

네트워크 혼잡효과를 고려한 인터넷망간 상호정산 방안 연구

정 충 영*

A Study on Settlements in Internet Interconnection under Internet Congestion

Choong Young Jung*

Abstract

The present paper investigates the technological and conceptional characteristics of peering and transit in internet interconnection. Especially, the market with two ISP competing for customers is modeled and the outcome with peering is compared with transit. This paper also analyze the congestion effects on retail price and network capacity. When there is congestion effects occurring from network sharing, the retail price is increased and the fixed fee is decreased with the degree of congestion. Finally, the optimal access charge assuring the socially optimal retail price and network capacity is derived.

Keywords : Peering, Transit, Internet Interconnection, Congestion Effects, Access Charge

논문접수일 : 2007년 01월 16일 논문게재확정일 : 2007년 04월 30일

※ 2005년도 한국학술진흥재단의 지원에 의하여 연구되었음(KRF-2005-041-B00779).

* 한남대학교 경영학과 부교수, (306-791) 대전광역시 대덕구 오정동 한남대학교 133, Tel : 042-629-7520, e-mail : cyjung@hannam.ac.kr

1. 서 론

1996년 인터넷이 상업화된 이후, 전세계 인터넷 이용자 수는 폭발적으로 증가하고 있다. 또한 인터넷 백본을 제공하는 사업자(IBP)와 인터넷 접속서비스를 제공하는 사업자(ISP)도 증가함에 따라 인터넷망간 트래픽 교환이 중요한 이슈가 되었다. 인터넷 초기에는 소수의 대규모 ISP들이 상호간 무정산(peering)을 원칙으로 네트워크에 접속하였으나, ISP의 수가 늘어나고 ISP들의 규모 및 커버리지 등에서 차이가 남에 따라, 상호간 정산을 하는 체계가 도입되었다. 그 결과 인터넷망간 상호접속 협정형태는 무정산 원칙을 따르는 동등접속(peering) 협정과 네트워크 규모에 따라 상호간 정산이 이루어지는 중계접속(transit) 협정 두 가지가 공존하게 되었다.

현재 ISP사업자간 동등접속을 요구하는 사업자 자신이 늘어나고 있는데, 이에 대한 명확한 기준을 설정하는 것이 어렵다. 기존의 지배적 백본사업자는 peering을 거부하고, transit 협정을 맺기를 원하고 있는 반면, 중소규모의 인터넷 접속제공사업자는 peering 협정을 원한다. 인터넷 백본시장이 경쟁적이라면 peering과 피어링과 트랜짓은 사업자의 상업적 협상에 의해 결정될 수 있다. 또한 복수의 백본이 존재한다면 트랜짓 요금은 경쟁시장의 것에 근접하게 될 것이다. 만약 시장이 독점 또는 과점에 의해 피어링 거부나 트랜짓 요금 과다 인상과 같은 현상이 벌어진다면 반독점법에 의해 규제가 필요할 것이다. 따라서 이 경우, 사전적으로 피어링/트랜짓을 강제하거나 트랜짓 요금수준에 규제기관이 개입할 필요는 없을 것이다. 그러나 백본시장이 경쟁적이지 못하다면, 특히 네트워크 혼잡이 있는 경우, 트랜짓의 경우, 트랜짓 요금에 대한 규제의 필요성은 더욱 증가할 것이다.

한편, 경쟁적 인터넷망간 상호접속은 그 접속 형태가 음성전화망에 비해 매우 복잡한 형태를 보이고 있다. 인터넷망간 상호접속이 될 경우, 양질의 웹사이트를 많이 보유한 네트워크에서는 상당한 혼잡을 가져오게 될 것이다. 따라서 상호접속 체계와 정산방안을 강구할 때 이러한 혼잡효과를 고려해야 한다. 또한 현재 데이터망간 접속기준이 상호접속기준안에 포함되어 있긴 하지만 이 기준은 과거의 O14XY 데이터망을 근간으로 만들어진 것이어서 인터넷망간 상호접속에 적용할 수 없다. 따라서 인터넷망간 접속의 기술적 특성과 혼잡효과를 고려한 새로운 형태의 정산방안연구가 절실하게 필요하다.

인터넷 상호접속은 전통적인 전화망간 상호접속과는 많은 차이가 있다. 첫째, 전화망은 소매요금 부담 주체가 발신측으로 되어있기 때문에, 사업자간 망사용 주체가 착신측으로 명확하게 정립되어 있지만 인터넷망에서는 네트워크 가입자만 존재하고, 망사용 주체가 명확하지 않다.¹⁾ 예를 들면 네트워크 가입자는 자사의 망이나 타사의 망에 접속해 있는 웹페이지로부터 정보를 획득하기 때문에 정확하게 어느 네트워크의 망을 얼마만큼 사용했는지를 알 수가 없다. 웹페이지 접속을 포함한 대부분의 인터넷 호의 경우 호를 요청한 측 (initiator)에서 호의 종착지 (destination)로 가는 트래픽보다는 그 반대방향의 트래픽이 일반적으로 많다. 따라서, 상호접속의 경우 호의 요청한 측으로부터 종착지로 접속료 정산이 이루어져야 하는지, 아니면 그 반대가 되어야 하는지에 대한 원칙조차 분명하지 않다. 둘째, 인터넷의 기술적 특징이 전통적인 전화망과는 매우 다르다. 전통적인 전화망에서의 호의 요청은 물리적 회선의 배타적인 점유를 발생시키므로, 네트워크 자원이용에 대한

1) 자세한 내용은 Analsysys (2000)을 참조.

보상을 요구할 명백한 논리가 존재한다. 따라서 망제공 사업자는 망이용 사업자에게 망사용대가를 부과할 수 있다. 그러나 인터넷은 패킷교환방식이기 때문에, 호를 요청한 측이 지속적으로 망자원을 점유하고 있지 않다. 즉, 물리적인 회선이 계속 점유되고 있지 않기 때문에, 망자원 사용량에 따른 대가산정이 어렵다. 따라서 지금까지는 인터넷망간 접속시 상호정산을 하지 않는 무정산 원칙이 적용되었다. 그러나 인터넷 사용이 급격하게 증가함에 따라, 무정산은 망을 보유한 사업자의 혼잡(congestion)을 가져와 전체 망이용의 효율성을 저하시키며, 망제공용량을 보다 적게 제공하는 등의 문제를 발생시킨다. 본 연구는 지금까지의 무정산 원칙이 적용되었던 인터넷 백본망간 상호접속시 상호정산을 도입하는 방안을 제안하되, 앞에서 언급한 인터넷 혼잡(congestion) 문제를 해결하는 측면에서 접근한다. 인터넷 상호접속에 대한 기존 연구는 이제 시작단계에 있다고 볼 수 있다.

본 연구는 기존 인터넷 상호접속 연구와 비교해 볼 때 다음의 차별성을 가지고 있다.

첫째, 네트워크 상호접속으로 인해 발생하는 혼잡(congestion)을 상호접속료 책정과 인터넷 소매요금 결정과정에 반영함으로써 인터넷망간 상호정산료와 인터넷요금 책정을 상호 연계하는 모형을 정립할 수 있다. 지금까지의 이론적 연구는 망간 상호접속으로 인해 발생하는 혼잡(congestion)효과의 고려 없이 기존 전화망간의 양방향 상호접속모형을 그대로 적용하거나 인터넷 소매요금만을 결정하는 모델연구에 치중해 있다.²⁾ 이들 연구에서는 인터넷 상호접속으로 인해 발생하는 망 혼잡에 의해 망제공사업자

의 망용량 제공유인이 감소할 수 있다는 것을 간과하고 있다.

둘째, 인터넷망간 상호접속시 정산료가 인터넷 요금 책정과정에 미치는 영향을 분석함으로써 그동안 인터넷은 무정산(peering)하는 것이 최선이라는 관행을 깨고 사회적으로 상호정산하는 것이 바람직하다는 것을 보여준다. 인터넷망간 상호정산에 대한 논의가 확산되고 있는 것은 기존의 무정산 원칙이 소규모의 ISP 사업자의 무임승차 문제를 야기시키고, 충분한 망용량 제공의 유인을 보장하지 않기 때문이다. 따라서, 망제공자에게는 망 제공유인을 줄 수 있도록 하며, 망 이용 사업자에게는 망 사용에 따른 대가를 부담시킴으로써 무임승차에 따른 비효율성을 제거해야 한다.

셋째, 혼잡을 고려한 그동안의 연구는 접속지연에 따른 고객의 효용감소 요인 때문에 망제공 사업자는 망 용량을 과소 제공한다는데 초점을 맞추었지만 연구에서는 혼잡을 야기하는 초과수요에 대해 망사용자에게 접속료를 지불하는 모형을 다룸으로써 망용량 제공문제가 망사용에 따른 대가산정에 의해 해결할 수 있음을 보여줄 수 있다.

넷째, 인터넷 트래픽에 따른 소매요금을 착신과 발신에 따라 구분하지 않고 단지 망사용량을 토대로 과금되기 때문에 과금기준 트래픽 선정시 논란의 소지를 줄일 수 있다. 가입자는 가입자에게로 오는 트래픽뿐만 아니라 나가는 트래픽 모두로부터 혜택을 받을 수 있기 때문이다. 또한 망내 트래픽과 망외 트래픽을 구분할 필요성을 줄여주기 때문에, 인터넷 트래픽의 처리상의 복잡성 문제를 해결할 수 있다.

본 연구에서는 인터넷 상호접속에 있어 동등접속(peering) 협정과 중계접속(transit) 협정의 기술적 및 개념적 특성을 살펴보고, 두 개의 ISP가 가입자를 놓고 경쟁하고 있는 시장상황

2) 전화망간 상호접속모형으로는 Armstrong(1998), Armstrong et al.(1996), Economides et al.(1996), Jeon et al.(2001), Laffont, J., and Tirole(1996) 등이 있음.

을 모형화 하여 상호무정산의 동등접속(peering)을 실행했을 때의 결과와 상호정산(transit)을 실행했을 때의 결과를 비교분석함으로써, 상호정산방안 마련을 위한 정책적인 시사점도 함께 제공할 것이다. 이를 위해 제 2절에서는 인터넷 상호접속관련 기존문헌을 고찰함으로써 본 연구의 방향성을 제시할 것이다. 제 3절에서는 상호정산이 없는 경우, 혼잡효과가 소매요금과 망용량에 미치는 영향을 분석할 것이며, 제 4절에서는 상호정산이 있는 경우, 혼잡효과의 영향을 분석할 것이다. 제 5절에서는 접속료가 규제되는 경우, 최적접속료를 결정하고, 그것의 의미를 논의할 것이고, 제 6절에서는 결론을 맺을 것이다.

2. 기존문헌 고찰

2.1 동등접속의 개념관련 문헌

동등접속(peering)을 할 것인가, 아니면 중계접속(transit)을 할 것인가는 각각의 개념을 어떻게 잡을 것인가에 따라 다르다. 동등접속과 중계접속은 대체적으로 다음의 <표 1>와 같이 고객연결성(customer connectivity)과 접속대가의 지불(settlements) 두 가지 측면에서 구분된다.

<표 1> 인터넷 상호접속의 유형

구 분	고객 연결	고객 비연결
대가지불	중계접속 (일방적 지불)	동등접속 (상호정산)
무정산	-	동등접속(무정산)

고객 연결 (customer connectivity)란 자사의 고객이 아닌 경우에도 협정을 맺은 경우 협정 사업자의 고객을 인터넷 전체에 연결성을 보장하는 것을 말하며, 고객 비연결성은 협정 사업자의 고객을 자사의 고객에만 연결시키며 타망

으로의 연결은 보장하지 않는 것을 말한다. 동등접속은 고객 비연결성의 특징을 갖는 반면 중계접속은 고객연결성을 갖는다. 그러나 망사용 대가측면에서 보면 동등접속과 중계접속이 명확하게 구분되지 않는다. 보통의 경우 동등접속은 무정산인 반면 중계접속은 망사용 대가를 망사용자측이 일방적으로 제공한다.

그러나 현실적으로 보면, 동등접속(peering)의 주요한 특성인 고객 비연결성은 가지면서 상호정산을 하는 경우가 있을 수 있다. 동등접속 협정에 따라 대가지불을 하는 경우는 상대 사업자가 자사의 망용량을 자사가 상대사업자의 망용량보다 많이 사용한 경우 망사용자로서(net user)로서 망사용대가를 지불하는 형태라고 할 수 있다. 극단적으로 한 사업자는 자사의 망용량을 전혀 보유하지 않고 타사의 망용량만을 사용하는 사업자는 일방적으로 대가를 지불하게 된다. 따라서 고객연결성을 생각하지 않고, 대가지불만을 생각한다면 중계접속은 상호정산을 허용하는 동등접속의 특수한 형태라고 생각할 수 있다. 더구나 망제공자의 비용속에 고객연결비용을 포함시킨다면, 상호정산이 있는 동등접속은 중계접속 자체를 포함하는 개념으로 볼 수 있다. 따라서 중계접속을 별도의 모형을 가지고 효율성을 검토하기보다는 동등접속 자체의 모형을 가지고 상호정산을 허용하는 경우와 그렇지 않은 경우로 세분화하여 그 효율성을 검토하는 것이 바람직하다. 지금까지 고찰한 이론적 연구도 모두 동등접속의 관점에서 출발하고 있다. 정산 유무에 따라 다음의 <표 2>과 같은 분류가 가능하다.

이는 다시 두 부류로 세분화가 가능하다. 첫 번째 부류는 동등접속을 무정산으로 간주하고 무정산 동등접속 협정시 발생할 수 있는 문제점을 분석하며, 그 대안에 대해 검토한다.³⁾ 또한 기업이 무정산 동등접속 의사결정을 내리는데

〈표 2〉 인터넷 상호접속관련 기존연구

구 분	연구모형
무정산	Dewan, Freimer, and Gundepudi(2000) Baake and Wichmann(1998) Little and Wright(1999)
상호정산 (settlements)	Laffont et. al.(2001) Besen et. al.(2001)

영향을 미치는 요인들을 분석하기도 한다.⁴⁾ 두 번째 부류는 상호정산을 하는 동등접속을 상정하고 완전경쟁 시장에서의 접속료 부과시 소매가격이 어떻게 결정되는 것인가를 분석하거나⁵⁾, 협정대상 기업간 협상력의 차이에 따라 접속료가 어떻게 결정되는 것인가를 내쉬협상 모형을 사용해 분석한다.⁶⁾

2.2 무정산 동등접속의 문제점 및 상호정산 방안 관련 문헌

무정산 동등접속은 무임승차를 발생시킬 수 있기 때문에 사업자의 망 투자 유인을 감소시킬 수 있다. 따라서 대규모 ISP는 무정산 동등접속을 하지 않을 것이다. 만약 대규모 ISP는 많은 웹사이트를 가지고 있고 소규모 사업자는 보다 적은 웹사이트를 가지고 있으며, 이들이 무정산 동등접속 협정을 맺는다고 하자. 그리고 각 사업자는 접속점에서의 자사의 접속용량을 제공한다. 용량에 비해 망 사용 수요가 많으면, 지연(delay)이 발생하고 소비자의 효용이 감소한다. 용량결정에 대해 두 사업자는 서로 다른 결정을 내릴 것이다. 웹사이트를 많이 가진 대규모 사업자는 웹사이트를 적게 가진 소규모 사업자의 가입자들 접속증가로 혼잡을 많이 경험할 것이

다. 따라서 대규모 ISP는 자사의 접속용량을 소규모 사업자보다 적은 수준으로 제공한다. Dewan et. al.(2000)은 사회적으로 최적인 망용량은 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.

한편 Little and Wright(1999)는 무정산 동등접속에서 나온 망 사용가격과 망용량은 사회적 최적해와 일치하지 않음을 보이고 있다. 구체적으로, 망사용가격은 사회적 최적수준보다 낮으며, 망용량도 사회적 최적수준보다 작으며 서로 투자를 하지 않는 무임승차의 특성을 보인다. 따라서 이 문제를 해결하기 위해서는 망 사용자(net user)⁷⁾가 초과발신 트래픽에 비례해서 대가를 지불하는 것을 제안하고 있다. 이 때 정산료를 망제공의 한계비용으로 설정하는 상호정산 규칙을 도입하면, 제공가격과 망용량은 사회적 최적 수준과 일치한다는 것을 보이고 있다. 그러나 상호정산료를 이 수준으로 미리 결정하지 않고 사업자 자율에 맡길 경우 상호정산료 수준은 사회최적 수준보다 높은 수준으로 결정된다.

Laffont et. al.(2001)은 동등접속(peering)이지만 무정산이 아니라 처음부터 상호정산을 한다는 것을 미리 설정하고 접속료의 수준과 소매가격(웹사이트 가격과 소비자 가격)과의 관계를 분석하고 있다. 트래픽은 웹사이트에서 소비자에게로만 흐른다. 웹사이트를 보유한 네트워크가 접속료를 지불한다(접속료가 음일 수 있음). 또한 완전경쟁인 네트워크를 상정하고 있으며, 이 경우 소매가격은 한계 망외비용(off-net cost)으로 결정된다는 것을 보여준다. 만약 접속료가

3) Little and Wright(1999)와 Dewan et. al.(2000).

4) Baake and Wichmann(1998).

5) Laffont et. al.(2001).

6) Besen et. al.(2001).

7) 제공하는 망용량보다 사용량이 많은 사업자를 일컫는다.

0이면 무정산인 경우를 의미하며, 이 경우 웹사이트 소매가격은 한계발신비용, 소비자 소매가격은 한계착신비용으로 각각 결정된다. 이 때 접속료의 크기는 사회후생에 전혀 영향을 미치지 않는다. 그러나 소비자가 가격탄력적인 수료를 가질 경우에는 가격을 낮춤으로써 웹사이트에게 보다 많은 편익을 가져다 주기 때문에(소비자가 웹사이트를 이용할 때마다 웹사이트는 편익을 얻기 때문) 접속료는 소비자의 가격($p=c_i-a$)을 최대한 낮춤으로써 사회후생을 최대화 할 수 있다. 최적 접속료는 소비자 방문당 웹사이트가 받는 효용에서 방문시 추가적으로 발생하는 비용을 뺀 값에서 결정된다. 왜냐하면 접속료가 올라가 웹사이트의 가격($\hat{p}=c_o+a$)이 상승해도 웹사이트 수요는 가격이 비탄력적이기 때문에 변하지 않는다. 따라서 사회후생을 최대화 하는 접속료는 웹사이트 가격을 최대한으로 하는 값에서 결정된다.

그러나 이 모형은 완전경쟁 시장을 상정한 것이기 때문에 독점력이 있는 네트워크 시장을 다루는 모형으로서 적합하지 않으며, 방문시 과금을 하는 요금 및 접속료 산정은 인터넷망 특성 과도 맞지 않아 현실적이지 않다고 할 수 있다.

복잡적인 두 시장이 협상을 통해 접속료를 지불하는 한편 상호정산을 분석한 Besen et. al. (2001) 연구는 보다 더 현실적인 모습을 반영한다. 이 모형에서는 동등접속이 이루어지면 두 개의 망이 그렇지 않을 경우보다 이윤이 높아진다는 것을 전제로 하고 있다. 물론 앞에서 설명한 것처럼 동등접속이 오히려 비용을 유발하여 상호간 동등접속을 원하지 않는 극단적인 경우도 존재할 수 있지만 이 모형에서는 비용을 고려하지 않는다. 따라서 이 모형은 동등접속이 상호간에 유리할 것으로 판단한다. 내쉬협상모형에서 협상력이 높은 사업자는 그렇지 않는 사업자로부터 접속료를 지불받는다. 협상력은 보

유 가입자 수와 네트워크 효과에 의해 결정된다. 그러나 이 모형은 정산지불 주체나 대가에 대해서는 설명하고 있으나, 망투자 규모가 사회적으로 최적인 것과 어떠한 차이가 있는지는 설명하지 못하고 있다.

3. 무정산하에서의 망용량 및 인터넷 소매요금 결정

3.1 기본모형

본 연구는 망혼잡을 고려할 경우, 인터넷망간 무정산(peering) 모델과 정산모델(transit 포함) 방식에 따라 인터넷망 용량과 인터넷 소매요금이 어떻게 결정할 것인가를 게임이론에 근거하여 분석한다. 본 연구모형에서는 두 개의 ISP가 있으며, 각 ISP는 고객에게 인터넷 접속서비스를 제공하며 그 사용에 대한 대가를 받는다. 분석의 편의상, 잠재고객의 수는 고정되었지만, 망사용량은 부과되는 가격에 따라 변한다고 가정한다. ISP 1은 망 용량 k_1 을, ISP 2는 망용량 k_2 를 제공하며, k_1+k_2 는 전체 가용 망용량이 된다. 각 ISP가 k_i 을 제공하는 비용은 $f(k_i)$ 이다. ISP i 고객의 망사용에 대한 한계비용은 c 이다. ISP i 에 고객이 가입할 때 발생하는 가입자당 비용은 f 이다. 망용량 비용인 $f(k_i)$ 는 라우트 비용이외에 고객의 대역폭 요구를 충족하기 위한 케이블 포설이나 위성구입 비용 등을 포함한다. 가입비용인 f 는 접속점에서 모뎀플 추가비용, 전자우편과 캐쉬를 위한 서버용량 업그레이드 비용, 과금이나 고객센터 서비스 제공비용 등을 포함한다. 망사용에 따른 한계비용 c 는 추가적인 망 사용시 발생하는 추가적인 비용을 나타낸다. 이런 상황에서 망제공자는 망용량과 소매요금을 결정하며, 사용자는 소매요금이 결정되면 어느 망을 선택할 것인가를 결정한다.

기업의 이윤함수를 도출하기 위해서는 시장 점유율이 먼저 결정되어야 한다. 시장점유율은 소매요금과 각 망에 대한 소비자의 선호도에 의해 결정될 것이다. 이를 위해 다음의 사항을 상정한다.

ISP i 고객은 q_i ⁸⁾를 소비한다. 인터넷 망 i 의 소매요금을 p_i 라고 했을 경우 인터넷망 i 가입자의 간접효용함수는 다음과 같이 정의된다.

$$v(p_i) = \max_q \{u(q_i) - p_i q_i\} \quad (1)$$

네트워크 i 의 시장점유율은 두 개의 인터넷망 선택에 있어 거리에 따른 추가비용(망에 대한 선호도를 의미)과 소비자의 순 잉여에 의해 결정된다. 이 때, 소비자의 순 잉여는 망사용에 따른 순효용에서 혼잡비용을 제한 것이다. 한편, 고객은 총 망사용량이 총 가용용량 $k_1 + k_2$ 을 초과한 경우 혼잡을 경험한다. 혼잡단위당 비효용을 d 라 하면, 다음과 같은 혼잡에 따른 비용 (TD)을 구할 수 있다.

$$TD = d(sq(p_1) + (1-s)q(p_2) - (k_1 + k_2)) \quad (2)$$

따라서 가입비 r_i 를 부과하는 인터넷망 i 에 가입하는 소비자의 잉여 w_i 는 다음과 같다.

$$w_i = v(p_i) - r_i - TD \quad (3)$$

이 때의 혼잡은 가중평균 사용량이 총 용량보다 클 경우에 발생한다는 것을 의미한다.⁹⁾ 혼잡도는 소비자의 위치에 관계없이 (소비자는 혼

잡에 대해 동일한 선호도를 보임) 일정하다고 볼 수 있다. 한편, 소비자는 $[0, 1]$ 사이에 균등 분포를 이루고 있으며, 네트워크 1에 가입할 경우 x 위치에 속한 소비자는 tx 의 비용 (망선택 비용)이 추가적으로 발생한다.¹⁰⁾ 두 개의 네트워크 선택에 있어 무차별한 소비자 x 는 다음의 식을 충족시킨다.

$$w_1 - tx = w_2 - t(1-x)$$

인터넷 망 i 의 시장점유율을 x 에 대해 풀면 다음과 같다(여기서 $\sigma = \frac{1}{2t}$ 이며 망간의 대체정도를 나타낸다).

$$s + \frac{1}{2} + \sigma(w_1 - w_2) \quad (4)$$

이러한 상황에서 기업은 기본료 r_i 의 이부요금제를 도입한다. 기업의 이윤은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \pi_1 &= s(p_1 - c)q(p_1) \\ &\quad + s(r_1 - f) - f(k_1) - (1-s)c(q(p_2) - k_2) \\ \pi_2 &= (1-s)(p_2 - c)q(p_2) \\ &\quad + (1-s)(r_2 - f) - f(k_2) - sc(q(p_1) - k_1) \end{aligned}$$

위의 식에서 마지막 항은 상호접속에 따른 접속비용을 나타낸다.¹¹⁾ 벤치마킹으로서 먼저, 사회최적인 해를 구한다. 이는 망사업자간 망이용대가가 무정산인 경우와 상호정산인 경우의 결과를 서로 비교하기 위한 것이다. 혼잡이 있는 경우 사회적 최적해는 다음과 같은 총 잉여를 최대화하기 위한 가격(p, r)과 망용량(k)을 결정

8) 단위는 데이터 전송단위인 메가바이트로 생각할 수 있다. 소비자는 데이터 전송의 방향에 상관없이 전송량에 따라 혜택을 누린다. 즉, 정보를 다운로드하거나, 정보를 전송할 때 모두 혜택을 얻는다.

9) 물론 고객의 사용량이 이 용량을 초과하지 않을 수도 있는데, 이 경우에는 추가적인 효용을 얻지 못한다고 가정한다.

10) 네트워크간 브랜드에 있어 선호한 것과 실제 선택된 것의 차이 때문에 발생하는 비효용을 의미한다.

11) 분석의 편의를 이 비용은 본 결과에 영향을 미치지 않기 때문에 나중의 식에서 생략하기로 한다.

함으로써 구할 수 있다. 여기서 기업의 이윤을 기본료 r_i 대신에 w_i 로 표현함으로써, 이 값을 선택변수로 하였다.

$$\begin{aligned} W &= sw_1 + (1-s)w_2 - \frac{s(1-s)}{2\sigma} - \frac{1}{4\sigma} + \pi_1 + \pi_2 \\ &= sw_1 + (1-s)w_2 - \frac{s(1-s)}{2\sigma} - \frac{1}{4\sigma} \\ &\quad + s(p_1 - c)q_1 + s(v_1 - w_1 - TD - f) - f(k_1) \\ &\quad + (1-s)(p_2 - c)q(p_2) \\ &\quad + (1-s)(v_2 - w_2 - TD - f) - f(k_2) \end{aligned}$$

일계조건을 구하기 위해 먼저 p_i 에 대해 편미분하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \frac{\partial W}{\partial p_1} &= s(p_1 - c - d)q'(p_1) = 0 \\ \frac{\partial W}{\partial p_2} &= (1-s)(p_2 - c - d)q'(p_2) = 0 \end{aligned}$$

이 문제를 풀면 가격은 다음과 같음을 알 수 있다.

$$p_1 = p_2 = c + d \quad (5)$$

또한, w_i 에 대해 풀면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \frac{\partial W}{\partial w_1} &= s - s + \sigma \frac{\partial W}{\partial s} = 0 \\ \frac{\partial W}{\partial w_2} &= (1-s) - (1-s) - \sigma \frac{\partial W}{\partial s} = 0 \end{aligned} \quad (6)$$

이 식을 보면 $\frac{\partial W}{\partial s} = 0$ 임을 알 수 있다.

이것을 다시 정리하면 다음과 같다.

$$w_1 - w_2 - \frac{(1-2s)}{2\sigma} + (p_1 - c)q(p_1)$$

$$\begin{aligned} &+ (v_1 - w_1 - TD - f) - (p_2 - c)q(p_2) \\ &- (v_2 - w_2 - TD - f) - d(q_1 - q_2) = 0 \end{aligned}$$

$p_i = c + d$ 이기 때문에 위의 식을 다시 정리하면 다음과 같다.

$$\frac{1-2s}{2\sigma} = 0 \quad (7)$$

따라서 $s = \frac{1}{2}$ 이다. 식 (3)으로부터 $w_1 = w_2$ 임을 알 수 있으며, 결국 $r_1 = r_2$ 가 된다.

마지막으로 k_i 에 대해 풀면, 다음과 같다.

$$\frac{\partial W}{\partial k_i} = d - f'(k_i) = 0 \quad (8)$$

식 (8)을 보면 혼잡효과가 있는 경우, 망용량은 한계혼잡비용에 의해 결정됨을 알 수 있다. 만약 네트워크 1이, 추가적인 망 확장에 따른 한계비용이 타 네트워크보다 적다면, 네트워크 1이 전체 망용량의 반 이상을 구축하는 것이 사회적으로 바람직하다는 것을 알 수 있다. 지금까지의 분석으로부터 다음의 사실을 알 수 있다.

첫째, 고객에게 부과하는 가격은 수요를 초과하는 망용량에 대한 한계혼잡비용을 고려해야 한다는 것을 알 수 있다.

둘째, 각 사업자가 제공하는 네트워크 용량은 한계혼잡비용과 생산기술에 의해 결정된다. 한계혼잡비용이 높을수록 망용량을 확장하는 것이 바람직하며, 따라서, 효율적인 생산기술을 보유한 네트워크가 더 많은 용량을 제공하는 것이 바람직하다.

셋째, 사회전체적으로 보면, 시장점유율(s)

의 크기는 소비자와 기업의 순 잉여의 합에는 영향을 미치지 못하기 때문에, 총 망선택비용 $(t \left(\int_0^s x dx + \int_s^1 (1-x) dx \right))$ 이 최소화되는 점에서 가입자 비율을 결정하는 것이 바람직하며, 이 경우, 정확하게 절반을 차지하게 된다.

넷째, 기본료(r_i)는 소비자와 네트워크 제공자 간의 단순한 소득의 흐름이기 때문에 정확한 수준은 결정되지 않는다. 소비자 잉여나 네트워크 제공자의 이윤을 보장하는 수준에서 결정될 수 있을 것이다. 네트워크 제공자가 회수해야 할 고정비용이 있다면 기본료는 가입비용(f)보다 높아야 할 것이다.

다섯째, 망 용량은 망 용량 증가에 따른 비용함수의 성격에 따라 결정된다. 보다 효율적인 기업이 보다 많은 망 용량을 제공하는 것이 사회적으로 바람직하다는 것을 알 수 있다.

3.1 혼잡효과가 있는 경우 소매요금 및 시장점유율 분석

이하에서는 두 ISP가 망 사용에 따른 대가를 상호간 지불하지 않을 경우, 소매요금과 망 용량을 비협조적으로 결정할 경우 각각이 어떻게 결정되는지를 분석한다. 각 기업은 먼저 용량 k_i 가 주어진 상태에서 가격(p_i, r_i)을 비협조적으로 결정한다. 각 기업의 이윤을 p_i 와 w_i 에 대해 정리하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \pi_1 &= s(p_1 - c)q(p_1) + s(v_1 - w_1 - TD - f) - f(k_1) \\ \pi_2 &= (1-s)(p_2 - c)q(p_2) + (1-s) \\ &\quad (v_2 - w_2 - TD - f) - f(k_2) \end{aligned} \quad (9)$$

이윤최대화 일계조건을 구하면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\frac{\partial \pi_1}{\partial p_1} = s[(p_1 - c) - sd]q'(p_1) = 0$$

$$\frac{\partial \pi_2}{\partial p_2} = (1-s)[(p_2 - c) - (1-s)d]q'(p_2) = 0$$

$$\frac{\partial \pi_1}{\partial w_1} = -s + \sigma[(p_1 - c)q(p_1)$$

$$+ (v_1 - w_1 - TD - f) - sd(q_1 - q_2)] = 0$$

$$\frac{\partial \pi_2}{\partial w_2} = -(1-s) - \sigma[-(p_2 - c)q(p_2)$$

$$- (v_2 - w_2 - TD - f) - (1-s)d(q_1 - q_2)] = 0$$

위의 일계조건으로부터 다음을 얻을 수 있다.

$$\begin{aligned} p_1 &= c + sd \\ p_2 &= c + (1-s)d \end{aligned} \quad (10)$$

균형에서, 각 기업은 혼잡비용이 발생하게 되면 이를 요금에다 반영하게 되며, 사용당 요금은 한계비용에다 한계혼잡비용을 합친 수준으로 결정된다. 그러나 사회적 최적요금수준보다는 크지 않다는 것을 알 수 있다. 이는 혼잡에 따른 비용을 두 개의 네트워크에서 공동으로 부담하기 때문에 개별적인 기업의 입장에서 볼 때 혼잡비용만큼 가격을 인상하지는 않는다는 것을 의미한다. 또한 시장점유율이 클 수록 망 사용당 혼잡비용이 크므로 시장점유율이 높은 기업의 사용당 요금이 높다는 것을 알 수 있다. 이를 정리하면 다음과 같다.

정리 1. 무정산시 망 사용당 요금은 망 혼잡효과가 있는 경우 사회적 최적요금보다 낮으며, 시장점유율이 높은 사업자의 망 사용당 요금이 높다.

한편, 위의 일계조건을 이용하여, 기본료를 구해 보면 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 r_1 &= f - (p_1 - c)q_1 + \frac{s}{\sigma} + sd(q_1 - q_2) \\
 &= f + \frac{s}{\sigma} - sdq_2 \\
 r_2 &= f - (p_2 - c)q_2 + \frac{1-s}{\sigma} + (1-s)d(q_1 - q_2) \\
 &= f + \frac{1-s}{\sigma} - (1-s)dq_1 \quad (11)
 \end{aligned}$$

위 식에 의하면, 기본료는 크게 보면 4가지 요인에 의해 결정됨을 알 수 있다. 첫째, 가입자 하나 증가시키는 데 직접적으로 발생하는 비용 f 이다. 둘째, 망사용 증가에 따른 이윤의 증가이다. 이윤의 증가분만큼 기본료를 할인할 수 있다. 셋째, 가입자 하나를 확보하기 위해 지불해야 되는 가입자 후생의 증가분($\frac{s}{\sigma}$)이다. 넷째, 가입자 하나가 대체됨으로써 사용량이 증대함에 따라 추가적으로 발생하는 순 혼잡비용이다. 혼잡비용의 증가는 기본료를 인상시키는 요인이 된다. 그러나, 이러한 망혼잡비용은 두 번째의 요인 즉, 망사용 증가에 따른 이윤의 증가에 의해 상쇄된다. 결국, 혼잡효과가 있는 경우, 그렇지 않은 경우보다 기본료는 인하된다. 이는 망사용에 따른 혼잡을 사용당 요금에 반영함으로써 얻는 이익이 사용량 증대에 따라 발생하는 혼잡비용보다 크다는 것에 기인한다. 결국, 기본료의 인하는 혼잡효과를 소매요금에 반영함으로써 기본료 인하를 통해 가입자를 많이 확보하려는 기업의 전략을 나타내고 있다. 이를 정리하면 다음과 같다.

정리 2. 무정산시 망 혼잡효과가 있는 경우, 동일한 시장점유율하에서 가입자의 기본료는 혼잡효과가 클 수록 낮다.

이제 균형 시장점유율을 구해보도록 하자. 균형 시장점유율을 구하기 위해 다음의 선형 수요

함수를 생각해 보자. ($b > 0$)

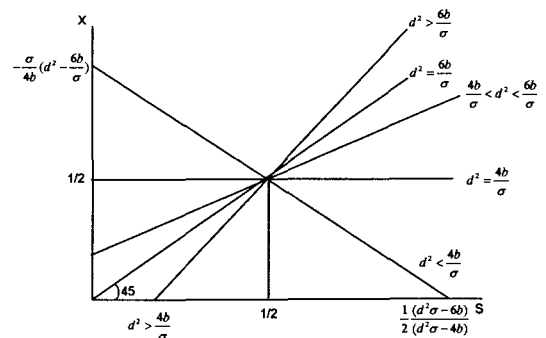
$$q = \frac{1}{2b}(\ell - p)$$

균형 시장점유율은 앞에서 구한 소매요금과 기본료를 식 (4)에 대입하여 풀면 된다. 가입자 수는 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 x &= \frac{1}{2} + \sigma(w_1 - w_2) = \frac{1}{2} + \sigma(v(p_1) - v(p_2)) - (r_1 - r_2) \\
 &= s\left(\frac{d^2\sigma}{2b} - 2\right) - \frac{d^2\sigma}{4b} + \frac{3}{2} = (2s-1)\left(\frac{d^2\sigma}{4b} - 1\right) + \frac{1}{2} \quad (12)
 \end{aligned}$$

위 식 (12)로부터 균형 시장점유율 $s = \frac{1}{2}$ 임을 알 수 있다. 이는 혼잡효과와 상관없이 두 기업의 시장점유율이 동일할 때 균형이 성립한다는 것을 의미한다. 다음은 시장점유율의 균형이 이외에도 존재할 수 있는가를 살펴보아야 할 것이다. 이를 살펴보기 위해 위의 식 (12)를 바탕으로 시장점유율 변화에 따른 가입자 수의 변화를 시장점유율과 가입자 수의 관계에 의해 나타내면 다음의 <그림 1>과 같다.

아래의 <그림 1>로부터 다음의 정리를 얻을 수 있다.



<그림 1> 혼잡효과에 따른 균형 시장점유율의 변화

정리 3. 네트워크 혼잡효과가 대체효과보다 크면 ($d^2 > \frac{4b}{\sigma}$), 가입자수는 시장점유율의 크기에 비례하여 증가하며, 그렇지 않은 경우, 가입자수는 시장점유율의 크기에 반비례한다.

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial \hat{x}}{\partial s} > 0, \text{ 만약 } d^2 > \frac{4b}{\sigma} \\ \frac{\partial \hat{x}}{\partial s} = 0, \text{ 만약 } d^2 = \frac{4b}{\sigma} \\ \frac{\partial \hat{x}}{\partial s} < 0, \text{ 만약 } d^2 < \frac{4b}{\sigma} \end{array} \right.$$

단, \hat{x} 는 네트워크 가입에 대해 가입자 순잉여가 무차별한 한계 소비자를 의미

위의 정리에서 대체효과는 가격상승에 의한 수요변화(b)와 망대체 비용에 의한 가입자 대체효과(σ)를 모두 포함한 개념이라 볼 수 있다. 위의 정리 3을 보면, 시장점유율 변화에 따라 균형 가입자 수는 혼잡효과와 대체효과의 상대적 크기에 따라 달라진다는 것을 알 수 있다. 이는 혼잡효과가 대체효과에 비해 매우 크다면 ($d^2 > \frac{6b}{\sigma}$), 균형 시장점유율이 존재하지 않는다는 것을 시사해 준다고 볼 수 있다. 왜냐하면 이는 시장점유율 변화에 따른 가입자 변화의 기울기가 1보다 크면서 동시에 점(1/2, 1/2)을 지난다는 것으로부터 시장점유율이 1/2를 벗어나면, 다시 균형점으로 돌아오지 않는다는 것을 의미하기 때문이다. 시장점유율이 1/2를 초과하게 되면, 가입자 수가 계속 증가하며, 가입자 수가 1/2이하로 떨어지면, 가입자수는 계속 감소한다는 것이다.

현재 시장점유율이 1/2이상인 경우, <그림 1>로부터 가입자 수는 현재의 시장점유율보다 많게 된다. 따라서 실제 시장점유율은 현재 시장점유율보다 커지게 되며, 이는 다시 가입자 수

를 자꾸 증가시키게 된다는 것을 알 수 있다. 그러나, $d^2 = \frac{6b}{\sigma}$ 이라면 어떠한 시장점유율에 대해서도 항상 균형이 성립한다. 균형해가 무수히 많다는 것이다.

한편 혼잡효과가 대체효과에 비해 충분히 적다면, 다시 말해 $d^2 < \frac{6b}{\sigma}$ 라면, 시장점유율은 1/2로서 균형이 존재하게 된다. 만약 현재 시장점유율이 1/2보다 크다면, 가입자 수는 시장점유율보다 적게 될 것이고, 실제 시장점유율이 현재 시장점유율보다 적게 된다면, 가입자 수는 계속 감소하게 될 것이기 때문에 결국 동일한 시장점유율 1/2에서 이러한 움직임은 멈추게 된다.

이러한 결과는 시장점유율변화에 따른 순 소비자 잉여의 차이변화를 살펴보면 쉽게 알 수 있다. 두 네트워크의 소비자 잉여의 차이를 구해보면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \Delta cs &= w_1 - w_2 - (2s - 1) \frac{1}{2\sigma} \\ &= v(p_1) - v(p_2) - (r_1 - r_2) - (2s - 1) \frac{1}{2\sigma} \\ &= 2s \left(\frac{d^2}{4b} - \frac{1}{\sigma} \right) - \left(\frac{d^2}{4b} - \frac{1}{\sigma} \right) - (2s - 1) \frac{1}{2\sigma} \\ &= (2s - 1) \left(\frac{d^2}{4b} - \frac{3}{2\sigma} \right) \end{aligned} \quad (13)$$

위의 식 (13)을 보면, 혼잡효과가 대체효과보다 충분히 큰 경우($d^2 > \frac{6b}{\sigma}$), 시장점유율이 1/2보다 큰 값에서는 순 소비자잉여가 증가되어 네트워크 1의 가입자가 항상 증가한다. 또한 시장점유율이 1/2보다 적은 수준에서는 순 소비자잉여가 감소되어 시장점유율이 자꾸만 감소하게 된다. 시장점유율이 정확하게 1/2이 되면 더 이상의 가입자의 변화는 없게 된다. 따라서 혼

잡효과가 충분히 큰 경우에는 균형 시장점유율이 존재하지 않는다고 볼 수 있다.

혼잡효과보다 대체효과가 크다는 것은 혼잡효과에 의한 가입자의 기본료의 인하효과가 가격상승이나 망대체효과에 의한 소비자 잉여감소보다 크다는 것을 의미한다. 혼잡효과가 큰 경우에는 정리 2에 의해 시장점유율 증대는 기본료를 낮추고 소비자 잉여를 증가시킨다. 반면 시장점유율이 큰 수준에서 혼잡비용은 사용당 가격을 증가시켜 소비자 잉여를 감소시키게 된다. 후자의 효과는 b 가 작을 수록 커진다. 또한 망대체비용 증가에 의한 가입자 대체효과(σ)는 기본료에 또한 영향을 미친다. 높은 수준의 시장점유율하에서는 가입자 대체효과가 클 수록 기본료를 줄게 된다. 따라서 전체적으로 보면, 혼잡효과에 의한 소비자 잉여의 증가가 대체효과에 의한 소비자 잉여의 감소보다 크다고 볼 수 있다.

그러나 시장 점유율이 1/2수준이하인 경우에는 위의 효과가 전부 반대로 작용한다. 즉, 혼잡효과가 대체효과보다 충분히 큰 경우 소비자 잉여는 줄어든다. 따라서 시장점유율은 계속 줄어들게 된다. 지금까지의 논의를 정리하면 다음과 같다.

정리 4. 혼잡효과가 대체효과보다 충분히 작은 경우($d^2 < \frac{6b}{\sigma}$), 균형 시장점유율은 1/2

이며, 혼잡효과가 충분히 크면 균형 시장점유율은 존재하지 않는다.

한편, 가입자를 증가시키는 것이 기업의 이윤을 항상 증가시키지는 않을 것이다. 왜냐하면 네트워크 혼잡을 초래할 것이며, 사용당 요금을 올리는 대신 가입자에게 그만큼을 기본료로 할 인헤 주어야 하기 때문이다. 따라서 네트워크

혼잡효과 크기에 따라 시장점유율이 기업의 이윤에 미치는 영향은 다를 것이다. 시장점유율 변화에 따른 기업의 이윤변화를 보기 위해 식 (10)과 식 (11)을 식 (9)에 대입하여 정리하면 네트워크 1의 이윤은 다음과 같다.

$$\pi_1 = \frac{s^2}{\sigma} + s^2 d(q_1 - q_2) - f(k_1) \quad (14)$$

수요함수가 앞에서 본 바와 같이 주어진 경우, 네트워크 1의 이윤극대화를 위한 시장점유율은 다음을 만족시킨다.

$$2s\left(\frac{1}{\sigma} + d(q_1 - q_2)\right) + s^2 d^2(q'_1 + q'_2) = 0 \quad (15)$$

위의 식 (15)에 수요함수를 대입해서 시장점유율에 대한 일계조건을 구해 풀어보면 시장점유율은 다음과 같다.

$$s^* = \frac{1}{2} - \frac{1}{6d^2} \left(d^2 - \frac{4b}{\sigma}\right)$$

이것으로부터 다음의 정리를 얻을 수 있다.

정리 5. 혼잡효과가 상대적으로 클 수록 각 네트워크는 보다 적은 시장점유율을 확보하려 할 것이다.

$$\left\{ \begin{array}{l} s^* < \frac{1}{2}, \text{ 만약 } d^2 > \frac{4b}{\sigma} \\ s^* = \frac{1}{2}, \text{ 만약 } d^2 = \frac{4b}{\sigma} \\ s^* > \frac{1}{2}, \text{ 만약 } d^2 < \frac{4b}{\sigma} \end{array} \right.$$

위의 정리 4에 의해 혼잡효과가 충분히 큰 경우($d^2 > 4b$), 네트워크 사업자는 시장점유율을 보다 감소하려한다는 것을 알 수 있다. 다시 말

하면, 혼잡효과가 충분히 큰 경우, 네트워크의 크기를 $\frac{1}{2}$ 보다 크게 가져가게 되면 기본료 수익의 다량 감소로 인해 이윤이 줄어들 것이므로, 네트워크 크기를 줄이려고 할 것이다. 여기서 한 가지 중요한 것은 소매요금이 혼잡비용과 시장점유율에 의해 결정된다는 것이다. 가격은 시장점유율이 큰 경우 혼잡효과가 클 수록 증가한다. 그러나 기본료는 혼잡효과와 대체효과에 의해 결정되는데, 혼잡효과가 클수록, 그리고 대체효과가 작을수록 줄어든다. 따라서 네트워크 사업자는 혼잡효과가 큰 경우, 목표로 하는 시장점유율을 전략적으로 작게 가져가기를 원할 것이다. 이는 다음과 같이 설명이 가능하다.

소매요금이 시장점유율의 함수이기 때문에, 이윤은 시장점유율에 전적으로 달려있음을 알 수 있다. 시장점유율이 증가하면 두 가지 변화가 복합적으로 작용한다. 첫째, 시장점유율이 증가하면, 사용당 요금이 상승한다. 이는 시장점유율 증대에 따라 발생하는 망 혼잡비용을 소매요금으로 보전하기 때문이다. 둘째, 기본료의 변화이다. 기본료는 시장점유율이 증대함에 따라 한쪽방향으로 변화하지 않는다. 시장점유율 증대를 위해서는 소비자의 후생을 증대시켜주어야 하는데, 이 때 발생하는 후생의 증가분에 해당하는 수입의 감소를 보전하기 위해 기본료를 증대시켜야 한다. 또한 시장점유율 증대는 최적소매요금 결정과정에서 사용당 요금을 증대시켜 망 사용당 이윤을 증대시키기 때문에 이 만큼을 기본료 결정과정에서 기본료를 할인해 주어야 한다. 한편 시장점유율 증대는 사용량 증대로 인한 혼잡비용을 추가적으로 발생하기 때문에 기본료로 혼잡비용을 또한 보전해야 한다.

각 네트워크 사업자가 시장점유율을 통해 얻는 이윤은 기본료 수익 중에서 가입자를 유치하

기 위해 (망 대체) 보장해 준 후생의 증가분에 상당하는 수익과 사용량 증대에 의한 혼잡비용 부분으로 축약된다. 전자는 시장점유율이 높을 수록 증가하지만 후자는 시장점유율의 크기에 따라 달라진다. 전자는 가입자대체비용이고 ($\frac{s}{\sigma}$) 이고 후자는 혼잡비용 ($sd(q_1 - q_2)$)이다. 가입자 대체비용은 혼잡효과와 상관없이 시장점유율이 증가할 수록 상승하지만, 시장점유율 증대가 혼잡비용에 미치는 영향은 혼잡효과에 따라 달라진다. 혼잡비용의 구성은 기본료 수입구조와 관련 있으며, 기본료는 혼잡비용이 클 수록 감소하며, 혼잡비용이 적을 수록 증가한다. 여기서 기본료 수익은 가입자 하나가 대체됨으로써 사용량이 증대함에 따라 추가적으로 발생하는 순 혼잡비용이다. 가입자를 추가적으로 유치하게 되면 자사 사용량이 증가되어 혼잡비용이 증가하지만 타사 사용자가 감소함으로써 혼잡비용이 감소하기도 한다. 시장점유율이 증가하게 되면 자사의 사용량이 늘어나 혼잡비용이 증가하는 효과가 있는 반면, 사용량 요금이 증가하여 자사 사용량이 줄어 혼잡비용이 낮아지는 효과도 있다. 또한 타사 사용량은 시장점유율 증가에 따라 증가하게 되어 혼잡비용의 감소를 초래한다. 혼잡효과가 충분히 큰 경우는 시장점유율 증대로 인한 전체적인 혼잡비용이 줄어들고 기본료 수익이 줄어들어 결국, 기업의 이윤이 줄게 된다. 이는 네트워크 제공자가 추가적으로 가입자를 확보하게 되면 타사의 요금을 낮추게 함으로써 타사 가입자의 사용량 증가를 가져와 (이는 혼잡비용감소를 초래) 기본료 수입이 감소된다는 것을 의미한다. 따라서 혼잡효과가 가입자 대체효과보다 상대적으로 큰 경우에는 시장점유율을 적게 유지하려는 경향이 있다고 할 수 있다. 이것으로부터 다음의 정리를 얻을 수 있다.

정리 6. 혼잡도가 충분히 크다면, 네트워크 사업자는 시장점유율을 상대적으로 적게 유지하려고 할 것이며, 혼잡도가 충분히 작으면, 시장점유율을 보다 많이 확보하려 할 것이다.

3.3 망용량(network capacity) 결정

다음으로 장기적인 관점에서 기업이 망용량을 결정할 수 있다고 할 때 최적 망 용량을 결정해 보도록 한다. 식 (14)로부터 네트워크 사업자는 망용량을 최대한 적게 하려고 한다는 것을 알 수 있다. 이는 망용량 증대로 인한 혼잡의 감소혜택이 기업의 입장에서는 전혀 없기 때문이라고 할 수 있다. 왜냐하면 망혼잡에 따른 소비자들의 후생감소분은 기본료에 의해 다시 보상받기 때문이다. 따라서 망용량 결정을 기업의 자유로운 의사에 맡겨 둘 경우, 균형이 존재하지 않는다는 것을 보여준다. 이러한 것을 방지하기 위해서는 상호정산을 의무화 하는 것이 중요하다고 할 수 있다. 다음 절에서는 상호정산이 있는 경우, 가격과 시장점유율 및 망용량 결정을 살펴볼 것이다.

4. 상호정산하에서의 가격 및 시장점유율 결정

지금까지는 네트워크간 상호정산을 하지 않는 모형을 분석하였다. 이 절에서는 동등접속료 적용시 앞에서 분석한 결과들이 어떻게 달라지는 지 살펴볼 것이다. 인터넷 망사업자는 접속이용 사업자의 초과망 사용량을 기준으로 접속료를 계산한다. 즉, 네트워크 1은 다음과 같은 접속료 순수입을 얻을 수 있게 된다.

$$a[((1-s)q_2 - k_2) - (sq_1 - k_1)]$$

각 기업은 먼저 용량 k_i 가 주어진 상태에서 가격(p_i, r_i)을 비협조적으로 결정한다. 각 기업의 이윤을 p_i 와 w_i 에 대해 정리하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \pi_1 &= s(p_1 - c)q(p_1) + s(v_1 - w_1 - TD - f) \\ &\quad + a[((1-s)q_2 - k_2) - (sq_1 - k_1)] - f(k_1) \\ \pi_2 &= (1-s)(p_2 - c)q(p_2) + (1-s)(v_2 - w_2 - TD \\ &\quad - f) + a[(sq_1 - k_1) - ((1-s)q_2 - k_2)] - f(k_2) \end{aligned}$$

이윤최대화 일계조건을 구하면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} \frac{\partial \pi_1}{\partial p_1} &= s[(p_1 - c) - (a+d)]q'(p_1) = 0 \\ \frac{\partial \pi_2}{\partial p_2} &= (1-s)[(p_2 - c) - (1-s)(a+d)]q'(p_2) = 0 \\ \frac{\partial \pi_1}{\partial w_1} &= -s + \sigma[(p_1 - c)q(p_1) + (v_1 - w_1 - TD - f) \\ &\quad - s((a+d)q_1 + (a-d)q_2)] = 0 \\ \frac{\partial \pi_2}{\partial w_2} &= -(1-s) - \sigma[-(p_2 - c)q(p_2) \\ &\quad - (v_2 - w_2 - TD - f) - (1-s) \\ &\quad ((a+d)q_1 + (a-d)q_2)] = 0 \end{aligned}$$

위의 일계조건으로부터 다음을 얻을 수 있다.

$$\begin{aligned} p_1 &= c + s(d+a) \\ p_2 &= c + (1-s)(d+a) \end{aligned} \quad (16)$$

무정산의 경우와 다른 것은 요금이 한계혼잡비용이외에 지불접속료를 고려한다는 것이다. 시장점유율이 클 수록 망 사용당 혼잡비용이 크므로 시장점유율이 높은 기업의 사용당 요금이 높다는 것을 알 수 있다.

한편, 위의 일계조건을 이용하여, 기본료를 구해 보면 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 r_1 &= f - (p_1 - c)q_1 + \frac{s}{\sigma} + s((a+d)q_1 + (a-d)q_2) \\
 &= f + \frac{s}{\sigma} + s(a-d)q_2 \\
 r_2 &= f - (p_2 - c)q_2 + \frac{1-s}{\sigma} + (1-s)((a+d)q_1 \\
 &\quad + (a-d)q_2) = f + \frac{1-s}{\sigma} + (1-s)(a-d)q_1 \quad (17)
 \end{aligned}$$

위 식에 의하면, 기본료의 결정요인은 무정산 경우에서 언급한 것과 유사하지만 4가지 요인 중 마지막 네 번째 요인에서 차이가 있다. 네 번째 요인은 가입자 하나를 추가적으로 유치함으로써 사용량이 증대함에 따라 추가적으로 발생하는 순혼잡비용(혼잡비용-접속료)의 감소이다. 이러한 순혼잡비용의 감소는 기본료를 인하시키는 요인으로 작용한다. 가입자를 추가적으로 유치할 경우 혼잡비용이 감소하는 반면 접속료 수익 또한 감소한다. 따라서 기본료를 통해 감소되는 접속료 수익을 보전해야 한다. 결국, 무정산인 경우에는 혼잡비용은 망 사용에 따른 이윤의 증가에 의해 상쇄되어 전체 혼잡비용이 감소되기 때문에 기본료는 혼잡효과가 없는 경우에 비해 인하되었지만 상호정산이 이루어지는 상황하에서는 명확하지 않다. 따라서, 타사 가입자의 사용량 증가로 혼잡비용의 감소는 기본료 인하의 요인이 되며, 접속수익의 감소는 기본료의 인상요인이 된다. 따라서 상호정산이 이루어지는 경우에 있어서는, 혼잡효과가 없는 경우에 비해 기본료의 증감여부를 판단하기 힘들다. 위의 식 (15)에서 보면 접속료와 혼잡도의 상대적인 크기에 의해 결정된다. 이를 정리하면 다음과 같다.

정리 7. 동등접속료에 의해 상호정산이 이루어질 경우 기본료는 동일한 시장점유율 하에서 혼잡효과가 없는 경우에 비교

하여, 혼잡도가 접속료 보다 상대적으로 더 클 경우 감소한다.

이제 최적시장점유율과 접속료 수준을 구하기 위해 식 (14)와 식 (15)를 기업의 이윤함수에 대입하여 정리하면 네트워크 1의 이윤함수는 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 \pi_1 &= \frac{s^2}{\sigma} + s^2[(a+d)q_1 + (a-d)q_2] - a(sq_1 - k_1) \\
 &\quad + a((1-s)q_2 - k_2) - f(k_1) \quad (18)
 \end{aligned}$$

식 (18)을 보면, 네트워크 사업자의 이윤은 시장점유율과 접속료 관련 부문으로 구분할 수 있다. 시장점유율과 관련된 이윤은 가입자 유지를 위해 가입자 후생의 손실을 보전하는 것과 가입자 대체에 따른 접속료 변화와 혼잡비용 변화를 기본료로 보전하는 부문이다.¹²⁾ 두 번째 부문은 망사용에 따른 순접속료 수익이다.

망 용량이 주어졌을 때, 이윤을 최대화 시키는 시장점유율과 접속료 수준을 구하기 위해 일계조건을 구해 보면 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial \pi_1}{\partial s} &= \frac{2s}{\sigma} + 2s[(a+d)q_1 + (a-d)q_2] \\
 &\quad + s^2[(a+d)^2q'_1 - (a^2 - d^2)q'_2] - a[(q_1 + q_2) \\
 \frac{\partial \pi_1}{\partial a} &= s^2[s(a+d)q'_1 + (1-s)(a-d)q'_2] \\
 &\quad + [(1-s)q_2 - k_2 - (sq_1 - k_1)] \\
 &\quad + a[(1-s)^2q'_2 - s^2q'_1] = 0
 \end{aligned}$$

시장점유율관련 식 중에서 첫 부분은 위에서 설명한 바와 같이 가입자 하나 유치하는데 따른 기본료 순수익(기본료에서 가입자비용을 뺀 부

12) 전체 이윤증에서 망 사용당 이윤은 가입자의 유치를 위해 할인된 기본료에 의해 완전히 상쇄된다.

문) 중에서 사용당 요금변화에 따라 기존 가입자를 유지하기 위해 보장하는 소비자 잉여와 사용량 변화에 따른 접속료 혼잡비용의 변화이다. 두 번째 부분은 가입자 증가에 의한 접속료 수익의 변화이다.

앞에서와 동일한 방법으로 선형 수요함수를 상정해 일계조건을 구하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \frac{2s}{\sigma} + 2s \left[\frac{a}{2b} (2(l-c) - (a+d)) + \frac{d}{2b} (a+d)(1-2s) \right] \\ - s^2 \frac{d(a+d)}{b} - a \frac{(l-c) - (a+d)}{b} = 0 \\ - \frac{s^2}{2b} (a + (2s-1)d) + \frac{(1-2s)}{2b} (l-c - (a+d)) \\ + k_1 - k_2 + a \frac{(2s-1)}{2b} = 0 \end{aligned}$$

이것을 다시 정리하면 다음과 같다.

$$6\sigma d(a+d)s^2 + s[2(a^2-d^2)\sigma - 4\sigma a(l-c) - 4b] + 2\sigma a[(l-c) - (a+d)] = 0 \quad (19)$$

$$\begin{aligned} a \left(-\frac{s^2}{2b} + \frac{2s-1}{b} \right) - \frac{s^2}{2b} (2s-1)d \\ + \frac{1-2s}{2b} (l-c-d) + k_1 - k_2 = 0 \end{aligned} \quad (20)$$

균형 시장점유율을 구해보면 다음과 같다.

$$s = (2s-1) \left[\sigma \left(\frac{(a+d)^2}{4b} - \frac{a(l-c)}{b} \right) - 1 \right] + \frac{1}{2} \quad (21)$$

$$s = \frac{\sigma((a+d)^2 - 4a(l-c) - 6b)}{2[\sigma((a+d)^2 - 4a(l-c) - 6b)]} = \frac{1}{2}$$

정리 4와 같은 논리에 의해 혼잡효과가 상대적으로 대체효과에 비해 충분히 작은 경우에 균형시장점유율은 존재하며, 그 때의 균형시장점유율은 1/2이 된다. 따라서 시장점유율은 접속

료 수준에 의해 영향을 받지 않는다.

시장점유율이 1/2인 경우, 접속료는 식 (20)로부터

$$a = 8b(k_1 - k_2) \text{이 된다.}$$

접속료는 두 네트워크의 망용량 차이에 의해 영향을 받는다는 사실을 알 수 있다. 자사 네트워크의 망용량이 클 수록, 접속료는 증가하고, 타사 망 용량이 상대적으로 클 수록 감소하게 된다. 자사 네트워크의 망용량이 크면 순접속료 수익이 증가할 것이기 때문에 접속료를 보다 증가시킴으로써 이윤을 증대할 수 있다. 반대로 타사망 용량이 더 크면 순 접속료 수익이 감소할 것이다.

한편, 기업의 망용량 결정과정은 식 (18)로부터 다음과 같이 도출할 수 있다.

$$a = f'(k)$$

망용량 증가에 따라 추가적을 발생하는 접속료 수익이 망 증대에 따른 한계비용과 일치하는 점에서 망용량이 결정된다. 따라서 다음의 정리를 얻을 수 있다.

정리 8. 접속료는 자사 네트워크의 망용량이 클 수록, 접속료는 증가하고, 타사망 용량이 상대적으로 클 수록 감소하게 되며, 망 증대에 따른 한계비용과 일치한다.

5. 최적접속료 결정

이제 규제자가 접속료를 결정하는 모형을 살펴해보도록 하자. 먼저 주어진 접속료하에서 기업의 소매가격과 망용량은 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 p_1 &= c + 1/2(d+a) \\
 p_2 &= c + 1/2(d+a) \\
 r_1 &= f - (p_1 - c)q_1 + \frac{1}{2\sigma} + 1/2((a+d)q_1 \\
 &\quad + (a-d)q_2) = f + \frac{1}{2\sigma} + 1/2(a-d)q_2 \\
 r_2 &= f - (p_2 - c)q_2 + \frac{1}{2\sigma} + 1/2((a+d)q_1 \\
 &\quad + (a-d)q_2) = f + \frac{1}{2\sigma} + 1/2(a-d)q_1 \\
 a &= f'(k)
 \end{aligned}$$

위의 식에서 보는 바와 같이 접속료 a 를 혼잡도 d 와 동일하게 결정하면 사회적인 최적인해를 얻을 수 있음을 알 수 있다. 기본료 수준은 $f + \frac{1}{2\sigma}$ 임을 알 수 있다. 이는 한계가입자 비용과 가입자의 망선택비용(t)의 합으로 구성됨을 알 수 있다. 참고로 사회적 최적해는 앞에서 살펴본 바와 같이 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 p_1 &= p_2 = c + d \\
 s &= 1/2 \\
 d &= f'(k)
 \end{aligned}$$

위의 내용으로부터 다음의 정리를 얻을 수 있다.

정리 9. 사회적 최적 접속료는 혼잡도와 동일하게 책정하는 것이며, 기본료는 한계가입자비용과 가입자의 망선택비용의 합으로 구성된다.

위의 정리가 말해 주는 것은 상호정산이 없는 경우, 가입자의 사용량 증대에 따라 발생하는 혼잡비용에 대해서는 기업은 망용량을 증가시켜 혼잡비용을 줄이려고 하는 데는 전혀 관심이 없다는 것이다. 따라서 접속료를 부과하게 되면, 네트워크 사업자는 자사의 망 용량을 증가

시킴으로써 접속료 수익을 증가하려고 할 것이다. 이 때 최적접속료의 수준은 사용량 한단위 증가할 때 발생하는 혼잡비용과 일치하게 된다.

한편, 이러한 접속료는 혼잡이라는 외부성을 내부화할 수 있는 정책적 수단이 될 수 있다. 사회전체적으로 보면 전체 네트워크의 총혼잡비용을 고려하여 의사결정을 하는 것이 바람직하지만, 개별기업들은 자사의 망에서 발생하는 혼잡비용만을 고려하기 때문에 가격이 왜곡될 수 밖에 없다.

6. 결 론

지금까지 네트워크 혼잡이 있는 경우, 기업의 소매요금, 기본료, 시장점유율, 네트워크 용량의 결정과정을 살펴보았다. 네트워크 혼잡이 있는 경우, 그렇지 않는 경우보다 망사용당 요금은 증가하지만 기본료는 낮아진다. 이는 사용량 증가에 따라 혼잡비용이 발생하게 되면, 그만큼 기업의 입장에서 보면 추가적인 비용이 발생하는 것이기 때문이다. 그러나 사용량 가격은 사회적인 최적수준보다 낮게 설정된다. 네트워크 전체의 혼잡비용을 고려하지 않기 때문이다. 기본료는 추가적인 가입자를 확보함에 따라 증가하는 수익인데, 추가적인 가입자를 확보하는데, 그만큼 혼잡비용이 발생하기 때문에 이를 고려해 주어야 한다. 이 경우, 가입자 증가에 따라 전체 혼잡비용은 감소하기 때문에 기본료는 혼잡이 없는 경우보다 낮게 설정이 된다.

한편 상호정산이 있는 경우, 네트워크 사업자는 그렇지 않는 경우보다 사용당 요금과 기본료를 인상할 것이다. 왜냐하면 접속료는 기업의 입장에서 보면 추가적인 비용이기 때문이다. 그러나, 이 경우의 접속료는 자사 네트워크 용량이 상대적으로 클 수록 증가한다. 왜냐하면 순

접속료 수익이 증가할 것이기 때문이다. 따라서 접속료를 혼잡비용과 동일하게 설정해 주면, 소매요금과 망용량 수준은 사회적 최적해와 동일해지게 된다. 이는 외부적 효과를 접속료를 통해 내부화할 수 있다는 것을 의미한다. 이 때 접속료 수준은 망 사용증대에 따른 전체의 혼잡비용과 일치하게 된다.

지금까지의 분석은 동일한 접속료수준을 상정한 것이다. 향후 접속료가 동일하게 결정되지 않는 경우, 보다 더 다양한 결과를 도출할 수 있을 것이다. 또한 혼잡도가 네트워크에 따라 다르거나 사용자에 따라 다른 경우를 상정해 보면 매우 흥미있는 결과를 얻을 수 있을 것이다. 또한 본 논문은 비규제하에서 반독점 행위가 있을 경우 트랜짓 요금에 대한 규제필요성과 요금 책정방안 도입시 의사결정 참고자료로서 가치가 있을 것이다.

참 고 문 헌

- [1] Analysys, ISP Interconnect : Revenue Models for Dial-up Access, 2000.
- [2] Armstrong, M., "Network Interconnection in Telecommunications", *The Economic Journal*, 1998, Vol. 108, pp. 545-564.
- [3] Armstrong, M., Doyle, C., and Vickers, J., "The Access pricing problem", *Journal of Industrial Economics*, 1996, Vol. XLIV, No. 2, pp. 132-150.
- [4] Baake, P. and Wichmann, T., "On the Economics of Internet Peering", *Netnomics*, 1999 Vol. 1, pp. 89-105.
- [5] Besen, S., Milgrom, P., Mitchell, B. and Srinagesh, P., "Advances in Routing Technologies and Internet Agreements", *American Economic Review*, 2001, Vol. 91, No. 2, pp. 292-296.
- [6] 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.
- [7] Economides, N., Lopomo, G. and Woroch, "Strategic Commitments and the Principle of Reciprocity in Interconnection Pricing", mimeo, 1996.
- [8] Jeon, D., Laffont, J.-J., and Tirole, J., "On the Receiver Pays Principle", manuscript, 2001.
- [9] Laffont, J.-J., Marcus, S., Rey, P., and Tirole, J., "Internet Peering", *American Economic Review*, 2001, Vol. 92, pp. 287-291.
- [10] Laffont, J. and Tirole, "Creating Competition Through Interconnection : Theory and Practice", *Journal of Regulatory Economics*, 1996, Vol. 10, pp. 227-256.
- [11] Little, I. and Wright, J., "Peering and Settlement in the Internet : An Economic Analysis", manuscript, 1999.

□ 저자소개

**정 충 영**

1988년 서울대학교 경제학 학
사와 1992년 KAIST 경영과
학 석사 과정 1996년 KAIST
산업경영 박사 과정을 거쳐
1996~2002년 한국전자통신연

구원 기술경영연구소 선임연구원, 2007년 현재
한남대학교 경영학과 부교수, 주요 관심분야는
e-Business, 정보통신정책, 통신망간 상호접속
등이다.