Moment) 개념을 활용한다. 마이크로 모먼트란 새로운 것을 배우거나, 발견하거나, 시청하거나, 검색하거나, 구매하고 싶을 때 반사적으로 새로운 기기인 스마트폰으로 충족하는 현상을 뜻하는 개념이다²⁾. 본 분석에서는 모바일 활용 측면의 대리 지표로 Google의 소비자 지표 조사(consumer barometer survey)에서 제공하는 마이크로 모먼트(Micro moments) 및 의존도(Reliance) 지수를 활용하였다.²⁾

2) Google의 소비자 지표 조사(consumer barometer survey)는 56개국 중심으로 마이크로 모먼트에 관련된 설문 및 인터뷰 조사를 수행하고 있으며, 2014년 기준 해당 질문지의 평균 응답 값을 활용하였다. 마이크로 모먼트 값은 최소 컴퓨터 사용 빈도 이상으로 스마트폰을 이용하였는지 목적별 빈도 수준을 물어본 질문 항목의 검색엔진, 소셜 네트워크, 이메일, 게임, 제품 정보 등 응답값 평균으로 한다. 의존 정도(Reliance)의 경우, 컴퓨터 및 태블릿 기기보다 스마트폰을 얼마나 더 활용하는지에 대한 질문 항목의 응답값을 기준으로 한다.

IV. 연구 결과

본 연구에서 고려된 투입, 산출 변수 기초 통계량은 다음 표 5와 같다. 30call/100MB의 평균은 17.591, 표준편차는 9.183이며 900call/2GB 평균은 48.125, 표준편차는 26.701로 나타났는데, 이는 통화 및 데이터 제공량이 증가할수록 국가 간 요금 편차는 커지는 것을 의미한다. 각 바스켓에서 요금이 가장 낮은 국가와 높은 국가는 30call/100MB는 에스토니아와 일본이며, 300call/1GB는 호주 및 그리스, 900call/2GB는 에스토니아와 멕시코로 나타났다. 단말기를 저가로 제공하는 국가는 보급형 단말기는 노르웨이, 고급형 단말기는 캐나다로 나타났으며, 고가로 제공하는 국가는 보급형 단말기의 경우 헝가리, 고급형 단말기는 폴란드로 나타났다. 이는 구매력 가치를 반영한 이동통신 서비스 비용이 국내 총 생산 수준과 비례하지 않을 수 있음을 보여

줄 수 있다. 4G의 실제 다운로드 속도 경우, 가장 느린 속도를 보여준 국가는 멕시코와 미국으로 가장 빠른 속도 제공 국가인 뉴질랜드보다 3배 이상이 차이나며, 우리나라와 비교하면 2.9배 이상의 속도 차이가 나는 것으로 나타났다. 4G 커버리지의 경우 30개국 중 절반이 75% 이상의 커버리지를 제공하고 있으며, 중앙값에 위치한 국가는 영국으로 나타났다. 스마트폰 활용에 관련된 마이크로 모먼트와 의존도 지표의 경우 가장 낮은 점수를 받은 국가는 체코, 가장 높은 점수를 받은 국가는 우리나라로 나타났다.

표 6은 DEA 투입물 지향 기준으로 CRS 및 VRS 모형을 사용하여 효율성을 측정할 결과이다. 해당 결과에서 CRS 모형은 전체 기술효율성(TE)을, VRS 모

표 6. 투입 지향 CRS 및 VRS DEA 분석 결과
Table 6. The results of input-oriented CRS and VRS DEA

Country	CRS	VRS	SE	Cause of inefficiency		RTS
				PTE	SE	
Australia	1	1	1			CRS
Austria	1	1	1			CRS
Belgium	0.637	0.747	0.853	●		IRS
Canada	0.977	1	0.977		●	IRS
Czech	0.345	0.489	0.705	●		IRS
Denmark	1	1	1			CRS
Estonia	1	1	1			CRS
Finland	1	1	1			CRS
France	0.848	1	0.848		●	IRS
Germany	0.643	0.688	0.935	●		IRS
Greece	0.476	0.599	0.794	●		IRS
Hungary	0.411	0.485	0.847	●		IRS
Ireland	0.802	0.804	0.997	●		IRS
Israel	1	1	1			CRS
Italy	0.866	0.866	0.999	●		IRS
Japan	0.779	1	0.779		●	DRS
Korea	1	1	1			CRS
Mexico	0.554	0.56	0.989	●		IRS
Netherlands	0.818	0.818	0.999	●		IRS
New Zealand	1	1	1			CRS
Norway	1	1	1			CRS
Poland	0.449	0.563	0.797	●		IRS
Portugal	0.582	0.582	0.999	●		IRS
Slovakia	0.412	0.53	0.777	●		IRS
Slovenia	0.512	0.701	0.729	●		IRS
Spain	0.802	0.835	0.959	●		DRS
Sweden	1	1	1			CRS
Switzerland	1	1	1			CRS
UK	1	1	1			CRS
US	0.713	0.723	0.987	●		DRS
Average	0.787	0.833	0.932			CRS : 12 IRS : 15 DRS : 3

형은 순수기술효율성(PTE), 그리고 TE와 PTE를 활용한 규모 효율성(SE)을 나타낸다. CRS 및 VRS 효율성은 0부터 1사이의 값을 가지며, 1인 값을 가지는 국가는 효율적 집단으로 평가되어 효율적 집단 안에서의 효율성 수준 비교가 이루어질 수 없다는 한계점을 가진다. 전반적으로 VRS 모형의 순수기술효율성은 평균 0.833, 평균 규모효율성은 0.932로 규모 효과

로 인한 효율성 영향보다는 이동통신 서비스 비용과 편익 간의 관계에서 발생하는 비효율성이 더 크다고 볼 수 있다. 또한, 비효율 원인은 비효율적 집단 18개 국가 중 15개 국가는 기술 효율성에, 3개 국가는 규모로 인한 비효율성에 기인한 것으로 나타났다.

규모 수익(RTS) 분석은 투입물의 규모 변화에 대한 산출량의 반응 정도를 나타내는 것으로 규모 수익

표 7. SSBM 및 Bootstrap DEA 결과
Table 7. The results of SSBM and Bootstrap DEA

	SSBM		Bootstrap DEA				
	Efficiency	Rank	Bias-corrected efficiency	Bias	St.d	95% Bootstrap Confidence Intervals	
						Lower level	Upper level
Korea	1.231	1	0.705	0.294	0.357	0.412	1.637
Estonia	1.205	2	0.761	0.238	0.281	0.524	1.636
Norway	1.149	3	0.862	0.137	0.133	0.726	1.294
Austria	1.144	4	0.746	0.253	0.286	0.493	1.501
Denmark	1.124	5	0.759	0.24	0.288	0.518	1.616
Canada	1.076	6	0.946	0.053	0.047	0.893	1.176
Finland	1.065	7	0.705	0.294	0.349	0.411	1.564
New Zealand	1.058	8	0.732	0.267	0.341	0.465	1.629
Sweden	1.058	8	0.717	0.282	0.342	0.434	1.603
UK	1.033	10	0.874	0.125	0.135	0.749	1.453
Israel	1.027	11	0.887	0.112	0.124	0.774	1.485
Australia	1.022	12	0.861	0.138	0.171	0.723	1.557
Switzerland	1.018	13	0.94	0.059	0.061	0.881	1.26
France	1.009	14	0.949	0.05	0.049	0.898	1.153
Japan	1.002	15	0.732	0.267	0.333	0.466	1.625
Italy	0.619	16	0.816	0.05	0.057	0.766	1.031
Netherlands	0.609	17	0.776	0.042	0.053	0.734	1.017
Ireland	0.586	18	0.764	0.039	0.05	0.724	0.962
Spain	0.578	19	0.776	0.059	0.092	0.717	1.161
Germany	0.469	20	0.66	0.027	0.037	0.633	0.793
Belgium	0.452	21	0.725	0.021	0.027	0.704	0.877
US	0.445	22	0.66	0.062	0.104	0.597	1.183
Slovenia	0.411	23	0.682	0.019	0.019	0.664	0.761
Poland	0.367	24	0.539	0.024	0.027	0.515	0.654
Portugal	0.32	25	0.557	0.025	0.041	0.531	0.767
Slovakia	0.288	26	0.515	0.015	0.017	0.5	0.588
Greece	0.26	27	0.585	0.014	0.023	0.57	0.728
Czech	0.255	28	0.474	0.015	0.017	0.459	0.539
Mexico	0.232	29	0.538	0.021	0.025	0.517	0.665
Hungary	0.195	30	0.471	0.013	0.024	0.458	0.611

성 측정에 따라 규모수익불변(CRS), 규모수익체감(DRS), 규모수익체증(IRS)의 3가지로 나누어진다. 규모 효과의 진단은 이동통신 이용 환경 효율성을 극대화하기 위한 바스켓 별 요금 인하(투입물 감소) 또는 요금 상승(투입물 증가)에 대한 효율성 증진의 방향성을 제공할 수 있다. 규모가 최적 상태인 규모수익불변(CRS)은 투입량이 증가하면 산출량도 비례적으로 증가함으로 효율성은 규모 효과와 관계없이 일정한 것이다. 이는 효율적 집단으로 평가받는 경우(효율성 값이 1인 국가), 최적의 효율성 달성을 위한 투입물 증가 혹은 감소에 대한 방향성을 제시하진 않는다. 규모 수익체증(IRS)은 투입량의 증가율보다 산출량의 증가

율이 높은 것으로 규모를 확대함으로 효율성을 개선시킬 수 있고, 규모수익체감(DRS)은 최적의 규모 상태보다 규모가 비대한 것이므로 투입량을 줄이는 것으로 효율성을 개선시킬 수 있다. 비효율 집단으로 판명된 18개 국가 중 15개의 국가가 IRS 상태에 있는 것으로 나타났다. 이는 이동통신 비용 대비 편익인 효율성을 향상시키기 위해서는 비용 증가가 수반되어야 함을 뜻한다. 즉, 이동통신 요금 및 비용 상승이 통신 사업자의 이동통신 서비스 품질 향상 유인이 될 수 있으며, 이용자의 모바일 활용 수준이 개선될 수 있음을 뜻한다.

위의 결과는 효율적 집단을 선정하여 비효율 집단

의 상대적 효율성 크기를 도출하기 때문에, 투입요소 초과분 또는 산출요소 부족분(Slacks)을 완전하게 반영할 수 없으며 효율성 1인 국가에 대해 효율성 비교가 불가능하다는 단점이 존재한다. 또한 DEA 특성상 분석 집단수가 투입 및 산출 변수의 개수에 비해 상대적으로 적을 경우 비교 집단에 따라 효율성 값이 상대적으로 민감할 수 있다. 이는

통계적으로 신뢰할 수 있는 신뢰 구간을 제시할 수 없어, 잘못된 평가를 초래할 수 있다. 이러한 문제점에 따라, 여유값(slacks)을 고려하여 표본 집단의 전체 순위를 도출할 수 있는 SSBM과 통계적 신뢰구간을 제공할 수 있는 Bootstrap DEA를 수행하였다. 다음 표 7은 SSBM을 통해 도출된 국가별 효율성 순위와 Bootstrap DEA를 통해 도출된 통계적 신뢰구간 결과이다.

통신 요금 및 단말기 대비 서비스 편익과 관련된 효율성 순위는 단순 요금 수준 순위와는 상이한 차이를 보인다. 우리나라의 경우, OECD 요금 순위 (7위에서 17위) 및 단말기 비용 (19위, 23위)에서 저렴한 요금 국가로 나타났으며, 비용 대비 이동통신 편익 요소에 대한 초과분을 통합적으로 반영할 시, 우리나라 이동통신 서비스가 30개국 중 가장 높은 효율성을 가지는 것으로 나타났다. 반면, 부트스트랩 DEA의 분석결과에서는 편의 조정값 기준 19순위, 95% 신뢰구간의 상한값 기준 1순위, 하한값 기준 29순위로 편차가 30개국 중에 가장 큰 것으로 나타났다.

V. 결 론

본 논문은 OECD 30개국의 이동통신 비용 대비 이용자 편익을 통합적으로 고려한 효율성 평가를 수행하였다. 효율성 특성 파악, 차별적 순위 도출, 통계적 신뢰구간 도출 등의 문제점들을 극복하기 위하여, 투입지향 CRS, VRS, SSBM, 부트스트랩 DEA를 활용하였다. 본 연구는 투입 요소로 단말기 비용(고급형, 기본형) 및 바스켓 요금(30call/100MB, 300call/1GB, 900call/2GB) 5개 지표를 고려했으며, 산출 요소로 이동통신 서비스 품질(4G 실제 다운로드 속도, 4G 커버리지, 무선 가입자 비율) 및 이동통신 활용도(마이크로 모먼트, 의존도)에 관련된 5개 지표를 고려하였다.

CRS, VRS DEA를 통한 규모 수익 분석결과, 우리나라는 효율적 집단에 속하는 것으로 나타났고, 18개의 비효율적 국가 중 15개의 국가들은 규모 수익 체중(IRS) 특성, 3개 국가는 규모 수익 체감(DRS) 특성이 있는 것으로 나타났다. 규모 수익 체중(IRS)의 경우,

투입물과 산출물의 관계에서 투입물의 양적 증대에 따른 최적의 효율성을 달성할 수 있음을 뜻한다. 즉, 이동통신 요금 및 비용 상승이 통신사업자의 이동통신 서비스 품질 향상을 위한 투자 유인이 될 수 있으며, 이용자의 모바일 활용 수준이 개선될 수 있음을 뜻한다. 반면, 규모 수익 체감(DRS) 그룹 국가들은 이동통신 비용을 인하함으로써 이동통신 요금 효율성을 개선하고, 가계통신비 부담을 완화할 필요성이 제시된다. ITU (2015)의 ICT 발전 지수에 따르면, 규모 수익 체중(IRS) 그룹의 평균값은 7.28로 규모 수익 체감(DRS) 그룹 평균값 8.10과 규모 수익 불변(CRS) 그룹 평균값 8.33에 비해 열위 평가를 받는 것으로 나타났다. 이는 최근 해외 주요국의 규제 방향은 이동통신 요금 인하를 위한 다양한 정책들을 시행하고 있으나, 규모 수익 체중(IRS) 국가들의 경우는 요금 인하 규제가 최선의 정책 방향이 아닐 수 있음을 시사한다.

SSBM DEA의 결과, 우리나라의 이동통신 비용 대비 편익 수준은 가장 효율적인 것으로 나타났지만, 통계적 신뢰구간을 도출하는 부트스트랩 DEA의 결과로는 편의 조정 효율성 19위, 상한값 1위, 하한값 29위를 갖는 것으로 나타났다. 이는 30개국 중에서 가장 큰 편차를 가지며, 우리나라와 가장 유사한 경향을 보이는 국가는 핀란드(SSBM 효율성 7위, 부트스트랩 DEA 편의 조정 효율성 20위, 상한값 7위, 하한값 30위)이다. 핀란드는 최적요금제 방식을 채택한 EC보고서의 핀란드 순위 결과와 중위값 방식을 활용한 Rewheel 보고서 결과 간 상당한 차이를 보이고 있다. 이와 같은 상이한 결과는 속도 기준, 시장 점유율(MVNO 포함여부) 등 다양한 비요금적 요소 반영에 따라 차이가 발생하기 때문이다¹⁷⁾.

우리나라의 SSBM 효율성과 부트스트랩 DEA 결과가 상이한 것은 다음과 같은 의미로 해석될 수 있다. 이와 같은 결과는 최적의 효율 상태에서 비용 간의 불균형 상태에 기인할 수 있다. SSBM은 다양한 투입-산출 지표들의 관계에서 최적생산함수의 고려되지 못했던 여분(slack)을 고려한 것에 특징이 있다. 한편, 부트스트랩 DEA는 효율성 값의 확률적 변동성(예, 변수값 변동)을 고려한 신뢰구간을 제공한 것에 의미가 있다. 이는 특정 바스켓 구간 요금이 지나치게 저렴하면 SSBM 효율성 값은 상대적으로 커지게 되는 반면, 부트스트랩 DEA의 신뢰구간은 더 넓어질 수 있는 것이다. 우리나라 소량 바스켓 수준은 다량 바스켓보다 상대적으로 저렴한 편이기 때문에, 잔여(slack)를 고려한 SSBM 효율성 값은 상대적으로 우수한 효율성을 가질 수 있다. 또한, 만약 확률적 변동

성에 의하여 소량 바스켓 요금에 상승된 가상 값을 가진다면, 이는 신뢰구간의 하한 수준이 낮게 나올 수 있는 요인으로 작용한다. 다시 말하면, 95% 수준의 상대적 신뢰구간이 타 국가 대비 상대적으로 넓은 것은 국내의 이해관계자들이 각종 요금 비교 연구 결과에 대한 함의를 모으지 못하는 현상을 반영하는 결과이기도 하다. 따라서 저가 및 고가 구간 사이의 신규 요금제 및 요금 경쟁 촉진 등의 정책 강화는 우리나라 요금 대비 편익에 대한 신뢰구간을 좁힐 수 있으며, 이는 이해관계자들의 함의를 이끄는 데 기여할 수 있다.

본 연구는 국가 간 요금 비교에 있어서 기존 요금 비교 연구에서 다루지 않았던 다양한 측면의 논의를 가능하게 한다는 점에서 연구 의의가 있음과 동시에 다음과 같은 한계점을 지닌다.

첫 번째는 이동통신 비용의 적절성이라는 측면에서 국가 간 효율성 비교를 수행하였지만, 정책적 방향 및 규제적인 가이드라인 등의 구체적인 해결책을 제시하기에 한계점이 존재한다. 국가별 지리적 특성, 규제 기관 및 정책 특성 등 다양한 요인들이 효율성 값에 어떠한 효과를 미치는가에 대한 분석이 필요하며, 이는 부트스트랩 DEA와 회귀 분석 방법론을 활용하는 방법으로 분석 가능하다. 두 번째는 우리나라 이동통신 서비스 비용이 적정한 수준인가에 대한 강건한 결과 도출을 위해서 비교 시점, 다양한 지표 추가 고려 등으로 평가의 신뢰성을 마련해야 한다. 즉, 시계열 분석 혹은 다양한 요소 추가 및 제거 등을 통하여 효율적 상태에 있는지에 대한 근거 자료가 필요함을 의미한다. 시계열에 관련된 내용은 DEA 세부 모형 중 부트스트랩 맴퀴스트 생산성 (Bootstrap Malmquist productivity) 방법론을 통해서 분석될 수 있다. 본 연구에서의 자료 수집 및 분석 범위의 한계는 추가적인 자료 확보를 통한 향후 연구를 통해서 해결할 수 있기를 기대한다.

References

[1] A. Charnes, W. W. Cooper, and E. Rhodes, "Measuring the efficiency of decision making units," *Eur. J. Operational Res.*, vol. 2, no. 6, pp. 429-444, Nov. 1978.

[2] C. Woo, Y. Chung, D. Chun, H. Seo, and S. Hong, "The static and dynamic environmental efficiency of renewable energy: A Malmquist index analysis of OECD countries," *Renewable and Sustainable Energy Rev.*, vol.

47, pp. 367-376, 2015.

[3] D. Chun, S. Hong, Y. Chung, C. Woo, and H. Seo, "Influencing factors on hydrogen energy R&D projects: An ex-post performance evaluation," *Renewable and Sustainable Energy Rev.*, vol. 53, pp. 1252-1258, 2016.

[4] E. C. Wang and W. Huang, "Relative efficiency of R&D activities: a cross-country study accounting for environmental factors in the DEA approach," *Res. Policy*, vol. 36 no. 2, pp. 260-273, 2007.

[5] Google, *Micro-moments: Your Guide to Winning the Shift to Mobile*(2015), Retrieved Oct. 10, 2018, from <https://www.thinkwithgoogle.com/marketing-resources/micro-moments/how-micromoments-are-changing-rules>.

[6] H. Seo, Y. Chung, D. Chun, and C. Woo, "Value capture mechanism: R & D productivity comparison of SMEs," *Management Decision*, vol. 53, no. 2, pp. 318-337, 2015.

[7] I. H. Kang and Y. K. Kim, "Quality comparison of mobile telecommunications services among major global cities," *Inf. Soc. & Media*, vol. 18, pp. 87-112, Dec. 2010.

[8] ITU, *Measuring the Information Society Report 2014*(2014), Retrieved Oct. 10, 2018, from <https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Pages/publications/mis2014.aspx>.

[9] J. Shin, "The study on fairness issues in mobile telecommunication service charges," *JKIICE*, vol. 17, no. 9, pp. 1975-1985, Sep. 2013.

[10] K. Tone, "A slacks-based measure of super efficiency in data envelopment analysis," *Eur. J. Operational Res.*, vol. 130, pp. 498-509, 2002.

[11] KISDI, "Analyzing the trend of communication benefit index and a study on international comparison methodology," KISDI Issue Report, 12-24, 2012.

[12] L. Simar and P. W. Wilson, "A general methodology for bootstrapping non parametric frontier models," *J. Applied Statistics*, vol. 27, no. 6, pp. 779-802, 2000.

- [13] N. C. Lee, "Korea mobile telecommunication index: Methodology of international comparison of mobile pricing," *Int. Telecommun. Policy Rev.*, vol. 19, no. 1, pp. 65-92.
- [14] S. J. Nam and J. H. Byun, "A study on the development of the mobile communication service use environment index," in *Proc. Symp. KICS, 2016*, pp. 573-574, Jeju Island, Korea, Jun. 2016.
- [15] OECD, *OECD Digital Economy Outlook 2015*(2015), Retrieved Oct. 10, 2018, from <https://doi.org/10.1787/9789264232440-en>.
- [16] R. D. Banker, A. Charnes, and W. W. Cooper, "Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis," *Management Sci.*, vol. 30, no. 9, pp. 1078-1092, 1984.
- [17] Rewheel, *The state of 4G pricing - 1H2018*(2018), retrieved Oct. 10, 2018, from http://research.rewheel.fi/insights/2018_may_pro_1h2018_release/.
- [18] S. H. Kim, H. T. Ahn, and N. C. Lee, "International comparison of mobile prices reflecting country-specific factors," *Int. Telecommun. Policy Rev.*, vol. 18, no. 2, pp. 91-82.
- [19] S. W. Lee and S. H. Jeong, "Analysis of VoLTE charge reduction under VoLTE growth," *J. KICS*, vol. 41, no. 1, pp. 92-100, 2016.

서한결 (Han-Gyeol Seo)



2012년 2월 : 연세대학교 기계공학부 졸업
 2017년 2월 : 한국과학기술원 기술경영학과 박사
 2017년 9월~현재 : 한국전자통신연구원 연구원
 <관심분야> 기술혁신, 통신정책

남상준 (Sang-Jun Nam)



2012년 2월 : 한양대학교 기계공학부 졸업
 2014년 2월 : 한국과학기술원 기술경영학과 석사
 2014년 7월~현재 : 한국전자통신연구원 연구원
 <관심분야> 통신정책, 규제제도

이성준 (Seong-Jun Lee)



1998년 2월 : 서울대학교 수학과 졸업
 2000년 2월 : 서울대학원 경영학과 석사
 2003년 2월 : 서울대학원 산업공학과 박사
 2003년 5월~현재 : 한국전자통신연구원 책임연구원

<관심분야> 통신/전과정체, 경쟁정책/규제, 경제성/투자분석, 가치평가