

## 체감품질을 고려한 서비스 품질의 관리\*

신민수<sup>1</sup> · 김도훈<sup>2†</sup>

<sup>1</sup>한양대학교 경영대학, <sup>2</sup>경희대학교 경영대학

### Service Quality Management Based on Quality of Experience

Minsoo Shin<sup>1</sup> · Dohoon Kim<sup>2†</sup>

<sup>1</sup>Business School, Hanyang University

<sup>2</sup>School of Business, Kyung Hee University

#### ■ Abstract ■

This study provides a framework to assess network design under the regime of QoE (Quality of Experience). Our approach is expected to reveal the necessity of developing the QoE measures and applying this notion to network design, particularly in the mobile environment. Furthermore, our model shows the ample potential that both users and network providers are able to attain a win-win case by shifting the focus on network design and service operations from QoS (Quality of Service) to QoE. Since the former considers only relevant technological specifications, it may fail in capturing critical factors surrounding users, such as a context where the corresponding user is working on. For example, according to one study [13], the bit-rate, a widely employed QoS measure, shows inferior performance in provisioning network resources to the MOS (Mean Opinion Score), a representative QoE measure. Our framework develops the idea and construct a prototype to systematically assess network design and operations in terms of QoE. The proposed prototype aims at achieving a higher level of efficiency without severely deteriorating users' satisfaction level. We also provide some simulation results which support our idea. That is, reducing the chance of over-provisioning on the basis of the QoE paradigm results in a great flexibility. It may give price cut for users or postponement of network investment for providers or both. Our simulation results also seem robust irrespective of the forms of the QoS-QoE relationship.

Keywords : Quality of Service(QoS), Quality of Experience(QoE), Network Management, Pricing, Simulation

논문접수일 : 2015년 04월 24일    논문게재확정일 : 2016년 05월 25일

논문수정일 : 2016년 05월 24일

\* 이 논문은 2016년도 경희대학교 연구년 지원에 의한 결과임.

† 교신저자, dyohaan@khu.ac.kr

## 1. 서 론

현재 인터넷 서비스는 최선형(BE, Best Effort) 서비스 중심으로, 특수한 경우(managed service 등)에만 SLA(Service Level Agreement)가 보장되는 QoS(Quality of Service)를 제공한다. 그런데 모바일과 SNS의 확산과 같은 환경 변화에 따라 기존의 최선형 위주의 서비스 제공방식을 탈피하여 실질적 서비스 품질에 기반한 서비스 및 망자원 관리에 대한 요구가 점차 확산되고 있다.

QoS는 ICT 서비스가 음성을 넘어서 데이터, 동영상 등을 포괄하게 되면서 서비스 유형(service class)에 따른 차별화된 처리를 위해 도입되었다(예를 들어, ATM의 service type, IETF의 Diff-Serv, IntServ 등). 이후 QoS는 주로 사업자와 사용자 간의 계약관계인 SLA를 제공하기 위하여 망자원을 관리하는 기준으로 적용되어 왔다. 이러한 맥락에서 QoS는 망자원 관리에 필요한 트래픽 전송용 스펙(specification)으로 정의되며, 사용자 체감과는 직접적 관련이 없다. 보통 지연(delay), 속도(speed 혹은 bit rate), jitter, 대역폭(bandwidth) 등이 QoS의 주요 측정지표로 사용된다.

이러한 서비스를 바탕으로 한 요금체계는 정액제(flat rate)와 종량제(usage-based rate), 혹은 이 둘을 결합한 형태로 되어있다. 현행 방식을 간단히 ‘QoS 기반 요금체계’라고 부르기로 한다. 이 경우, 공급자(망사업자)가 제공하는 스펙의 서비스를 사용할 수밖에 없기 때문에 다양한 서비스 간 차별성을 반영하는데 한계를 가진다.

‘체감품질’로도 불리는 QoE(Quality of Experience)는 ICT 서비스 진화과정에서 자연스럽게 등장하게 된 것으로[22], 객관적인 품질 측정치와 만족도와 같은 주관적인 측면을 모두 포괄하는 다차원적 성격을 가진다[10]. 즉, QoE는 사용자가 실제로 체감하는 서비스 만족도로 포괄적으로 정의된다. MOS(Mean Opinion Score)가 가장 많이 사용되는 QoE 측정지표이지만, 이외에도 QoS로부터 유도된 여러 다른 측정 지표도 개발되어 있다. 일반

적으로 QoE는 서비스 특징에 따라 혹은 다른 필요에 따라 여러 객관적 지표와 주관적 지표를 동시에 사용하는 경우가 많다.

QoE에 기반한 요금제는 서비스별 특성에 따라 실제로 이용되는 망자원을 고려한 요금체계로서, 사용자가 체감하는 만족도를 직접적인 대상으로 한다. 앞으로 이러한 요금제를 ‘QoE 기반 요금체계’라고 부르기로 한다.

QoS나 SLA 개념은 인터넷 및 정보통신 서비스 뿐만 아니라[3], 의료와 물류·유통 등에서도 매우 중요하게 다루어져 왔기 때문에 관련 연구가 매우 많다[1, 2]. 그러나 QoE에 관한 연구는 국내/외를 막론하고 드물다. 다만, 최근에 IoT(Internet of Thing)와 모바일 환경에서 클라우드 서비스의 확산으로 QoE에 대한 현실적 중요성이 인정되면서 관련 연구들이 등장하기 시작했다[10, 19, 21, 25]. 이러한 맥락에서, 본 논문은 QoS 기반 요금체계에서 QoE 기반 요금체제로 이전할 경우 기대되는 효과를 모형화하고 시뮬레이션 실험을 통해 분석한다.

먼저, 다음 장에서는 QoS와 QoE 간의 관계를 바탕으로 구축되는, 수익성 평가 프레임워크에 대해 소개한다. 제 3장에서는 QoE 기반 요금체계 도입을 위한 평가 프레임워크의 시뮬레이션 결과를 소개한다. 마지막으로, 제 4장에서는 본 연구의 비즈니스와 정책적 함의를 고찰하고 후속 연구에 대한 방향을 소개하면서 마무리한다.

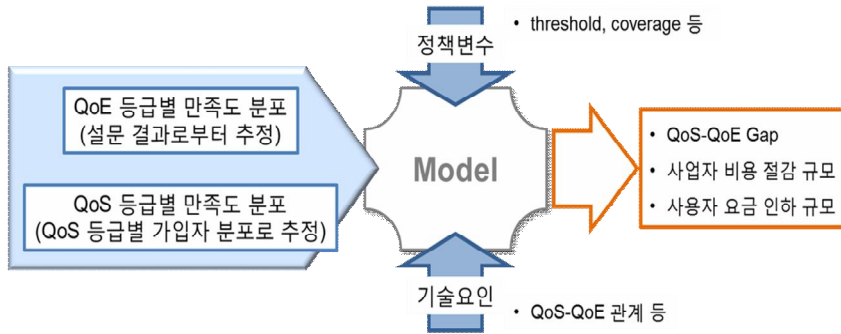
## 2. 모형

수익성 평가 프레임워크의 기본 구조는 <그림 1>에 요약되어 있다. 이 프레임워크는 크게 다음 3개의 모듈로 구성된다.

- 입력요소 1 : 서비스 등급에 따른 사용자(만족도) 분포(user (satisfaction) distribution).

- QoS 등급에 따른 사용자 분포

$y_{QoS} = F_{QoS}(x_{QoS})$ , 여기서  $x_{QoS}$ 는 QoS 등급을



〈그림 1〉 QoE 기반 요금체계 수익성 평가 프레임워크

나타내며,  $y_{QoS}$ 는 최소한 해당 QoS 등급의 서비스 까지 받을 수 있는 사용자의 누적상대빈도(cumulative relative frequency)를 나타낸다. 따라서  $F_{QoS}(\cdot)$ 는 QoS 등급에 따른 사용자의 누적분포함수를 나타낸다.  $x_{QoS}$ 는 서비스 세분화 정도(granularity)에 따라 달라지며,  $N_{QoS}$ 개의 등급이 있다고 가정한다. 이 데이터는 현재 망설계와 운영기술 등을 고려하여 산출될 수 있다. 또한 특정 SLA와 약관계약에 따른 가입자 비율도 추정에 참조할 수 있다.

• QoE 등급에 따른 사용자 만족도 분포

$y_{QoE} = f_{QoE}(x_{QoE})$ , 여기서  $x_{QoE}$ 는 QoE 등급을 나타내며,  $y_{QoE}$ 는 해당 QoE 등급에 만족하는(즉, 해당 체감품질 수준에 만족하는) 사용자의 상대빈도를 나타낸다. 따라서  $f_{QoE}(\cdot)$ 는 QoE 등급에 따른 사용자 만족도 분포이다.  $x_{QoE}$ 는 체감품질의 세분화 정도에 따라 달라지며,  $N_{QoE}$ 개의 등급이 있다고 가정한다. 이 데이터는  $x_{QoE}$ 를 (서비스별) MOS로 설정하여 조사된 자료[5, 7, 9, 22] 등)나 기타 설문 결과 및 사용자참여에 의하여 직접 입력된 자료 등으로부터 추정한다.

- 입력요소 2 : 평가 모형을 시뮬레이션하기 위한 조정변수(control variable) 혹은 파라미터에 해당되며, 다음 두 종류로 구분된다.

• 정책 시나리오

망중립성(net neutrality) 등 여러 정책적 고려사항을 반영할 때, QoS 보장 수준을 i) 등급(granularity level) 기준과 ii) 사용자 비율 기준으로 나누어 살펴본다. i)의 경우, QoS 등급 중에서 모든 사용자에 대해 최소한 보장되어야 할 수준(이하 이를 ‘QoS-guaranteed threshold’라고 부름)이 정책 시나리오에 의해 결정된다고 가정하며, ii)의 경우, QoS 등급에 따른 사용자 분포 중에서 최소한 만족시켜야 할 사용자의 비율(이하 이를 ‘QoS-guaranteed coverage’라고 부름)을 역시 정책 시나리오로 설정한다. 두 정책 기준이 실험 결과에 질적인 차이를 주지는 않지만, 현실적 관점에서 볼 때 정책을 시행하는데 소요되는 비용에는 영향을 주기 때문에 구별하여 살펴본다. 예를 들어, coverage는 등급 기준보다 정책적 영향력이 직접적이지만, 실제 coverage를 기준을 사업자가 준수하는지의 여부를 감시하고 검증하는데 행정적 비용이 많이 소요될 수 있다.

• 기술적 요인

QoS-QoE 간 mapping을 나타내는 변환함수  $x_{QoE} = T(x_{QoS})$ . 변환함수  $T(\cdot)$  자체도, BS 등에서 망 자원 관리의 효율성을 높이는 기술(예 : 음성/동영상 코딩 기술, intra-RAT QoE 기술 등)과 사용자 요구사항을 효과적으로 감지하고 평가하는 기술

(예 : inter-RAT QoE 기술 등)이 도입됨에 따라 달라진다. [18, 25]의 음성과 [21, 24]의 동영상(TV)에 대한 인지심리학적 연구에 따르면, 사용자의 정보서비스 지각은 공학적인 기준과는 큰 차이를 보였다. 이 변환함수가 선형이 아니라는 것을 보이는 많은 선행연구가 존재한다(아래 ① 실험 모형 참조).

- 산출 : QoS 기준과 QoE 기준에 따른 때의 경계 등급(threshold) 및 커버리지(coverage) 차이(이하 이를 'QoS-QoE Gap'이라고 부름)

주어진 정책 시나리오와 기술적 요인에서(뒤의 시나리오 부분 참조) QoE 기반 요금체계를 따를 경우, QoS 기반 요금체계가 예상했던 것에 비해 실제로 사용자 만족도가 높게 유지되는 사용자 비율(이를 'coverage QoS-QoE Gap'이라고 부름)을 산출한다.

비슷한 방식으로, 주어진 시나리오에서 동일한 기본 커버리지를 적용할 때 QoS 기반 요금체계에서 요구되는 최소 등급과 QoE 기반 요금체계에서 요구되는 최소 등급의 차이(이를 'threshold QoS-QoE Gap'이라 부름)를 산출한다.

QoS-QoE Gap으로부터 사용자 체감품질 및 만족도를 증가시키기 위해 필요한 자원 소요량을 계산하거나, 불필요한(필요 이상의) 사용자 만족도를 정상 수준으로 돌리는 과정에서 절약되는 망자원 규모 혹은 이를 위한 요금 인하 인센티브 등을 추정해볼 수 있다.

수익성 평가 모형 개발을 위한 당해 연도 연구는 다음과 같은 목표와 가정에 따른다.

- 가정 1 : 사용자 동질성(user homogeneity)

동일 망자원 구역(예 : 동일 BS 커버리지 혹은 단일 cell 반경 등)에 사용자는 균일하게 분포하며(uniformly distributed), 모두 동일한 서비스에 대

한 단일 수요를 가진다. 따라서 대표적인 사용자(representative user) 1인을 대상으로 수익성 평가를 시행한다. 이질적인 여러 사용자(many heterogeneous users)가 동시에 접속하는 경우에 대해서는(본 연구가 연장된다면) 향후 연구에서 다룰 예정이다.

- 가정 2 : QoS 등급( $x_{QoS}$ )과 QoE 등급( $x_{QoE}$ )은 모두 동일한  $N$ 단계로 구성된다(즉,  $N = N_{QoS} = N_{QoE}$ ).

위 가정은 실험의 편의를 위한 것일 뿐이며, 결과의 정성적 특성을 바꾸지는 않는다. 향후, 본 모형과 실험을 바탕으로 한 연구성과를 학술논문으로 발표하려고 하며, 학술논문에서는  $x_{QoS}$ 와  $x_{QoE}$ 를 모두  $[0, 1]$  구간에서의 연속형 변수(continuous variable)로 처리한다.

- 목표 : QoS 기반 요금체계에서 QoE 기반 요금체계로 전환할 때의 이득을 평가

먼저, QoS-QoE Gap을 통해 망자원 운영상의 개선 정도(망자원이 절약되는 정도 등)를 평가한다. 이를 '망자원 효율화율'이라고 부른다. 또한 망자원 효율화율을 바탕으로, 정책적 목표에 따라 투자비용 절감이나 요금인하의 가능성을 평가한다.

### 3. 체감품질 기반 요금체계 도입에 따른 수익성 평가

위 프레임워크를 바탕으로 개발된 구체적인 실험 모형과 결과는 다음과 같다.

#### 3.1 실험 모형

실험에 적용된 함수와 파라미터 등은 다음과 같다.

• QoS 등급  $x_{QoS}$

단일의 무선접속구간(예 : 하나의 BS가 커버하는 지역) 혹은 ‘단위 지역’에서의 속도(bit rate 혹은 지연(delay)의 역수)를 QoS 대표 지표로 삼는다. 본 실험에서는 QoS와 QoE 등급 granularity 모두 20단계라고 가정한다. 즉,  $N=20$ 이며, 1이 최저 수준의 등급이며 20이 최고 수준의 등급을 의미한다.

• QoS 등급별 사용자 분포

$x_{QoS}$ 의 QoS 등급 서비스까지 받을 수 있는 사용자의 비율로  $F_{QoS}(x_{QoS}) = \frac{e^{sN} - e^{s x_{QoS}}}{e^{sN} - 1}$ 를 사용한다.

동질적 사용자가 단위 지역에서 균일하게 분포하며, 무선 접속에서의 속도(bit rate)는 거리에 따라 처음에는 완만히 감소하다가 일정거리를 넘어서면 급격히 감소하므로[12, 13],  $x_{QoS}$ 에 따른 사용자 분포  $F_{QoS}(\cdot)$ 는 지수함수(exponential function)를 뒤집은 형태에 가깝다(<그림 3> 참조).

$s$ 는 사용자 분포의 특성을 차별화하기 위한 파라미터이며, 본 실험에서는 다소 극단적인 다음 두 가지 가능성을 시나리오에 도입한다. 즉,  $s=0.05$  및  $s=0.2$ .

• QoE 등급  $x_{QoE}$

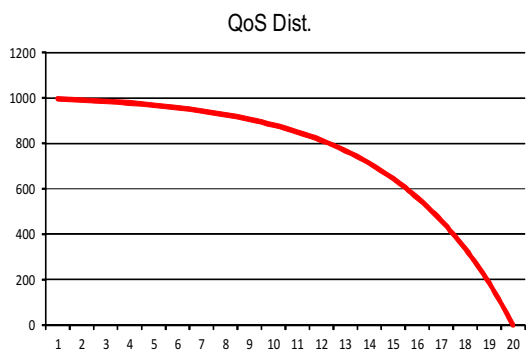
가장 많이 사용되는 MOS를 QoE의 지표로 삼는다.

• QoE 등급별 사용자 분포  $f_{QoE}(x_{QoE})$

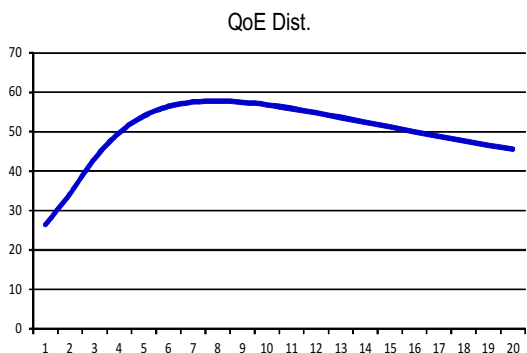
MOS 등급( $x_{QoE}$ )에 대한 사용자 만족도는 로그정규분포(log-normal distribution)를 취한다고 가정한다. 이 분포가 로그정규분포를 따른다는 선행 연구는 없지만, 로그정규분포는 파라미터 조정을 통해 다양한 여러 가능성을 살펴볼 수 있기 때문에 본 연구에서 추구하는 시나리오 분석(scenario analysis)과 잘 맞는다.

로그정규분포의 파라미터 ( $\mu, \sigma$ )에 대해 다음 세 가지 경우를 시나리오에 적용한다 : 즉,  $\mu=2$  및

$\sigma=1, \mu=2$  및  $\sigma=2, \mu=3$  및  $\sigma=1$  등. 향후 inter-RAT QoE 기술 등을 통해 현실 자료가 수집 되면 이를 바탕으로 가장 적절한 분포를 발굴하여 적용할 수 있다.



(a) QoS 등급별 사용자 분포( $s=0.2$ )



(b) QoE 등급별 만족도 분포( $\mu=3$  및  $\sigma=1$ )

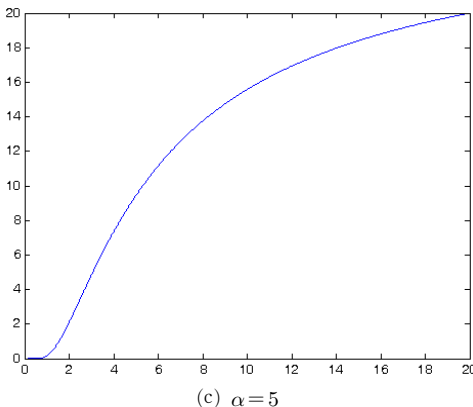
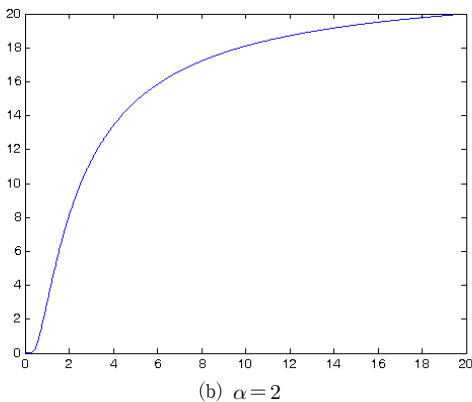
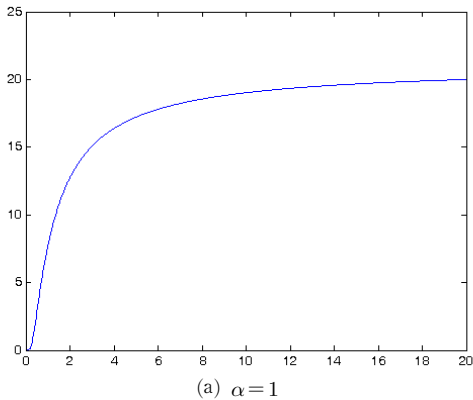
<그림 2> QoS 등급별 사용자 분포 및 QoE 등급별 사용자 만족도 분포(사용자=1,000명)

• 변환함수 :  $x_{QoE} = I(x_{QoS}) = Ne^{\alpha(\frac{1}{N} - \frac{1}{x_{QoS}})}$

선행연구에 따르면, QoS와 QoE의 관계는 일반적으로 역지수함수(inverse exponential function) 혹은 로그함수(logarithmic function)와 유사한 패턴을 보인다. 예를 들어, [19, 22]에서는 QoE( $x_{QoE}$ )와 역-QoS(QoS disturbance,  $\bar{x}_{QoS}$ )와의 관계를 음의 지수함수(negative exponential function)인  $x_{QoE} = \alpha e^{-\beta \bar{x}_{QoS}} + \gamma$ 로 추정한다. 특히, 지연의 역수나 속도(bit rate)에 대한 MOS 사이의 관계가 서비스 유형(web browsing, VoIP, H.264 encoder에 의한 video

등)에 상관없이 역지수함수에 따르고 있음을 보여주는 연구는 많다(예를 들어, [4, 11, 14, 22, 23] 등).

$T(\cdot)$ 에서 파라미터  $\alpha$ 는 앞에서 설명한 기술적 요인을 반영하는 것으로, 이에 대한 몇 가지 가능성을 시나리오에 포함한다(<그림 3>을 참조).



<그림 3> 3가지 변환함수  $x_{QoE} = T(x_{QoS})$

- 정책변수와 시나리오 및 QoS-QoE Gap

아래 두 종류의 정책변수와 이에 따른 평가 기준(QoS-QoE Gap)을 시나리오에 따라 비교/분석한다.

① QoS-QoE 경계등급(threshold) 기준

먼저, 정책변수로 QoS가 보장되어야 하는 경계등급(QoS-guaranteed threshold)을 설정하는 경우를 생각해 볼 수 있다. 여기서 경계등급은 최소한 보장되어야 하는 QoS 등급을 의미한다. 예를 들어, QoS  $y$  등급까지는 반드시 제공해야 한다는 것을 정책 목표(policy target)로 설정하는 경우를 말한다.

여기서 QoS 등급은 다양하게 정의될 수 있는데, 예를 들어, 'QoS  $y$  등급'이라는 것을, 지연이 최소  $X$  msec이내가 되도록 하는 것으로 설정할 수 있다. QoS-QoE 변환에 따라, QoS  $y$  등급에 해당되는 QoE 등급  $y'$ 이 산출되면, 이러한 정책 기준에서는 QoE  $1 \sim y'$  등급까지의 체감품질을 원하는 사용자 비율(%)과 QoS  $y$  등급까지 받을 수 있는 사용자 비율(%)과의 차이(이를 '커버리지 Gap'이라고 부름)를 계산한다. 다음 절의 시뮬레이션에서는 채택된 경계등급을 10, 14, 18으로 설정하고 커버리지 QoS-QoE Gap을 산출한다.

② QoS-QoE 커버리지(coverage) 기준

정책변수의 기준 선정을 위한 또 다른 접근법으로, (특정) QoS가 보장되어야 하는 커버리지(QoS-guaranteed coverage)를 설정하는 경우를 생각해 볼 수 있다. 여기서 '커버리지'는 최소한 동일 기준으로 만족시켜야 하는 사용자 비율을 의미한다. 이러한 접근법도 경계등급과 큰 차이는 없지만, 정책 목표 자체가 직접적으로 만족시켜야(커버해야) 하는 사용자 범위를 지정한다는 점에서 ①과는 다르다. 예를 들어, QoS의 기준으로 최소한 60%에 해당하는 사용자가 서비스를 받을 수 있는 등급을 제공해야 한다는 것을 목표로 하는 경우를 생각해 볼 수 있다. 역시, QoS-QoE 변환에 따라 QoE 기준으로 60% 이상을 만족시킬 수 있는 경계등급을 계

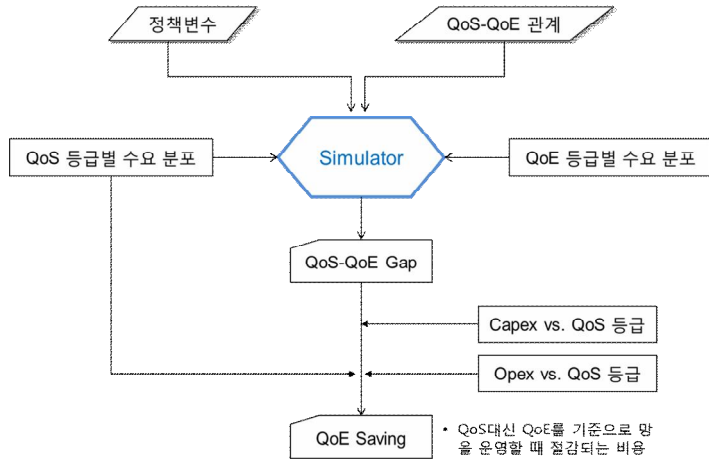
산하고, 이를 QoS 경계등급과의 차이(이를 ‘경계 등급 Gap’이라고 부름)를 산출한다. 다음 절에서는 목표 커버리지를 각각 60%, 70%, 80%, 90%로 채택할 때의 경계등급 QoS-QoE Gap을 산출한다.

이상의 구성요소와 정책변수를 바탕으로, 다음 절에서는 QoE 기반 요금체계 도입에 따른 효과를 평가하는 시뮬레이터 프로토타입을 제시한다. 이 시뮬레이터는 QoS와 QoE에 대한 수요 분포 및 만족도 분포가 주어질 경우, QoS-QoE Gap을 산출하는 것이 목적이다. 파라미터를 추정하지 않은 상태에서,

몇 가지 시나리오에 따라 파라미터 값을 결정하고 실험하였다. 다음 그림은 평가 프레임워크 시뮬레이터를 이용하여 시나리오에 따라 실험을 전개하는 방식을 도식화 한 것이다.

### 3.2 시나리오에 따른 시뮬레이션 실험

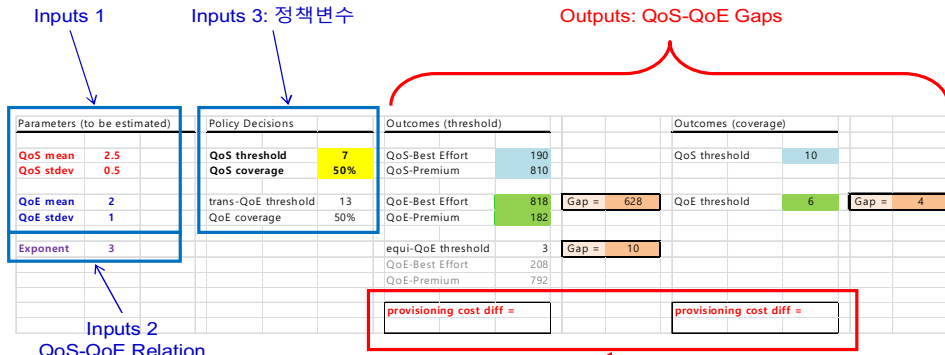
앞에서 소개된 시나리오 요소(파라미터  $s, (\mu, \sigma), \alpha$ )들의 조합을 바탕으로, 총 18개의 시나리오를 설정하여 실험을 진행한다. 시뮬레이터는 아래 그림에서 보는 바와 같이, Excel 기반으로 개발되었다.



<그림 4> 실험 모형의 Flow Chart

<표 1> 시나리오 구성요소 및 해설

| 파라미터                                      |                          | 해설   |
|---|--------------------------|--|
| $s$ : QoS 등급별 사용자 분포 파라미터                 | $s = 0.05$               | 현재 QoS 등급별로 사용자 분포가 비교적 고른 경우                                    |
|   | $s = 0.2$                | 현재 비교적 높은 QoS 등급에 사용자가 집중된 경우                                    |
| $(\mu, \sigma)$ : QoE 등급별 사용자 만족도 분포 파라미터 | $(\mu, \sigma) = (2, 1)$ | 사용자 체감품질 만족도가 QoE 1/3 등급 근처에 집중된 경우(양(+))의 높은 skewness)          |
|   | $(\mu, \sigma) = (2, 2)$ | 낮은 QoE 등급에서도 사용자 체감품질 만족도가 높지만 높은 QoE 등급을 원하는 사용자도 존재하는 경우       |
|   | $(\mu, \sigma) = (3, 1)$ | 사용자 체감품질 만족도가 대부분 1/3 등급 이후에 분포하며 비교적 고르게 분산된 경우(skewness ≈ 0)   |
| $\alpha$ : QoS-QoE 변환함수 파라미터              | $\alpha = 1$             | QoS 등급이 상승함에 따라 초반에는 QoE 등급에 큰 영향을 미치나 1/3 등급 이후에는 거의 영향을 미치지 않음 |
|   | $\alpha = 2$             | QoS 등급과 QoE 등급 간의 완만한 비선형 관계                                     |
|   | $\alpha = 5$             | QoS 등급과 QoE 등급 간의 관계가 선형에 가까움                                    |



QoS 등급별 투자 및 운용비(Capex, Opex)가 산출되면 계산되는 부분

〈그림 5〉 시뮬레이터 예

파라미터나 정책변수에 값을 입력하면 QoS-QoE Gap 박스에 결과가 산출된다. 시나리오는 Excel의 ‘가상분석’에서 ‘시나리오 관리자’ toolbox를 사용하여 관리한다.

### 3.3 실험 결과 및 해석

현행 QoS에 따른 사용자 분포  $F_{QoS}(\cdot)$ 는, ‘체감 품질과 무관하게’ 공급자 입장에서 망자원 관리에 중점을 두는 요금체계를 나타낸다. 실질적 사용자 만족도는 QoS-QoE 변환함수  $\pi(\cdot)$ 와 QoE에 따른 사용자 만족도 분포  $f_{QoE}(\cdot)$ 을 통해 추정할 수 있다. 시나리오별로 산출된 경계등급 및 커버리지 QoS-QoE Gap은 아래 표와 같다.

- 정책변수로 경계등급을 사용한 경우(①)

시나리오 내에서 커버리지 QoS-QoE Gap은 최대 82.87%에서 최소 -12%의 차이를 보인다. 커버리지 QoS-QoE Gap이 82.87%라는 것은 전체 사용자의 82.87%가 체감품질 만족도를 상회하는 QoS 서비스를 받고 있다는 것을 의미한다. 이는 대다수의 사용자에게 있어서 QoS 환경이 over-provisioning 되어 있음을 의미한다. 반면에 이 Gap이 -12%라는 것은 12%의 사용자가 체감품질에 미달되는 QoS 환경에 처해 있다는 것을 의미한다. 즉, 12%의 사

용자의 망운용 여건은 under-provisioning되어 있다. 그러나 전반적으로 볼 때(<표 2> 참조) over-provisioning되는 경향이 지배적임을 알 수 있으며, 이는 QoE 기반 요금체제로 전환했을 경우 망자원을 크게 절약할 수 있다는 것을 의미한다.

이 Gap은 정책변수에 따라 차이를 보인다. 정책적으로 높은 수준의 QoS를 보장하려 할수록 over-provisioning될 가능성을 높인다. QoS-QoE Gap은 QoE 등급별 만족도 분포에는 민감하게 반응하지 않지만, 현재 QoS 등급별 사용자 분포와 QoS-QoE 변환함수에는 영향을 많이 받는다. 따라서 이들 요소에 대한 보다 정확한 추정이 필요해 보인다.

- 정책변수로 커버리지를 사용한 경우(②)

시나리오 내에서 경계등급 QoS-QoE Gap은 최대 8에서 최소 -10의 차이를 보인다. 이 Gap이 음(-)의 값을 가진다고 해서 QoE 기반 요금체제로 전환했을 때 오히려 사용자 만족도가 떨어진다는 것은 아니다. 단지, QoS와 QoE 기준으로 동일한 커버리지를 정책적으로 적용하려고 할 때, 각 기준별 경계등급(threshold)의 차이를 보여줄 뿐이다. 따라서 이 Gap이 양(+)의 값을 가지면 QoE 기반 요금체제로 전환했을 경우 망자원이 절약될 가능성이 거의 확실하며, 음(-)의 값을 가지면 그 가능성을 보장하지는 못한다는 정도이다.



<표 2> 시나리오별 Coverage QoS-QoE Gap(%) : Threshold( $z$ ) = 10, 14, 18

(a)  $s = 0.05$  : 현재 QoS 등급별로 사용자 분포가 비교적 고른 경우

|              | $(\mu, \sigma) = (2, 1)$ |          |          | $(\mu, \sigma) = (2, 2)$ |          |          | $(\mu, \sigma) = (3, 1)$ |          |          |
|--------------|--------------------------|----------|----------|--------------------------|----------|----------|--------------------------|----------|----------|
|              | $z = 10$                 | $z = 14$ | $z = 18$ | $z = 10$                 | $z = 14$ | $z = 18$ | $z = 10$                 | $z = 14$ | $z = 18$ |
| $\alpha = 1$ | 35.68                    | 56.92    | 82.87    | 35.30                    | 56.54    | 82.49    | 33.20                    | 54.44    | 80.39    |
| $\alpha = 2$ | 33.46                    | 56.92    | 82.87    | 32.78                    | 56.54    | 82.49    | 28.54                    | 54.44    | 80.39    |
| $\alpha = 5$ | 25.79                    | 52.34    | 82.87    | 24.78                    | 51.44    | 82.49    | 13.90                    | 45.02    | 80.39    |

(b)  $s = 0.2$  : 현재 비교적 높은 QoS 등급에 사용자가 집중된 경우

|              | $(\mu, \sigma) = (2, 1)$ |          |          | $(\mu, \sigma) = (2, 2)$ |          |          | $(\mu, \sigma) = (3, 1)$ |          |          |
|--------------|--------------------------|----------|----------|--------------------------|----------|----------|--------------------------|----------|----------|
|              | $z = 10$                 | $z = 14$ | $z = 18$ | $z = 10$                 | $z = 14$ | $z = 18$ | $z = 10$                 | $z = 14$ | $z = 18$ |
| $\alpha = 1$ | 9.84                     | 26.74    | 64.34    | 9.46                     | 26.36    | 63.96    | 7.37                     | 24.26    | 61.86    |
| $\alpha = 2$ | 7.63                     | 26.74    | 64.34    | 6.95                     | 26.36    | 63.96    | 2.71                     | 24.26    | 61.86    |
| $\alpha = 5$ | -0.05                    | 22.15    | 64.34    | -1.05                    | 21.26    | 63.96    | -11.94                   | 14.84    | 61.86    |

<표 3> 시나리오별 Threshold QoS-QoE Gap : Coverage( $r$ ) = 60%, 70%, 80%

(a)  $s = 0.05$  : 현재 QoS 등급별로 사용자 분포가 비교적 고른 경우

|              | $(\mu, \sigma) = (2, 1)$ |            |            | $(\mu, \sigma) = (2, 2)$ |            |            | $(\mu, \sigma) = (3, 1)$ |            |            |
|--------------|--------------------------|------------|------------|--------------------------|------------|------------|--------------------------|------------|------------|
|              | $r = 60\%$               | $r = 70\%$ | $r = 80\%$ | $r = 60\%$               | $r = 70\%$ | $r = 80\%$ | $r = 60\%$               | $r = 70\%$ | $r = 80\%$ |
| $\alpha = 1$ | 2                        | -2         | -7         | 3                        | -1         | -7         | -1                       | -5         | -10        |
| $\alpha = 2$ | 2                        | -2         | -7         | 3                        | -1         | -7         | -1                       | -5         | -10        |
| $\alpha = 5$ | 2                        | -2         | -7         | 3                        | -1         | -7         | -1                       | -5         | -10        |

(b)  $s = 0.2$  : 현재 비교적 높은 QoS 등급에 사용자가 집중된 경우

|              | $(\mu, \sigma) = (2, 1)$ |            |            | $(\mu, \sigma) = (2, 2)$ |            |            | $(\mu, \sigma) = (3, 1)$ |            |            |
|--------------|--------------------------|------------|------------|--------------------------|------------|------------|--------------------------|------------|------------|
|              | $r = 60\%$               | $r = 70\%$ | $r = 80\%$ | $r = 60\%$               | $r = 70\%$ | $r = 80\%$ | $r = 60\%$               | $r = 70\%$ | $r = 80\%$ |
| $\alpha = 1$ | 7                        | 4          | 0          | 8                        | 5          | 0          | 4                        | 1          | -3         |
| $\alpha = 2$ | 7                        | 4          | 0          | 8                        | 5          | 0          | 4                        | 1          | -3         |
| $\alpha = 5$ | 7                        | 4          | 0          | 8                        | 5          | 0          | 4                        | 1          | -3         |

정책변수로 커버리지를 택할 경우, (예상 가능한 결과이지만) QoS-QoE 변환함수에 민감하지 않음을 알 수 있다. 그러나 이 경우 QoE 등급별 만족도 분포는 (앞의 경우와는 달리) 결과에 영향을 준다. 만족도 분포가 보다 높은 QoE 등급으로 치우칠수록 경계등급도 높아지며, QoS보다 높은 등급이 필요해질 가능성도 커진다(물론 양쪽을 직접적으로 비교할 수는 없다). 그 차이가 -7이나 -10

까지 벌어지는  $r = 80\%$ 의 경우( $s = 0.05$ 일 때)에는 QoE 기반 요금체계가 망자원을 절약할 가능성은 거의 없어 보인다.

이외에 정책변수와 QoS 등급별 사용자 분포도 이 Gap에 큰 영향을 준다. 현재 비교적 높은 QoS 등급에 사용자가 분포한 경우 QoE 기반 요금체계로 전환함으로써(커버리지 기준으로) over-provisioning을 정상화시킬 수 있는 가능성이 높아진다.

또한 정책적으로 낮은 사용자 비율(예 :  $r=60\%$ )을 보장하려고 할 경우에도 QoE 기반 요금체제로 전환할 때 망자원을 절약할 수 있는 가능성이 커진다.

이상의 결과를 요약하면 다음과 같다. 첫째 정책변수로 QoS/QoE를 보장하는 경계등급과 커버리지 중 어떤 것을 채택하느냐에 따라 QoS-QoE Gap에 대한 평가가 달라질 수 있다. 둘째, 현재 QoS 등급별 사용자 분포( $F_{QoS}(\cdot)$ )에 따라 QoE 기반 요금체제로 전환할 때의 효과에 차이가 있다. 셋째, 경계등급이 정책변수인 경우, QoS-QoE 변환함수의 비선형성이 클수록 QoE 기반 요금체제가 over-provisioning을 교정하는 효과가 크다. 넷째, 커버리지가 정책변수인 경우, QoE 등급별 만족도 분포의 비대칭도(skewness)가 양(+)이고 클수록 QoE 기반 요금체제를 도입하여 사용자 만족도를 높일 수 있는 가능성이 커진다.

#### 4. 토의 및 결론

본 연구는 QoS로부터 QoE 기반 요금체제로의 이전의 효과를 평가할 수 있는 프레임워크를 제시하고 시나리오별로 시뮬레이션을 통해 그 결과를 분석 및 비교하였다. 분석 결과가 함의하는 바를 정리하면 다음과 같다. 먼저, 사용자 측면에서는 요금 대비 만족도를 개선하는데 QoS보다는 QoE가 훨씬 더 효과적이다. QoE는 사용자의 체감품질 향상 및 요금 만족도 개선에 직접적으로 도움이 되는 지표를 제공하므로, 본 연구에서 제안한 평가 프레임은 의미를 가진다. 또한 평가 프레임을 통해 통신요금이 실질적으로 절감되는 효과를 유도할 수 있다. 이는 동일한 QoS에 대해서 실질적인 요금 절감을 유도하거나, 동일한 요금에 대해서는 보다 나은 체감품질을 제공할 수 있기 때문에 가능하다.

사업자에게도 새로운 서비스 개발과 비용흐름을 개선함에 있어서도 QoE를 기준으로 하는 것이 더 많은 기회를 제공하기 때문에 본 평가 프레임은 의미를 지닌다. QoE는 QoS의 과도한 망자원의 over-provisioning을 방지함으로써 사업자의 망자

원 관리의 효율성을 높이고 수익흐름을 개선할 수 있다. 또한 실질적 체감품질 경쟁을 유도하기 때문에 사업자들로 하여금 서비스 다양화와 차별화를 경쟁의 축으로 삼도록 만든다. 이를 통해 사업자 간 가격 경쟁과 타사업자로부터 가입자 이탈을 유도하는 부정적인 경쟁에서 벗어나 실제 사용자 편의 증진에 기여하는 경쟁이 될 수 있도록 한다.

동태적 관점에서도 QoE 패러다임으로의 전환은 긍정적이다. 예를 들어, over-provisioning의 정도를 판단할 수 있는 근거를 제공함으로써 불필요한 투자의 지연을 통해 사업자 비용흐름을 개선한다. 이를 통해 Capex 및 Opex를 동시에 개선할 수 있다. 이와 같이 체감품질이 사업자 간 경쟁의 기본축이 된다면, 현재 과도한 망중립성 제약에 묶여 있는 관리형 서비스(managed service)에 대한 인식 전환에도 도움을 줄 것이다. 관리형 서비스 활성화를 통해 다양하고 차별화된 서비스가 제공된다면 망중립성에 대한 소모적인 논쟁도 줄어들 것으로 기대된다.

후속 연구에서는 이번 실험 모형을 확장하는 방향을 생각한다. 먼저, 자료 확보에 어려움을 겪어서 시행하지 못했던, QoS-QoE Gap으로부터 망자원 효율화율과 요금 인하 인센티브 등을 추정한다. 또한 위 가정 1을 완화하는 방법을 고려한다. 즉, 서로 이질적인 서비스 요구사항을 가지는 다사용자 환경에서 QoE 기반 요금체제의 기대효과를 분석하여야 한다. 이 경우 서비스 컨버전스에 따라 단일 유형의 서비스(예 : 음성, 동영상 등)를 별도로 고려하는 것보다는 트래픽 믹스(traffic mix, [20])에 대한 체감품질 및 만족도를 평가하는 것이 더 바람직할 수 있다.

QoS-QoE 간 변환함수를 보다 정확하게 추정하기 위해서는 속도(혹은 지연) 외에도 대역폭(bandwidth)이나 패킷손실율(packet loss ratio)과 같은 다른 QoS 요소들을 종합하여 integrated QoS index를 개발하고 이를 적용할 필요도 있다. 특히 망운영 차원에서는 단일 QoS 기준을 이용하는 것이 아니라 여러 요소를 종합적으로 고려하기 때문에

integrated QoS index가 더 많은 정보를 제공한다.

또한 MOS로는 체감품질을 정확하게 측정하는 것에 한계가 있을 수도 있다([4, 9] 등). MOS를 거치지 않고 직접적인 사용자 만족도를 대상으로 한다면 [4, 9]에서와 같이 KPI 혹은 효용함수(utility function)를 사용하는 것이 더 바람직할 수 있다. 현실적으로 MOS와 KPI/utility 중에서 scheme이 더 좋은 것인지 비교하는 연구도 필요하다.

## 참고 문헌

- [1] 구승환, 강호석, 장성용, “이동통신사 서비스 요인과 전환혜택이 고객만족도와 전환의도에 미치는 영향에 관한 연구”, 『경영과학』, 제31권, 제2호(2014), pp.87-103.
- [2] 김성수, “서비스 품질, 서비스 가치, 명성, 감정반응, 고객만족과 재이용의도의 구조적 관계 : 의료서비스에서 서비스 관계의 조절효과를 중심으로”, 『경영과학』, 제29권, 제2호(2012), pp. 105-125.
- [3] 노두환, 장석권, “B2C 클라우드 서비스 채택 의도의 영향요인에 관한 연구”, 『한국경영과학 회지』, 제37권, 제3호(2012), pp.57-68.
- [4] Anehill, M., M. Larsson, G. Stromberg, and E. Parsons, “Validating voice over LTE end-to-end,” *Ericsson Review*, (2012) pp.4-10.
- [5] Baraković, J., H. Bajrić, N. Rešidbegović, and S. Baraković, “QoE Aspects of NGN Services,” *ETSI TC STQ Workshop on QoS/QoE/User Experience*, Sophia Antipolis, France, 2010.
- [6] Brooks, P. and B. Hestnes, “Increasing the strength of QoE data with objective and quantified subjective measures,” *Telenor/Teolys Report*, 2011.
- [7] BH Telecom, “QoE Aspects of NGN Services,” *ETSI TC STQ Workshop on QoS/QoE*, Sophia Antipolis, France, 2010.
- [8] Casas, P. and R. Schatz, “Quality of experience in cloud services : survey and measurements,” *Computer Networks*, Vol.68(2014), pp.149-165.
- [9] Cuadra-Sánchez, A., “Lighting up the Quality of Experience : Managing Customer Experience Initiative,” *TeleManagement Forum*, 2010.
- [10] Dong, M., T. Kimata, K. Sugiura, and K. Zettsu, “Quality-of-experience(QoE) in emerging mobile social networks,” *IEICE Trans. on Information and Systems*, Vol.97, No.10 (2014), pp.2606-2612.
- [11] Fiedler, M., “Enabling Seamless Videoconferencing-The PERIMETER Approach,” *ETSI QoE Workshop*, 2010.
- [12] Fiedler, M., T. Hossfeld, and P. Tran-Gia, “A generic quantitative relationship between quality of experience and quality of service,” *IEEE Network*, Vol.24, No.2(2010), pp. 36-41.
- [13] Huq, F. and J.B. Song, “Rate Adaptation Technique for Coexisting Heterogeneous IEEE 802.11 Wireless LANs,” Vol.57, No.2 (2011), pp.138-148.
- [14] Joskowicz, J. and J.C.L. Ardao, “Enhancements to the Opinion Model for Video-Telephony Applications,” *Proceedings of the 5th International Latin American Networking Conference*, (2009), pp.87-94.
- [15] Mianxiong, D.O.N.G., T. Kimata, K. Sugiura, and K. Zettsu, “Quality-of-experience(qoe) in emerging mobile social networks,” *IEICE Trans on Information and Systems*, Vol.97, No.10(2014), pp.2606-2612.
- [16] Mocanu, D.C., G. Santandrea, W. Cerroni, F. Callegati, and A. Liotta, “Network performance assessment with quality of experi-

- ence benchmarks," *10th IEEE International Conference on Network and Service Management*, 2014.
- [17] Priscoi, F.D., L. Fogliati, A. Palo, and A. Pietrabissa, "Dynamic Class of Service mapping for Quality of Experience control in future networks," *World Telecommunications Congress*, 2014.
- [18] Reeves, B. and C. Nass, "The Media Equation : How People Treat Computers, Television, and New Media Like Real People and Places," Chicago, IL, US : Center for the Study of Language and Information; New York, NY, US : *Cambridge University Press*, 1996.
- [19] Reichl, P., "Quality of Experience in Convergent Communication Ecosystems," *Media Convergence Handbook*, Vol.2(2016), pp. 225-244.
- [20] Saul, A. and G. Auer, "Multiuser Resource Allocation Maximizing the Perceived Quality," *EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking*, (2009), pp.1-15.
- [21] Seetharam, A., P. Dutta, V. Arya, J. Kurose, M. Chetlur, and S. Kalyanaraman, "On managing quality of experience of multiple video streams in wireless networks," *IEEE Transactions on Mobile Computing*, Vol.14, No.3(2015), pp.619-631.
- [22] Soldani, D., "Bridging QoE and QoS for Mobile Broadband Networks," *ETSI TC STQ Workshop on QoS/QoE/User Experience*, Sophia Antipolis, France, 2010.
- [23] Thakolsri, S., W. Kellerer, and E. Steinbach, "QoE-based Rate Adaptation Scheme Selection for Resource-constrained Wireless Video Transmission," *Journal of Communications*, Vol.4, No.9(2009), pp.669-680.
- [24] Wilson G.M. and M.A. Sasse, "Investigating the Impact of Audio Degradations on Users : Subjective vs. Objective Assessment Methods," *Proceedings of OZCHI, Sydney*, (2000), pp.135-142.
- [25] Zheng, K., X. Zhang, Q. Zheng, W. Xiang, and L. Hanzo, "Quality-of-experience assessment and its application to video services in LTE networks," *IEEE Wireless Communications*, Vol.22, No.1(2015), pp.70-78.