

트래픽 혼잡과 양면시장하에 있는 경쟁적 인터넷망 사업자의 접속료 규제효과

정 충 영*

Internet Interconnection Charge Regulation with Competitive ISPs under Traffic Congestion and Two Sided Market

Choong-young Jung*

요 약

본 논문은 변화하는 접속료 정책을 반영하고 가격신호를 올바르게 작동시켜 최종사용자와 콘텐츠 제공자가 스스로 수요를 관리하거나 그들이 보내거나 받는 트래픽을 조절할 유인을 갖도록 하는 접속료 체계를 정교하게 마련하고 이론적으로 분석한다. 망제공사업자의 투자유인문제를 해결하고 인터넷을 보다 효율적으로 사용하기 위해서는 기존의 정액제 방식의 소매요금외에 혼잡에 따른 비용을 보상하기 위한 추가적인 접속료를 부과하는 규제방식을 제안한다. 이 접속료 방식 도입시 경쟁하에 있는 두 ISP가 CP와 인터넷 이용자에게 부과하는 최적접속료를 도출한 다음 사회후생을 최대화하는 ISP간 상호접속료를 도출한다. 그리고 CP가 스스로 콘텐츠 수량을 조절가능한 경우와 그렇지 않을 경우로 나누어 이들의 효과를 분석한다.

Key Words : internet interconnection, traffic congestion, two-sided market, social welfare, access charge

ABSTRACT

This paper introduces and analyzes new internet access and interconnection charge system to consider incentives to control traffic by price signal issues for internet user and contents provider. This new access charge system solves investment incentive of network provider and encourages efficient use of internet by charging additional access fee to cover congestion cost related with high quality contents service provision. Under this system, first, competitive access charge levied to internet user and contents provider is derived. Second, optimal ISP interconnection charge to maximize social welfare is derived. Finally, this paper analyzes effects in both cases where contents provider can control volume of contents traffic and where not.

I. 서 론

인터넷 트래픽의 성격은 최근에 극적으로 변화했으며 특히 인터넷 트래픽에서 동영상 트래픽이 차지하는 비중이 크게 증가했다. 동영상 스트리밍은 트래픽의 패턴을 전통적인 양방향 통신에서 일방향 콘텐츠

전송으로 변화시키기 때문에 현행 정액제 중심의 인터넷망 요금구조는 이를 수용하기에 적절하지 않을 수 있다. 현재의 정액제 방식의 인터넷 요금체계는 CP와 인터넷 이용자는 트래픽에 따른 요금을 별도로 지불하지 않는다. 이 요금 체계하에서는 동영상과 같이 고품질 서비스의 과도한 트래픽이 일방향으로 전송될

* 본 연구는 2015년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원(NRF-2015S1A5A2A01010884)을 받아 수행되었습니다.

• First Author : Hannam University Department of Business Administration, cyjung@hnu.kr, 정회원

논문번호 : KICS2017-04-095, Received April 3, 2017; Revised June 5, 2017; Accepted June 15, 2017

때 발생하는 추가적인 처리비용을 보상하지 못할 수 있다. 망 중립성 옹호론자는 이러한 고품질의 서비스에 대해 추가적인 요금을 받아서는 안된다는 입장이다.

그러나 현재 트래픽의 입출비율(in-out ratio)이 불균형을 이루어서 발생한 분쟁사례가 증가하고 있으며 (Cogent Communications-FT, Comcast-Level3, Level3-Cogent Communications 등) 이들 분쟁을 조정할 결과 기존 무정산 peering 협약은 유지하고 초과 트래픽에 대해 정산 peering(paid peering)을 도입한 사례가 등장 (Comcast-Level3)하고 있다.^[1] 네트워크 구축비용이 적절한 수입으로 보상받지 못한다면 네트워크 제공자가 네트워크 용량 신규 투자를 고려할 때 투자수익이 불분명해 질 수 있다. 더욱이 현재의 최선 노력형(best effort)모델하에서는 아무리 망용량을 증대시킨다 하더라도 혼잡문제를 해결할 수 없으며, 가격신호를 통해 이용자들이 그들의 행태를 변화시킬 유인을 제공하지 않는 한 추가적인 신규 용량은 다시 추가적인 트래픽에 의해 채워지기 때문에 단지 혼잡만 지연될 뿐이다. 그럼에도 불구하고 이러한 문제를 해결하기 위한 이론적 연구는 현재 활발하게 진행되고 있는 정책적 논의에 비해 전무한 실정이다. 따라서 이러한 문제를 해결하고 트래픽에 기반한 인터넷망간 상호접속료 정산을 반영하고 인터넷 트래픽 방향과 혼잡을 고려하고 양면시장 특성을 고려한 새로운 개념의 접속료 부과에 대한 연구가 필요하다. 본 연구의 필요성은 다음과 같이 정리할 수 있다.

첫째, 현재의 정액제중심의 인터넷 정산(중계접속의 경우)체계하에서는 요금이 네트워크 사용량과는 무관하게 이루어지기 때문에 혼잡을 막으며 인터넷을 유지하는데 필요한 네트워크 사용 대가를 어떠한 방식으로 누구에게 부과할 것인가에 대한 근본적이면서 구조적인 문제가 남아 있다. 프랑스 FT의 경우 ISP들은 대규모 트래픽을 유발하는 CP에 대해 트래픽 접속을 거부하거나 paid peering을 요구하고 있다. 프랑스 정부도 망사업자가 CP에게 과금하는 것을 허용하는 법안을 검토중이라고 했다.^[1] 혼잡을 가중시키는 고품질 서비스 제공이 현재의 최선노력형 모델하에서처럼 적절한 가격신호가 없이 이루어진다면 혼잡에 따른 비용은 네트워크 전송사업자뿐만 아니라 전체 가치사슬에 참여하는 다른 이용주체에게 비용을 전가하게 될 것이며 사용량은 많으나 가치가 낮은 트래픽이 가치가 높은 중요한 트래픽을 구축하는 결과를 초래할 수 있다. 미래창조과학부는 이러한 문제점을 인식하여 2016년 1월에 접속료 산정을 중전의 정액제방식(중계

접속하에서는 하위계위사업자가 상위계위사업자에게 지불하고 직접접속하에서는 동등계위간에 무정산)을 사용량에 기반한 종량제 방식으로 변경하는 개정안을 마련하였다.^[2] 상호접속 대상 사업자에 무선인터넷 망 사업자를 편입하는 등 고시를 수정하면서, 접속료 정산방식을 기존 용량 기준(정액제)에서 데이터를 쓴 트래픽 기준(종량제)으로 변경한 것이다. 따라서 본 연구에서는 이렇게 변화하는 접속료 정책을 반영하고 가격신호를 올바르게 작동시켜 최종사용자와 콘텐츠 제공자가 스스로 수요를 관리하거나 그들이 보내거나 받는 트래픽을 조절할 유인을 갖도록 하는 접속료 체계를 정교하게 이론적으로 분석할 것이다.

둘째, 네트워크 구축비용이 적절한 수입으로 보상받지 못한다면 네트워크 제공자가 네트워크 용량 신규 투자를 고려할 때 투자수익이 불분명해 질 수 있다. 더욱이 현재의 최선노력형(best effort)모델하에서는 아무리 고품질 서비스를 제공한다고 하더라도 망 제공사업자가 그에 상응하는 네트워크 용량을 증설하지 않는다면 혼잡문제를 해결할 수 없기 때문이다. 통신사는 성장 정책과 수익성 저하에 시달리는 한편 인터넷 동영상제공(OTT) 사업자의 대용량 콘텐츠 서비스 확산에 따라 데이터 트래픽의 폭증에도 대비해야 하는 이중고를 겪고 있다.^[3] 따라서 이러한 문제를 해결하고 인터넷을 보다 효율적으로 사용하기 위해서 본 연구에서는 기존의 정액제 방식의 소매요금 이외에 혼잡에 따른 비용을 보상하기 위한 추가적인 접속료를 부과하는 규제방식을 제안할 것이다.

셋째, 과거 무정산 방식의 인터넷망간 상호접속체계는 발신측과 착신측의 불균등한 트래픽흐름을 반영하기엔 문제가 많이 있다. 따라서 동등계위간이라 하더라도 트래픽량에 따라 상호 정산을 해야 한다. CP로부터 인터넷 최종이용자간 비대칭적 트래픽이 과도하게 발생하고 있는 상황하에서 무정산 제도는 무임승차 문제와 하위계위 사업자와 CP들 유치경쟁에 있어 비효율적인 양상을 초래한다는 것이 접속제도 변화의 가장 큰 이유라 할 수 있다.

본 연구는 이러한 필요성을 인지하고 ISP가 고품질 콘텐츠 전송에 대한 대가로 인터넷 이용자와 콘텐츠 제공자에게 접속료를 부과할 수 있도록 하고 ISP간에는 상호접속료를 지불하는 것을 상정함으로써 망제공자와 망이용자 모두가 트래픽량에 기반한 요금에 기반한 의사결정을 할 때 그 효과를 분석하고 있다.

본 논문의 순서는 다음과 같다. 제2절에서는 기존 문헌연구를 통해 기존 연구와 본 연구와의 차별성을 서술할 것이다. 제3절에서는 ISP사업자간 양방향 접

속료 지불 기본모델을 수립하고 분석할 것이다. 제4절에서는 확장모형으로서 콘텐츠 제공자의 콘텐츠 수요가 부과되는 접속료에 대해 비탄력적인 경우 접속료 부과효과가 어떻게 달라질 것인가를 분석할 것이다. 제5절에서는 결론을 맺을 것이다.

II. 기존 문헌 분석

본 연구는 ISP를 플랫폼 사업자로 상정하고 양 끝에 CP와 인터넷 이용자를 양 끝의 그룹으로 하고 있는 양면시장 모델을 근간으로 하고 있다. 또한 두 ISP가 상호경쟁하고 있으며 이들은 상호접속을 통해 자사의 가입자들이 서로 정보를 주고받도록 해주고 있는 상황이다. 본 연구에서는 ISP의 양 끝에 있는 인터넷 이용자와 CP들이 자신이 가입하고 있는 ISP이외에도 타사 ISP에 가입하고 있는 고객들과도 접속이 가능한 상황에서 ISP가 고품질 콘텐츠 전송에 대한 대가로 인터넷 이용자와 콘텐츠 제공자에게 접속료를 부과하고 한편으로 ISP간에는 상호접속료를 지불하는 것을 분석하고 있다.

본 연구는 양면시장을 다루는 다음의 연구와는 차이가 있다.

첫째, Rochet and Tirole(2006)의 연구는 CP와 이용자는 ISP에게 이용약관에 의해 소매요금만을 지불하는 상황을 상정하고 ISP에 접속한 경우 추가적인 접속료를 고려하지 않는다.^[9] 대신 양측 그룹간 망외 부효과가 있는 경우 양면시장의 한 쪽 측에 높은 가격을 부과하고 다른 측에 낮은 가격을 부과하여 가입자수를 늘리는 것과 같은 전략을 구사하는 경우가 흔히 발생하는 것을 보여준다. 그러나 본 연구에서는 소매요금 이외에 ISP에게 접속한 경우 추가적인 접속료를 부과하는 접속료 부과모형을 도입한다는 면에서 차이가 있다.

둘째, Caillaud and Jullien(2003)은 간접 망외부성이 존재할 때 중개업자들 간의 불완전 경쟁을 분석하는 프레임워크를 제시하고 있다.^[6] 이들 모형에서는 중개업자들이 양측으로부터 가입비 이외에 거래가 성사되었을 경우 일정한 중개수수료를 받는 것을 상정하고 있으나 트래픽 증대에 따른 혼잡과 관련된 수수료가 아니고 거래가 성사된 경우에만 수수료를 받는 것으로 되어 있어 트래픽 흐름에 따른 접속료를 부과하는 본 모형과 차이가 있다. 또한 중개사업자간 상호접속을 고려하고 있지 않아 다른 중개업자에 가입한 이용자간 거래를 분석하지 못한다는 면에서 ISP사업자간 상호접속을 고려한 본 연구와는 차이가 있다고

할 수 있다.

셋째, Armstrong(2006)은 플랫폼 양측이 모두 싱글호밍하는 것과 한쪽은 싱글호밍, 다른 측은 멀티호밍하는 경우들을 모두 다루고 있으나 양측이 플랫폼 사업자에게 지불하는 것은 소매요금으로 트래픽 혼잡에 따른 접속료 지불이라는 요소를 고려하지 않고 있으며 플랫폼 사업자간 상호접속을 고려하지 않았다는 것이 본 연구와 큰 차이로 할 수 있다.^[4]

다음으로 양끝의 고객에게 접속료를 부과하는 다음의 연구와는 차이가 있다.

첫째, Cheng, Bandyopadhyay and Guo (2011)은 두 개의 콘텐츠 제공자가 혼잡을 피하기 위해 ISP에게 프리미엄 접속을 위한 요금(접속료)을 지불하는 모형을 분석한다.^[7] 이들은 이러한 요금책정은 망 중립성을 해치며, ISP에게는 혜택을 주지만 콘텐츠 제공자에게는 손해를 준다는 것을 보여준다. 그러나 이 모형은 본 연구에서 중요하게 생각하는 최종이용자의 ISP 접속을 고려하고 있지 못하며, 플랫폼 사업자간 상호접속은 고려되지 않는다.

둘째, Economides and Hermalin(2010)은 망혼잡을 가정함에도 불구하고 망중립성은 대역분할과 서열화보다 우월하다는 것을 보여주며, 예외적인 경우로서 서열화가 바람직한 경우가 있다는 것을 보여주고 있다.^[8] 이들은 또한 망투자 유인이 ISP가 가격을 차별화할 수 있을 때 보다 커지며 이 효과는 망중립성 회피로 인한 후생손실을 뒤집을 수도 있다는 것을 보여준다. 그러나 이들 연구는 본 연구에서 상정하고 있는 ISP간 상호접속을 고려하지 못함으로 인해 ISP가 혼잡에 따른 비용을 CP와 최종이용자로부터 회수할 수 있다는 것을 분석하지 않고 있으며, 트래픽에 따른 접속료 산정이 고려되지 않음으로 인해 ISP의 접속료 부과효과를 과소평가하고 있다.

마지막으로 인터넷 상호접속 모형과의 차별성은 다음과 같이 정리가 가능하다. 기존연구는 플랫폼 사업자간 상호접속문제를 다루기는 하지만 플랫폼 양 끝에 있는 그룹들이 망 혼잡을 야기함으로 인해 플랫폼 사업자의 혼잡비용 발생을 고려하지 않음으로 인해 본 연구와는 다음과 같은 차이가 있다.

첫째, Laffont et. al. (2001, 2003)모형에서는 상호정산을 하되 완전경쟁시장에 있는 사업자간 호혜적 상호접속료 체계(Reciprocal interconnection access system)하에서 ISP 사업자간 접속료의 수준과 소매가격(웹사이트 가격과 이용자 가격)과의 관계를 분석하고 있다.^{[10],[11]} 이 연구의 본 연구와 차이점은 비현실적인 완전경쟁시장을 상정하지 않고 복잡하게 있는 두

사업자간 비협조적 경쟁을 다룬다는 것과 CP(웹사이트)와 인터넷 이용자들이 ISP에 대해 망사용에 따른 접속료를 지불한다는 것이다.

둘째, Besen et. al. (2001)은 ISP간 협상력의 차이에 따라 접속료가 어떻게 결정되는 것인가를 내쉬협상 모형을 사용해 분석한다. 그러나 본 연구는 협상력이 아닌 두 사업자간 비협조적 게임을 상정하고 있다.¹⁵⁾ 그리고 이들 연구는 현재 인터넷망 트래픽을 혼잡하게 하는 CP에 대해서는 전혀 고려하고 있지 않으나 본 연구에서는 CP를 추가적으로 고려하고 있으며 아울러 CP 접속료와 최종이용자 접속료 지불시스템을 추가적으로 도입하고 있다는 특성을 가진다.

셋째, Little and Wright (1999)는 인터넷망 사업자간 무정산 시스템하에서 망 사용가격과 망용량은 사회적 최적해와 일치하지 않기 때문에 사업자간 상호정산시스템 도입을 통해 망을 이용하는 사업자가 망을 제공하는 사업자에게 접속료를 지불해야 한다는 것을 보이고 있다.¹²⁾ 그러나 이 연구는 ISP간 접속료 정산의 필요성을 언급하고 있으며, 망 혼잡의 원인이 되는 CP들을 고려하고 있지 않음으로 인해 인터넷 트래픽의 흐름에 따른 ISP간 정산체계를 설명하지 못하고 있으며 혼잡트래픽에 대해 CP와 최종이용자가 ISP에 대해 부과하는 접속료는 전혀 고려하고 있지 않다. 그러나 본 연구에서는 최종이용자의 단순한 트래픽이 아니라 CP로부터 최종이용자에게 흘러가는 트래픽을 고려하고 이에 따른 접속료를 고려하고 있다는 면에서 차이가 있다.

III. 기본모형

기본모형에서는 두 개의 인터넷 백본망 사업자가 있으며, 각 백본망에는 콘텐츠 제공자와 최종사용자가 접속하고 있다. 기본적인 모형은 Laffont et. al.(2001)을 바탕으로 한다. 이 모형은 인터넷 백본망 사업자간 접속료 정산만을 다루고 있다. 그러나 본 연구에서는 ISP간 접속료 정산뿐만 아니라 CP와 ISP간, 최종이용자와 ISP간 접속료도 함께 다룬다.

ISP 사업자가 CP와 이용자에게 접속료를 부과하는 논리는 다음과 같이 설명할 수 있다. ISP가 CP에게 고품질 인터넷 접속서비스를 제공함으로써 망투자비용이 발생하고 이에 따른 비용을 접속료로 회수하려고 한다. Laffont et. al.(2001) 모형에서 CP들이 ISP에게 지불하는 소매요금은 본 모형에서는 CP가 ISP에게 지불하는 접속료가 되고 이용자들이 ISP에게 지불하는 소매요금은 이용자가 ISP에게 지불하는 접속

료가 된다. 또한 본 모형에서는 최종이용자와 CP가 지불하는 소매요금은 정액제로 ISP에게 지불하는 것을 상정한다. 그리고 이들 모형에서는 백본사업자들은 완전경쟁하에 있다고 상정하지만 본 모형에서는 두 ISP 사업자간에 최종이용자와 CP 유치를 위해 비협조적으로 경쟁하는 것을 상정한다. 실제적으로 CP와 최종이용자는 그동안 부과하지 않는 접속료를 지불하게 되면 지불접속료를 걸잡하기 위해 보다 적은 접속료를 부과하는 ISP를 선택하려 할 것이다.

본 연구에서는 CP와 최종이용자는 부과되는 접속료에 대해 탄력적인 수요를 가지고 있다고 상정한다.¹⁾ 즉 CP는 최종이용자가 요구하는 트래픽과 트래픽당 산정된 접속료를 바탕으로 비용을 ISP에게 지불한다. 콘텐츠 제공자는 ISP가 부과하는 접속료에 따라 콘텐츠의 량을 조절할 수 있다는 것이다. 최종이용자는 산정된 접속료에 근거해서 트래픽을 결정한다. 트래픽은 최종이용자가 요청하면 CP에서 최종이용자에게로 전송된다. 트래픽 전송에 따라 접속료가 부과되는데, 본 연구에서는 CP와 최종이용자 모두에게 부과한다고 가정한다. 이것을 그림으로 표현하면 다음의 그림 1과 같이 나타낼 수 있다.

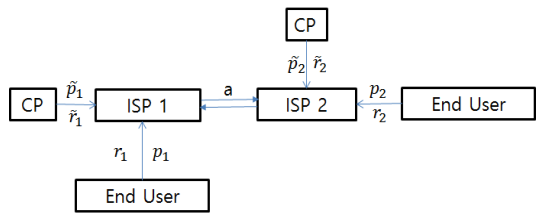


그림 1. 콘텐츠 제공자와 이용자 양측 접속료 부과모델
Fig. 1. Two sided access charging model for internet user and contents provider

3.1 수요구조

본 연구모형에서는 인터넷 백본사업자들이 최종이용자와 CP를 놓고 가입자 유치경쟁을 한다고 상정한다. CP와 이용자들은 ISP를 바꾸는데 따른 전환비용이 있다고 상정한다. ISP들은 호텔링 모델하에서 최종이용자와 CP에 대해 수평적으로 차별화되어 있다. CP와 최종이용자는 각자 위치한 지점에서 ISP 가입을 위해서는 거리단위당 각각 t , \tilde{t} 의 비용을 부담한다.

1) Laffont et. al.(2001) 연구에서는 소매요금 가격에 대해 최종이용자의 수요는 완전 비탄력적이어서 최종이용자는 가격 수준에 상관없이 1단위의 트래픽을 소비한다고 가정하지만 본 연구에서는 트래픽당 부과하는 접속료에 대해서는 탄력적인 수요를 상정한다.

이 비용은 사업자를 대체할 때 발생하는 비용이라 볼 수 있다. 최종이용자와 CP의 각 구성원은 각 사업자에 대해 서로 다른 선호특성을 가지고 있으며 이 특성에 따라 차별화된다고 할 수 있다. 최종 이용자와 CP의 위치는 0에서 1까지의 일양분포를 이루고 있다. ISP_1 은 0에 위치하고 ISP_2 는 1에 위치한다. 그리고 최종이용자는 고품질 서비스 접속에 대해 u_i 의 효용을 얻으며, CP는 콘텐츠 사용료를 이용자에게 부과하지는 않고 대신 콘텐츠 제공에 대해 \tilde{u} 의 혜택을 얻는다고 가정한다. 편의상 CP의 콘텐츠 제공비용은 0이라고 가정한다. 대신 콘텐츠 제공자는 ISP가 부과하는 접속료에 따라 콘텐츠의 량을 조절할 수 있다고 가정한다. 인터넷 이용자와 콘텐츠 제공자는 두 백본 사업자 중 하나에는 가입한다고 가정한다. ISP_1 에 가입하는 이용자와 CP의 가입자 수를 각각 s, \tilde{s} 라 한다. 그리고 사업자간 트래픽흐름 패턴은 균등하다고 가정한다. 즉 최종이용자에게 흘러가는 트래픽은 최종이용자의 수에 비례한다. ISP_i 의 고품질 서비스에 대한 최종가입자 트래픽 수요를 q_i , 최종이용자와 CP가 지불하는 접속료를 각각 p_i, \tilde{p}_i , 소매요금(가입비)을 각각 r_i, \tilde{r}_i , 순효용 w 와 \tilde{w} 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} w_i &= v(p_i) - r_i \\ \tilde{w}_i &= \tilde{v}(\tilde{p}_i) - \tilde{r}_i \end{aligned} \quad (1)$$

기존의 연구에서는 CP가 콘텐츠 수량을 조절할 수 없고 단지 인터넷 이용자가 자신에게 부과되는 요금에 의해 콘텐츠 이용수량을 결정하고 있다. 그러나 본 연구에서는 양측에게 부과되는 요금에 따라 콘텐츠 수량이 결정되는 것을 감안하고 있으며 이러한 모형 하에서는 다음의 값이 결정된다는 것을 알 수 있다.

$$\begin{aligned} v(p_i) &= \tilde{s}v(p_i, \tilde{p}_1) + (1 - \tilde{s})v(p_i, \tilde{p}_2) \\ \tilde{v}(\tilde{p}_i) &= s\tilde{v}(p_1, \tilde{p}_i) + (1 - s)\tilde{v}(p_2, \tilde{p}_i) \\ v(p_i, \tilde{p}_j) &= \max_{q_{ij}} \{u(q_{ij}) - p_i q_{ij}\} \\ \tilde{v}(p_i, \tilde{p}_j) &= \max_{q_{ij}} \{\tilde{u}(q_{ij}) - \tilde{p}_j q_{ij}\} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_{ij} &= q(p_i, \tilde{p}_j) \\ q_i &= \tilde{s}q(p_i, \tilde{p}_1) + (1 - \tilde{s})q(p_i, \tilde{p}_2) \\ \tilde{q}_i &= sq(p_1, \tilde{p}_i) + (1 - s)q(p_2, \tilde{p}_i) \end{aligned}$$

여기서 q_{ij} 는 사업자 i 에 있는 인터넷 가입자가 사업자 j 에 속한 CP 콘텐츠를 이용하는 수량이다.

이러한 상황에서 최종이용자는 x 에 위치하고 CP는 y 에 위치한다고 했을 때 ISP_1 나 ISP_2 에 가입했을 경우 최종이용자와 CP의 순효용이 같아지는 (무차별해 지는) x 와 y 를 구해보면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} w_1 - tx &= w_2 - t(1 - x) \\ \tilde{w}_1 - \tilde{t}y &= \tilde{w}_2 - \tilde{t}(1 - y) \end{aligned}$$

ISP_1 에 가입하는 최종이용자와 CP의 가입자 수 s, \tilde{s} 는 각각 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} s_1 = s &= \frac{1}{2} + \sigma(w_1 - w_2) \quad \text{where } \sigma = \frac{1}{2t} \\ \tilde{s}_1 = \tilde{s} &= \frac{1}{2} + \tilde{\sigma}(\tilde{w}_1 - \tilde{w}_2) \quad \text{where } \tilde{\sigma} = \frac{1}{2\tilde{t}} \end{aligned}$$

3.2 비용구조

비용 c 를 트래픽 혼잡에 따른 한계비용이라고 하자. 트래픽이 인터넷 백본사업자에서 타 인터넷 백본 사업자로 전송될 때 c_o 와 c_t 를 각각 트래픽 발생에 따른 발신훈잡비용과 착신훈잡비용이라고 한다. ($c = c_o + c_t$). 최종이용자와 CP가 ISP에 가입함에 따른 한계비용을 각각 f_i, \tilde{f}_i 라고 상정한다. 본 모델에서는 고품질 서비스 제공에 따른 접속료 부과에 초점을 맞추기 위해 가입자들이나 CP들이 기존의 최선노력형 서비스 이용에 따른 한계비용은 0라고 가정한다.

3.3 비협조적 경쟁하에서 균형값 도출

발신훈잡 접속료 지불방식하에서는 CP를 보유한 인터넷망 사업자가 인터넷 이용자를 보유한 인터넷망 사업자에게 착신훈잡 접속료 a 를 지불한다. 이 경우 ISP_1 은 $(1 - \tilde{s})\tilde{s}q(p_2)a$ 의 접속료 비용이 발생하며 $s(1 - \tilde{s})q(p_1)a$ 의 접속료 수입을 얻는다. 반면 ISP_2 는 $s(1 - \tilde{s})q(p_1)a$ 의 접속료 비용과 $(1 - s)\tilde{s}q(p_2)a$ 의 접속료 수입을 얻게 된다. 두 ISP 사업자간 상호접속료 a 가 주어졌다고 보고 우선 트래픽 이용에 따른

인터넷 사용자와 CP의 접속료와 소매요금 결정을 놓고 비협조적으로 경쟁했을 때의 최적값을 구해 보도록 하자.

비협조적 게임하에서 ISP 사업자의 균형해를 도출한다. ISP들은 다음과 같은 순서에 의해 접속료와 소매가격을 결정한다.

게임의 순서는 다음과 같다.

1단계: ISP들간 접속료 a 는 규제자가 결정하고 이를 주어진 것으로 본다.

2단계: 접속료를 근거로 최종이용자와 CP에게 부과할 접속료 p_i, \tilde{p}_i 와 소매요금 r_i, \tilde{r}_i 를 각각 결정한다.

3단계: 최종이용자와 CP는 접속료 p_i, \tilde{p}_i 와 소매요금 r_i, \tilde{r}_i 에 근거하여 자신이 가입할 사업자를 결정한다. CP 가입자수는 최종이용자의 접속료와 소매요금, 그리고 가입자 수가 결정되면 CP 접속료와 소매가격에 의해 결정된다.

위와 같은 상황하에서 ISP_i 의 이윤을 정리하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \pi_i &= s(q_i p_i + r_i - f_i) + \tilde{s}(\tilde{q}_i \tilde{p}_i + \tilde{r}_i - \tilde{f}_i) \\ &- s\tilde{s}q_{ii}(p_i, \tilde{p}_i)(c_o + c_i) - s(1-\tilde{s})q_{ij}(p_i, \tilde{p}_j)(c_i - a) \\ &- (1-s)\tilde{s}q(p_j, \tilde{p}_i)(c_o + a) \\ &= s[q_i(p_i - (c_i - a)) + r_i - f_i] \\ &+ \tilde{s}[\tilde{q}_i(\tilde{p}_i - (c_o + a)) + \tilde{r}_i - \tilde{f}_i] \end{aligned} \quad (2)$$

기업의 이윤을 기본료 r_i 대신에 w_i 로 표현하여 선택변수를 $p_i, \tilde{p}_i, w_i, \tilde{w}_i$ 로 하면 기업의 이윤은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\begin{aligned} \pi_i &= s_i[(p_i - (c_i - a))q_i + v_i - w_i - f_i] \\ &+ \tilde{s}_i[\tilde{q}_i(\tilde{p}_i - (c_o + a)) + \tilde{v}_i - \tilde{w}_i - \tilde{f}_i] \end{aligned} \quad (3)$$

기업의 이윤을 최대로 하는 최종이용자와 CP의 접속료, 소매요금을 도출하기 위해 먼저 p_i, \tilde{p}_i 에 대한 일계조건을 구하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \frac{\partial \pi_i}{\partial p_i} &= s_i(p_i - (c_i - a))\frac{\partial q_i}{\partial p_i} + \tilde{s}_i(\tilde{p}_i - (c_o + a))\frac{\partial \tilde{q}_i}{\partial p_i} = 0 \\ \frac{\partial \pi_i}{\partial \tilde{p}_i} &= s_i(p_i - (c_i - a))\frac{\partial q_i}{\partial \tilde{p}_i} + \tilde{s}_i(\tilde{p}_i - (c_o + a))\frac{\partial \tilde{q}_i}{\partial \tilde{p}_i} = 0 \end{aligned} \quad (4)$$

또한 w_i, \tilde{w}_i 에 대해 풀면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \sigma[q_i(p_i - (c_i - a)) + v_i - w_i - f_i] - \sigma(w_i - w_j) - \frac{1}{2} &= 0 \\ \tilde{\sigma}[\tilde{q}_i(\tilde{p}_i - (c_o + a)) + \tilde{v}_i - \tilde{w}_i - \tilde{f}_i] - \tilde{\sigma}(\tilde{w}_i - \tilde{w}_j) - \frac{1}{2} &= 0 \end{aligned} \quad (5)$$

위의 식을 연립해서 풀면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} w_i &= \frac{2}{3}[q_i(p_i - (c_i - a)) + v_i - f_i] + \frac{1}{3}[q_j(p_j - (c_i - a)) + v_j - f_j] \\ &- \frac{1}{2\sigma} \\ \tilde{w}_i &= \frac{2}{3}[\tilde{q}_i(\tilde{p}_i - (c_o + a)) + \tilde{v}_i - \tilde{f}_i] + \frac{1}{3}[\tilde{q}_j(\tilde{p}_j - (c_o + a)) + \tilde{v}_j - \tilde{f}_j] \\ &- \frac{1}{2\tilde{\sigma}} \end{aligned} \quad (6)$$

두 ISP는 인터넷 이용자를 많이 확보하기 위해서 경쟁을 할 것이다. 따라서 균형에서는 인터넷 이용자의 순효용 w_i 은 서로 많이 가입자를 확보하기 위해서 순효용을 최대화 되는 수준으로 접속료(p_i)와 가입비(r_i)가 결정 될 것이다.

기업의 비윤 제약을 무시하고 인터넷 가입자의 순효용을 최대화하는 기업의 문제를 풀면 접속료는 다음과 같이 결정될 것이다.

$$p_i = p = c_i - a \quad (7)$$

그리고 식(4)와 식(7)로부터

$$\tilde{p}_i = \tilde{p} = c_o + a \quad (8)$$

임을 알 수 있다. 또한 식(7)과 식(8)로부터

$$q_i = \tilde{q}_i = q \text{임을 알 수 있다.}$$

또한 식(7), 식(8)로부터 인터넷 가입자와 CP제공자의 순효용은 다음과 같이 결정될 것이다.

$$\begin{aligned} w_i &= v - \frac{1}{3}(2f_i + f_j) - \frac{1}{2\sigma} \\ \tilde{w}_i &= \tilde{v} - \frac{1}{3}(2\tilde{f}_i + \tilde{f}_j) - \frac{1}{2\tilde{\sigma}} \end{aligned}$$

이로부터 가입비를 구해보면 다음과 같다.

$$r_i = \frac{1}{3}(2f_i + f_j) + \frac{1}{2\sigma}$$

$$\tilde{r}_i = \frac{1}{3}(2\tilde{f}_i + \tilde{f}_j) + \frac{1}{2\tilde{\sigma}}$$

그리고 기업의 이윤은 다음과 같으며 모두 비율의 제약을 만족시킨다고 할 수 있으며 앞에서 구한 해는 최적해라고 볼 수 있다.

$$\pi_i = s_i(\frac{1}{3}(f_i - f_j) + \frac{1}{2\sigma}) + \tilde{s}_i(\frac{1}{3}(\tilde{f}_i - \tilde{f}_j) + \frac{1}{2\tilde{\sigma}}) = \frac{s_i^2}{\sigma} + \frac{\tilde{s}_i^2}{\tilde{\sigma}} > 0$$

이것으로부터 다음의 정리를 얻을 수 있다.

정리 1. 두 ISP 사업자간 경쟁하에서 최적 접속료는 한계혼잡비용과 인터넷 망사업자간 상호접속료(a) 비용의 합으로 구성된다.

식(7)을 보면 인터넷 가입자의 최적접속료는 착신 혼잡비용(c_i)에다 망간 접속료를 뺀 것으로 결정되는 것을 알 수 있다. 이 경우 한계혼잡비용(c_i)는 자사의 가입자가 타망에 있는 CP에게 접속해 고품질 서비스를 이용할 경우에 발생하는 자사의 비용이라 할 수 있다. 또한 접속료(a)는 인터넷 가입자를 보유한 사업자가 망제공대가로 CP가 속해 있는 타망사업자로부터 받는 망제공 대가이다. 따라서 자사 가입자의 고품질 서비스 이용에 대한 접속료(p_i)는 자사가입자가 타망에 속해있는 CP에 접속해서 콘텐츠를 이용할 때 발생하는 비용과 일치한다는 것을 알 수 있다. 한편 식(8)을 보면 CP에게 부과하는 최적접속료는 발신혼잡비용(c_o)에다 망간 접속료를 더한 것으로 결정된다. 이 경우 한계혼잡비용(c_o)는 타망 가입자가 자사에 있는 CP에게 접속하여 고품질 서비스를 이용할 경우에 발생하는 자사의 비용이라 할 수 있다. 또한 접속료(a)는 CP를 보유한 사업자가 망제공대가로 인터넷 이용자가 속해 있는 타망사업자에게 지불하는 망이용 대가이다. 따라서 자사 CP에 대한 접속료(\tilde{p}_i)는 타망에 있는 가입자가 자사의 CP에게 접속해 고품질 서비스를 이용할 경우에 발생하는 자사의 비용과 일치한다는 것을 보여준다. 한편 망내 인터넷 이용자가 망내 CP의 콘텐츠를 이용할 경우에 발생하는 비용(c)은 망내의 CP와 이용자가 부담하는 접속료의 합($p_i + \tilde{p}_i$)

과 같음을 알 수 있다. 이는 인터넷 사업자가 인터넷 이용자와 CP에게 접속료를 결정할 때 망외로 트래픽이 흘러갈 때 발생하는 비용으로 결정할 때 망내 트래픽 발생에 따른 비용은 자동적으로 회수된다는 것을 의미한다. 이 연구 결과는 Laffont et. al. (2013) 모형의 결과와 유사하다. 차이점은 본 모형에서는 인터넷 사용자와 콘텐츠 제공자가 인터넷 가입비용과 망혼잡에 따른 접속료를 부담한다는 것이다.

한편 위의 식으로부터 시장점유율은 다음과 같이 얻을 수 있다.

$$s = \frac{1}{2} + \frac{\sigma}{3}(f_2 - f_1) = \frac{1}{2} + \sigma(r_2 - r_1) \quad (9)$$

$$\tilde{s} = \frac{1}{2} + \frac{\tilde{\sigma}}{3}(\tilde{f}_2 - \tilde{f}_1) = \frac{1}{2} + \tilde{\sigma}(\tilde{r}_2 - \tilde{r}_1)$$

이것으로부터 다음의 정리 2를 얻을 수 있다.

정리 2. 사업자의 시장점유율은 한계가입비용에 의해 결정되며 한계가입비용이 적을수록 시장점유율은 더 크다. 또 두 사업자간 한계가입비용이 동일하다면 시장점유율과 가입비는 동일하다.

정리 2가 의미하는 것은 가입에 따른 비용(f_i)이 적은 기업이 더 높은 시장점유율을 갖는다는 것을 의미하며 또한 최적 가입비도 적다는 것을 의미한다. 한계가입비용이 서로 다르다면 최종이용자와 CP에게 부과하는 가입비가 서로 달라야 된다는 것을 의미한다. 왜냐하면 두 그룹에게 부과하는 접속료가 동일한 상태에서 한계가입비용에 따라 가입비를 다르게 하는 것이 사업자로서는 균형을 유지하면서 이윤을 최대로 할 수 있기 때문이다.

한편 사업자는 완전경쟁과는 다르게 다음의 이윤을 얻는다. 이는 두 사업자가 거리라는 개념하에서 차별성을 갖고 있기 때문에 그에 따른 이윤을 더 얻는다고 볼 수 있다.

$$\pi_1 = \sigma \left(\frac{1}{3}(f_2 - f_1) + \frac{1}{2\sigma} \right)^2 + \tilde{\sigma} \left(\frac{1}{3}(\tilde{f}_2 - \tilde{f}_1) + \frac{1}{2\tilde{\sigma}} \right)^2 = \frac{s^2}{\sigma} + \frac{\tilde{s}^2}{\tilde{\sigma}}$$

$$\pi_2 = \sigma \left(\frac{1}{3}(f_1 - f_2) + \frac{1}{2\sigma} \right)^2 + \tilde{\sigma} \left(\frac{1}{3}(\tilde{f}_1 - \tilde{f}_2) + \frac{1}{2\tilde{\sigma}} \right)^2 = \frac{(1-s)^2}{\sigma} + \frac{(1-\tilde{s})^2}{\tilde{\sigma}}$$

이로써 다음의 정리를 얻을 수 있다.

정리 3. 인터넷 사업자는 양의 이윤을 얻으며 이윤은 한계가입비용의 상대적 차이와 두 네트워크의 상호대체성에 의해 결정되며 사업자간 상호접속료에는 전혀 영향을 받지 않는다.

정리 3으로부터 한계가입비용이 적은 사업자는 가입비를 보다 적게 부과할 수 있으며 이는 시장점유율을 보다 높일 수 있어 이윤이 보다 클 수 있다는 것을 의미한다. 완전경쟁과는 달리 이부제 요금을 적용하고 있는 시장에서의 경쟁은 가입비 경쟁이며, 가입비는 한계가입비용에 의해 결정된다는 것을 알 수 있다. 또한 본 모형에서 상정하고 있듯이 두 사업자가 위치하고 있는 거리에 따른 비용이 발생하고 이것이 사업자에게는 어느 정도 독점적인 위치를 보장해 주기 때문에 한계가입비용 이외에 추가적인 이윤을 발생시키며 가입비는 이러한 것을 모두 반영한 것이라 할 수 있다. 한편 사업자간 상호접속료는 인터넷 이용자와 콘텐츠 제공자의 접속료 결정에만 영향을 미치며 접속료가 경쟁에 의해 한계비용으로 결정됨으로 말미암아 기본료 수입으로 이윤을 최대화하는 사업자에게는 상호접속료가 이윤에 전혀 영향을 미치지 못함을 알 수 있다.

이제 사회후생을 최대화하는 사업자간 상호접속료 수준을 도출해 보도록 하자.

사회후생은 CP와 이용자 잉여와 두 ISP 사업자 잉여의 합으로 구성된다.

$$SW = cs^{user} + cs^{CP} + \pi_1 + \pi_2$$

여기서

$$\begin{aligned} cs^{user} &= \int_0^s (w_1 - tx) dx + \int_s^1 (w_2 - (1-x)t) dx \\ cs^{CP} &= \int_0^{\tilde{s}} (\tilde{w}_1 - \tilde{t}y) dy + \int_{\tilde{s}}^1 (\tilde{w}_2 - (1-y)\tilde{t}) dy \\ SW &= w + \tilde{w} + st(1-s) - \frac{t}{2} + \tilde{s}\tilde{t}(1-\tilde{s}) - \frac{\tilde{t}}{2} + \pi_1 + \pi_2 \\ &= st(1-s) - \frac{t}{2} + \tilde{s}\tilde{t}(1-\tilde{s}) - \frac{\tilde{t}}{2} \\ &\quad + u(q) - cq - sf_1 - (1-s)f_2 + \tilde{u}(\tilde{q}) - \tilde{s}\tilde{f}_1 - (1-\tilde{s})\tilde{f}_2 \end{aligned} \tag{10}$$

사회적 최적 접속료를 도출하기 위해 사회후생 최대화문제를 콘텐츠 사용량 q 에 대해 풀면 일제조건은 다음과 같다.

$$u'(q) + \tilde{u}'(q) - c = 0$$

한편, $u' = p$, $\tilde{u}' = \tilde{p}$ 이므로 위의 식은 ISP간 접속료 a 에 상관없이 항상 성립한다고 볼 수 있다.

이것으로부터 다음의 정리를 얻을 수 있다.

정리 4. 사업자간 상호접속료는 사회후생에 영향을 미치지 못하고 두 그룹의 접속료에만 영향을 미친다.

따라서 ISP간 착신접속료는 사회후생의 크기에 영향을 미치지 않으면 단지 최종사용자와 CP의 접속료에만 영향을 미친다는 것을 알 수 있다. 착신접속료를 높일 경우 그 영향은 바로 최종이용자의 접속료를 낮추고 CP의 접속료를 높이는 역할을 한다. 이것은 발신측 접속료 지불방식하에서 발신측에서 착신측으로 접속료를 지불하기 때문이다. 착신접속료를 높게 되면 착신사업자의 접속료 수익이 올라가고 발신측 사업자의 비용이 증가하기 때문이다.

IV. 비탄력적인 콘텐츠 수요

지금까지는 콘텐츠 제공자가 ISP에 부담하는 접속료에 대해 탄력적인 것을 상정하였다. 즉, 콘텐츠 제공자는 ISP가 부과하는 접속료에 따라 콘텐츠의 량을 조정할 수 있다는 것이다. 그러나 어떤 경우에는 콘텐츠에 대한 수요가 순전히 인터넷 이용자의 트래픽 수요에 의해 결정되는 경우가 있다. 이 절에서는 CP는 접속료에 대해 완전 비탄력적이고 최종이용자는 접속료에 대해 탄력적인 수요를 가지고 있다고 상정한다. 즉 CP는 최종이용자가 요구하는 트래픽과 트래픽당 CP에게 산정된 접속료를 바탕으로 비용을 ISP에게 지불한다. 이 경우 순효용 w 와 \tilde{w} 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} w_i &= v(p_i) - r_i \\ \tilde{w}_i &= \tilde{u}(\tilde{q}) - \tilde{p}_i\tilde{q} - \tilde{r}_i = \tilde{v}_i - \tilde{r}_i \\ \tilde{q} &= sq(p_1) + (1-s)q(p_2) \end{aligned} \tag{11}$$

여기서

$$\begin{aligned} v(p_i) &= \max_{q_i} \{u(q_i) - p_i q_i\} \\ \tilde{v}_i &= \tilde{u}(\tilde{q}) - \tilde{p}_i\tilde{q} \end{aligned}$$

위와 같은 상황에서 ISP_i 의 이윤을 정리하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \pi_i &= s(q_i p_i + r_i - f_i) + \tilde{s}(\tilde{q}_i \tilde{p}_i + \tilde{r}_i - \tilde{f}_i) - s\tilde{s}q_i(c_o + c_i) \\ &\quad - s(1 - \tilde{s})q_i(c_i - a) - (1 - s)\tilde{s}q_j(c_o + a) \\ &= s[q_i(p_i - (c_i - a)) + r_i - f_i] + \tilde{s}[\tilde{q}_i(\tilde{p}_i - (c_o + a)) \\ &\quad + \tilde{r}_i - \tilde{f}_i] \end{aligned} \quad (12)$$

기업의 이윤을 기본료 r_i 대신에 w_i 로 표현하여 선택변수를 p_i, w_i 로 하면 기업의 이윤은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\pi_i = s_i[(p_i - (c_i - a))q_i + v_i - w_i - f_i] + \tilde{s}_i[\tilde{q}_i(\tilde{p}_i - (c_o + a)) + \tilde{v}_i - \tilde{w}_i - \tilde{f}_i] \quad (13)$$

기업의 이윤을 최대로 하는 최종이용자와 CP의 접속료, 소매요금을 도출하기 위해 먼저 p_i 에 대한 일계조건을 구하면 다음과 같다.

$$\frac{\partial \pi_i}{\partial p_i} = s_i(p_i - (c_i - a)) \frac{\partial q_i}{\partial p_i} + \tilde{s}_i(\tilde{u}'_i - (c_o + a)) \frac{\partial \tilde{q}}{\partial p_i} = 0 \quad (14)$$

여기서 알 수 있는 것은 기업의 이윤은 콘텐츠 사업자 접속료 \tilde{p}_i 의 값에는 영향을 받지 않는다는 것이다. 왜냐하면 콘텐츠 사업자 접속료 변화에 대해 콘텐츠 사업자의 효용은 전혀 영향을 받지 않기 때문이다. 이는 이부제 요금하에서 정액에 해당하는 요금은 사용량에 따른 변동요금인 사업자 접속료의 수준과는 무관하기 때문에 비롯된 것이라고 할 수 따라서 ISP의 입장에서는 이부제 요금을 적용한다고 해도 접속료를 한계비용으로 책정해서 더욱 더 많은 이윤을 취할 가능성은 없다.

또한 w_i, \tilde{w}_i 에 대해 풀면 다음과 같다.

$$\sigma[q_i(p_i - (c_i - a)) + v_i - w_i - f_i] - \sigma(w_i - w_j) - \frac{1}{2} = 0$$

$$\tilde{\sigma}[\tilde{q}_i(\tilde{p}_i - (c_o + a)) + \tilde{v}_i - \tilde{w}_i - \tilde{f}_i] - \tilde{\sigma}(w_i - \tilde{w}_j) - \frac{1}{2} = 0$$

위의 식을 연립해서 풀면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} w_i &= \frac{2}{3}[q_i(p_i - (c_i - a)) + v_i - f_i] + \frac{1}{3}[q_j(p_j - (c_i - a)) \\ &\quad + v_j - f_j] - \frac{1}{2\sigma} \\ \tilde{w}_i &= \frac{2}{3}[\tilde{q}_i(\tilde{p}_i - (c_o + a)) + \tilde{v}_i - \tilde{f}_i] + \frac{1}{3}[\tilde{q}_j(\tilde{p}_j - (c_o + a)) \\ &\quad + \tilde{v}_j - \tilde{f}_j] - \frac{1}{2\tilde{\sigma}} \end{aligned} \quad (15)$$

기업의 비음 제약을 무시하고 인터넷 가입자의 순효용을 최대화하는 기업의 문제를 풀면 접속료는 다음과 같이 결정될 것이다.

$$p_i = p = c_t - a \quad (16)$$

그리고 식(14)와 식(16)으로부터

$$\tilde{u}'_i = c_o + a \quad (17)$$

임을 알 수 있다. 또한 식(7), 식(8)로부터 인터넷 가입자와 CP제공자의 순효용은 다음과 같이 결정될 것이다.

$$\begin{aligned} w_i &= v - \frac{1}{3}(2f_i + f_j) - \frac{1}{2\sigma} \\ \tilde{w}_i &= \tilde{u} - q(c_o + a) - \frac{1}{3}(2\tilde{f}_i + \tilde{f}_j) - \frac{1}{2\tilde{\sigma}} \end{aligned}$$

이로부터 가입비를 구해보면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} r_i &= \frac{1}{3}(2f_i + f_j) + \frac{1}{2\sigma} \\ \tilde{r}_i &= \frac{1}{3}(2\tilde{f}_i + \tilde{f}_j) + \frac{1}{2\tilde{\sigma}} - q(\tilde{p}_i - (c_o + a)) \end{aligned}$$

그리고 기업의 이윤은 다음과 같으며 모두 비음의 제약을 만족시킨다고 할 수 있으며 앞에서 구한 해는 최적해라고 볼 수 있다.

$$\pi_i = s_i(\frac{1}{3}(f_i - f_j) + \frac{1}{2\sigma}) + \tilde{s}_i(\frac{1}{3}(\tilde{f}_i - \tilde{f}_j) + \frac{1}{2\tilde{\sigma}}) = \frac{s_i^2}{\sigma} + \frac{\tilde{s}_i^2}{\tilde{\sigma}} > 0$$

이것으로부터 다음의 정리를 얻을 수 있다.

정리 5. 콘텐츠에 대한 비탄력적 수요가 있는 경우 ISP간 접속료 a 는 유일하게 결정되며 콘텐츠 제공자

의 트래픽에 따른 한계효용에서 한계혼잡발신비용을 뺀 값에 의해 결정된다.

위의 식 (17)로부터 ISP간 접속료 a 는 $\tilde{u}'_i - c_o$ 임을 알 수 있으며, 인터넷 사용자에게 부과하는 접속료 p 는 $c_t - a = c - \tilde{u}'$ 임을 알 수 있다.

정리 5는 ISP간 접속료는 인터넷 사용자가 부담하는 접속료(p)의 크기에 영향을 미치며, 따라서 ISP 사업자는 ISP간 상호접속료의 크기에 따라 이윤이 달라진다. 사업자간 접속료가 커지면 접속료 수입이 커질 것이기 때문에 경쟁하에 있는 사업자는 이용자 접속료를 증대시키려 할 것이다. 한편 이용자 접속료는 인터넷 이용자뿐만 아니라 콘텐츠 사용량에도 영향을 미쳐 콘텐츠 사업자로부터의 수입에도 영향을 미칠 것이다. 이러한 것을 모두 감안하면 ISP간 사업자 접속료는 최적인 지점이 존재할 것이다. 그 지점이 정리 5에서 보여준 수준이 될 것이다. 만약 정리 5에서 보여준 수준보다 a 가 크다면 인터넷 이용자 접속료 p 는 너무 과소하게 결정되는 것이기 때문에 사업자간 접속료 a 를 낮춤으로써 이윤을 증가시킬 수 있을 것이다. 반대로 a 가 작다면 인터넷 이용자 접속료 p 는 너무 과다하게 결정되는 것이기 때문에 사업자간 접속료 a 를 높임으로써 이윤을 증가시킬 수 있을 것이다.

이러한 결과는 인터넷 이용자와 콘텐츠 제공자 트래픽이 접속료의 크기에 탄력적인 경우와는 다르다. 접속료(p, \tilde{p})에 대해 탄력적인 경우에는 비협조적 경쟁하에서 이용자 접속료는 한계착신비용에서 ISP간 접속료를 제한 값을, 콘텐츠 사업자 접속료는 한계발신비용에다 ISP간 접속료를 더한 값으로 결정된다. 그리고 사업자의 이윤은 ISP간 상호접속료의 값에 전혀 영향을 받지 않는다. 그러나 콘텐츠 제공자가 그 접속료에 대해 비탄력적인 경우는 ISP 사업자의 이윤은 상호접속료 a 에 영향을 받아 서로의 이윤을 최대화하는 값으로 결정된다. 이는 ISP 사업자들은 이용자 측의 요금을 통해서 경쟁할 수밖에 없으며 이용자 측의 접속료는 이용자 트래픽뿐만 아니라 콘텐츠 제공자 트래픽에도 동시에 영향을 미치기 때문이다. 이용자 측 접속료는 한계착신비용에서 ISP간 접속료를 제한 값으로 결정하는 것이 최적이며 이 값은 또한 콘텐츠 제공자 트래픽에도 영향을 미쳐 결국 ISP간 상호접속료가 콘텐츠 제공자의 트래픽에 영향을 미치게 된다. 사업간 최적 상호접속료는 콘텐츠 제공자의 한

계효용에서 한계발신혼잡비용을 뺀 값으로 결정되는 것이다. 이제 사회후생은 탄력적인 콘텐츠 수요를 가지는 경우와 동일하며 따라서 사회적 최적 접속료를 도출하기 위해 사회후생 최대화문제를 콘텐츠 사용량 q 에 대해 풀면 일계조건은 다음과 같다.

$$u'(q) + \tilde{u}'(q) - c = 0$$

$u' = p$ 이므로 ISP간 접속료 a 는 경쟁하에서 결정되는 사업자간 접속료와 동일하다는 것을 알 수 있다. 이것으로부터 다음의 정리를 얻을 수 있다.

정리 6. 사업자간 사회적 최적 접속료는 경쟁하의 접속료와 동일하게 결정된다.

정리 6이 의미하는 것은 ISP 사업자가 이부제 요금을 통해 경쟁하는 사업자간 접속료는 사회적 최적수준과 동일하며 가격은 이러한 접속료 수준하에서 경쟁적으로 결정된다는 것을 의미한다. 이 경우에는 규제자가 접속료 수준을 결정하지 않는다 하더라도 경쟁에 맡겨두면 사업자간 접속료는 사회적 최적상태에 도달한다는 것을 의미한다.

V. 결 론

지금까지 콘텐츠 제공자와 인터넷 사용자가 양 끝단에 ISP의 가입자로 있는 경우, 두 개의 ISP 사업자가 자사의 가입자에게 고품질서비스를 제공하기 위해 이용자와 콘텐츠 사업자에게 경쟁적 요금을 책정하는 과정을 분석하였다. 사업자는 각 가입자에게 가입비와 고품질 서비스 제공에 따른 접속료를 부과하며 양 끝단의 가입자는 자신이 얻는 순 후생의 크기에 따라 사업자를 선택하며 순 후생에는 요금이외에 사업자간 대체성을 나타내는 사업자간 차별화 정도가 포함되어 있다.

본 분석을 통해 다음의 주요한 결과를 도출하였다. 첫째, 두 ISP 사업자간 경쟁하에서 최적 접속료는 한계혼잡비용과 인터넷 망사업자간 상호접속료(a) 비용의 합으로 구성된다. 이 결과는 두 ISP간 인터넷 가입자와 콘텐츠 제공자를 유치하기 위해 경쟁을 할 때, 완전경쟁이 아니더라도 이부제 요금체제하에서 경쟁을 하게 되는 경우에는 인터넷 접속에 대해 이용자와 콘텐츠 제공자 모두 접속료에 대해 탄력적인 상황에서 완전경쟁의 경우와 같은 결과를 보여준다는 것

을 의미한다. 이는 경쟁하는 두 ISP가 이용자가 위치해 있는 거리에 따른 차별화가 있는 경우라 하더라도 혼잡에 따른 추가적인 접속료와 가입비를 모두 부과할 경우 경쟁의 결과는 사회적 최적상태와 동일하다는 것을 의미한다.

둘째, 사업자의 시장점유율은 한계가입비용에 의해 결정되며 한계가입비용이 적을수록 시장점유율은 더 크다. 또 두 사업자간 한계가입비용이 동일하다면 시장점유율과 가입비는 동일하다. 이는 두 사업자의 비용효율성과 관련되어 있으며 가입에 따른 비용이 적은 사업자가 보다 많은 가입자를 확보한다는 것을 의미한다. 접속료는 한계혼잡비용과 인터넷망간 상호접속료에 의해 결정되어 두 사업자간 동일한 값으로 결정되지만 가입비는 한계가입비용에 의해 결정되고 두 사업자간 비용에 차이가 있다면 보다 효율적인 사업자가 보다 많은 가입자를 확보할 것이다. 그러나 하나의 사업자에 실흘현상이 발생하지 않는 것은 두 사업자간에는 위치거리에 따른 차별성이 존재하고 있기 때문이다.

셋째, 인터넷 사업자는 양의 이윤을 얻으며 이윤은 한계가입비용의 상대적 차이와 두 네트워크의 상호대체성에 의해 결정되며 사업자간 상호접속료에는 전혀 영향을 받지 않는다. 이는 두 사업자가 접속료를 한계혼잡비용과 두사업자 망간 상호접속료를 결정하고 가입비를 통해 최대한의 이윤을 창출하려고 경쟁을 한 결과이다. 이윤은 결국 시장점유율과 가입비에 의해 결정되는데 이는 두 사업자간 한계가입비용의 차이와 두 사업자간 망간 대체성에 따라 결정된다. 한계가입비용이 동일하다면 두 사업자간 시장점유율은 동일하게 결정되고 가입비는 두 사업자간 대체성에 의해서만 결정될 것이다. 대체성이 존재하는 한 사업자는 양의 이윤을 얻을 것이다. 두 사업자간 망간 상호접속료는 한계혼잡비용과 같이 한계비용으로 인식되어 접속료 책정에 반영되어 가입비나 시장점유율에 전혀 영향을 미치지 못한다. 넷째, 사업자간 상호접속료는 사회후생에 영향을 미치지 못하고 두 그룹의 접속료에만 영향을 미친다. 사업자간 상호접속료는 콘텐츠를 보유한 사업자가 콘텐츠 이용자가 가입한 사업자에게 지불하는 망사용 대가이다. 두 사업자간 경쟁하에서 ISP간 상호접속료는 콘텐츠 제공자와 이용자가 지불하는 접속료의 크기에만 영향을 미치며 망간 상호접속료가 클수록 콘텐츠 제공자가 부담하는 접속료는 크며, 인터넷 이용자가 부담하는 접속료는 작아진다. 따라서 접속료의 크기가 사회전체적으로는 영향을 주지 않는다.

다섯째, 콘텐츠 제공자의 접속료가 콘텐츠 제공에 대해 비탄력적 수요가 있는 경우 ISP간 접속료 a 는 유일하게 결정되며 콘텐츠 제공자의 트래픽에 따른 한계효용에서 한계혼잡발신비용을 뺀 값에 의해 결정된다. 비탄력적이라고 하는 것은 콘텐츠 제공에 따른 트래픽 수요는 순전히 인터넷 이용자가 지불하는 접속료에 의해서만 영향을 받는다는 것을 의미한다. 콘텐츠 제공에 따른 효용이 높으면 높을수록 콘텐츠 사용자가 부담해야 하는 접속료는 높아진다는 것을 의미한다. 인터넷 이용자들은 접속료에 따른 탄력성이 있기 때문에 사회전체적으로 보면 접속료에 대해 비탄력적 수요를 가진 콘텐츠 사용자에게 한계효용만큼 접속료를 더 받고 접속료에 대해 탄력성이 있는 인터넷 이용자에게는 그만큼을 줄여주는 것이 사회전체적으로 볼 때 최적이라는 것을 의미한다.

여섯째, 콘텐츠 제공자의 접속료가 콘텐츠 제공에 대해 비탄력적 수요가 있는 경우 경쟁하의 ISP간 접속료 a 는 사회최적 접속료와 동일하다. CP와 인터넷 이용자에게 혼잡에 따른 추가적인 접속료와 월정액의 현행 가입비를 모두 부과하는 경우 규제하지 않고 경쟁하에 두면, ISP간 상호접속료는 사회적 최적수준으로 결정된다는 것을 의미한다.

본 연구는 콘텐츠 제공자가 최종이용자에게 콘텐츠 사용료를 부과하지 않는다는 것을 상정하였다. 추후 연구로서는 콘텐츠 제공자가 인터넷 이용자에게 요금을 부과할 때 콘텐츠 제공자와 인터넷 이용자가 지불하는 접속료가 어떻게 결정되는지 분석하는 것도 흥미로운 것이다. 또한 본 분석은 콘텐츠 사용자를 보유한 ISP가 망간 접속료를 지불하는 발신측 지불요금제를 가정하였는데, 논의에 따라서는 반대방향의 접속료 부과도 고려해 볼 수 있을 것이다. 또 본 연구에서는 인터넷 이용자와 CP 측 모두에 접속료를 부과하는 것을 상정했는데, 두 그룹 중 하나에만 부과했을 때 분석결과를 비교해 보는 것도 흥미로운 것이다.

References

- [1] Y.R. Kang, "IP interconnection disputes between France Telecom and Cogent", *ICT Policy Trends*, vol. 25, no. 5, pp. 71-79, 2013.
- [2] Ministry of Science and ICT, *Interconnection regime for Telecommunications Facilities*, 2017.
- [3] S.T. Kim, *Network Neutrality is resolved by*

- sponsor data*(2017), Retrieved Jun., 9, 2017, from etnews, <http://www.etnews.com/20170518000143>
- [4] M. Armstrong, "Competition in two-sided markets," *RAND J. Econ.*, vol. 37, no. 3, pp. 668-691, 2006.
- [5] S. Besen, P. Milgrom, B. Mitchell, and P. Srinagesh, "Advances in routing technologies and internet peering agreements," *Am. Econ. Rev.*, vol. 91, no. 2, pp. 292-296, 2001.
- [6] B. Caillaud and B. Jullien, "Chicken & egg: competition among intermediation service providers," *RAND J. Econ.*, vol. 34, no. 2, pp. 309-328, 2003.
- [7] H. K. Cheng, S. Bandyopadhyay, and H. Guo, "The debate on net neutrality: A policy perspective," *Inf. Syst. Res.*, vol. 22, pp. 60-82, 2011
- [8] N. Economides and B. Hermalin, *The economics of network neutrality*(2010), NET Institute working paper #10-25 from <http://www.stern.nyu.edu/networks>
- [9] J.-C. Rochet and J. Tirole, "Two-sided markets a progress report," *RAND J. Econ.*, vol. 37, no. 3, pp. 645-667, 2006.
- [10] J.-J. Laffont, S. Marcus, P. Rey, and J. Tirole, "Internet interconnection and the off-net-cost pricing principle," *RAND J. Econ.*, vol. 34, no. 2, pp. 370-390, 2003.
- [11] J.-J. Laffont, S. Marcus, P. Rey, and J. Tirole, "Internet peering," *Am. Econ. Rev.*, vol. 91, no. 2, pp. 287-291, 2001.
- [12] I. Little and J. Wright, "Peering and settlement in the internet: An economic analysis," *J. Regulatory Econ.*, vol. 18, no. 2, pp. 151-173, 2000.

정 충 영 (Choong-young Jung)



1988년 2월 : 서울대학교 경제학사

1992년 2월 : KAIST 공학석사

1996년 8월 : KAIST 공학박사

1996년 8월~2002년 2월 : ETRI
선임연구원

2002년 3월~현재 : 한남대학교
경영학과 교수

<관심분야> 통신망간 상호접속, e-business, 정보통신정책