

PSTN과 VoIP 서비스 간의 균형가격 도출에 관한 연구

윤상흠* · 김향화* · 박종헌* · 박영준** · 진재호*** · 하귀룡****†

*영남대학교

**한국전자통신연구원

***충주대학교

****포항공과대학교

A Study on the Evaluation of Equilibrium Price between PSTN and VoIP Service

Sang Hum Yoon* · Xiang-Hua Jin* · Jong-Heon Park* · Young Jun Park** ·
Jaeho Juhn*** · Gui Ryong Ha****†

*Yeungnam University

**Electronics and Telecommunications Research Institute

***Chungju National University

****POSTECH

The objective of this paper is to evaluate the equilibrium price between PSTN and VoIP telephony services in the case of non-linear utility function. Currently there are two types of wired phone services we are known PSTN (Public Switched Telephone Network) and VoIP (Voice over Internet Protocol). The PSTN telephony which provide high quality service and VoIP which provides relatively low quality service form a vertically differentiated oligopoly. Therefore, the evaluation of the equilibrium price between PSTN and VoIP services is very important to wired phone service providers. The equilibrium price depends on the state of the service cost function has been proved different value. This paper was evaluated each equilibrium price for the state of the linear cost function and non-linear cost function. Subsequently, this paper analyzed the demand of both services and the equilibrium profit which can maximize the profit of both service providers.

Keywords : Voice over Internet Protocol, VoIP, PSTN, Non-linear Utility Function

1. 서론

인터넷이 보편적 데이터전송망으로 자리 잡게 됨에 따라 아날로그 음성신호를 디지털 데이터 패킷으로 변환하여 전송하고 발신 측에서 이를 다시 음성신호로 되돌

리는 기술이 출현하게 되었다. 이를 통한 전화통신 서비스를 인터넷전화(이하 VoIP : Voice over Internet Protocol)라고 한다. VoIP 기술의 출현은 기존의 회선교환방식의 공중전화망(이하 PSTN : Public Switched Telephone Network)만이 존재하던 유선전화 시장에 인터넷망을 활용

논문접수일 : 2010년 07월 19일 논문수정일 : 2010년 09월 10일 게재확정일 : 2010년 09월 13일

† 교신저자 guiryongha@postech.edu

※ 이 논문은 2008년도 정부재원(교육인적자원부 학술연구조성사업비)으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 연구되었음(KRF-2008-314-D00479).

한 새로운 전화서비스의 출현을 의미한다.

VoIP 서비스는 데이터 서비스 제공을 위하여 포설된 인터넷 망 위에서 인터넷 망을 통해 음성 신호를 주고 받는 통신서비스이기 때문에 이론적으로 인터넷이 연결되는 곳이면 어디서든지 통화가 가능하다. 또한 기존 PSTN 서비스가 물리적 네트워크에 종속되는데 비해 인터넷을 접속할 수 있는 모든 지점에서 서비스를 이용할 수 있기 때문에 시내, 외 지역 구분이 없고 기존 유선전화에 비해 일반적으로 저가로 서비스 된다는 특징을 갖고 있으며 음성, 데이터, 화상 등 멀티미디어 통합서비스의 제공도 가능하다.

이러한 장점으로 인해 최근 국내 VoIP 사업자의 가입자수가 2009년 12월에 600만 명을 기록하고 있다. 가입자 600만 명은 PSTN과 VoIP를 합한 유선전화 전체 가입자 2600만 명의 23%를 차지하는 수치이며 이 같은 추세일 경우에는 2010년도에 약 1,000만 명을 넘을 것으로 예상되고 있다. 각 VoIP 사업자별로는, 선두기업인 LG테이콤이 200만 명을 돌파했고 KT와 SK브로드밴드도 140만 명, 99만 명의 가입자를 확보하고 있다. 더욱이 방송통신위원회는 향후 5년 간 34조 원을 투입하여 인터넷 속도를 현재의 10배 수준으로 향상시킬 수 있는 초광대역 융합망 구축계획을 발표하였다. 이 계획의 핵심은 백본망을 IP 기반으로 융합된 프리미엄 망으로 고도화하기 위해 현재 회선 교환망(Circuit Network)인 유선전화망을 2012년까지 IP망으로 바꾸는 것으로 그 결과 기존 유선전화망의 약 60%가 VoIP로 바뀌게 될 것으로 전망되고 있으며 유선전화시장에서 PSTN과 치열한 주도권 경쟁을 벌일 것으로 예상되고 있다.

VoIP 서비스는 기존의 PSTN 서비스에 비해 상대적으로 적은 비용과 다양한 부가서비스를 제공한다는 장점이 있는 반면에 인터넷망이 가지고 있는 태생적인 통신품질상의 문제가 존재한다. 인터넷망은 PSTN과 같은 회선교환 방식이 아닌 비연결 경로방식에 해당하는 통신망이므로 VoIP 서비스는 PSTN 서비스에 비해 통화품질이 상대적으로 낮을 수밖에 없다. 따라서 VoIP와 PSTN 서비스는 고객의 입장에서 볼 때 비용과 품질이라는 서로 상보관계(trade-off)에 있는 두 가지 척도를 동시에 고려한 선택을 강요하게 된다. 결국, 단기적으로 인터넷망에 대한 획기적인 품질개선이 이루어지지 않는다는 가정 하에 VoIP와 PSTN 서비스 간에는 비용측면에서는 VoIP가 계층상 우위에 있고 통화품질측면에서는 PSTN 서비스가 우위에 있게 되는 두 가지의 상반된 수직구조가 존재한다고 할 수 있다.

본 연구에서는 이러한 VoIP와 PSTN 서비스에 존재하는 비용과 품질간의 상보관계를 활용하여 두 개의 서비스가 균형적으로 공존하기 위한 비용(고객입장에서는

통화가격)을 도출하고자 한다. VoIP 또는 PSTN 통신사업자의 입장에서는 이러한 비용에 대한 도출이 장기적으로 음성전화시장의 균형이 무너지고 상대편 서비스가 전체 시장을 잠식하지 않게 할 수 있는 최소한의 정보로써 작용하게 될 것이며 그러한 비용에 대응하는 통화품질수준은 어느 정도인지를 인식하게 되는 계기를 제공하게 된다.

VoIP 요금은 기존 음성전화 요금에 비해 일반적으로 저렴하며, 이는 VoIP 사업자들이 품질, 원가, 사용의 편리성, 인지도, 경쟁상황 등을 감안하여 요금을 책정하였기 때문이다. VoIP의 도입으로 기존 PSTN 가입자 일부는 상대적으로 서비스 가격이 저렴한 VoIP 가입자로 전환되었으나 VoIP의 개선된 통화품질에 대한 소비자의 인식이 아직 부족하고 VoIP 요금이 PSTN에 대비하여 경쟁력이 미약하다고 볼 수 있다. 그러나 VoIP 시장에서는 요금 책정이 자유로워 상황에 따른 다양한 가격전략이 나타날 수 있다면, VoIP 사업자들은 기존 PSTN 사업자와 경쟁이 되는 수준의 요금과 유사한 수준의 요금을 부과할 것인가, 아니면 이보다 낮은 요금을 부과할 것인가를 결정하게 된다.

본 연구의 목적은 비선형 효용함수의 경우 PSTN과 VoIP 서비스의 수직적 차별화 시장에서 수요량과 공급량의 균형을 찾기 위한 두 사업자의 균형가격을 도출하는데 있다. 차별화된 유선전화 시장에서 고품질의 서비스를 제공하는 PSTN과 상대적으로 저품질의 서비스를 제공하는 VoIP 사업자들은 가격경쟁을 통하여 각각 자신의 서비스 품질에 맞는 최적의 가격을 결정하게 된다. 또한 PSTN과 VoIP 두 사업자의 균형가격 도출에 이어 균형가격에서 결정되는 서비스의 수요 및 사업자의 균형이윤에 대해서도 분석해 보고자 한다.

2. 이론적 배경

2.1 선행연구

VoIP 서비스의 시장 점유율이 일정수준 이상 증가하게 될 때 VoIP 사업자와 기존 PSTN 음성전화 사업자 간에는 경쟁 관계가 성립된다. 기존 서비스와 경쟁관계에 있는 신규 서비스가 초기에 저렴한 요금을 내세우는 것은 일반적인 현상이다. 신규 사업자가 틈새시장으로만 존재할 경우에는 기존사업자의 경쟁적 반응을 기대하기는 어려우나 신규 서비스의 시장 점유율이 일정수준 이상으로 증가할 때 비로소 기존 서비스와의 경쟁구조가 모습을 갖추게 되며 이용자 입장에서는 새로운 서비스와 기존 서비스 간의 경쟁 효과를 누릴 수 있게 된다. 우선

수직적 차별화에 대한 선행연구는 다음과 같다.

Shaked and Sutton[6]은 품질에 의한 수직적 차별화(vertical differentiation)를 정형화된 모형으로 발전시켰다. 이와 같은 모형 하에서 두 재화간의 품질차이가 줄어드는 경우, 예를 들어 열위재화에 대한 최소품질기준의 도입으로 보다 높은 수준의 가격경쟁이 유발되는 효과가 있다. 품질에 의한 수직적 차별화 시장에 대한 연구는 다양한 시장 환경이 각 모형에 반영되면서 폭넓게 전개되었다. 또한 그들의 연구에서 기업은 가격과 품질이라는 두 가지 경쟁수단을 가지고 있어서, 가격 경쟁의 심화를 회피하기 위하여, 품질의 수준을 조절할 수 있다. 이러한 모형에 최소품질기준이 도입되면 가격에 대한 영향은 다음 세 가지 경로를 통해 나타나게 된다. 우선, 저 품질 사업자는 의무적으로 품질을 업그레이드시키게 되고, 이에 대응한 고품질 사업자의 품질 업그레이드는 두 사업자의 단위비용을 상승시켜 일차적으로 가격상승의 압박으로 작용하게 된다. 다음, 복점형태의 가격 경쟁에서의 두 기업의 반응함수를 고려할 때 상대방 기업의 가격 인상은 두 기업 모두에게 가격 인상 기회를 부여하므로 결과적으로 추가적인 가격 상승의 힘이 작용한다. 마지막으로 두 생산자간의 품질 격차 감소는 가격 경쟁을 유발하여 가격 하락의 요인이 발생하게 된다. 또한 소비자 측에서는 품질향상과 가격변화를 고려하여 두 생산자에 대한 수요를 조정하게 된다.

Ronnen[5]의 경우에는 품질향상은 고정비용의 증가로만 이어진다고 가정하였다. 모형은 품질 격차 감소로 인한 가격 경쟁의 효과가 강조되어, 최종적으로는 고품질 사업자의 이윤저하와 소비자 후생의 증가가 나타나게 된다.

Crampes and Hollander[3]은 품질 향상이 고정비용에만 영향을 미친다는 가정을 바꾸어 가변비용함수의 볼록성(convexity)을 가정하였다. 이러한 비용 가정 하에서는 그리 높지 않은 수준의 품질규제는 고품질 생산자의 이윤을 감소시키는 반면 저 품질 생산자의 이윤을 증가시킨다. 그 원리는 저 품질이 향상될 때 고품질 사업자는 가격경쟁을 피하기 위해 품질을 향상시켜야 하는데 비용의 볼록성으로 인해 단위비용 상승이 수요량의 감소를 초래하는 반면, 저 품질 사업자는 최소품질규제로 인해 단위비용이 상승하기는 하나 볼록성으로 고품질 사업자보다 가격 상승의 압박이 작고 고품질 사업자에서 이탈한 소비자의 수요로 이윤이 증가된다. 그러나 만약 고품질 사업자가 품질 향상을 하지 않는다면 저 품질 사업자도 이윤하락이 발생한다. 그러나 강한 품질규제는 생산자의 퇴출, 특히 고품질 생산자의 시장퇴출을 초래하게 되는데, 이 경우는 최소품질기준에 의한 품질 향상 정도가 커서 단위비용 인상의 폭이 상당하여

두 사업자 모두의 가격이 크게 상승하지 않을 수 없게 되는 상황이 된다.

Kuhn[4]은 소비자 효용함수를 좀 더 일반화하는 연구를 진행하였다. 즉, 기존의 연구들은 소비자의 효용은 오직 품질에 의해서만 결정되는 것으로 가정하고 있으나, 그는 효용함수가 베이스라인 효용치(baseline utility)를 가지고 있는 경우를 상정하였다. 베이스라인 효용치가 높을수록 상대적으로 품질의 중요성이 떨어져 저 품질 재화가 수요 면이나 이윤 면에서 우세에 처하게 된다. 소비자들의 베이스라인 효용치가 높은 경우 품질기준으로 인한 품질 향상이 소비자 효용에 크게 기여하지 못하고 가격만 상승시키므로 결국 소비자이익을 감소시키게 된다. 즉, 최소품질기준이 사회후생을 증가시키는 경우는 고품질의 시장점유가 우세한 상황에서만 가능하게 된다.

김창완, 김원식[2]의 연구에서는 일정 정도까지의 품질향상은 VoIP 수요를 유발하여 이윤을 증가시키나, 과도한 품질경쟁은 두 재화를 매우 가까운 대체재로 만들어 가격경쟁을 유발하여 이윤이 감소한다는 것을 보여 주었다.

김도환[1]의 연구에서는 PSTN 및 VoIP 서비스의 차별화 시장에서 VoIP 품질보장제도와 번호이동제도의 경제적 효과를 게임이론적으로 분석하였다. 연구에 의하면 정부의 품질보장제도에 의해 PSTN 및 VoIP 서비스 수요는 모두 증가하지만, 두 사업자의 이윤은 모두 감소하게 되고 소비자 후생은 증가하게 된다. 한편 번호이동제도를 도입하게 되면 PSTN 서비스 수요는 줄어들고, VoIP 서비스 수요는 증가하게 된다.

가장 최근에 진행된 관련 연구들의 비용함수와 효용함수의 연구모형에 대한 가정을 비교해보면 다음의 <표 1>와 같다.

<표 1> 선행 연구의 비용함수와 효용함수

연구자	서비스 비용	소비자효용
Kuhn[5]	서비스비용 = cq_i $q_v, q_p \in [1, q_{max}]$	$U(q_i) = \theta q_i + u_0 - p$
김창완, 김원식[2]	서비스비용 = cq_i $0 \leq q_i < q_{max} \quad i = v, p$	$U(q_i) = \theta q_i - p$
김도환[1]	서비스비용 = cq_i $1 \leq q_v < q_p \quad i = v, p$	$U(q_i) = \theta q_i - p_i$

<표 1>에서 각 지표를 살펴보면 다음과 같다.

c : 사용자 1인당 서비스 비용 계수

- q_i : i 서비스의 통화품질,
- $i = v(\text{VoIP}), p(\text{PSTN})$
- p_i : i 서비스의 통화가격
- $i = v(\text{VoIP}), p(\text{PSTN})$
- $U(q_i)$: 통화품질이 q_i 일 경우의 소비자 효용값
- θ : 단위 통화품질에 대한 효용계수

여기서 q_i 는 전화 서비스의 통화품질, cq_i 는 사업자가 품질 q_i 를 제공하기 위해 소요하는 서비스 생산비용이고 p_i 는 소비자가 지불하는 서비스 요금이다. θ 는 단위 통화품질에 대한 효용계수이자 전화이용자가 서비스 수준에 대한 민감한 정도를 나타내는 지표로 $[0, 1]$ 사이에서 균등분포를 따른다고 가정하였다.

이러한 선형의 효용함수는 일찍 Shaked and Sutton[6]에 의해서 모델링 되었다. 우선 재화의 품질이 q , 그리고 가격이 p 로 주어져 있다고 하면 소비자들의 선호는 다음과 같은 효용함수에 의해 정의된다.

$$U(q, p) = cq - p$$

여기에서 c 는 소비자들이 재화의 품질에 대해서 내리는 가치평가를 나타낸다. 즉 q 의 품질을 가진 상품을 구매하면 cq 만큼의 효용을 가지며, 여기에서 지불한 비용 p 를 차감한 값이 바로 실제 소비자효용이다.

2.2 비선형 효용함수

서비스 시장에서 두 재화가 인지도 측면에서 격차가 있다면 인지도가 낮은 사업자는 낮은 요금을 제시하고 이를 홍보함으로써 인지도를 높이는 전략을 택하게 된다. 따라서 VoIP 사업자들은 기존 PSTN 사업자들의 요금과 상호 비교함으로써 자신들의 요금이 저렴하다는 점을 강조하게 된다. 기존 PSTN 서비스와 VoIP 서비스 간의 균형가격을 도출하기 위하여 본 연구에서는 다음과 같이 비선형 효용함수를 정의하였다.

$$\text{비선형 소비자의 효용함수} : U_i = \theta \ln q_i - p_i \quad (i = \{p, v\})$$

즉 소비자의 실제 효용치는 q_i 의 품질을 가진 서비스를 구매하면서 느끼게 되는 $\theta \ln q_i$ 만큼의 효용에서 소비자가 지불한 비용 p_i 를 차감한 값이다. 이때 θ 는 소비자의 가격대비 품질에 대한 민감도 계수로서 단위 구간 $[0, 1]$ 사이에서 균등분포를 따른다고 가정 한다.

본 연구의 효용함수의 모형을 보면 비선형 효용함수로 설정하여 기존의 연구들과는 차별화하였다. 그 이유

를 살펴보면 다음과 같다. 통화품질이 증가함에 따라 전화서비스에 대한 소비자들의 효용도 따라서 증가하지만, 통화품질이 모든 소비자가 인정할 수 있는 아주 우수한 품질수준에 도달했을 때 소비자들은 더 이상 아주 작은 변화의 통화품질 향상에 의한 효용을 느끼지 못하기 때문이다. 즉 모든 소비자가 만족할 만한 통화품질에 도달하면 소비자는 더 이상의 통화품질 향상을 위한 서비스 요금 지불은 더 이상 의미가 없게 된다. 통화품질이 일정수준에 도달하면 효용증가는 점점 감소하게 되며 나중에는 그 증가치가 0으로 된다. 이러한 함수 관계를 가장 잘 반영할 수 있는 비선형 함수가 바로 로그함수라고 할 수 있다.

실제로 통신서비스에서의 이러한 로그함수를 활용한 비선형 효용함수의 유효성에 대해서 다른 통신서비스에서도 이미 보고된 바 있다. 2006년 ETRI(전자통신연구원)에서 실시한 초고속인터넷망(ADSL)에서 통신품질과 소비자 만족도간에 관계에 대한 조사에서 통신품질과 소비자 만족도 간에는 로그함수로 표현되는 비선형 효용함수의 관계가 존재함을 밝힌 바 있다. 즉, 인터넷 서비스의 속도를 통신품질을 대변하는 변수로 도입하고 이러한 속도를 2.0Mbps에서 출발하여 6.5Mbps에 이르기까지 7단계로 구분하고 개별 단계로 인터넷 서비스를 제공할 경우 고객의 만족도(5점 척도)가 어떻게 변화하는지에 대한 데이터를 수집하여 이를 타점한 결과 로그함수가 가장 적합한 대표함수임을 밝힌 바 있다.

따라서 본 연구에서는 기존연구에서 품질과 효용간의 관계가 선형함수로 설정되기 보다는 로그함수로 표현되는 것이 보다 타당하다는 근거 하에 다음과 같은 비선형 효용함수를 설정하였다.

$$\text{PSTN 서비스의 효용함수} : U_p = \theta \ln q_p - p_p$$

$$\text{VoIP 서비스의 효용함수} : U_v = \theta \ln q_v - p_v$$

2.3 내쉬 균형 이론

본 연구에서 두 서비스 사업자는 유선통신시장에서 가격경쟁을 하게 된다. 여러 경제주체(economic agent)가 모여 의사결정(decision making)을 하는 상황을 경제학에서는 게임 상황(game situation)이라고 부른다. 게임 상황에서 각 경제주체는 자신의 의사결정이 자신의 효용뿐 아니라 다른 경제주체의 효용에도 영향을 미치며, 동시에 다른 경제주체의 의사결정도 자신의 효용에 영향을 미치는 사실을 알고 있다.

현실에서 존재하는 가장 일반적인 시장 구조는 소수의 기업에 의하여 생산이 이루어지는 과점(oligopoly)시장이

다. 과점시장은 두 개 이상의 소수 기업이 존재하는 시장을 의미한다. 완전경쟁이나 독점시장과는 달리 과점 시장에는 어떤 환경에서 어떤 방식으로 경쟁하느냐에 따라 다양한 이론이 존재한다. 환경에 따라서는 동질적 재화시장과 차별화된 재화시장으로 크게 구별된다.

차별화된 재화시장과 동질적 재화시장과의 가장 큰 차이는 가격 이외의 상표나 포장과 같은 다른 요소도 소비자들의 구매에 영향을 미친다는 것이다. 차별화된 재화의 경우 가격이 높은 쪽의 수요가 항상 0은 아니고 각 재화에 대해서 별도의 수요함수가 존재한다. 먼저 가격경쟁 모형을 살펴보면 다음과 같다.

과점 시장의 경우, 두 재화의 수요함수는 D_p 과 D_v 이고 C_p 과 C_v 는 두 사업자의 비용함수이다. 사업자 P와 사업자 V가 선택한 가격을 각각 p_p 과 p_v 로 표시하면 각 사업자의 이윤은 다음과 같다.

$$\Pi_p(p_p, p_v) = D_p(p_p, p_v)(p_p - C_p),$$

$$\Pi_v(p_p, p_v) = D_v(p_p, p_v)(p_v - C_v)$$

본 연구에서는 차별화된 서비스 품질에 대한 가격경쟁을 고려하기 때문에 차별화된 재화시장에서의 버트란드 경쟁(Bertrand competition) 모형을 도출해야 한다. 과점기업이 가격으로 경쟁하는 모형을 버트란드 경쟁 모형이라고 하며 버트란드가 1883년에 쿠르노 모형을 비판하면서 산출량의 변화는 생산용량(capacity)의 변화가 수반되어야 함을 지적하였다.

게임이론의 발전에 또 한 번 결정적인 계기는 1951년에 비협조적 게임에 있어서 내쉬 균형(Nash equilibrium)이라는 개념을 제시함으로써 1994년 노벨 경제학상을 수상한 내쉬(Nash)에 의하여 이루어졌다. 내쉬는 예상 전략조합과 이에 대한 최적대응 전략조합이 일치하여 더 이상 수정할 필요가 없는 경우를 상정하고 이때의 전략조합을 게임의 균형이라고 정의했다. 이를 후대의 경제학자들은 내쉬 균형이라 부른다. 게임이론에서는 내쉬 균형을 합리적인 경기자들이 상대방이 선택하는 전략을 정확히 예측하여 자신의 보수를 극대화하는 전략을 의도적으로 선택하는 것으로 해석한다. 즉 합리적 경기자가 어떤 선택을 할 것인가라는 질문에 보다 구체적인 예측을 제시하는 것이 내쉬 균형이다.

일반적으로 동시진행 게임에서 각 경기자는 상대방 경기자들의 행동을 예측하고 이에 대해 최선의 전략을 선택한다고 볼 수 있다. 따라서 ‘합리적 경기자가 어떤 선택을 할 것인가?’라는 질문에 대한 대답이 있다면 그 대답은 반드시 내쉬 균형이 되어야 한다. 그러므로 전략형 게임에서는 내쉬 균형을 해(solution)로 본다. 내쉬 균

형이 가지는 의미를 보다 정확하게 설명하자면 내쉬 균형은 최적화(optimization)와 합리적 기대(rational expectation)를 만족하는 유일한 해이다. 구체적으로 내쉬 균형이 어떤가를 알려면 두 재화의 수요함수와 두 사업자의 비용함수의 형태 등을 알아야 한다.

차별화된 재화의 버트란드 경쟁에서 (p_p^*, p_v^*) 가 내쉬 균형이기 위해서는 p_p^* 가 $\Pi_p(p_p, p_v^*)$ 를 극대화하는 가격이고, 동시에 p_v^* 가 $\Pi_v(p_p^*, p_v)$ 를 극대화하는 가격이다. 내쉬균형은 두 연립방정식 $\frac{d\Pi_p(p_p, p_v)}{dp_p} = 0$ 와 $\frac{d\Pi_v(p_p, p_v)}{dp_v} = 0$ 의 해로 주어진다.

3. PSTN과 VoIP 서비스 간의 균형가격 도출

본 연구의 목적은 비선형 효용함수의 경우, PSTN과 VoIP에 서비스에 대한 균형가격을 도출하는 것이다. 그러므로 사실상 본 연구에서 도출하고자 하는 해는 버트란드-내쉬 균형이며, 품질에 의한 소비자 효용함수를 다음과 같이 가정하였다.

$$U_i = \theta \ln q_i - p_i \quad (i = \{p, v\})$$

여기에서 PSTN과 VoIP 사업자는 각각 q_p 와 q_v 품질의 전화서비스를 제공하며, VoIP 서비스의 품질수준은 최저 0에서 최고 q_p 사이의 값으로 가정한다. 본 논문에서 고품질 서비스인 PSTN의 품질수준에 대한 제고 활동은 없는 것으로 가정하므로 q_p 는 고정 값을 가진다.

비선형 효용함수의 경우 PSTN과 VoIP 서비스 간의 균형가격을 도출하려면 다음과 같은 두 가지 경우가 존재한다. 첫 번째는 사용자 1인당 서비스 비용함수가 기존 연구에서와 마찬가지로 선형이고 소비자 효용함수만 비선형인 경우, 두 번째는 고객 1인당 서비스 비용함수와 소비자 효용함수가 모두 비선형인 경우이다. 두 서비스 간의 균형가격 도출과정은 다음과 같다.

3.1 사용자 1인당 서비스 비용이 cq_i 인 경우

q_i 의 품질을 제공하기 위해서는 서비스의 품질에 따라 각각 $c \times q_p$ 와 $c \times q_v$ 만큼의 서비스 비용이 소요된다고 가정한다. 여기서 사용자 1인당 서비스 비용의 계수 c 는 $0 < c < 1$ 의 기술적 가정을 한다. 이때 θ 는 소비자의 가격대비 품질에 대한 민감도 계수로서 단위 구간 $[0, 1]$ 사이에서 균등분포를 따른다고 가정한다. 다음 PSTN과 VoIP 서비스의 수요함수를 도출하기 위해 θ 에

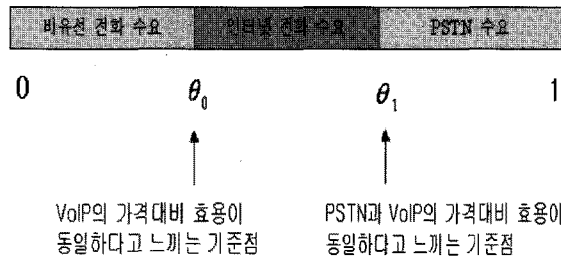
대한 다음 두 지표를 정의한다.

$$\theta_1 = \frac{p_p - p_v}{\ln q_p - \ln q_v} = \frac{p_p - p_v}{\ln(q_p/q_v)} \quad (1)$$

$$\theta_0 = \frac{p_v}{\ln q_v} \quad (2)$$

($\theta \in U[0, 1]$)

여기에서 θ_1 은 소비자가 PSTN과 VoIP 두 서비스의 가격대비 효용이 동일하다고 느끼는 경우의 효용계수 또는 가격대비 품질에 대한 민감도 계수이고 θ_0 은 소비자가 VoIP 서비스의 가격대비 효용이 동일하다고 느끼는 경우의 효용계수 또는 가격대비 품질에 대한 민감도 계수이다. 두 지표 θ_1 과 θ_0 에 대한 정의를 좀 더 구체적으로 설명하기 위해 그림으로 표시하면 다음과 같다.



<그림 1> θ_0 과 θ_1 두 지표의 설정

따라서 PSTN 서비스의 수요함수 D_p 과 VoIP 서비스의 수요함수 D_v 는 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$D_p = 1 - \theta_1 = \frac{\ln(q_p/q_v) - p_p + p_v}{\ln(q_p/q_v)} \quad (3)$$

$$D_v = \theta_1 - \theta_0 = \frac{p_p \ln q_v - p_v \ln q_p}{\ln q_v \ln(q_p/q_v)} \quad (4)$$

PSTN과 VoIP 소비자 이외에도 전화서비스를 받지 않는 소비자도 존재하므로 사실상 전체시장은 비포화 시장이라고 가정할 수 있다. 이런 가정 하에서 전체 시장 수요를 1이라고 봤을 때 두 사업자 수요는 항상 1보다 작다. PSTN 사업자와 VoIP 사업자는 각각의 수요함수, 통화품질 및 서비스 요금과 고객 서비스 비용에 의해 다음과 같은 이윤함수가 결정된다. 사업자의 이윤은 소비자 1인당 이윤에 전체 고객 수(서비스 수요)를 곱한 값이다.

PSTN 서비스 사업자 이윤 :

$$\begin{aligned} \Pi_p &= (1 - \theta_1)(p_p - cq_p) \\ &= \frac{\ln(q_p/q_v) - p_p + p_v}{\ln(q_p/q_v)}(p_p - cq_p) \end{aligned}$$

VoIP 서비스 사업자 이윤 :

$$\begin{aligned} \Pi_v &= (\theta_1 - \theta_0)(p_v - cq_v) \\ &= \frac{p_p \ln q_v - p_v \ln q_p}{\ln q_v \ln(q_p/q_v)}(p_v - cq_v) \end{aligned}$$

3.1.1 균형가격의 도출

서비스의 품질을 고품질과 저품질로 설정한 두 사업자는 서로 차별화된 서비스를 바탕으로 가격경쟁을 하게 된다. 그러므로 p_p^* 과 p_v^* 을 각각 PSTN과 VoIP 두 사업자의 버트란드-내쉬 균형 이라고 할 수 있다. p_p^* 과 p_v^* 가 내쉬균형이기 위해서는 p_p^* 가 PSTN 사업자의 이윤을 극대화 하는 가격이고, 동시에 p_v^* 가 VoIP 사업자의 이윤을 극대화 하는 가격이다. 즉 이윤극대화를 위한 가격결정은 $\frac{d\Pi_i}{dP_i} = 0$ 을 만족시킨다. 즉 두 사업자의 이윤함수를 각각 p_p^* 과 p_v^* 로 미분한 값이 0이어야 한다.

$$\frac{d\Pi_p}{dp_p} = \frac{\ln(q_p/q_v) + cq_p - 2p_p + p_v}{\ln(q_p/q_v)} = 0$$

$$\frac{d\Pi_v}{dp_v} = \frac{p_p \ln q_v - 2p_v \ln q_p + cq_v \ln q_p}{\ln q_v \ln(q_p/q_v)} = 0$$

위의 두 식을 연립하여 이윤극대화 조건에 의해 다음과 같은 버트란드-내쉬 균형가격을 구할 수 있다.

$$p_p^* = \frac{\ln q_p \{2 \ln(q_p/q_v) + cq_v + 2cq_p\}}{4 \ln q_p - \ln q_v} \quad (5)$$

$$p_v^* = \frac{\ln q_v \{ \ln(q_p/q_v) + cq_p \} + 2cq_v \ln q_p}{4 \ln q_p - \ln q_v} \quad (6)$$

두 사업자의 이윤을 각각의 가격으로 미분한 2차 도함수 모두 0보다 작으므로 ($\frac{d^2\Pi_p}{d^2p_p} = \frac{-2}{\ln(q_p/q_v)} < 0$, $\frac{d^2\Pi_v}{d^2p_v} = \frac{-2 \ln q_p}{\ln q_v \ln(q_p/q_v)} < 0$) 이윤극대화 충분조건을 만족한

다. 즉 PSTN 사업자와 VoIP 사업자의 시장 균형가격은 각각 p_p^* 와 p_v^* 이다.

3.1.2 소비자 수요 및 사업자 균형이윤의 도출

PSTN 소비자 균형수요 :

$$D_p^* = \frac{\ln q_p (2\ln(q_p/q_v) - 2cq_p + cq_v) + cq_p \ln q_v}{(4\ln q_p - \ln q_v) \ln(q_p/q_v)}$$

VoIP 소비자 균형수요 :

$$D_v^* = \frac{\ln q_p (\ln q_v (\ln(q_p/q_v) + cq_p + cq_v) - 2cq_v \ln q_p)}{(4\ln q_p - \ln q_v) \ln(q_p/q_v) \ln q_v}$$

즉 p_p^* 와 p_v^* 을 각각 원래의 수요함수에 대입하면 균형 가격에 의한 수요가 된다. 균형가격과 균형수요를 각각 사업자의 이윤함수에 대입하면 다음과 같은 균형이윤을 얻을 수 있다.

PSTN 사업자 균형이윤 :

$$\Pi_p^* = \frac{(\ln q_p (2\ln(q_p/q_v) - 2cq_p + cq_v) + cq_p \ln q_v)^2}{(4\ln q_p - \ln q_v)^2 \ln(q_p/q_v)}$$

VoIP 사업자 균형이윤 :

$$\Pi_v^* = \frac{\ln q_p (\ln q_v (\ln(q_p/q_v) + cq_p + cq_v) - 2cq_v \ln q_p)^2}{(4\ln q_p - \ln q_v)^2 \ln(q_p/q_v) \ln q_v}$$

3.2 사용자 1인당 서비스 비용이 $c \ln q_i$ 인 경우

본 절에서는 고객 1인당 서비스 비용함수와 소비자 효용함수가 모두 비선형인 경우의 균형가격과 균형이윤을 도출하고자 한다. 주요 가정 및 기호는 3.1과 동일하다.

본 절에서 사용하는 효용계수 θ_1 , θ_0 를 구하는 공식은 식 (1), 식 (2)이며, PSTN 서비스의 수요함수 D_p 과 VoIP 서비스의 수요함수 D_v 를 구하는 것은 식 (3)과 식 (4)과 같다. 이를 바탕으로 PSTN 서비스 사업자 이윤과 VoIP 서비스 사업자 이윤은 다음과 같다.

PSTN 서비스 사업자의 이윤 :

$$\begin{aligned} \Pi_p &= (1 - \theta_1)(p_p - c \ln q_p) \\ &= \frac{\ln(q_p/q_v) - p_p + p_v}{\ln(q_p/q_v)} (p_p - c \ln q_p) \end{aligned}$$

VoIP 서비스 사업자의 이윤 :

$$\Pi_v = (\theta_1 - \theta_0)(p_v - c \ln q_v)$$

$$= \frac{p_p \ln q_v - p_v \ln q_p}{\ln q_v \ln(q_p/q_v)} (p_v - c \ln q_v)$$

사용자 1인당 서비스 비용이 $c \ln q_i$ 인 경우의 균형가격과 소비자 균형수요, 사업자 균형이윤을 도출하는 과정은 사용자 1인당 서비스 비용이 $c q_i$ 인 경우와 동일하며, 도출한 식은 다음과 같다. 즉 이윤극대화를 위한 가격결정은 $\frac{d\Pi_i}{dP_i} = 0$ 을 만족시키며, 두 사업자의 이윤함수를 각각 p_p^* 과 p_v^* 로 미분한 값이 0이어야 한다.

$$\frac{d\Pi_p}{dp_p} = \frac{(1+c)\ln q_p - \ln q_v - 2p_p + p_v}{\ln(q_p/q_v)} = 0$$

$$\frac{d\Pi_v}{dp_v} = \frac{-2p_v \ln q_p + c \ln q_p \ln q_v + p_p \ln q_v}{\ln q_v \ln(q_p/q_v)} = 0$$

$$p_p^* = \frac{\ln q_p \{2(1+c)\ln q_p - (2-c)\ln q_v\}}{4\ln q_p - \ln q_v} \quad (7)$$

$$p_v^* = \frac{\ln q_v \{(1+3c)\ln q_p - \ln q_v\}}{4\ln q_p - \ln q_v} \quad (8)$$

$$\text{PSTN 소비자 균형수요 : } D_p^* = \frac{2(1-c)\ln q_p}{4\ln q_p - \ln q_v}$$

$$\text{VoIP 소비자 균형수요 : } D_v^* = \frac{(1-c)\ln q_p}{4\ln q_p - \ln q_v}$$

PSTN 사업자 균형이윤 :

$$\Pi_p^* = \frac{4(1-c)^2 (\ln q_p)^2 \ln(q_p/q_v)}{(4\ln q_p - \ln q_v)^2}$$

VoIP 사업자 균형이윤 :

$$\Pi_v^* = \frac{(1-c)^2 \ln q_p \ln q_v \ln(q_p/q_v)}{(4\ln q_p - \ln q_v)^2}$$

4. PSTN과 VoIP 서비스 간의 균형가격 비교

두 서비스 간의 균형가격 도출 방법에 이어 두 서비스 간의 상대적인 균형가격을 비교해 보는 것도 PSTN과 VoIP 서비스 사업자들의 입장에서는 매우 유용하다고 볼 수 있다. 따라서 본 절에서는 각각의 비용함수 형태에 따른 두 서비스 간의 균형가격을 서비스 비용함수가 $c q_i$ 와 $c \ln q_i$ 인 경우로 하여 비교해 보았다.

서비스 비용함수가 $c q_i$ 인 경우, q_i 의 품질을 제공하기

위해서는 서비스의 품질에 따라 각각 $c \times q_p$ 와 $c \times q_v$ 만큼의 서비스 비용이 소요된다. 여기서 두 서비스의 균형가격이 각각 식 (5), 식 (6)와 같다는 것은 이미 아는 바이다. 서비스 비용함수가 $c \ln q_i$ 인 경우에는 q_i 의 품질을 제공하기 위해서는 서비스의 품질에 따라 각각 $c \times \ln q_p$ 와 $c \times \ln q_v$ 만큼의 서비스 비용이 소요되며, 서비스 균형가격은 각각 식 (7), 식 (8)과 같다.

두 서비스 간의 상대적 서비스 가격을 제시하기 위해 PSTN의 품질수준은 고정 값인 100으로, 서비스 비용계수 c 는 0.1단위로 각각 0.1부터 0.9까지, VoIP의 품질은 70(최저품질 수준)부터 시작하여 5단위로 95까지 취하였을 때, PSTN과 VoIP의 상대적 균형가격을 각각 구해서 비교해보면 <표 2>와 <표 3>과 같다.

<표 2> 서비스 비용함수가 $c q_i$ 인 경우, 두 서비스의 균형가격 비교

$q_v \backslash c$	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90
70.00	9.01 7.65	17.78 15.20	26.55 22.75	35.33 30.29	44.10 37.84	52.87 45.39	61.65 52.94	70.42 60.48	79.19 68.03
75.00	9.17 8.05	18.15 16.01	27.13 23.97	36.11 31.93	44.10 39.88	54.07 47.84	63.05 55.80	72.03 63.76	81.01 71.72
80.00	9.33 8.44	18.52 16.81	27.70 25.18	36.89 33.55	46.07 41.92	55.26 50.29	64.44 58.66	73.63 67.03	82.81 75.40
85.00	9.50 8.83	18.89 17.61	28.28 26.39	37.67 35.17	47.05 43.95	56.44 52.73	65.83 61.51	75.22 70.28	84.61 79.06
90.00	9.66 9.22	19.26 18.41	28.85 27.60	38.44 36.78	48.04 45.97	57.63 55.16	67.22 64.34	76.82 73.53	86.41 82.72
95.00	9.83 9.61	19.63 19.20	29.42 28.80	39.22 38.39	49.02 47.99	58.82 57.58	68.61 67.17	78.41 76.77	88.21 86.36

<표 3> 서비스 비용함수가 $c \ln q_i$ 인 경우 두 서비스의 균형가격 비교

$q_v \backslash c$	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90
70.00	0.67 0.52	1.11 0.94	1.54 1.35	1.98 1.76	2.42 2.18	2.86 2.59	3.29 3.01	3.73 3.42	4.17 3.83
75.00	0.63 0.51	1.07 0.93	1.51 1.36	1.95 1.78	2.40 2.20	2.84 2.63	3.28 3.05	3.72 3.47	4.16 3.89
80.00	0.59 0.50	1.04 0.93	1.48 1.36	1.93 1.79	2.38 2.23	2.82 2.66	3.27 3.09	3.71 3.52	4.16 3.95
85.00	0.56 0.49	1.01 0.93	1.46 1.37	1.91 1.81	2.36 2.25	2.81 2.69	3.26 3.13	3.71 3.56	4.16 4.00
90.00	0.52 0.48	0.98 0.93	1.43 1.37	1.88 1.82	2.34 2.27	2.79 2.71	3.24 3.16	3.70 3.61	4.15 4.05
95.00	0.49 0.47	0.95 0.92	1.41 1.38	1.86 1.83	2.32 2.29	2.78 2.74	3.23 3.19	3.69 3.65	4.15 4.10

<표 2>와 <표 3>에서 살펴보면 VoIP의 서비스 품질이 높아짐에 따라 PSTN과 VoIP 서비스 간의 균형가격

차이는 점점 줄어드는 것으로 나타났다. 이 경우에도 PSTN에 비해 서비스 품질은 못하지만 대신 낮은 서비스 가격을 앞세워 기존 PSTN 사업자와의 경쟁력을 확보하였던 VoIP 사업자가 서비스 품질 향상으로 인한 부담을 줄이기 위해 요금 상상을 선택한 것으로 해석할 수 있다.

5. 결론 및 향후 연구방향

VoIP는 기능, 품질, 가격 측면에서 기존의 PSTN과 유사하여 PSTN 경쟁 서비스이자 대체 서비스가 될 것으로 예상되는 중요한 서비스이다. 국내 VoIP 시장은 정부의 VoIP 활성화 정책도입 및 사업자의 경영전략 변화로 점차적으로 성장 추세가 확산되고 있으며 VoIP 서비스 시장의 가입기반 및 시장규모도 급속히 증가하는 추세이다.

본 연구에서는 비선형 효용함수의 경우 PSTN 및 VoIP 서비스의 차별화 시장에서 서비스의 수요량과 공급량의 균형을 찾기 위하여 두 유선전화 서비스 사업자의 균형가격을 도출하였다. 차별화된 유선전화 시장에서 고품질의 서비스를 제공하는 PSTN과 상대적으로 저품질의 서비스를 제공하는 VoIP 서비스 사업자들은 가격경쟁을 통하여 각각 자신의 서비스 품질에 맞는 최적의 가격을 결정하게 된다. 그러므로 유선전화 사업자 입장에서 두 서비스가 균형을 이루는 가격을 구하는 것은 매우 중요하다고 볼 수 있다.

한편 본 연구에서는 PSTN과 VoIP 두 사업자의 균형가격 도출에 이어 균형가격에서 결정되는 서비스의 수요 및 사업자의 균형이윤에 대해서도 그 값을 도출해 보았다. 연구방법론에 있어 소비자의 효용을 수리적으로 모형화하여 내쉬 균형의 이론에 의해 PSTN과 VoIP 서비스 간의 균형가격을 도출하였기 때문에 실증적 자료에 의해 결과를 입증하지 못하는 근본적인 한계가 있다. 또한 분석의 편의를 위해 유선전화시장을 단순히 PSTN과 VoIP라는 독립적인 사업자의 북점시장으로 보았으나, 실제로는 한 사업자가 두 가지 서비스를 제공하는 경우가 있을 수 있으므로 이러한 시장 설정도 연구의 한계점으로 꼽을 수 있다.

본 연구는 기존 연구와는 달리 새로운 형태의 비선형 효용함수 모형을 제공한 점에 의의를 가질 수 있다. 또한 서비스 비용함수를 각각 선형과 비선형의 경우로 나누어 각 상황에 따른 서로 다른 값의 균형가격을 도출한 점도 본 연구의 의의라 할 수 있다. 본 연구는 여러 가지 방법으로 확장 될 수 있으며 향후 연구방향을 살펴보면 다음과 같다. 우선 유선통신 서비스 시장에 대한 여러 가지 실증적 자료에 의한 연구가 필요하다고 판단되고, 더 나아가 유선통신 서비스 사업자들의 전략

적인 행위에 대한 연구도 향후 연구과제가 될 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] 김도환; “인터넷 전화(VoIP)의 품질보장제도 및 번호 이동제도의 게임이론적 효과분석”, *경영학연구*, 38(1) : 35-49, 2009.
- [2] 김창완, 김원식; “인터넷전화 규제정책의 경제적 분석”, *산업조직연구*, 16 : 45-47, 2008.
- [3] Crampes, C. and A. Hollander; “Duopoly and Quality Standards,” *European Economic Review*, 39 : 71-82, 1995.
- [4] Kuhn, M.; “Minimum Quality Standards and Market Dominance in Vertically Differentiated Duopoly,” *International Journal of Industrial Organization*, 25 : 275-290, 2007.
- [5] Ronnen, U.; “Minimum Quality Standards, Fixed Costs, and Competition,” *RAND Journal of Economics*, 22 : 490-504, 1991.
- [6] Shaked, A. and J. Sutton; “Relaxing Price Competition Through Product Differentiation,” *Review of Economic Studies*, 49 : 3-13, 1982.