

사회적 편익을 위한 인터넷 차등서비스의 혼잡요금함수

(Congestion Pricing Function of Internet Differentiated
Services for Social Benefit)

지 선 수*

(Seonsu Ji)

요약 차등 인터넷 서비스를 효과적으로 운영하는 접근법에 대한 연구가 최근에 활발히 진행되고 있다. 인터넷 이용자와 공급자(ISP) 각각의 사회적 편익의 변화에 따른 대역폭 시장 참여자들의 관계를 고찰한다. 차별화 된 QoS를 원하는 시간대에 사용하려는 사용자(고객)에게 더 높은 요금지불을 감내해야 한다는 것은 기본적인 경제관점이다. 대역폭 리소스의 과다사용, 적절사용, 과소사용에 따른 차등화 된 요금을 적용하기 위해 실질적으로 사용자에게 의해 소비된 리소스의 크기 $v(t)$ 를 기반으로 하는 누적요금계획(CPS) 기법을 제시한다. CPS는 미래에 상업적 네트워크의 중요한 관리기능을 결정한다. 이 논문에서는 EWM 기법을 적용하여, CPS를 이용하여 유연하면서도 합리적인 인터넷 요금구조, 시장관리기법, 투명성, 예측성, 단순성 등이 고려되는 인터넷 요금부과 시스템의 수정된 구현기법을 제시한다.

핵심주제어 : 누적요금구조, 누적점수, 차등 서비스, EWM

Abstract Over the last couple of years, established Cumulus Pricing Scheme(CPS) has become an important research issue for efficiently charging differentiated internet services. This paper proposes the adjusted CPS technique that expressed information of over or under-use of resources in bandwidth. And, I propose CPS with respect to the six main pricing and charging conditions. Also, accumulation technique may indicate an information between specified charging and eventually requires to adapt the initial contract. So called red and green Cumulus Points(CP) are used to judge the behavior of customer. At this point, the actual resource consumption is described by function $v(t)$ at time t .

Key Words : cumulus pricing scheme, cumulus point, differentiated services, EWM

1. 서 론

현재의 인터넷은 대부분의 이용자를 위한 통신 수단으로 자리 매김하였다. 네트워크는 향후 유비쿼터스 시대로 발전하면서 유비쿼터스 컴퓨팅 환경이 구현된 사회는 사람의 생활을 편리하게 해

주는 사회로 전환할 것이며, 인간의 삶을 편안하게 해주어 미래사회의 중심적 역할을 할 것이다. 또한, 인터넷 활용범위의 확대, 접속회선의 광대역화, 고속화 등으로 인터넷 트래픽 특성이 고용량 중심으로 전환되어 향후 트래픽 양의 폭주가 더욱 가속화될 것으로 예상된다. 급속한 인터넷 사용인구의 증가에 비해 통신 인프라 구축의 상대

* 원주대학 컴퓨터정보관리과

적인 공급이 부족한 결과 네트워크 혼잡문제에 직면하게 된다. 또한, 네트워크 혼잡의 결과로 네트워크의 기동성이 떨어지게 되고, 데이터 손실과 지연 발생 등의 여러 가지 측면에서 부작용이 발생하게 되었다. 이와 같은 혼잡은 네트워크의 효율성을 저하시킬 뿐만 아니라 더 많은 통신 인프라 구축을 위한 예산이 필요하게 되는 결과를 낳게 되었다. 더욱이 유비쿼터스 사회를 만들기 위해 추진되는 네트워크 환경에서는 지금보다 더 많은 정보교환과 이용자의 폭발적 증가로 혼잡이 더욱 가중됨은 자명한 일이다. 그러나 관련 기업 및 ISP 업체가 수익성이 불확실하기 때문에 광대역 인프라 구축에 사업자들의 투자 동기를 유발하기 어려운 상황이다. 때문에 미국이나 EU에서 과거 사업자간 서비스 기반 경쟁 활성화보다는 미래 정보통신 인프라 투자를 유도하는 정책으로 전환하고 있는 추세다. 정보통신정책이 새로운 사업기회에 대해 인프라 투자 동기 유발을 지원하는 방향으로 전개돼 인터넷 관련 사업자들이 과감히 투자하도록 해야 하는 전환점에 와 있다.[9][16]

최근 인터넷 사용의 폭발적 증가로 차별화된 인터넷 서비스에 대한 적절한 사용기반에 근거한 요금부과 설계에 대한 관심이 높아지고 있다. 즉, 대역폭 시장에 영향을 줄 수 있는 피드백 시스템에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 그러나 학자들의 많은 노력에도 불구하고 지하철 요금표와 같은 표준 솔루션은 아직까지 존재하지 않는다. 왜냐하면 문제의 복잡성을 줄이려는 목적의 접근은 효과적인 솔루션과 만족할 만한 수준의 결과를 이끌지 못하기 때문이다. 이것은 네트워크를 통해 이동되는 자료의 양 및 특성에 관해 정확하게 조사하는 것이 매우 어렵기 때문이다. 그러므로 현재의 인터넷 요금구조에 대한 사회적 변화의 필요성을 제안하고 인터넷 요금계획의 설계에 있어 복잡성을 다루는 것이 아니라 시간규모에 대응하는 여러 가지 요금구조 기법을 제시할 필요가 있다.

경제적 관점으로 보아 어떤 사람에게 손해를 끼치지 않고 어느 한 사람을 더 이상 좋게 할 수는 없다. 그러나 인간 심리면에서 볼 때 자신이 지불한 요금보다 항상 더 많은 양질의 서비스를 성공적으로 획득하려는 의지가 강하며, 사용자는

지연을 최소화하고 대역폭 공유를 최대로 하길 원한다.

Reichl, Flury, Gerke와 Stiller는 인터넷 요금 서비스를 위한 해결 가능 문제로서 누적요금구조 계획(cumulus pricing scheme: CPS)을 제시하였다. 지연, 지터, 손실확률과 같은 QoS 모수의 중요성에 대해 설명하였으며, 이들 모수는 대역폭 혹은 리소스 크기 이외에 요금계획 통합의 적절성에 대해 설명하였다.[17] Reichl, Stiller와 Ziegler는 CPS를 이용하여 다차원 QoS를 기반으로 하여 요금부과계획을 설명하였다. CPS 기법을 일반화 시켰으며, 인터넷 요금부과 시스템에 이러한 확장된 기법의 구현을 제시하였다. 적절한 시간척도에 대해 교호작용 매카니즘으로서 기본적인 요구형태 사이를 절충하는 것으로 요금구조를 설계하였다. Costa, Fdida와 Duarte는 additive composition, concave composition, multiplicative composition을 이용하여 종단간 QoS 모수를 위한 주요한 합성규칙을 제시하였다. 이때 다음과 같은 조합된 측정함수를 사용하였다.[2][16]

$$\text{측정함수} = \frac{\text{처리율(throughput)}}{(\text{해당경로를 따르는 패킷손실확률}) \cdot (\text{지연})} \quad (1)$$

Hausheer와 Stiller는 기술적으로 관련된 모든 사항을 다루기 위한 요금부과기술(charging technology)과 경제적인 차원을 정의하기 위한 요금모형을 제시하면서 차등 서비스를 위한 누적요금구조의 구현과 설계를 제시하였다.[5]

Shu와 Varaiya는 통계적으로 보장된 서비스를 위해 이론적인 요금 매카니즘인 SPAC(smart pay admission control)을 제안하였는데 이것은 경매 기반 허용 알고리즘이다. 여기에서 서비스 배달의 통계적 보증으로서 QoS, 지연, 서비스가 성공적으로 완수될 수 있는 확률 등을 사용하였다. 혼잡관리에 DiffServ(differentiated-services)를 기본으로 QoS의 차별을 제안하였다. [8][9][18] Gupta, Stahl과 Whinston는 Priority Pricing 개념, Kelly, Maulloo와 Tan은 PFP(proportional fair pricing) 개념, Wang과 Schulzrinne은 RNAP(resource negotiation and pricing) 개념을 설명하였다.[11][23] 그러나 혼잡요금과 허용관리의 통합을 위해 완벽한 구현을 했음에도 불구하고 사용상 문제점이 발생되었다. 이것은 혼잡요금 결정에 모

든 네트워크 라우터의 참가가 요구되기 때문이며 현실적으로 상당한 문제가 발생할 수 있다. Ganesh, Laevens와 Steinberg는 요금 피드백을 설명하였으며, 이러한 요금구조는 다른 이용자가 혼잡에 기인되어 초래되는 사회적 비용의 표현이다. 또한 패킷에 표현된 요금의 최근기록을 기반으로 전송율을 채택하도록 제안하였다. 이러한 전략은 최종 사용자로부터 안정된 전송율을 유지하는 동안에 다양한 사전 클래스를 가지고 차등 서비스 네트워크에서 QoS를 달성할 수 있다.[3] Gupta, Stahl과 Whinston는 Priority Pricing 개념에서 소비요금은 전송율과 대기시간을 기반으로 하였다.[4]

2장에서는 일반적이고 경제적인 면에서 요금구조의 사회적 이익과 최적화의 탄력성에 대한 고찰을 하고, 3장에서는 일반적인 CPS 기법의 특성 및 구현모델을 소개한다. 4장에서는 수정된 CPS 기법을 기반으로 하는 요금구조 기법을 제시한다. 5장에서는 CPS에 대한 평가와 향후 연구 과제를 제시한다.

2. 사회적 이익의 최적화와 탄력성

일반적 시장이란 재화에 대한 각종 정보가 수요자와 공급자 사이에서 교환되면서 재화의 가격이 형성되고 거래가 구체적으로 일어나는 매개체를 말한다. 시장에서는 재화의 가치구현이 이루어지고 자원을 배분하는 핵심적인 기능이 수행된다. 이러한 시장경제에서는 수요자와 공급자 사이에 수요·공급이 연속적으로 일어나 상품의 가격이 형성되고 거래 당사자들은 서로 상반된 이해관계를 가지고 가장 좋은 조건으로 거래를 이루고자 함으로서 서로간의 편익을 얻게 되는 것이 일반적인 시장경쟁원리이다.

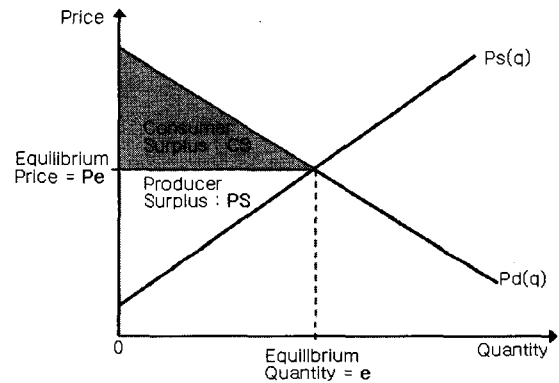
사회적 편익이란 소비자 이익과 생산자 이익을 합한 것이다. 소비자 이익은 재화로부터 소비자가 느끼는 효용과 실제로 재화를 구입할 때 지불한 가격의 차이이고, 생산자 이익은 실제로 재화를 판매하여 받은 가격과 생산자가 재화를 판매하고 싶은 가격의 차이이다.[24]

일반적인 시장에서 거래량과 거래가격은 공급곡선($P_s(q)$)과 수요곡선($P_d(q)$)이 만나는 균형점에서 결정된다. 사회적 편익(SB)은 소비자 이

익(CS)과 생산자 이익(PS)을 나타내는 두 삼각형의 합으로 다음 식에 의해 표현될 수 있다.[11][24]

$$\begin{aligned} SB &= CS + PS \\ &= \int_0^e [P_d(q) - P_e]dq + \int_0^e [P_e - P_s(q)]dq \\ &= \int_0^e [P_d(q) - P_s(q)]dq \end{aligned} \quad (2)$$

자유경쟁시장에서 균형가격이 공급자와 수요자에게 적절한 수요와 공급을 유도하는 지표가 되어, 자동적으로 최적공급과 수요가 이루어지도록 하는 역할을 한다.



[그림1] Demand and Supply Curve and Social Benefit

일반적으로 제품의 가격이 상승하면 제품에 대한 수요량은 감소하고, 제품의 가격이 하락하게 되면 제품의 수요량은 증가하게 된다. 가격의 변화에 따라 수요량이 얼마나 변하는가에 대한 것이 수요의 가격탄력성(δ)이며, 반대로 가격의 상승과 하락에 따른 공급량의 증가와 감소를 나타내는 것이 공급의 가격탄력성이다. δ 값이 1보다 큰 경우에는 탄력적이라고 하고, 1보다 작은 경우에는 비탄력적이라고 한다. 따라서 재화량의 변화율이 가격의 변화율보다 커서 탄력적일 때 시장거래자의 편익이 증가하고, 재화량 변화율이 가격의 변화율보다 작아 비탄력적일 때 시장거래자의 편익이 감소한다.[1][11][22]

$$\delta = \frac{\text{재화량(Quantity)의 변화율(\%)}}{\text{가격(Price)의 변화율(\%)}} \quad (3)$$

시장에서 가격의 변화율과 재화량의 변화율이 같을 때 가격변화로 인한 총수입의 변화는 수요량 변화로 인한 총 수입의 변화분에 의해 상쇄되므로 시장거래자가 얻을 수 있는 편익은 일정하게 된다.

이와 같은 일반적인 요금구조의 사회적 이익의 최적화와 탄력성 기법을 인터넷 대역폭시장에서 리소스의 공급자(ISP)와 이용자 관계에 비슷하게 적용할 수 있다. 다양한 특성을 가지는 인터넷 사용자들이 패킷 사용량, 사용시간, 차등 서비스, 차등요금 등에 따라 서로 상반된 이해관계를 가지고 인터넷 대역폭 시장에서 얻을 수 있는 편익이 최대화되도록 각각 다른 반응을 보이게 된다. ISP 업자 등의 공급자가 가변 하는 차등서비스를 적용시키는 다양한 요금체계를 가지고 있으면 소비자도 이러한 요금체계에 따른 인터넷 사용 패턴을 가지게 된다. 소비자는 인터넷 요금이 올라가는 현상에서는 요금으로 인한 부담 때문에 사용량을 줄이거나, 사용시간대를 변경시킬 것이며, 가격이 내려가는 상황에서는 요금부담이 줄기 때문에 인터넷 사용에 대한 거부감이 줄어들 것이다.

사회적 편익을 최대화하는 문제는 수요함수와 공급함수로 이루어진 목적함수와 제약조건으로 최적화 문제를 구성할 수 있다. 인터넷 대역폭 시장에서 사용요금을 결정하는 목표는 시장 참여자들의 편익의 합을 최대로 만드는 것이다. 목적함수는 인터넷 이용자(소비자)의 특성을 나타내는 효용함수 $U(e)$ 와 공급자(ISP 업자 등)의 특성을 나타내는 생산비용함수 $C(e)$ 로 구성되므로 인터넷 대역폭 시장의 편익은 다음과 같이 나타낼 수 있다.[1][11][22]

$$SB = \sum_{i \in C} U_i(e_i) - \sum_{j \in G} C_j(e_j) \quad (4)$$

여기에서 C는 소비자, G는 공급자를 의미한다. 인터넷 요금결정의 목표가 사회적 편익을 최대화 하는 것이기 때문에 $\max imize(SB)$ 이 된다. 시장 참여자들은 자신들이 특징짓는 방정식으로 자신을 표현하는데 j 시점에서 생산비용함수는 다음과 같이 나타낸다.[22]

$$C_j(e_j) = a \cdot e_j^2 + b \cdot e_j + c \quad (5)$$

여기에서 a, b, c,는 임의계수이다. j 시점에서의 한계비용은 다음과 같이 표현된다.

$$P_j = \frac{\partial C_j(e_j)}{\partial e_j} \quad (6)$$

여기에서 인터넷 사용량을 의미하는 e_j 의 계수가 가격변화량과 인터넷 이용량의 변화비율을 나타내는 가격탄력성이다.

수요함수는 일반적으로 다음과 같은 형태를 지닌다.

$$q = D(p) \quad (7)$$

여기에서 q는 재화의 양, p는 재화의 가격을 의미한다. 소비자의 반응을 나타내는 수요함수를 일차로 근사화하면, $D(p) = a \cdot p + b$ 로 쓸 수 있다. 여기에서 계수 a는 수요의 가격탄력성을 의미한다. 한계효용함수는 수요함수 $D(p)$ 의 역함수이므로

$$P(q) = D^{-1}(p) = \frac{1}{a}(q - b) \quad (8)$$

으로 나타낼 수 있고, 이것은 소비자가 재화를 소비할 때 얻는 효용의 증가분을 나타내는데 이를 적분하면 소비자가 재화를 소비하여 얻은 효용을 나타내는 효용함수 $U(e)$ 가 된다.

$$\begin{aligned} U(p) &= \int_0^e D^{-1}(q) dq \\ &= \int_0^e \frac{1}{a}(q - b) dq \\ &= \frac{1}{2a}[(e - b)^2 - b^2] \end{aligned} \quad (9)$$

합리적인 인터넷 요금구조를 위한 인터넷 대역폭시장에서 이용자와 공급자 사이의 수요·공급이 연속적으로 일어나 시장이 형성되고, 이용당사자들은 서로 상반된 이해관계를 가지고 가장 좋은 조건으로 거래를 이루고자함으로써 서로간의 편익을 얻게 된다. 대역폭 시장에서 요금구조를 다루기 위해 다음의 조건이 만족되어야 한다.

1) 인터넷의 사용자와 공급자가 다수로 존재하여야 한다.

2) 인터넷 이용자와 공급자들 모두에게 대역폭 시장상황의 변화에 대해 완전한 정보를 얻을 수 있어야 한다.

3) 인터넷 사용자는 대역폭시장에서 자유로운 이탈과 진입이 보장되어야 한다.

4) 인터넷 이용자 및 공급자 모두에게 요금구조가 단순해야하고, 그 과정이 투명해야 한다.

5) 요금부과에 대한 투명성과 예측성이 인터넷 고객에게 충분히 인식·전달되어야 한다.

6) 인터넷 이용자와 ISP 사이에 요금부과 및 계약에 관해 협소한 측정구간 자료만을 가지고 즉각적인 영향이 발생되지 않도록 한다.

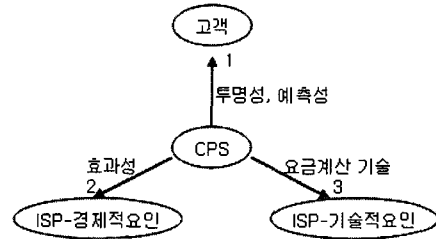
인터넷 이용자는 실제로 자원을 사용하는 것보다 더 많은 자원을 사용하는 것을 허용하며, 새로운 요금제도에 의해 인터넷 자원의 최대 및 최소 사용자의 일부만이 현재의 요금과 비교하여 영향을 받는다는 것을 가정한다.

3. Cumulus Pricing Scheme

누적요금계획(CPS)은 현재 및 미래에 상업적 네트워크의 중요한 관리기능을 결정한다. 즉, 차등 인터넷 서비스에 대해 효과적으로 요금부과를 적용할 수 있는 접근법이다. 결산구간(accounting period), 측정구간(measurement period), 요금부과구간(charging period)의 다른 시간 척도 사이의 관계를 적절하게 정의한 접근법으로서 고정요금기법을 기초로 하여 요금을 예측하고 변환하는 구조이다. 즉, 시장의 힘을 작동시키는 피드백 매카니즘을 제공한다.

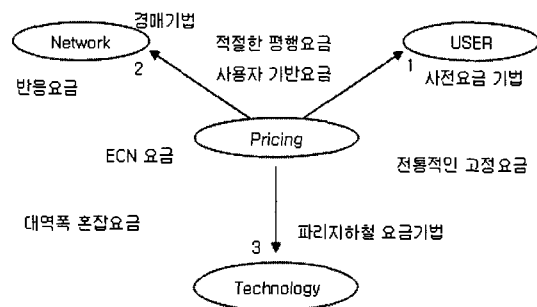
인터넷 대역폭 시장에서 고객과 공급자(ISP) 사이의 일반적인 3가지 요구형태는 [그림2]와 같이 요약될 수 있다.[17] 요금을 부과하기 위해서는 투명성, 단순성과 예측성은 고객에게 매우 중요한 요구사항이다. 또한, ISP 업자는 경제적으로 네트워크를 효과적으로 관리하는 것이 매우 중요하다. 요금구조는 고객의 잘못된 행동과 잘한 행동을 지적하며, 네트워크의 혼잡상태를 감지하는데 효과적으로 이용될 수 있다. 즉, 이용자들의 이용패턴과 시스템 전체 패턴사이 조절기능의 인터페이

스 역할을 한다. 인터넷 요금계획은 요금계산을 위한 기술적인 측정도구에 의존되기 때문에 네트워크 상태에서 적절한 자료를 얻어야 한다.



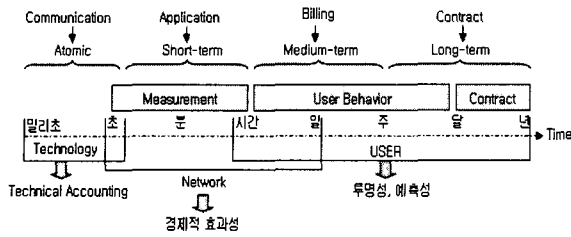
[그림2] 고객과 ISP 관계

[그림3]은 Reichl, Flury, Gerke와 Stiller가 보여준 차등 서비스에 따라 제안된 요금구조를 3가지 요구형태 사이의 거래의 균형과 관련시켜 요금구조의 대략적인 등급을 보여준다.[17][20] 인터넷 요금구조의 품질과 적절성은 3가지 요인 사이의 균형에 의해 평가되어야 한다. 예를 들어 1과 3사이 형태의 고정요금계획은 우수하다. 그러나 경제적 효과는 크지 않다는 것이다. 반면에 Vickrey 경매는 경제적인 면에서는 매우 효과적이지만, 복잡한 기술적 문제와 안정되지 못한 요금부과로 고정적 비용회수 면에서 투자의 불확실성이 나타난다.[16][17]



[그림3] NUT관계

인터넷 요금구조를 적절하게 다음과 같은 4개의 다른 시간척도를 구별 지어 설명하는 것이 일반적인 방법이다. [그림4]에서 시간척도 사이의 관계와 관리되는 각각의 요금부과구조를 보여준다.[21]



[그림4] 시간척도, 요구형태, 요금부과

Atomic-term(통신적절성)은 송신패킷, 왕복시간, 송신자와 수신자 사이의 피드백을 다루는 것이 포함된다. Short-term(적용의 적절성)과 Medium-term(요금부과 근원)은 요금부과를 위한 모수를 측정하고 요금을 계산하는 활동에 밀접한 관계가 있다. 투명성과 예측성은 Medium-term 척도에 적절하고, 경제적인 효율성 문제는 Short-term과 Medium-term 척도에 좋고, 기술적인 요금계산 기법을 위해서는 Atomic-term과 Short-term을 조화시키는 것이 효과적이다. 즉, CPS를 가지고 대역폭 모수의 측정은 Short-term 척도에서 발생하고, Medium-term 척도에서 고객 행위에 대한 흔적이 허용된다. 이러한 흔적을 측정하기 위해 누적점수(cumulus points: CP)를 이용한다. CP는 Long-term 척도에서 누적화의 결과로서 얻을 수 있다.[3][19][20][21]

Medium-term 수준에서 사용자는 자신의 현재 행위에 대한 피드백과 계약으로 인한 미래 유효성 결과를 보장받아야 한다. ISP 업자에 의해 사용자가 대역폭 용량을 과도하게 사용하는 것이 감지되었다면, ISP 업자에 의해 경고를 받을 것이다. 반대로 충분한 사용을 하지 못하였을 경우 보너스 시스템에 의해 보상을 받는다.

인터넷 대역폭 이용자와 ISP 업자는 서비스 형태에 대해 지불되는 고정요금 뿐만 아니라 대역폭, 지연 등에 따라서 기대되는 이용자 요구를 설명하는 계약에 동의한 것을 가정한다. CP값이 한계(threshold)값을 초과하자마자 이용자는 설명되는 CP에 따라서 피드백을 red와 green CP를 이용하여 받는다. 즉, 이용자가 계약에 의해 사용해야 할 대역폭 용량보다 과도하게 사용하였을 경우 red CP를 받는다. 반대의 경우에 green CP를 받는다.

4. 수정된 Cumulus Pricing Scheme

초기계약으로 고객이 확보한 대역폭 사용 허용량을 x MB/s라고 가정한다. Reichl, Flury, Gerke와 Stiller가 제시한 방법을 참고[17]하여 측정구간 $i-1$ 과 i 사이에서 초기의 고객에게 부여된 대역폭 요구량보다 과다사용 혹은 과소사용을 Δ_i 라 한다면 다음과 같이 표현할 수 있다.

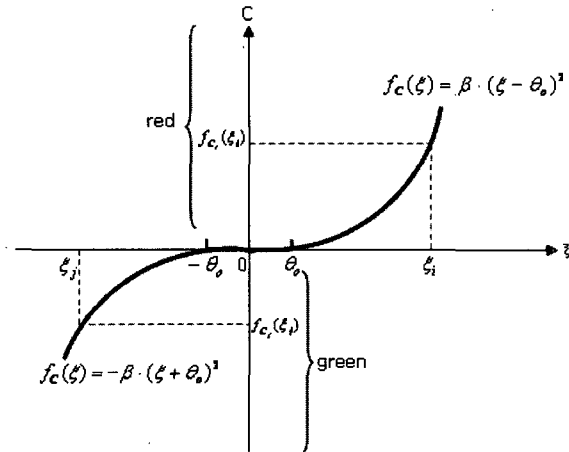
$$\begin{aligned} \Delta_i &= \int_{t_{i-1}}^{t_i} (\nu(t) - x) dt \\ &= \int_{t_{i-1}}^{t_i} \nu(t) dt - x(t_i - t_{i-1}) \end{aligned} \quad (10)$$

t 시점에서 고객에 의해 실제로 소비된 리소스의 크기는 시간의 함수 $\nu(t)$ 로 표시되며, 이때 $\nu(t)$ 는 안정된 상태에서의 확률과정을 따른다. t_i 는 측정구간 i 의 끝부분을 의미한다. $i=2, 3, 4, \dots$ 이고, t_0 는 ISP와 고객사이의 계약출발시점을 의미한다. 현재의 측정구간 i 에서의 리소스 사용량은 과거 시점의 사용량과 관계가 있으므로 지수적가중이동(exponentially weighted moving: EWM) 통계량을 이용한 수정된 통계량을 제시한다.

$$\Phi(t_i) = \alpha \cdot \Delta_i + (1 - \alpha) \cdot \Phi(t_{i-1}) \quad (11)$$

여기에서 α 는 가중치(weighting factor)이며 $0 < \alpha \leq 1$ 이다. $\Phi(t_0) = 0$ 으로 가정한다.

Hayel와 Tuffin이 제안한 방법[6]을 참고로 대역폭 리소스 사용량을 세분화하여 누적점수를 할당하는 방법을 제시한다. 이것은 대역폭에서 리소스를 많이 사용한 이용자일수록 더 많은 추가요금을 지불해야 하는 것은 자명한 일이기 때문이다.



[그림5] 통계량 $\Phi(t_i)$ 의 편차(ξ)에 따른 CP할당

통계량 $\Phi(t_i)$ 이 관리되는 한계모수 값으로부터 양의 방향으로 편차(+ ξ_i)가 있을 경우 red CP를 할당한다. 이때 red CP는 $f_c(\xi_i) = \beta \cdot (\xi_i - \theta_0)^2$ 으로 계산한다. 여기에서 β 는 임의계수이며, θ_0 는 대역폭에서 리소스를 적절하게 사용하는 표준 사용량 한계를 나타낸다. 즉, $-\theta_0 \leq \xi \leq \theta_0$ 일 때 CP는 0으로서 요금변동에 영향을 주지 않는다. $|\theta_0|$ 의 폭이 클수록 이용자의 표준요금단계 폭이 커지며, 기존의 요금체계와 같은 방법을 적용한다. 통계량

$\Phi(t_i)$ 이 관리되는 한계모수 값으로부터 음의 방향으로 편차(- ξ_j)가 있을 경우 green CP를 할당한다. green CP가 많을수록 이용자는 보너스 시스템에 의해 요금절감효과를 볼 것이다. 이때 green CP는 $f_c(\xi_j) = -\beta \cdot (\xi_j + \theta_0)^2$ 으로 계산한다.

조사된 구간에서 $|\sum_{i=1}^k C_i| \geq \theta$ 이면 ISP와 이용자는 재계약을 한다. 그렇지 않은 경우 기존의 계약으로 리소스를 이용할 수 있다. 여기에서 C_i 는 측정구간 i 에서 CP의 개수이며, θ 는 관리되는 반응한계(reaction threshold)를 나타낸다. 즉, $|\sum_{i=1}^k C_i| \geq \theta$ 이고, 초기계약보다 Δ 만큼 리소스 사용을 초과하였을 경우 재계약에서 ISP와 이용자 사이의 협상 요금함수는 다음과 같이 제시할 수 있다.

$$\Psi(x, \Delta) = x \cdot p(x) + \sum_{i=1}^k C_i \cdot p(x) \quad (12)$$

여기에서 $\Delta = \sum_{i=1}^k \Delta_i$ 이고, $p(x)$ 는 리소스 단위 당 요금함수이다.

5. 결론

ISP 사업자가 네트워크를 조사하고 요금을 부과하는 표준방법을 찾는 것은 현실적으로 매우 어렵다. 따라서 측정될 수 있는 조사구간에서 CP를 누적화하여 반응 한계값에서 벗어났을 경우 추가요금 혹은 요금인하(보너스) 등을 부과함으로써 인터넷 이용자에게 인터넷 이용의 선택권을 요금구조를 이용하여 제약한다. 즉, 인터넷 대역폭을 과도하게 많이 사용하는 이용자에게 필수불가결한 경우에만 인터넷 리소스를 사용하도록 유도하여 인터넷 혼잡을 줄일 수 있다. 반대의 경우에는 보너스 시스템을 작동시킴으로서 필요한 리소스만을 이용한 고객에게는 이득이 돌아갈 수 있도록 하는 것이 대역폭 시장을 건강하게 유지하는 최상의 방법이다. 논문에서는 측정구간 i 에서 사용량을 계산할 때 합리성이 증명된 EWM 통계량을 제안하며, CP를 3구간으로 세분화하여 할당하는 함수를 제시하는 것이 합리적이다.

결론적으로 사용자는 송신율을 증가시킬 수 있으며 네트워크는 각각의 자료 흐름에 우선권을 할당하여 더 큰 대역폭을 할당할 수 있으므로 차등 서비스에 의한 차등요금부과를 실시하는 대역폭시장에서 요금지불구간의 누적화, 합리적인 통계량 등을 고려하는 것이 시장 참여자 모두에게 이익을 주게 될 것이다. 인터넷 요금부과 활동을 수행하기 위한 시간적 척도는 인간의 보통 생활 습관에 매우 밀접하게 의존되어 왔기 때문에 경제적 및 심리적 요인이 모두 반영된 CPS 요금구조가 적절함을 알 수 있다. 특히, 시장의 힘이 반영된 요금구조는 시장 참여자 모두에게 편익을 줄 수 있으므로 합리적이다.

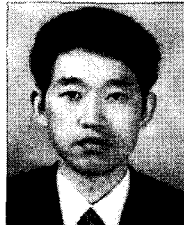
수정된 CPS 기법에 마코브 체인을 이용한 요금 부과구조의 모델을 설계하는 것은 향후 연구해야 할 과제이다.

참고 문헌

- [1] M. L. Baughman and S. N. Siddiqi, "Real-

- Time Pricing of Reactive Power: Theory and case Study Results", IEEE Transaction on Power Systems, Vol 6, No 1, 1991.
- [2] L. H. M. Costa, S. Fdida, and O. C. M. Duarte. Hop-by-hop multicast routing protocol. Proceedings of SIGCOMM'01, Aug. 2001.
- [3] A. Ganesh, K. Laevens, and R. Steinberg, "Congestion Pricing and User Adaptation", In Proceedings of IEEE INFOCOM, pp. 959-965, Anchorage, AK, April 2001.
- [4] A. Gupta, D. O. Stahl and A. B. Whinston, "Why are Pricing issues the Key to Infrastructure Investment and Future Growth of the Internet ?", Communication of the ACM, Vol 42, No 9, pp 57-63, 1999.
- [5] David Hausheer and Burkhard Stiller, "Implementation of the Cumulus Pricing Scheme for Differentiated Services in a Modular Internet Charging System", LANMAN02, Stockholm, August 11-14, 2002.
- [6] Y. Hayel and B. Tuffin, "A Mathematical Analysis of the Cumulus Pricing Scheme", Computer Network(France) Vol. 47, pp 907-921, 2005.
- [7] Douglas Holtz-Eakin, "Congestion Pricing for Highways", J.E.C. U.S. Congressional Budget Office, 2003.
- [8] S. S. Ji, S. C. Hong and Y. T. Song "Congestion Pricing for use of the Internet Infrastructure", SNPD 2004, Beijing, China, June 30 - July 2. 2004.
- [9] S. S. Ji, "Congestion Control and Differentiated Services based Pricing", KIISC, Vol 8, No 4, pp. 17-25, 2003.
- [10] S. S. Ji, "An Idea, Strategy of Congestion Pricing for Differentiated Services and Forecasting Probability of Access using Logistic Regression Model", KIISC, Vol 10, No 1, pp. 9-15, 2005.
- [11] F. P. Kelly, A. K. Maulloo and D. H. K. Tan, "Rate Control in Communication Networks: Shadow Prices, Proportional Fairness and Stability", J. Oper. Res. Soc. Vol. 49, 1998.
- [12] F. P. Kelly, "Mathematical Modeling of the Internet", in Mathematics Unlimited-2001 and Beyond, pp. 685-702, Springer-Verlag, Berlin, 2001.
- [13] Peter Key, Derek McAuley and Paul Barham, "Congestion Pricing for Congestion Avoidance", Technical Report(MSR-TR-99-15), 1999.
- [14] Hongguang Ma, David Hausheer, Peter Reichl and Burkhard Stiller, "A Simulation Model for the Cumulus Pricing Scheme", Advanced Simulation Technologies Conference, SanDiego, CA, April, 2002.
- [15] J. Mackie-Mason and H. Varian, "Pricing Congestible Network resources", IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol 13, No 7, pp 1141-1149, 1995.
- [16] Peter Reichl, Burkhard Stiller and Thomas Ziegler, "Charging Multi-dimensional QoS with the Cumulus Pricing Scheme", Proceeding of ITCOM'01, 2001.
- [17] Peter Reichl, Placi Flury, Jan Gerke, Burkhard Stiller, "How to Overcome the Feasibility Problem for Tariffing Internet Services: The Cumulus Pricing Scheme", Proceedings of IEEE ICC 2001, Vol. 7, pp 2079-2083, 2001.
- [18] J. Shu and P. Varaiya, "Pricing Network Services", INFOCOM, 2003.
- [19] B. Stiller, P. Reichl, J. Gerke, P. Flury, "A Generic and Modular Internet Charging System for the Cumulus Pricing Scheme", Journal of Network and Systems Management, Vol. 9, No. 3, September 2001.
- [20] Burkhard Stiller, Jan Gerke, Peter Reichl and Placi Flury, "Management of Differentiated Services Usage by the Cumulus Pricing Scheme and a Generic Internet Charging System", IFIP Symposium on Integrated Network Management (IM 2001). May 14-17, 2001.

- [21] Bruno Tuffin, "Charging the Internet without Bandwidth Reservation: an Overview and Bibliography of Mathematical Approaches" , JISE, Vol 19, No 5, 2003.
- [22] Poonsaeng Visudhiphan and Marija D. Ilic, "Dynamic games-based of Electricity Market", IEEE, 1999.
- [23] X. Wang and H. Schulzrinne, "An integrated Resource Negotiation, Pricing, and QoS Adaptation Framework for multimedia applications", IEEE Journal of Selected Areas in Communications, Vol. 18, 2000.
- [24] 이준구, "미시경제학", 법문사, 2004.



지 선 수 (Seonsu Ji)

중앙대학교에서 석사 및 박사학위를 받았으며 Towson state Univ. 컴퓨터공학과에서 1년간 공부함. 명지대학교 컴퓨터공학과에서 박사수료함. 현재 원주대학 컴퓨터정보관리과 교수로 재직하고 있음. 관심분야는 Congestion control 및 network pricing model 임.