

실시간 비디오 서비스를 위한 과금 연구 동향

이 명 진*

1. 서 론

인터넷에서는 많은 새로운 응용들이 광범위하게 사용되고 있다. 이들 응용들은 실시간 오디오, 비디오, 무결성이 요구되는 데이터 등을 포함한다. 새로운 부가 서비스들은 새로운 비즈니스 기회를 제공하지만 한편으로는 새로운 기술적인 과제들을 제기한다. 인터넷의 QoS (Quality of Service) 제공 능력의 결여는 이들 부가 서비스들의 구현을 지연시켜왔다. 또한, 백본 네트워크의 용량이 충분히 증가해 왔고, 평균 링크 효율이 항상 적정 수준 이하를 유지하더라도, 특정 인터넷 서비스 제공자(Internet Service Provider; ISP)들에 의해 제공되는 트래픽 통계들로부터 모든 네트워크는 항상 장시간에 걸쳐 높은 대역 사용량을 보이는 몇몇 혼잡 링크를 가지고 있음을 알 수 있다[4,5]. 다양한 전달방식과 전송용량을 가지는 이종의 네트워크들의 연결은 부가 서비스들에게 종단간 품질을 보장해줄기를 어렵게 하고 있다. 반면 인터넷 상의 실시간 멀티미디어 응용들은

공통적으로 UDP (User Datagram Protocol) 전달 프로토콜을 사용하는데 이는 폭주 제어 메커니즘을 채택하지 않고 있다. 이들 응용들은 TCP (Transmission Control Protocol) 응용의 대역을 고갈시키거나 자원 분배의 공정성을 깨뜨릴 가능성이 항상 존재한다.

이와 같은 문제들을 해결하기 위한 방법으로 자원 예약[1], 접속 제어[19], 스케줄링[23], 차등 서비스[2] 메커니즘 등이 제안되었다. 이와는 다르게 응용으로 하여금 패킷손실률, 종단간 지연과 같은 피드백 정보에 의해 현재 네트워크 상태를 판단하여 이에 맞도록 대역폭을 조절하도록 하는 방법도 제안되었다[21].

자원 예약이 정적으로 설정된 경우 할당되는 대역폭은 네트워크 트래픽 변동 상황에서도 QoS를 보장할 수 있어야 하는데, 이는 높은 자원 비용과 고가의 사용자 요금을 초래할 수 있다. 이에 비해 대역 적응형(rate-adaptive) 응용은 시변하는 네트워크의 가용 자원을 보다 효율적으로 사용할 수 있으나, 네트워크 자원이 사용자들간 경쟁에 의해 공유되는 경우 각 응용은 폭주시 전송률을 감소시키는데 있어 어떠한 이점(incentive)도 찾을 수 없다. 이를 해결하기 위해 폭주시 전송률을 감소시키지 않는 사용자 패킷을 더 드랍(drop)시키는 방법, TCP 친화형(TCP-friendly)의 전송

※ 교신저자(Corresponding Author): 이명진, 주소: 경기 고양시 화전동 한국항공대학교 항공전자 및 정보통신공학부 (412-791), 전화: 02)300-0123, FAX: 02)3159-9969, E-mail: mjlee@ieec.org

* 한국항공대학교 항공전자 및 정보통신공학부 조교수
 ※ 본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT 연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음 (IITA-2006-(C1090-0603-0002)).

를 제어 등이 제안되었다[22]. 그러나, 어떤 멀티미디어 소스들은 코덱의 특성상 전송률 변경이 어렵고, TCP 친화형 전송률 제어가 실시간 멀티미디어 전송에 적용이 쉽지 않기 때문에 폭주시각 응용들의 QoS 요구치를 만족시키기가 어렵다.

QoS 제공을 위한 네트워크에서는 서비스의 수준, 대역 사용량, 폭주 등에 기반한 과금을 통해 응용들이 네트워크 상황에 따라 전송률을 조절할 수 있도록 유도할 수 있다. 일반적으로 서비스 과금을 위해 사용자들의 네트워크 서비스 선호도를 유틸리티 함수로 모델링하는데, 이는 대역 사용량, 지연, 패킷 손실률 등과 같은 정량적인 QoS 계수들과, 다양한 응용들의 제공된 QoS에 대한 성능 민감도(예: 오디오/비디오 수신 품질) 등의 함수로 표현된다. 이를 통해 서로 다른 서비스 품질 및 가격 선호도를 갖는 사용자들로 하여금 각자의 요구에 맞는 서비스를 선택하도록 유도할 수 있다.

본 논문에서는 BcN (Broadband Convergence Network)과 같은 통합 서비스 네트워크에서 네트워크 자원 관리 및 효율성 증대를 위해 필수적인 과금 문제에 대한 기존의 연구에 대해 살펴본다. 또한, 통합 서비스 네트워크에서 실시간 비디오 서비스를 위한 기존의 연구와 비디오 서비스를 위한 과금과 유틸리티 함수들에 대한 연구 동향을 살펴본다.

2. 서비스 차등화에 따른 과금

2.1 자원 할당과 과금

현재 인터넷에서 QoS를 제공하기 위한 연구들은 주로 IETF에 의해 정의된 두 개의 서비스 구조들을 기반으로 하고 있다. 이들은 플로우(flow) 단위의 통합 서비스(IntServ)[3]와 서비스 클래스

기반의 차등서비스(DiffServ)[2]이며, 이들의 적용을 위해 사용자가 특정 네트워크 서비스를 요청하고 해당 네트워크 자원을 획득할 수 있는 메커니즘이 필요하다. 그러나, 현재 IntServ와 DiffServ는 사용자가 여러 네트워크 서비스들로부터 하나를 선택하고, 자원을 동적으로 재협상할 수 있는 통합 서비스 메커니즘과 이에 필수적인 과금과 서비스 비용 청구 메커니즘은 제공되지 않고 있다. 동적인 자원 재협상 기법은 실시간 비디오와 같이 응용의 지속시간이 길고, 다중 시간 구간에 걸쳐 트래픽 특성이 변화하는 응용들에게 적정 수준 이상의 품질을 제공해 주기 위해서는 필수적이다. 또한, 적절한 과금 및 서비스 비용 청구는 사용자들로 하여금 전체 네트워크의 이용도와 성능을 높일 수 있는 방향으로 행동하도록 유도한다. 이를 위해 네트워크와 단말들 사이의 호 수락 제어(call admission control), 자원 예약 및 관리(resource reservation & management), 폭주 제어(congestion control), 과금 및 청구(pricing & billing) 메커니즘 등에 대한 연구가 진행되어 왔다.

QoS가 보장되는 네트워크는 사용자들의 QoS를 보장해주기 위해 호 수락 제어 정책이 필요하다. 이를 위해 멀티 서비스 네트워크에서 현재 사용자들의 대역 요구량과 가용 대역의 변동을 고려하여 네트워크가 부하가 덜 과중될 때까지 비실시간 호들의 수락을 연기하는 방식들이 제안되어 왔다[8,15]. 네트워크 서비스 사용 등급 계약(service level agreement)이 사전에 체결된 상황에서는 각 사용자들이 제시한 트래픽 지시자(traffic descriptor)의 정확도에 따라 사용자들에게 요금을 부과하는 것이 가능하다. 이는 비교적 정확한 사용자 트래픽의 통계적 특성을 제시한 사용자들을 보상하는 방법이다. 정적 과금 정책을

가지고서도 과금은 서비스 선택과 요구되는 QoS 보장 수준 등에 영향을 줄 수 있으며 간접적으로 호 수락 여부를 제어할 수 있다. 호 수락 제어에 대한 다른 접근방법에서는 사용자들이 각자 QoS 보장에 필요한 대역과 버퍼 자원을 직접 네트워크로부터 구매함으로써 각자의 QoS를 보장하는 방법이 제안되었다[17]. 유효 대역폭을 과금의 기본으로 하는 온라인 서비스 협상 방법도 연결 설정과 네트워크 자원 할당을 위한 프레임워크로 제안되었다[15].

응용으로부터 정적 자원 예약이 요청된 경우의 자원 할당은 응용이 지속되는 동안 단구간과 장구간 네트워크 트래픽 변동 상황에서도 QoS를 보장할 수 있도록 충분한 여유를 확보해야 한다. 그러나, 단지 정적 자원 예약만을 허락하는 것은 높은 네트워크 자원 확충 비용과 고가의 사용자 요금을 야기시킬 수 있다. 따라서, 동적인 자원 예약이나 네트워크 상황에 적응적으로 사용자가 전송률을 조절하도록 한다면 시변하는 네트워크의 가용 자원을 보다 효율적으로 사용할 수 있다. 또한, 네트워크 관점에서 시간 구간 과금과 동적 과금 정책들은 사용자 트래픽 양과 일별 트래픽 분포에 영향을 미칠 수 있다. 현존하는 네트워크 자원의 효율적인 관리와 네트워크 구성시 예상되는 부하를 조절할 수 있는 방법이 서비스 제공자들에게는 매우 필요하며, 이는 적절한 과금 정책에 의해 실현 가능하다[9].

네트워크 자원의 과다 사용 방지와 폭주 제어의 용도로서도 과금을 사용하는 연구가 진행되어 왔다[6,7]. 이와 같은 목적을 달성하기 위해 현재 네트워크의 상태를 반영하여 가격을 동적으로 결정하는 방법이 제시되었는데[18], 네트워크 부하가 증가하여 폭주 상태에 들어가면 서비스 가격은 증가하고, 이는 사용자들의 네트워크 사용을 간접

적으로 억제한다. 또한, 네트워크 부하가 적정 수준으로 돌아가면 가격은 감소하고 사용자들은 추가의 트래픽을 발생시키게 된다.

네트워크 서비스 사용에 따른 요금 청구를 위해서는 네트워크 사용 정보의 수집, 관리, 통합 등의 절차가 필요하다. 이를 위해서는 네트워크 접속 지점에서의 별도의 프로세싱과 청구 정보 수집을 위한 추가 트래픽이 발생될 수 있으며, 기존 프로토콜들과 응용들의 최소한의 수정을 통한 요금 청구 시스템 구현이 필요하다[10].

2.2 폭주 기반 과금

폭주 제어를 위한 기존의 접근은 인터넷을 사용자들 간의 협조를 기반으로 한 공용 네트워크로 간주한다. TCP와 같은 전송 프로토콜은 전송단이 네트워크 폭주에 적응하는 과정에서 모든 소스가 감소된 전송률로 네트워크로 지속적인 전송이 가능하다. 멀티미디어 스트리밍이 일반화되기 전까지의 인터넷 응용의 대부분은 TCP 응용들이었고, 이와 같은 폭주 제어 방식을 공통적으로 사용하기 때문에, 인터넷 상의 폭주 제어는 성공적이었다. 반면 인터넷 상의 멀티미디어 응용들은 공통적으로 UDP 프로토콜을 사용하는데 이는 전송 계층에서의 공통적인 폭주 제어 메커니즘이 존재하지 않고, RTP/RTCP와 같은 상위 계층 프로토콜에서 사용자가 네트워크 상황 및 수신 품질 등을 고려하여 정한 전송률 제어가 이루어진다. 따라서, 이들 응용들은 TCP 응용의 대역을 고갈시키거나 공평한 자원 분배를 깨뜨릴 가능성이 있다. 즉, 더 높은 대역을 사용하려는 사용자들은 다른 사용자들과의 공조가 아닌 자신들의 이익을 위해 전송률을 조절할 수 있는데, 이는 네트워크에서 공공지의 비극(tragedy of the commons)과 같은 문제를 야기시킬 수 있다. 이 경우 폭주 제어

가 될 수 없어서 네트워크 자원은 이기적인 사용자들에 의해 고갈되고, 이는 네트워크 서비스들의 정지로 이어질 수 있다.

이와 같은 문제점들을 해결하기 위해 많은 연구들이 이루어져 왔다. 네트워크에서 전송률을 감소시키지 않는 사용자들의 패킷을 더 드랍시키거나, 사용자의 TCP 친화형 전송률 제어(TCP-friendly transmission rate control)를 통한 공평성 문제 해결책 등이 제시되었다[22]. 그러나, 압축 멀티미디어 정보원의 경우 패킷 손실에 따른 수신 품질 저하 정도를 예측하기 어렵고, 특정 멀티미디어 코덱의 경우 쉽게 전송률을 변경하기 어렵기 때문에 적용이 쉽지 않다.

[18]에서는 현재 인터넷에서 광범위하게 사용되고 있는 과금 구조들을 통합하고 일반화시킨 과금 구조를 제시하였고, 이를 토대로 특히 폭주 상황에서의 동적인 과금 알고리즘을 제안하였다. 이는 자원 예약 방식과 전송률 적응 방식을 복합적으로 채택하였다. 즉, 예약된 네트워크 자원은 응용의 지속 시간과 상관없이 짧은 시간 구간에 대해서만 보장된다. 폭주 상황을 고려하여 가격은 각 구간별로 변화하는데, 이는 응용들이 각각의 자원 요구량을 네트워크 폭주 상황에 맞도록 조절하도록 유도한다. 폭주시 네트워크는 수 분 또는 더 긴 시간 구간을 주기로 서비스 가격을 조절할 수 있고, 전송률 조절이 가능한 응용들로 하여금 전송률을 조절하도록 하거나 다른 서비스 클래스를 선택하도록 유도할 수 있다.

2.3 유틸리티 기반 과금

사용자들의 네트워크 서비스 선호도는 유틸리티 함수를 통해 모델링이 가능한데, 유틸리티는 사용자가 서비스에 대한 QoS 보장에 대해 지불하고 싶은 금전적 비용으로 생각할 수 있다.

이상적으로 유틸리티는 지연이나 패킷 손실률과 같은 정량적인 QoS 계수들의 함수로 표현될 수 있다[11,12]. 그러나, 실제 네트워크에서는 이와 같은 QoS 척도들은 미리 예측이 어렵고, 트래픽 특성, 스케줄링 방식, 네트워크 구성과 연관이 있다. 따라서, 유틸리티는 네트워크에 의해 사용자에게 가용하게 된 자원의 양의 함수로 표현되곤 한다[13,14]. 이와 같은 형태로 유틸리티는 QoS의 변화에 대한 사용자의 민감도를 표현할 수 있다.

응용에 따라 각 QoS 계수에 따른 응용 계층의 성능 민감도를 유틸리티로 나타낼 수도 있다. 예를 들어, 실시간 음성이나 비디오는 지연과 지터에 매우 민감하고, 기존의 데이터 응용은 손실에 더 민감하다. 따라서, 과금 정책 결정시 다양한 응용들의 성능 민감도를 유틸리티 함수로 반영하는 것이 필요하다.

[31]에서는 e-mail, 파일 전송, 원격 로그인, 실시간 음성에 대한 유틸리티 함수들이 제안되었다. E-mail 응용에서 유틸리티 함수는 평균 지연과 주어진 시간안에 수신하지 못한 메시지의 비율로, 원격 로그인은 패킷의 평균 왕복지연(round-trip time), 실시간 음성은 평균 단방향 지연과 100ms의 지연 제약을 위반한 패킷의 비율 등을 유틸리티 함수로 설정하였다.

유틸리티를 실제 예측된 QoS 계수들의 함수로 규정짓는 대신에 데이터 플로우나 호에 할당되는 자원의 함수를 이용하여 예상되는 성능 지표로 설정하는 방법이 있다. [14]에서는 유틸리티를 응용에 할당되는 자원에 따라 예상되는 성능으로 정의하였다. 항등률로 부호화된 실시간 음성과 비디오는 적정 QoS를 위해 고정량의 대역폭을 요구하고, 그림 1 a와 같은 스텝 함수(step function)로 유틸리티 함수가 모델링되었다. 반면에, e-mail과 같은 데이터 응용은 지연 번이나 낮은 대역폭에

덜 민감하므로, 그림 1 b와 같은 유틸리티 함수가 사용되었다. 적응 부호화를 통해 가용 대역폭에 적응하는 실시간 음성 및 비디오 응용들도 최소한의 대역폭은 필요하며, 그림 1 c와 같이 유틸리티 함수를 모델링할 수 있다.

3. 비디오 서비스를 위한 과금 방식

3.1 비디오 서비스 관련 연구

인터넷의 광대역화와 멀티미디어 압축 기술의 발전으로 네트워크를 통한 실시간 비디오와 오디오 서비스에 대한 수요가 급증하고 있다. 비디오 비트열은 부호화 과정을 거쳐 실시간으로 생성되거나 기존의 선행 부호화를 통해 데이터베이스에 저장되어 있다. 서버는 부호화된 비디오 비트열을 패킷화하고, 클라이언트에 전송하고, 전송 상황을 지속적으로 모니터링한다.

현재의 인터넷은 최선형 네트워크로서 지연이나 패킷 손실에 대한 보장이 없다. 이 때문에 비디오를 비보장형 네트워크로 전송하기 위한 많은 연구가 수행되어 왔다. 이들은 주로 패킷 손실이나 전송 오류에 의한 화질 저하를 막기 위한 비디오 코덱의 오류 제어 및 은닉 기법과 네트워크를 통한 연속 재생을 위한 전송률 제어 및 스케줄링

기법, 가용 대역폭에 적응적으로 소스 부호화율을 변환하는 트랜스코딩 기법들에 집중되어 왔다 [28-30]. 이들 연구들은 주로 수신 비디오의 왜곡을 성능 지표로 삼아 알고리즘을 개발하고 최적화 하였으나, 응용에서 네트워크 자원을 사용하는데 소요되는 비용과 사용자가 체감하는 품질에 대한 문제는 심각하게 고려하지 않았다.

3.2 비디오 서비스 과금 및 유틸리티 함수

기존의 ATM과 같이 엄격한 QoS 제공이 가능한 네트워크에서는 비디오 전송을 위해 가변률(Variable Bit Rate; VBR)과 항등률(Constant Bit Rate; CBR) 서비스들이 사용되었다. 이 경우 네트워크 서비스 등급 사용 계약이나 호 수락 제어시 각 사용자들이 제시한 트래픽 지시자에 명시된 QoS 계수들을 이용하여 사용자들에게 요금을 부과하는 것이 가능하다.

비디오 트래픽의 다중 시간 스케일에 걸친 변동성 때문에 동적인 자원 재협상 기반 비디오 전송에 대한 연구도 진행되었다. RCBP (renegotiated CBR) 서비스는 시변하는 비디오 트래픽 특성을 효과적으로 수용할 수 있고, 단순하지만 네트워크 효율을 증가시킬 수 있다는 장점이 있다. [24]에서는 RCBP 서비스에 대해 총 사용 대역폭

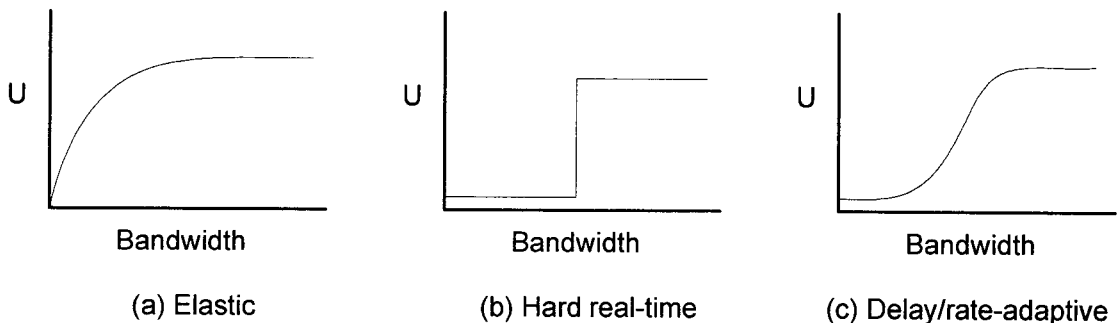


그림 1. 서비스 유형별 유틸리티 함수 [14]

과 재협상 횟수에 비례하는 요금을 부과 모델을 제시하였다.

최근들어 유무선 네트워크 상에서 멀티미디어 응용에 대한 수요가 급증하고 있으며, 다양한 네트워크 서비스 품질에 대한 선호도를 갖는 사용자들이 존재한다. 비디오 스트리밍의 경우 사용자들이 받아들일 수 있는 수신 비디오 품질의 범위가 존재한다. 특정 사용자들은 고화질 비디오 수신을 원하며 이는 많은 대역폭을 소모한다. 어떤 사용자들은 적은 비용을 부담하면서도 낮은 품질에 적응하기도 한다. 즉, 과금과 자원 관리 정책은 현존하는 사용자들의 행태를 반영하여 서비스 가격, 제공된 네트워크 QoS, 수신 품질 등을 고려하여 결정되어야 한다.

[25]에서는 사용자 수신 품질과 RCBR 서비스 가격을 이용하여 사용자 만족도를 최적화 문제를 정의하고, 종단간 지연 제약하에서 RCBR 전송 스케줄과 부호화 계수를 결정하였다. 이를 위해 사용자들이 최소 한도로 요구하는 비디오 수신 품질을 고려하여 그림 2와 같은 PSNR(Peak Signal to Noise Ratio) 기반 유틸리티 함수를 제안하였다.

[26,27]에서는 무선망에서 사용자 만족도에 기반한 비디오 서비스 과금과 자원 관리 기법을 제안하였다. [27]에서는 단위 대역폭 당 가격을 네트워크 상황에 따라 동적으로 조절하고, 4개의 사용자 만족도 등급을 정의한 QoS 프로파일을 정의하였다. 이를 통해 서로 다른 서비스 품질 및 가격 선호도를 갖는 사용자들로 하여금 각자의 요구에 맞는 서비스를 선택하도록 유도할 수 있다. [26]에서는 수신 비디오의 품질에 기반한 유틸리티를 네트워크 수입 함수(earning function)에서 고려하고, 망 인프라, 네트워크 부하에 따른 서비스 기회 손실 비용, 바이트 당 전송 비용 등을 종합적으

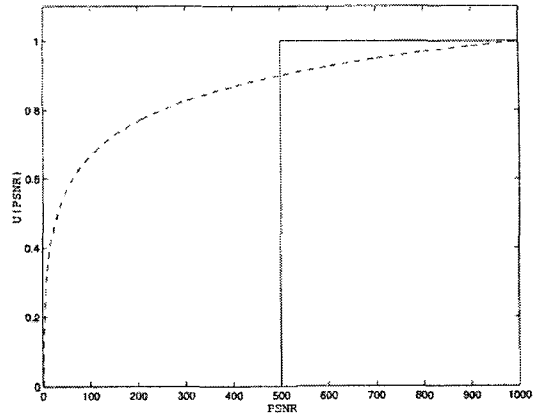


그림 2. 비디오 수신 화질 기반 유틸리티 함수[25]

로 비용함수(cost function)에서 고려하였다. 이들 함수를 이용하여 서비스 매출 함수(revenue function)를 정의하고 서비스 가격, 비디오 품질 수준 등을 가변시키면서 매출의 변화를 모니터링 하였다.

4. 결 론

본 논문에서는 QoS 제공 네트워크에서 네트워크 자원 관리 및 사용의 효율성, 사용자 만족도 증대 등의 문제를 해결하기 위한 방법으로서 서비스 과금에 대한 기존의 연구 동향에 대해 살펴보았다. 진정한 서비스 통합 네트워크에서 각 사용자에게 적절한 QoS를 보장해 주기 위해서는 특정한 형태의 서비스 차등화가 사용되어야 한다. 과금을 통한 서비스 차등화는 사용자들로 하여금 그들의 요구에 가장 적합한 서비스를 선택하도록 장려할 수 있고, 이를 이용하여 자원의 과다할당을 방지할 수 있다.

기존의 적응형 비디오 전송에 대한 연구는 서비스 비용 최적화 및 과금보다는 비디오 수신 품질 개선에 집중하여 왔다. 그러나, 제한된 자원을 경쟁적으로 공유하는 네트워크나 차등 서비스 환

경에서 비디오 전송 서비스 유형별, 사용자 유틸리티 기준의 서비스 수준별 차등화를 위해 다양한 네트워크 QoS 계수와 비디오 수신 품질 간의 관계에 대한 연구가 필요할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] L. Zhang et al., Resource reservation protocol (RSVP)-Version 1 functional specification, RFC 2205, Sep. 1997.
- [2] S. Blake et al., An architecture for differentiated service, RFC 2475, 1998.
- [3] R. Braden, D. Clark, and S. Shenker, Integrated services in the Internet architecture: An overview, RFC 1633, 1994.
- [4] SWITCH, Switchlan traffic statistics, <http://www.switch.ch/lan/stat/>
- [5] BBC Internet Services, Internet link usage, <http://support.bbc.co.uk/support/mrtg/internet/>
- [6] A. Gupta et al, Streamlining the digital economy: how to avert a tragedy of the commons, IEEE Internet Computing, vol. 1, no. 6, 1997.
- [7] J. M. Peha, Dynamic pricing as congestion control in ATM networks, GLOBECOM, 1997.
- [8] G. Fodor et al., Revenue optimization and fairness control of priced guaranteed and best effort services on an ATM transmission link, ICC, 1998.
- [9] P. Kirkby, Business models and system architectures for future QoS guaranteed Internet services, IEE Colloquium on Charging for ATM, 1997.
- [10] R. J. Edell et al, Billing users and pricing for TCP, IEEE J. Select. Areas. Commun., vol. 13, no. 7, Sep. 1995.
- [11] L. A. DaSilva, D. W. Petr, and N. Akar, Equilibrium pricing in multiservice priority-based networks, GLOBECOM, 1997.
- [12] H. Ji et al., QoS-based pricing and resource allocation for multimedia broadband networks, INFOCOM, 1996.
- [13] Z. Cao and E. W. Zegura, Utility max-min: an application-oriented bandwidth allocation scheme, INFOCOM, 1999.
- [14] S. J. Shenker, Fundamental design issues for the future Internet, IEEE J. Select. Areas. Commun., vol. 13, no. 7, Sep. 1995.
- [15] H. Jiang and S. Jordan, A pricing model for high-speed networks with guaranteed QoS, INFOCOM, 1996.
- [16] S. H. Low and P. Varaiya, A new approach to service provisioning in ATM networks, IEEE/ACM Trans. Net., vol. 1, Oct. 1993.
- [17] S. H. Low, Equilibrium bandwidth and buffer allocations for elastic traffics, IEEE/ACM Trans. Net., vol. 8, June 2000.
- [18] X. Wang, and H. Schulzrinne, Incentive-compatible adaptation of Internet real-time multimedia, IEEE J. Select. Areas. Commun., vol. 23, no. 2, Feb. 2005.
- [19] S. Jamin et al., Comparison of measurement based admission control algorithms for controlled-load service, INFOCOM, 1997.
- [20] H. Zhang and S. Keshav, Comparison of

- rate-based service disciplines, SIGCOMM Symp. Communi. Archi. Protocols, 1991.
- [21] B. Cavusoglu et al., Real-time low-complexity adaptive approach for enhanced QoS and error resilience in MPEG-2 video transport over RTP networks, IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., vol. 15, no. 12, Dec. 2005.
- [22] I. Padhye et al., A TCP-friendly rate adjustment protocol for continuous media flows over best-effort networks, NOSS-DAV, 1999.
- [23] H. Zhang and S. Keshav, Comparison of rate-based service disciplines, Computer Communication Review, vol. 21, no. 4, 1991.
- [24] M. Grossglauser, et al, RCBR : a simple and efficient service for multiple time-scale traffic, IEEE/ACM Trans. Net., vol. 5, no. 6, 1997.
- [25] C. E. Luna et al., Maximizing User Utility in Video Streaming Applications, IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., vol. 13, no. 2, Feb. 2003.
- [26] P. Seeling and M. Reisslein, Video Pricing for Wireless Networks, CCNC 2006.
- [27] W. Ibrahim et al., QoS satisfaction based charging and resource management policy for next generation wireless networks, Int'l Conf. on Wireless Networks, Communi. and Mobile Computing, 2005.
- [28] F. Zhai et al., Rate-distortion optimized hybrid error control for real-time packetized video transmission, IEEE Trans. Image Processing, vol. 15, no. 1, Jan. 2006.
- [29] J. Salehi et al., Supporting stored video: reducing rate variability and end-to-end resource requirements through optimal smoothing, IEEE/ACM Trans. Net., vol. 6, no. 4, Aug. 1998.
- [30] J. Xin et al., Digital video transcoding, Proc. of the IEEE, vol. 93, no. 1, Jan. 2005.
- [30] R. Cocchi et al., Pricing in computer networks: motivation, formulation and example, IEEE/ACM Trans. Net., vol. 1, no. 6, Dec. 1993.



이 명 진

- 1994년 2월 KAIST 전기및전자공학과 공학사
 - 1996년 2월 KAIST 전기및전자공학과 공학석사
 - 2001년 8월 KAIST 전자전산학과 공학박사
 - 2001년 3월~2004년 2월 삼성전자(주) System LSI 책임
 - 2004년 3월~2007년 2월 경성대학교 전기전자메카트로닉스공학부 조교수
 - 2007년 3월~현재 한국항공대학교 항공전자 및 정보통신공학부 조교수
 - 관심분야 : 영상압축 및 전송, 멀티미디어 시스템
-
-