

네트워크 혼잡이 있는 경우의 네트워크 경쟁효과 분석

정회원 정 충 영*

A Study on Network Competition Under Congestion

Choong Young Jung* *Regular Member*

요 약

이 논문은 네트워크 이용에 따른 혼잡이 있는 경우 네트워크 사업자들이 네트워크 요금과 네트워크 용량을 어떻게 경쟁적으로 결정하는 것인가를 분석하고 이것이 사회 후생에 미치는 영향에 대해 분석한다. 네트워크 이용에 따른 혼잡에 대해 이용자마다 느끼는 선호도가 다른 경우, 네트워크 사업자는 이러한 특성을 감안하여 소매요금과 네트워크 용량을 결정한다. 분석결과, 혼잡에 대해 민감한 이용자를 주 고객으로 하는 네트워크 사업자는 그렇지 않는 사업자에 비해 가격을 보다 높게 책정하며, 또한 네트워크 용량을 보다 많이 확보한다. 그러나 사회적으로 바람직한 수준보다는 적은 네트워크 용량을 확보한다. 이는 사회적으로 볼 때에는 혼잡에 민감한 소비자에 대해서는 네트워크 용량을 보다 많이 확보하여 가입자 전체에 대해 혼잡하지 않는 망을 구축하는 것이 바람직하나, 네트워크 사업자 입장에서 볼 때에는 추가적인 가입자의 혜택만을 고려함으로써 가입자 증대를 통한 이윤확보에 더 관심이 많기 때문이다.

Key Words : 네트워크 혼잡, 네트워크 경쟁, 네트워크 용량, 혼잡 민감도, 사회후생

ABSTRACT

This paper considers network competition where the subscribers experience network congestion when they use the network and the network providers determine the network price and capacity. This paper discusses the impact of the network competition on social welfare. Network provider determines the price and capacity considering this characteristics of this sensitivity to network congestion where the subscriber has different preference about the congestion. This paper shows that network provider who wants to serve the intolerable customers (who is very sensitive to the congestion) offers higher price and capacity. However, this provider prepares lower capacity than socially optimal capacity. This is because the network provider seeks to earn more profits from additional subscriber while it is desirable to invest the capacity to give the entire subscribers a non-congestion network in the view of social welfare.

I. 서 론

인터넷을 사용량에 기반을 두고 요금을 책정하지 않게 되면 소위 “공유의 비극”(the tragedy of commons)을 경험하게 된다. 인터넷상에서 이러한 혼잡문제를 다루기 위한 여러 가격체계가 제안되어

왔다. 그 중 Odlyzko (1997)의 PMP(Paris Metro Pricing)가 대표적이다. 이 가격체계는 파리의 지하철에서 사용된 적이 있는 정액제 요금체계이다. 지하철 사용자는 일등석 칸과 이등석 칸 중 하나를 선택할 수 있다. 두 칸의 유일한 차이점은 가격이다. 두 칸 모두 좌석수가 같으며 좌석의 품질 또한

* 이 논문은 2008년도 한남대학교 교비학술연구비에 의하여 수행된 것입니다.

* 한남대학교 경영학과(cyjung@hnu.kr)

논문번호 : KICS2008-09-384, 접수일자 : 2008년 9월 2일, 최종논문접수일자 : 2008년 11월 18일

동일하다. 당연히 동일한 시간에 목적지에 도착한다. 그럼에도 불구하고, 일등석 칸은 더 비싸며, 결과적으로 보면, 손님이 더 적다. 좌석에 대한 선호가 높은 사람은 보다 비싼 값을 지불하려 할 것이며, 다소 혼잡한 곳에도 만족하는 사람은 보다 낮은 이등석 칸 요금을 지불하려고 할 것이다. 이 요금체계는 혼잡을 이용한 선택적 요금체계이다. 가격을 높게 책정하게 되면 사용자 수가 줄어들어 혼잡이 줄어들기 때문에 이 가격은 혼잡에 대해 민감한 사용자들에게는 유지 가능한 가격이 된다. 그러나 혼잡에 대해 덜 민감한 이용자에게는 보다 혼잡도는 높지만 보다 저렴한 가격을 선택하게 될 것이다. 이러한 가격체계는 혼잡이 사용자 수가 증가할 수록 늘어남에 대한 것에 바탕을 둔 것이다.

Odlyzko (1997)의 제안은 인터넷과 같은 패킷망에 그대로 적용할 수 있다. 네트워크를 하위네트워크로 논리적으로 분리하여 서로 다른 요금을 적용하는 것이다. 서비스 품질에 대해서는 보장하지 않고 대신 보다 비싼 요금을 부과해 네트워크를 보다 덜 혼잡하게 하는 것이다. 사용자는 혼잡에 대한 선호도와 하위네트워크에 부과되는 요금에 따라 스스로 네트워크를 선택할 것이다. 이들 연구와 관련해서는 Champsaur and Rochet (1989)와 Shaked and Sutton (1990)의 연구가 있다. 네트워크 이용에 대해 서로 다른 가치를 가진 고객들을 차별화하고자 네트워크 사업자는 분리된 하위네트워크에 대해 서로 다른 가격을 책정하기를 바랄 것이다. 이것을 "세분화 효과"(segmentation effect)라고 한다. 이들 연구에서는 이러한 효과를 상쇄하는 것이 네트워크간의 경쟁의 증가라고 한다. 이것을 "경쟁효과"(Champsaur and Rochet 용어로) 혹은 "확장효과"(Shaked and Sutton 용어로)라고도 한다. 이러한 경쟁효과로 인해 복점시장에서 두 네트워크 사업자는 두 개 이상의 가격체계를 사용하는 것이 한 개의 가격체계를 사용할 때보다 적은 이윤을 얻을 수 있다는 것이다. 이는 다음과 같이 설명이 가능하다. 복점시장에서 네트워크 사업자는 각각 한 개의 가격체계에나 두 개의 가격체계 중 하나를 선택할 수 있다. 결합이윤은 분리된 하위네트워크상에서 서로 다른 두 개의 가격을 책정함으로써 최대화된다. 다시 말하면 두 사업자가 두 개의 가격체계를 사용함으로써 결합이윤을 최대화할 수 있다는 것이다. 그러나 이는 내쉬균형이 아니다. 담합가격중에서 가장 낮은 가격을 책정하는 네트워크가 배반하여 한 개의 가격체계를 선택함으로써 보다 높은 가격을 책정할 수 있을 것이다. 이에 대해 다른 네트워크도

2개의 가격체계를 선택하지 않고 한 개의 가격체계를 선택하려고 해 결국, 한 개의 가격체계를 선택하는 것이 내쉬균형이 될 수 있다.

Gibbens et. al(1998)은 단일요금체계를 사용하는 두 네트워크 사업자간 인터넷 서비스 경쟁을 할 경우 각 사업자는 오직 하나의 서비스 등급을 제공하며, 분리된 하위네트워크를 구성하지 않을 것이라는 것을 분석했다. 이 결과는 두 사업자의 네트워크 용량이 동일할 경우, 정책적 하에서는 경쟁효과 때문에 두 사업자 모두 동일한 가격을 책정한다는 것을 보여준다.

그러나 이들 연구는 네트워크 사업자의 망 용량문제에 대해서는 다루고 있지 못하고 있다. 기존 연구(Gibbens et. al(1998))에서는 네트워크 용량이 서로 같다고 가정하고 이들 네트워크 사업자간 가격경쟁의 결과 균형가격은 동일하며, 따라서 가입자 구성비율도 동일하다고 보여주고 있다. 그러나 이 연구에서는 네트워크 용량에 관한 결정에 대해서는 다루고 있지 않다. 네트워크 사업자는 망 혼잡을 피하기 위해 자사의 네트워크 용량을 증가시키는 유인이 있을 수 있으며, 이러한 의사결정도 경쟁적으로 결정할 수 있다. 가격을 상대적으로 증가시킴으로써 혼잡을 줄여 혼잡에 대해 민감한 소비자를 유치하려는 네트워크 사업자는 네트워크 용량을 증가시키려는 유인이 있을 수 있다.

네트워크 용량결정에 대해서 Dewan et. al.(2000) 연구와 Little and Wright (1999) 연구가 있다. Dewan et. al.(2000) 연구는 인터넷 상호접속시 무정산 동등접속이 무임승차를 발생시킬 수 있기 때문에 정산을 통한 사업자의 망 투자 유인이 필요하다는 것을 보여주고 있으며, 웹사이트를 많이 가진 대규모 사업자는 웹사이트를 적게 가진 소규모 사업자의 가입자들 접속증가로 혼잡을 많이 경험할 것이기 때문에 대규모 ISP는 자사의 접속용량을 소규모 사업자보다 적은 수준으로 제공할 것이라는 것을 보여준다. Dewan et. al.(2000)은 사회적으로 최적인 망 용량은 두 사업자의 중간 수준이라 분석하고 있다. 또한 이 문제를 해결하는 방안으로 소규모 망사업자가 대규모 망사업자에게 일정부분 보조해 줌으로써 보다 높은 망용량 수준을 달성할 수 있다는 것을 제안하고 있다.

Besen et. al. (2001) 연구는 복점적인 인터넷 사업자간 접속시 접속료와 망 투자유인에 대해 분석하고 있지만, 망투자 규모가 사회적으로 최적인 것과는 어떠한 차이가 있는지는 설명하지 못하고 있다.

네트워크의 혼잡은 세 개의 요인에 의해 결정된다. 하나는 네트워크에 할당된 네트워크 용량이며, 하나는 네트워크의 사용량이며, 다른 하나는 네트워크의 가입자 수이다. 용량이 적고 가입자 수와 사용량이 많으면, 혼잡도가 높을 것이다. 따라서 품질은 네트워크 사업자가 책정하는 가격에 의해 결정되는 수요와 네트워크 용량에 의존한다고 볼 수 있다. 본 연구에서는 기업이 자사의 요금과 망 용량규모를 놓고 경쟁하는 하의 상황하에서 혼잡효과를 고려하여 어떻게 요금전략과 망 투자전략을 수립할 것인가를 복잡적 경쟁하에서 분석하고자 한다. 본 모형에서는 네트워크 혼잡이 있는 경우, 특정 네트워크 사업자는 가격을 높게 책정하는 대신 혼잡에 민감한 이용자를 주 고객으로 하며, 다른 사업자는 가격을 낮게 책정하는 대신 혼잡에 덜 민감한 이용자를 주 타겟으로 한다. 이 상황하에서 먼저, 사회적 최적인 가격과 네트워크 용량 수준을 분석한다. 그 다음에는 용량이 주어진 경우, 각 네트워크 사업자가 가격을 어떻게 경쟁적으로 결정할 것인가를 분석한다. 마지막으로 각 네트워크 사업자가 사사의 네트워크 용량을 전략적으로 조절할 수 있을 때 요금수준과 네트워크 용량 수준을 분석하며, 사회적 최적 수준과 어떻게 달라 질 것이며 그것이 주는 시사점이 무엇인지를 분석할 것이다.

II. 기본모형

본 연구는 네트워크 가입에 따른 망 혼잡을 고려할 경우, 경쟁적인 네트워크가 네트워크 요금과 망용량을 어떻게 결정할 것인가를 게임이론에 근거하여 분석한다. 본 연구모형에서는 두 개의 네트워크 사업자가 있으며, 각 사업자는 고객에게 인터넷 서비스를 제공하며 그 사용에 대한 대가를 받는다. 분석의 편의상, 잠재고객의 수는 고정되었지만, 가입자 수는 부과되는 가격과 혼잡도에 따라 변한다고 가정한다. 각 네트워크는 가입자를 놓고 상호 유치경쟁을 한다. 네트워크 1은 망 용량 k_1 을, 네트워크 2는 망용량 k_2 를 제공한다. 각 네트워크 사업자가 k_i 을 제공하는 비용은 $f(k_i)$ 이다($f' > 0$).¹⁾ 분석의 편의를 위해 네트워크 i 고객의 망사용에 대한 한계비용은 0라고 가정한다. 망용량 비용인 $f(k_i)$ 는 라우트 비용이외에 고객의 대역폭 요구를 충족하기 위한 케이블 포설이나 위성

구입 비용 등을 포함한다.²⁾ 이런 상황하에서 망제공자는 첫 번째로, 망용량을 결정하고, 두 번째로는 정액제 가격을 비협조적으로 결정한다. 망 사용자는 소매요금이 결정되면 어느 망을 선택할 것인가를 결정한다.

기업의 이윤함수를 도출하기 위해서는 시장점유율이 먼저 결정되어야 한다. 시장점유율은 소매요금과 각 네트워크의 혼잡도에 의해 결정될 것이다. 이를 위해 다음의 사항을 상정한다. ISP i 고객의 정액 소매요금을 P_i 라고 했을 경우 네트워크 i 가입자의 순효용은 다음과 같이 정의된다.

$$w_i = V - P_i \quad (1)$$

여기서 V 는 네트워크 가입에 따른 소비자의 혜택이다. 네트워크 i 의 시장점유율 s_i 는 두 개의 인터넷 망 선택에 있어 가입자 혼잡에 따른 비효용과 소비자의 순효용에 의해 결정된다. 한편, 고객은 네트워크 사용자 수가 총 가용용량 k_i ($0 \leq k_i \leq 1$)을 초과한 경우 혼잡을 경험한다고 가정한다. 혼잡단위당 비효용을 θ 라 한다. 이 때 혼잡단위당 비효용(혼잡도) θ 는 소비자에 따라 다르며, 소비자는 $[0,1]$ 사이에 균등분포를 이루고 있다. 혼잡도가 θ 인 소비자가 네트워크 i 에 가입할 때 받게 될 총 비효용은 다음과 같다.³⁾

$$D_i = \theta(s_i - k_i) \quad (3)$$

따라서 혼잡도가 θ 를 가진 소비자가 네트워크 i 에 가입할 경우 얻게 되는 순 잉여 $U_i = w_i - D_i$ 가 된다. 한편 고객은 혼잡에 대해 서로 다른 선호도를 가지고 있다. 보다 적은 혼잡도 θ 를 가진 소비자는 혼잡에 대해 상대적으로 덜 민감하다고 볼 수 있다. 이 상황하에서 네트워크 운영자는 다음의 두 가지 사항을 결정하여야 한다. 첫째, 네트워크 망 용량을 결정한다. 둘째, 소매가격을 결정한다. 이들 망 용량과 네트워크 가격은 네트워크간에 비협조적 게임을 통해 결정된다. 이러한 모형하에서 어떠한 해도 다음의 성질을 만족시킨다.

1) 분석의 편의를 위해 두 네트워크의 망 구축기술은 동일하다고 가정한다.

2) 이 외에도 접속점에서 모뎀용 추가비용, 전자우편과 캐쉬를 위한 서버용량 업그레이드 비용, 과금이나 고객서비스 제공 비용 등 제반 가입비용이 있지만 분석의 편의상 생략한다. 생략하여도 분석의 결과에는 아무런 영향을 주지않는다.
3) 물론 고객의 사용량이 이 용량을 초과하지 않을 수도 있는데, 이 경우에는 추가적인 효용을 얻지 못한다고 가정한다.

성질 1: 보다 높은 가격을 책정하는 네트워크는 보다 낮은 혼잡을 가진다. 다시 말하면, $P_1 \geq P_2$ 인 경우, $s_1 - k_1 \leq s_2 - k_2$ 의 관계가 성립한다. 만약 그렇지 않다면 특정 네트워크에 쏠림현상이 발생할 것이다.

성질 2: 혼잡에 대해 민감한 소비자는 보다 비싸지만 덜 혼잡한 네트워크에 가입하려고 할 것이다. 즉 $P_1 \geq P_2$ 라면, 보다 높은 θ 를 가진 사용자는 네트워크 1에 가입할 것이다. 다시 말해 $\theta \geq \theta^*$ 에 대해 $U_1 \geq U_2$ 이다.⁴⁾

성질 2에서의 θ^* 는 네트워크 1과 네트워크 2 사이에 무차별한 한계소비자라 볼 수 있다. $P_1 \geq P_2$ 상황하에서 네트워크 1에 대한 수요 s_1 는 $1 - \theta^*$ 이며, 네트워크 2의 수요 s_2 는 θ^* 가 된다.⁵⁾ 이는 다음의 [그림 1]로 나타낼 수 있다.

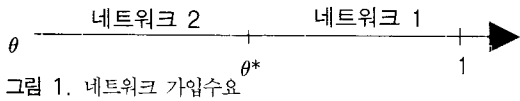


그림 1. 네트워크 가입수요

한계소비자를 의미하는 θ^* 는 다음의 관계에 의해 구할 수 있다.

$$V - P_1 - \theta^* ((1 - \theta^*) - k_1) = V - P_2 - \theta^* (\theta^* - k_2) \quad \theta^* = \frac{(k_2 - k_1 + 1) + \sqrt{(k_2 - k_1 + 1)^2 + 6}}{6} \quad (9)$$

위의 식(4)로부터 임계점 θ^* 를 구하면 다음과 같다.

$$\theta^* = \frac{1 - (k_1 - k_2) + \sqrt{(1 - (k_1 - k_2))^2 + 8(P_1 - P_2)}}{4} \quad (5)$$

따라서 네트워크 사업자의 이윤은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \pi_1 &= (1 - \theta^*)P_1 - f(k_1) \\ \pi_2 &= \theta^*P_2 - f(k_2) \end{aligned} \quad (6)$$

III. 사회적 최적 요금과 망 용량

벤치마킹으로서 먼저, 사회최적인 해를 구해 보자. 이는 네트워크 사업자의 요금책정방식이 사회의 최적 상태와 어떠한 차이가 있는지를 서로 비교하기 위한 것이다. 혼잡이 있는 경우 사회적 최적해는 다음과

같은 사회적 총 잉여를 최대화하기 위한 가격(P)과 망용량(k)을 결정함으로써 구할 수 있다. 사회후생이 오직 가입자 비율 θ^* 에 의해 결정되기 때문에 여기서는 가입자 비율과 망용량의 관점에서 최적값을 구하기로 한다. 네트워크 용량이 먼저 결정되고 가입자 비율은 나중에 결정된다. 문제를 푸는 순서는 망 용량이 주어진 것으로 보고 먼저 최적 가입자 비율을 구한다. 그 다음 최적 네트워크 용량을 계산해 낸다. 사회적 총 후생은 다음과 같이 계산될 수 있다.

$$\begin{aligned} W &= (1 - \theta^*)U_1 + \theta^*U_2 + \pi_1 + \pi_2 = \\ &= V - \int_0^{\theta^*} \theta(\theta^* - k_2)d\theta - \int_{\theta^*}^1 \theta(1 - \theta^* - k_1)d\theta - f(k_1) - f(k_2) \end{aligned} \quad (7)$$

위 식을 보면 망 용량이 주어진 상황하에서 사회 최적인 일계조건을 구하는 것은 가입자 비율 θ^* 의 최적치를 구하는 것과 같음을 알 수 있다. 일계조건은 다음과 같다.

$$\frac{\partial W}{\partial \theta} = 3(\theta^*)^2 - \theta^*(k_2 - k_1 + 1) - \frac{1}{2} = 0 \quad (8)$$

이 문제를 풀면 최적 가입자 비율은 다음과 같다.⁶⁾

위의 값을 보면, 사회적 최적인 가입자 비율은 두 네트워크의 용량 차이에 의해 결정된다는 것을 알 수 있다. 네트워크 2의 용량이 네트워크 1의 용량에 비해 크면 클 수록 네트워크 2의 수요를 나타내는 θ^* 는 커진다. 이는 민감도가 비교적 높은 많은 소비자들이 네트워크 1대신에 혼잡도가 줄어든 네트워크 2를 선택하기 때문이다. 반대로 네트워크 1의 용량이 상대적으로 더 커지면 θ^* 가 감소하기 때문에, 네트워크 1의 수요가 커지게 된다. 이는 민감도가 비교적 낮은 소비자들도 자신의 혼잡으로 인한 비효용이 줄어들기 때문에 네트워크 1로 이동할 것이기 때문이다. 따라서 사회적으로 보면 망 용량이 상대적으로 큰 사업자에게 보다 많은 가입자를 할당하는 것이 바람직하다. 한편 두 개의 네트워크의 용량이 서로 같은 상황하에서는 서로 다른 가입자 비율을 구성하는 것이 사회적으로 보면 바람직하다는 것을 알 수 있다. 두 사업자의 네트워크 용량이 동일하다면, 혼잡에 대해 보다 덜 민감한 사용자 (보다 적은 θ 값을 가진 사용자)는

4) 이 성질은 직관적으로 이해할 수 있기 때문에 대한 증명은 생략한다.
5) 총 가입자 수는 1로 단순화 한다.

6) 양의 값이기 때문에 양의 근호만 나타내었다.

0.61의 시장점유율을 가진 보다 큰 네트워크에 배치 되는 것이 최적이다. 반대로 혼잡에 매우 민감하게 반응하는 사용자는 보다 적은 네트워크(0.39)에 배치 하는 것이 사회적으로 바람직하다. 이는 혼잡에 대한 민감도가 높은 소비자에 대해서는 보다 시장점유율이 낮은 네트워크에 가입시켜 혼잡도를 줄여줌으로써 전체 후생을 높여줄 수 있기 때문이다.

이것으로부터 다음의 정리들을 얻을 수 있다.

[정리 1] 망 용량이 클 수록 보다 많은 가입자를 할당하는 것이 사회적으로 최적이다.

[정리 2] 네트워크 용량이 동일할 경우, 혼잡에 보다 덜 민감한 가입자의 네트워크 규모 (가입자 비율)를 크게 하는 것이 사회적으로 최적이다.

정리 1은 식(9)로부터 간단하게 알 수 있기 때문에 이 증명은 생략한다. 정리 2는 식(9)에서 두 망 용량을 같게 두게 되면 $\theta^* = \frac{1+\sqrt{7}}{6} \approx 0.61$ 이 됨을 보임으로써 증명할 수 있다.

한편, 사회적 최적의 망 용량을 구하기 위해 일계 조건을 구해 보면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \frac{\partial W}{\partial k_1} &= \int_{\theta^*}^1 \theta d\theta - f'(k_1) = 0 \\ \frac{\partial W}{\partial k_2} &= \int_0^{\theta^*} \theta d\theta - f'(k_2) = 0 \end{aligned} \quad (10)$$

위 식으로부터

$$\begin{aligned} f'(k_1) &= \frac{1}{2}(1-(\theta^*)^2) \\ f'(k_2) &= \frac{(\theta^*)^2}{2} \end{aligned} \quad (11)$$

위 식을 보면 사회적으로 최적인 망 용량은 망 용량 증대에 따른 한계비용과 망 용량 증대에 따른 혜택이 같은 점에서 결정됨을 알 수 있다. 망 용량 증대에 따른 혜택은 망 용량이 증가함으로써 혼잡이 줄어들기 때문에 얻게 되는 편익이다. 정리 1로부터 망 용량이 증가하면, 망 혼잡이 줄어들어 보다 많은 가입자를 수용하는 것이 사회적으로 최적이다. 그러나 어떠한 네트워크 용량을 더 늘리는 것이 좋은 것인가는 결정되지 않는다. 특정 네트워크의 용량을 늘리게 되면 식 (9)로부터 가입자의 비율을 늘리는 것이 사

회적으로 최적이 되는데, 이는 만약 두 사업자의 망 구축기술이 동일하다는 가정 하에서는 식(11)과도 잘 부합한다. 왜냐하면 그만큼 혼잡이 줄기 때문에 가입자를 용량이 늘어난 네트워크로 수용하는 것이 사회적으로 최적일 것이기 때문이다. 그러나 그 비율에 있어서는 약간 차이가 난다. 네트워크 1의 용량이 상대적으로 큰 경우, 네트워크 1에 상당히 많은 가입자를 할당하는 것이 바람직하며, 네트워크 2의 용량이 큰 경우, 전자의 경우보다는 낮은 수준의 비율을 네트워크 2에 추가적으로 할당하는 것이 사회적으로 최적이다. 그 이유는 네트워크 2의 가입자는 네트워크 1의 가입자에 비해 혼잡에 대한 민감도가 낮기 때문이다. 이것으로부터 다음의 정리를 얻을 수 있다.

[정리 3] 두 네트워크의 용량 수준을 같게 하는 것은 사회적 최적이지 아니며, $0.4 < \theta^* < 0.61$ 은 $k_1^* > k_2^*$ 이기 위한, 또 $\theta^* > 0.70$ 는 $k_1^* < k_2^*$ 이기 위한 필요충분조건이다.⁷⁾

증명)

식 (11)로부터 가입자 구성비율 $\theta^* = \frac{1}{\sqrt{2}} \approx 0.70$ 이 되면 두 네트워크의 용량이 같게 된다. 그러나 이 값은 식 (9)로부터 두 네트워크 용량이 같을 때 얻을 수 있는 가입자 구성비율 0.61보다 큰 값이다. 따라서 두 네트워크 용량이 같은 것은 균형에서 벗어난다. 이는 결국 균형이 이루어지기 위해서는 네트워크 용량에 차이가 있어야 한다는 것을 의미한다. 또 만약 네트워크 2의 용량이 네트워크 1의 용량보다 크다면, 식 (9)로부터 θ^* 값은 0.61보다 크게 될 것이다. ($f' > 0$ 이므로) 한편, 식 (11)로부터는 가입자 구성비율 $\theta^* > 0.70$ 이 성립해야 네트워크 2의 용량이 네트워크 1의 용량보다 크다. 따라서 $\theta^* > 0.70$ 는 네트워크 2의 용량이 네트워크 1의 용량보다 크게 되는 필요충분조건이 된다. 반대로 네트워크 1의 용량이 보다 크게 되면, 식 (9)로부터 θ^* 값은 0.61보다 적게 될 것이며, 이는 식 (11)에서 네트워크 1의 용량이 네트워크 2의 용량보다 크게 되는 충분조건인 $\theta^* < 0.70$ 안에 포함된다. 따라서 $0.4 < \theta^* < 0.61$ ⁸⁾는 네트워크 1의 용량이 네트워크 2의 용량보다 크게 되는 필요충분조건이 된다고 할 수 있다. (증명 끝)

7) 사회적 최적 가입자비율과 네트워크 용량을 각각, θ^*, k_1^* 라고 한다.

8) $0 \leq k \leq 1$ 이므로 식 (9)로부터 $0.4 < \theta < 1$ 이 된다.

[정리 3]이 의미하는 것은 네트워크 용량 증가에 따라 가입자 구성비율에 있어 혼잡에 보다 민감한 네트워크 1보다는 혼잡에 보다 덜 민감한 네트워크 2에 추가적으로 보다 많은 가입자를 할당하는 것이 사회 전체의 편익을 높일 수 있다는 것이다.

IV. 복잡시장에서의 경쟁요금과 망 용량 결정

이제 두 네트워크가 경쟁할 때 내쉬 균형을 찾아 볼 것이다. 기업의 이윤함수가 식 (6)에서 보는 바와 같을 때 이윤최대화의 일계조건은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \frac{\partial \pi^1}{\partial P^1} &= 1 - \theta^* - \frac{P^1}{4\theta^* - (k_2 - k_1 + 1)} = 0 & (12) \\ \frac{\partial \pi^2}{\partial P^2} &= \theta^* - \frac{P^2}{4\theta^* - (k_2 - k_1 + 1)} = 0 \end{aligned}$$

식(12)로부터

$$\begin{aligned} P^1 &= (1 - \theta^*)(4\theta^* - (k_2 - k_1 + 1)) & (13) \\ P^2 &= \theta^*(4\theta^* - (k_2 - k_1 + 1)) \end{aligned}$$

위 식으로부터 다음의 정리를 얻을 수 있다.

[정리 4] 네트워크 2의 용량이 네트워크 1의 용량보다 큰 것은 균형이 아니며, 네트워크 용량이 같은 경우, 두 네트워크의 균형가격과 가입자 가입율은 동일하다. 반대로 네트워크 1의 용량이 더 클 경우, 네트워크 1의 가입자 비율이 네트워크 2의 그것에 비해 크다.

증명)

먼저 네트워크 2의 용량이 네트워크 1의 용량보다 큰 경우를 살펴보자. 그리고 $P^1 > P^2$ 라고 하자. 그러면 성질 1과 식(5)로부터 $\theta^* > 0.5$ 임을 알 수 있다. 그러나 이 경우에는 식(13)으로부터 $P^1 < P^2$ 가 되어 모순이 된다. 따라서 두 네트워크의 균형가격은 같다. 그러나 이 가격은 유지가능하지 않다. 식 (13)으로부터 두 네트워크의 가격이 같으면 균형 가입자 비율 또한 동일해야 한다. 이는 식(5)와 상호 모순된다. 따라서 네트워크 2의 용량이 네트워크 1의 용량보다 큰 것은 균형이 아니다.

이제, 두 개의 네트워크 용량이 같은 경우를 살펴보자. 마찬가지로 $P^1 > P^2$ 상태에서는 $\theta^* > 0.5$ 이기 때문에 이는 식(13)과 모순이다. 따라서 두 개의 용량이

같으면, 두 네트워크의 가격과 가입자 비율이 동일함을 알 수 있다. 다음은 두 네트워크의 가격이 모두 같을 때 이 가격이 안정적인가 하는 것을 증명하는 것이다. 두 가격 $P^1 = P^2 = P$ 로서 같을 때 네트워크 1의 1계조건과 2계 조건을 구하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \frac{\partial \pi^1}{\partial P^1} &= \theta^* - \frac{P}{4\theta^* - (k_2 - k_1 + 1)} = 0 \\ \frac{\partial^2 \pi^1}{\partial P^{1^2}} &= \frac{4P}{(4\theta^* - (k_2 - k_1 + 1))^2} - \frac{2}{(4\theta^* - (k_2 - k_1 + 1))} \leq 0 \end{aligned} \quad (14)$$

$P = (4\theta^* - (k_2 - k_1 + 1))\theta^*$ 일 때, 2계조건의 식은 다음과 같다.

$$\frac{\partial^2 \pi^1}{\partial P^{1^2}} = \frac{-4\theta^* + 2(k_2 - k_1 + 1)}{(k_1 - k_2 + 1)^2} \quad (15)$$

한편 성질 1로부터 $k_1 - k_2 \geq s_1 - s_2 = 1 - 2\theta^*$ 이므로 위 식(15)는 다음과 같이 된다.

$$\frac{\partial^2 \pi^1}{\partial P^{1^2}} \leq \frac{-4\theta^* + 4\theta^*}{(k_1 - k_2 + 1)^2} = 0 \quad (16)$$

따라서 균형가격 P 는 안정적이 된다.

다음으로 네트워크 1의 용량이 네트워크 2의 용량보다 큰 경우를 살펴보자. 마찬가지로 $P^1 > P^2$ 라고 하자. 이 경우는 식 (13)으로부터 $\theta^* < 0.5$ 이어야 한다. 그리고 식 (16)은 θ^* 의 값에 관계없이 성립한다. (증명 끝)

[정리 4]가 의미하는 것은 네트워크 2의 용량이 네트워크 1에 비해서 커서는 안된다는 것이다. 만일 네트워크 2의 용량이 네트워크 1에 비해 커다면 네트워크 1이 보다 덜 혼잡해지게 될 것이며, 따라서 가입자의 많은 수가 가격도 저렴한 네트워크 2로 이동하게 될 것이다. 네트워크 1의 가격이 네트워크 2의 가격보다 높은 한 이러한 현상은 계속될 것이다. 네트워크 1 사업자는 경쟁을 위해 가격을 자꾸만 내리게 될 것이다. 가격을 같게 설정을 하더라도 네트워크 1의 용량이 상대적으로 적다면, 네트워크 2의 가입자가 보다 많을 것이다. 왜냐하면 네트워크 1의 가입자는 보다 높은 가격에서 보다 덜 혼잡한 네트워크를 선호하기 때문이다. 같은 가격이라면 용량이 많은 곳으로 이동할 것이다. 따라서 네트워크 1은 용량을 더

욱 증가시키려고 할 것이다. 결국 두 네트워크의 용량이 같은 수준에서 균형을 이룰 것이며, 네트워크 가격과 가입자 구성 비율도 동일해 질 것이다.

만약에 네트워크 1의 용량이 네트워크 2의 용량보다 큰 경우, 식(13)을 보면, 가입자가 네트워크 2에 더 많이 몰리게 하는 것은 네트워크 1의 사업자로 보면 가격을 네트워크 2보다 높게 책정하는 현재의 구도하에서는 최적이지 않음을 알 수 있다. 왜냐하면, 네트워크 용량이 같은 경우에는 가격과 가입자 구성비율이 같은 것이 균형이 될 수 있으나, 네트워크 1은 용량을 보다 많이 확보함으로써 혼잡도를 높이지 않으면서 보다 많은 가입자를 확보할 수 있기 때문이다.

이제 각 기업의 용량결정 문제를 다루어 보기로 한다. 각 기업의 균형 네트워크 용량을 구하기 위해 식(6)으로부터 이윤극대화를 위한 일계조건을 구하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \frac{\partial \pi^1}{\partial k_1} &= -P_1 \frac{\partial \theta^*}{\partial k_1} - f'(k_1) = 0 \\ \frac{\partial \pi^2}{\partial k_2} &= P_2 \frac{\partial \theta^*}{\partial k_2} - f'(k_2) = 0 \end{aligned} \quad (17)$$

그리고

$$\begin{aligned} \frac{\partial \theta^*}{\partial k_1} &= \frac{-1}{4} - \frac{k_2 - k_1 + 1}{4(4\theta^* + k_1 - k_2 - 1)} = \frac{-\theta^*}{4\theta^* + k_1 - k_2 - 1} \\ \frac{\partial \theta^*}{\partial k_2} &= \frac{1}{4} - \frac{k_2 - k_1 + 1}{4(4\theta^* + k_1 - k_2 - 1)} = \frac{\theta^* - \frac{k_1 - k_2}{2}}{4\theta^* + k_1 - k_2 - 1} \end{aligned}$$

이며, 식 (13)으로부터 위의 일계조건은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} \frac{\partial \pi^1}{\partial k_1} &= (1 - \theta^*)\theta^* - f'(k_1) = 0 \\ \frac{\partial \pi^2}{\partial k_2} &= \theta^*(\theta^* - \frac{k_1 - k_2}{2}) - f'(k_2) = 0 \end{aligned} \quad (18)$$

[정리 4]와 식(18)로부터 다음의 [정리 5]를 얻을 수 있다.

[정리 5] 네트워크 1의 가입자 비율이 높거나 같은 것은 네트워크 1의 용량이 네트워크 2의 용량보다 크거나 같기 위한 필요충분조건이다.

증명)

위 정리에서 필요조건은 이미 [정리 4]에서 본 바와 같다. 충분조건이 성립한다는 것을 증명하기 위해서는 두 사업자의 가입자 비율이 같으면 네트워크 용량이 같게 설정되며, 네트워크 1의 가입자 비율이 보다 높으면 네트워크 1의 용량 또한 높다는 것을 보여 주면 된다. 이것은 다음과 같이 보여 줄 수 있다. 식 (18)에서 네트워크 2의 용량을 결정하는 식에 네트워크 1의 용량을 대입해서 그것이 비양의 값을 가진다는 것을 보여주면 된다. 이것을 수식으로 나타내면 다음과 같다.

$$\frac{\partial \pi^2}{\partial k_2} \Big|_{k_1=k_2} = \theta^*(\theta^* - \frac{k_1 - k_1}{2}) - f'(k_1) = (\theta^*)^2 - f'(k_1) \quad (19)$$

한편 식 (18)으로부터 $f'(k_1) = (1 - \theta^*)\theta^*$ 이므로 식

(19)는 다음과 같이 정리할 수 있다.

$$\frac{\partial \pi^2}{\partial k_2} \Big|_{k_1=k_2} = (\theta^*)^2 - (1 - \theta^*)\theta^* = \theta^*(2\theta^* - 1) \quad (20)$$

식(20)으로부터 네트워크 1의 가입자 비율이 0.5이면 식 (20)은 0값을 가지며, 0.5보다 크면 네트워크 1의 용량이 네트워크 2의 용량보다 크다는 것을 알 수 있다. (증명끝)

한편 혼잡이 있는 네트워크간 경쟁이 있을 경우, 네트워크 용량이 사회적 최적과 어떻게 달라지는 지를 알아보면, 이는 다음의 [정리 6]에서 보는 바와 같다.

[정리 6] 네트워크 1의 용량은 사회적 최적용량보다 항상 작으며, 네트워크 2의 용량은 $\theta^* < k_1^s - k_2^s$ 의 범위에서는 사회적 최적 용량보다 작지만 $\theta^* > k_1^s - k_2^s$ 범위에서는 사회적 최적용량보다 크다.

증명)

식 (18)로부터 경쟁에 의해 결정되는 네트워크 1의 용량이 사회적 최적보다 적을 조건은 다음과 같다.

$$\theta^s(1 - \theta^s) < \frac{1 - (\theta^s)^2}{2}$$

이 식은 다음과 같이 다시 정리할 수 있다.

$$(\theta^s - 1)^2 > 0 \quad (21)$$

따라서 식 (21)는 항상 만족한다. 다음으로 식 (18)로부터 경쟁에 의해 결정되는 네트워크 2의 용량이 사회적 최적보다 적을 조건은 다음과 같다.

$$\theta^s \left(\theta^s - \frac{k_1 - k_2}{2} \right) < \frac{(\theta^s)^2}{2} \quad (21)$$

이 식은 다음과 같이 다시 정리할 수 있다.

$$\theta^s (\theta^s - (k_1^s - k_2^s)) < 0 \quad (22)$$

먼저 $k_1^s > k_2^s$ 인 경우, $\theta^s < k_1^s - k_2^s$ 의 범위에서는 사회적 최적 용량보다 작지만 $\theta^s > k_1^s - k_2^s$ 범위에서는 사회적 최적용량보다 크다. 그리고 $k_1^s < k_2^s$ 인 경우엔 $\theta^s > k_1^s - k_2^s$ 가 항상 성립한다. (증명 끝)

[정리 6]이 의미하는 것은 네트워크 1의 용량은 네트워크 1과 네트워크 2의 사회적 최적 용량 수준의 상대적 크기에 관계없이 항상 사회적 최적 용량보다 적게 되며, 네트워크 2의 용량은 네트워크 1의 사회적 최적용량이 상대적으로 네트워크 2의 사회적 용량보다 클 수록 사회적 최적용량보다 작다는 것을 보여 준다. 네트워크 1의 용량이 사회적 최적수준보다 항상 낮게 결정되는 이유는 다음과 같이 설명할 수 있다. 네트워크 1 사업자는 네트워크 1의 용량을 증대 시킴으로써 혼잡을 줄여 네트워크 2의 가입자들을 더욱 확보할 수 있다는 이득이 있다. 하지만 이러한 이득은 사회적 전체적인 이득보다 적을 것이다. 네트워크 사업자는 네트워크 용량 한 단위를 추가함으로써 추가적으로 확보되는 이득 (혼잡의 감소와 그에 따라 발생하는 추가적인 가입자 확보)을 생각한다. 그러나 사회 전체적으로 보면 기존에 가입하고 있는 가입자들도 추가적으로 이득을 보게 된다. 특히 네트워크 1은 혼잡에 대한 민감도가 아주 높은 이용자들로 구성되어 있다. 따라서 사회 전체적으로 보면 혼잡감소에 따른 편익이 엄청나지만, 경쟁사업자는 이것을 충분히 반영하지 못한다고 볼 수 있다.

네트워크 2의 용량의 경우는 다음과 같이 설명할 수 있다. 사회적으로 볼 때 네트워크 1에 보다 많은 용량을 할애해야 하는 경우($k_1^s > k_2^s$)라는 것은 네트워크 2의 용량을 확장을 통해 얻을 수 있는 혼잡감소 효과가 네트워크 1에서의 용량확장을 통해 얻을 수 있는 혼잡감소 효과보다 적다는 것을 의미한다. 혼잡

효과에는 망 용량이 확장되는 네트워크 1 뿐만 아니라 네트워크 2의 가입자가 네트워크 1로 이동함으로써 발생하는 혼잡도 포함된다. 따라서 사회적으로 볼 때 네트워크 1에 보다 많은 용량을 확보한다는 것은 네트워크 1의 망 용량을 확장하면 네트워크 2의 고객이 네트워크 1로 많이 이동하지 않는다는 것을 의미한다. 또한 네트워크 2의 망 용량을 확장하여도, 네트워크 1의 고객이 별로 네트워크 2로 이동하지 않는다는 의미가 된다. 따라서 네트워크 2의 사업자 입장에서 볼 때에는 네트워크의 용량을 별로 확장시키고 싶지 않을 것이다. 이런 경우라면, 네트워크 2 사업자는 네트워크 2의 용량을 사회적 수준까지 확장하려 하지 않을 것이다. 네트워크 2에서의 추가적인 가입자 확보가 많지 않을 것이기 때문이다.

사회적으로 볼 때 네트워크 2에 보다 많은 용량을 할애해야 하는 경우($k_1^s < k_2^s$)라는 것은 네트워크 2의 용량을 확장을 통해 얻을 수 있는 혼잡감소 효과가 네트워크 1에서의 용량확장을 통해 얻을 수 있는 혼잡감소 효과보다 크다는 것을 의미한다. 따라서 사회적으로 볼 때 네트워크 2에 보다 많은 용량을 확보한다는 것은 네트워크 2의 망 용량을 확장하면 네트워크 1의 고객이 네트워크 2로 보다 많이 이동한다는 것을 의미한다. 또한 네트워크 1의 망 용량을 확장하면 네트워크 2의 고객이 네트워크 1로 많이 이동해서 네트워크 1의 혼잡을 많이 발생시킨다는 것을 의미한다. 따라서 네트워크 2의 사업자 입장에서 볼 때에는 네트워크의 용량을 가능한 많이 확장시키고자 할 것이다. 이런 경우라면, 네트워크 2 사업자는 네트워크 2의 용량을 사회적 수준이상으로 확장하려 할 것이다. 왜냐하면, 네트워크 2 사업자는 추가적으로 가입자 확보를 할 수 있을 것이기 때문이다.

이제 [정리 3], [정리 5], 그리고 [정리 6]로부터 다음의 [정리 7]을 얻을 수 있다.

[정리 7] 네트워크 1의 사회적 최적용량은 네트워크 2보다 크며, 가입자 네트워크 가입자 구성비용의 범위는 $0.39 < \theta^s < 0.59$ 의 값을 가진다.

증명)

만약 네트워크 1의 사회적 최적용량이 네트워크 2보다 적다고 하자. 그러면 [정리 6]으로부터 네트워크 2의 경쟁시 용량이 사회적 최적 용량보다 크게 된다. 한편 [정리 5]에서는 네트워크 1의 경쟁용량은 네트워크 2의 경쟁용량보다 크다. 따라서 이는 네트워크

1의 경쟁용량이 네트워크 1의 사회적 용량보다 크다는 것을 의미한다. 그러나 이는 네트워크 1의 경쟁용량이 네트워크 1의 사회적 최적용량보다 적다는 [정리 6]과 모순된다. 따라서 네트워크 1의 사회적 최적용량은 네트워크 2의 사회적 최적 용량보다 크게 하는 것이 균형이 된다. 한편 이 경우에는 [정리 3]에서 보는 바와 같이 네트워크 1의 사회적 최적 가입자 구성비율은 0.39보다 크다. 또한 식 (9)로부터 네트워크 용량이 아무리 커도 가입자 비율은 0.59를 넘지 않는다. (증명 끝)

[정리 7]이 의미하는 것은 네트워크 1은 혼잡에 민감한 사용자들의 그룹이기 때문에 사회적으로 볼 때 네트워크 1의 용량을 보다 크게 함으로써 전체 혼잡도를 줄여 사회후생을 증가시키는 것이 바람직하다는 것이다. 따라서 가입자 비율에 있어서도 경쟁상황때 보다 네트워크 1의 가입자를 덜 유치하는 것이 바람직하다. 네트워크 1 사업자는 [정리 5]에서 보는 바와 같이 다소 혼잡이 발생하더라도 가입자를 보다 많이 (0.5보다 큰) 확보하려고 할 것이다. 이는 사회전체의 혼잡을 고려하지 않기 때문이다. 네트워크 1 사업자는 보다 많은 가입자를 확보해 이윤을 증가시키기 위해 네트워크 1 가입자가 다소 혼잡을 느끼는 것을 감수하려고 할 것이다.

V. 결 론

지금까지 네트워크 혼잡이 있는 경우, 네트워크 경쟁기업이 어떻게 소매요금과 네트워크 용량을 결정하는 것인가를 살펴보았다. 네트워크에 가입되어 있는 이용자는 네트워크 가입자의 수에 따라 혼잡을 느끼며, 혼잡을 느끼는 정도는 이용자마다 차이가 있다. 따라서 경쟁기업은 가격경쟁을 하기 위해서는 이러한 혼잡을 고려하여야 한다. 가격을 너무 낮추게 되면 네트워크가 너무 혼잡하기 때문에 가입자의 유치가 쉽지 않을 것이다. 보통의 가격경쟁에서는 경쟁가격이 한계비용으로 책정되어 기업들은 아무런 이윤을 얻지 못하지만 혼잡을 고려하게 되면 혼잡에 민감한 소비자들에 대해서는 가격을 보다 높이 책정함으로써 과도한 가격경쟁을 피할 수 있어, 경쟁기업들은 이윤을 얻을 수 있게 된다. 네트워크 품질이 동일한 사업자들은 이렇게 혼잡을 이용한 가격책정을 함으로써 나름대로 차별적인 네트워크를 구성함으로써 이윤을 유지할 수 있게 된다. 네트워크간에 경쟁이 일어나게 되면 가격을 낮추어 혼잡에 덜 민감한 이용자를 확보

하려는 네트워크는 용량을 보다 적게 확보하게 되는데, 이는 용량을 보다 많이 확보함으로써 따라서 혼잡을 줄임으로써 확보할 수 있는 (가격이 보다 낮게 책정되는 한) 가입자 수는 제한되어 있기 때문에 얻게 되는 이득 또한 작기 때문이다. 혼잡에 민감한 이용자를 대상으로 하는 기업은 가격을 높게 책정하는 한 용량을 늘림으로써 추가적으로 얻게 되는 이득이 높기 때문에 보다 더 용량을 많이 확보하려고 할 것이다.

사회적으로 보면, 혼잡에 대해 민감한 소비자 집단에 대해서는 네트워크 용량을 보다 더 늘려주되, 가입자를 혼잡이 발생하지 않도록 덜 유치하는 것이 바람직하다. 혼잡을 더욱 줄여, 그래서 가격을 더 높게 받으려고 하는 네트워크 사업자는 사회적으로 바람직한 네트워크 용량보다는 적게 확보한다. 네트워크 1 사업자가 용량을 증대시킴으로써 혼잡을 줄여 네트워크 2의 가입자들을 더욱 확보할 수 있다는 이득이 있지만 사회전체적인 이득보다 적을 것이다. 네트워크 사업자는 네트워크 용량 한 단위를 추가함으로써 추가적으로 확보되는 이득만을 생각하기 때문이다. 문제는 혼잡에 대해 덜 민감한 집단을 대상으로 하는 네트워크 2의 용량결정 문제이다. 사회적으로 볼 때 바람직한 용량의 차이가 크면 네트워크 2 사업자입장에서 보면, 네트워크 2의 망 용량을 확장하면 네트워크 1의 고객이 네트워크 2로 보다 많이 이동한다는 것을 의미하기 때문에 자사의 망 용량을 사회적으로 바람직한 용량보다 많은 용량을 확보할 것이다.

이러한 연구결과는 네트워크를 통해 경쟁을 하는 인터넷 사업자가 사업전략을 수립할 때 다수의 하위네트워크 (고급서비스와 저급서비스)를 구성하지 않고 하나의 네트워크를 구성할 때 사업자간 용량 차이를 줌으로써 혼잡을 이용한 네트워크 경쟁을 추진하는 것이 바람직하다는 것을 보여 준다. 여러 개의 하위네트워크를 구성하게 되면 이용자를 세분화함으로써 얻는 이득도 있지만, 하위 네트워크간 내부 경쟁 때문에 손해를 보는 경우도 있을 수 있다. 이럴 경우 혼잡을 이용한 네트워크 경쟁이 유효한 전략일 수 있다.

본 연구에서는 네트워크 사업자가 정액제 요금제를 사용하는 경우를 분석하였다. 인터넷 사업자가 종량제 요금제, 혼합요금제 등 다른 요금체계를 적용할 때 요금과 망 용량을 어떻게 결정할 것인가를 분석하는 것도 흥미로운 것이다. 또한 본 논문에서는 각 네트워크 사업자의 망 기술이 동일하다고 가정하였는

데, 망 기술이 다를 경우, 네트워크 용량의 결정이 어떻게 달라질 것인가를 분석하는 것도 연구할 가치가 있을 것이다.

참 고 문 헌

- [1] Besen, S.,P.Milgrom, B. Mitchell, and P Srinagesh, "Advances in Routing Technologies and Internet Agreements," *American Economic Review*, Vol.91, No.2, pp.292-296, 2001.
- [2] Champsaur, P. and J. C. Rochet, "Multiproduct Duopolists," *Econometrica*, Vol.57, No.3, pp.533-557, 1989.
- [3] Clark, D. "Internet Cost Allocation and Pricing," in McKnight L. W. and J.P.Bailey(EDS.), *Internet Economics*, M.I.T. Press, pp.215-252, 1997.
- [4] Dewan, Freimer, M. and Gundepudi et. al , "Interconnection Agreements between Competing Internet Service Providers," *Proceedings of the 33rd Hawaii International Conference on System Science*, 2000.
- [5] Gibbens et. al, "Multiproduct Competition Between Congestible Networks," manuscript, 1998.
- [6] Gupta, A. D. O. Stahl and Whinston, "A Stochastic Equilibrium Model of Internet Pricing", *Journal of Economic Theory*, Vol.39, No.2, pp.273-289, 1997.
- [7] Hardin, G., "The Tragedy of the Commons", *Science*, 162, 1968.
- [8] Kelly, F. P., A. Maulloo and D.Tan, "Rate Control in Communication Networks: Shadow Prices, Proportional Fairness and Stability", *Journal of the Operational Research Society*, 1998.
- [9] Little, I. and Wright, "Peering and Settlement in the Internet: An Economic Analysis," manuscript, 1999.
- [10] Mackie-Mason, J. K. and H. Varian, "Pricing the Internet", in KAHIN, B. and J. Keller, *Public Access to the Internet*, Prentice Hall, 1995.
- [11] Odlyzko, A., "A Modest Proposal for Preventing Internet Congestions", AT&T Labs, 1997.
- [12] Shaked, A. and J. Sutton, "Multiproduct Firms and Market Structure", *Rand Journal of Economics*, Vol.21, pp.45-62, 1990.

정 충 영 (Choong Young Jung)

정회원



1988년 서울대학교 경제학 학사
 1992년 KAIST공학석사
 1996년 KAIST 공학박사
 1996~2002년 한국전자통신연구원 선임연구원
 2002~현재 한남대학교 경영학과 부교수

<관심분야>e-Business, 통신망간 상호접속