
무선망에서 Best-effort 서비스를 위한 폭주제어 방법

김승천*

Congestion Control for Best-Effort Services in Wireless Networks

Seung cheon Kim*

이 논문은 1999년 한국학술진흥재단의 연구비에 의하여 연구되었음(KRF-99-E014)

요약

본 논문은 3세대 및 그 이상의 무선망에 대한 기본적인 망의 구조를 IP를 바탕으로 한 무선망으로 정의하고 이때 무선 접속망에서의 폭주제어 방법을 제안한다. 기본적으로 제안하는 방법은 ECN(Explicit Congestion Notification)을 바탕으로 하나 무선망과 IP망의 Broadcasting에서의 장점을 이용하여 ECN Broadcasting을 무선 서브망에서 수행하도록 하여 미래의 무선망에서의 이동성 지원으로 인한 폭주제어에 있어서 효율성을 갖도록 하였다.

ABSTRACT

This paper has defined the 3G and beyond wireless networks as the one that is based on IP network architecture and proposed the congestion control scheme in the access networks. Basically the proposed method is built on the ECN(Explicit Congestion Notification) and utilizing the advantages of the wireless and IP networks in broadcasting packet in their access network. Consequently it provides the efficiency in controlling the congestion that can be happened by the mobility support in the future wireless networks.

키워드: 무선망, IP, ECN Broadcasting, 폭주제어

1. 서론

현재 많은 사람들이 작은 크기의 무선 단말을 이용하여 전자우편을 받아보거나 혹은 보내며 또한 주식정보를 보거나 주식을 거래하며 그리고 외국의 경우는 이를 이용하여 신용카드를 통한 지급 및 여러 거래가

가능하다는 결론이 나와 있다. 즉 더 이상은 무선통신 망을 이용하여 다양한 편의 기능을 제공받는 것이 먼 미래의 일이 아닌 것이다. 이러한 상황은 시간이 갈수록 더해져서 앞으로는 더 많은 서비스가 무선인터넷을 통해서 이루어질 것이다. 또한 일반 사용자들도 무선 망을 여러 인터페이스를 통해서 자유롭게 접근할 수

* LG전자 연구소

접수일자: 2001. 7. 31

있게 될 것이다[1]. 미래의 서비스는 주로 실시간 멀티 미디어 서비스가 될 것으로 예상이 되나 계속해서 기존의 인터넷 웹 탐색등을 위한 Best-Effort 형태의 서비스는 지원되고 유지될 것으로 보인다.

이러한 것들은 이미 3세대 무선망에서는 가능할 것으로 많은 사람들에 의해서 인식되고 있으며 더불어서 사람들은 이미 4세대 무선망을 생각하기에 이르렀다. 이미 기반 기술과 망구조 그리고 서비스들을 고려하고 있는데, 이때 사용자들은 무선망에서의 이동성을 충분히 서비스 사업자로부터 지원 받게 될 것이다[2]. 이러한 이동성에 대한 보장은 우선은 Mobile IP를 기반으로 이루어질 것으로 보이며 계속해서 많은 개선된 방법들이 제안되고 있는 실정이다.

이러한 상황에 비추어볼 때 현재 인터넷망에서의 트래픽 제어, 특별히 혼잡제어(Congestion Control)에 대한 방법으로는 인터넷의 TCP/IP에 의존하는 방법, 즉 종단 호스트의 윈도우 제어를 통한 전송 패킷의 수를 조절하는 방법 외에는 다른 방법들이 강구되고 있지는 않은 실정이며 다만 무선 링크에서의 TCP 개선이라는 연구가 활발하다. 이러한 무선 링크에서의 TCP 성능에 대한 개선으로는 Snoop, I-TCP, Fast Retransmit과 같은 방법들이 제안되어 있다[2].

그러나 이러한 모든 방법들이 기본적으로 무선망 환경에서의 TCP 성능의 개선에 초점을 맞추고 있다고 하더라도 대부분은 단순히 TCP의 재전송 부분에 대한 성능개선에 집중을 하고 있으며 따라서 무선망에서의 혼잡제어는 본질적으로 언급을 피하고 있는 실정이다.

현재 미래의 무선망을 접근망(Access Network)이 든지 핵심망(Core Network)이든지 모두 IP 망으로 생각을 하는데 그러한 상황에서는 무선 단말이든지 라우터, 무선기지국(Base Station)이든지 IP 주소를 할당받는 망으로 형성이 될 것이며[4] 이는 그런 무선 IP 망에서는 모든 무선 단말들이 IP 주소를 지닌 채로 무선망을 이동하면서 데이터서비스를 받을 수 있을 것이다. 따라서 미래의 무선망에서는 하위 통신망 기술로 어떠한 기술이 사용되던지 전체적으로는 IP 망이 구성될 것이다. 이러한 모든 사항을 생각할 때 트래픽이 사용자의 이동성에 의해서 영향을 받는 미래 무선망에서는 이러한 트래픽 문제를 해결할수 있는 방법이 필요하다고 하겠다.

본 논문에서는 미래 무선망에서 ECN(Explicit Congestion Notification)을 기본적으로 적용하되, 사용자 접근망에서 좀더 효율적인 방안으로 혼잡상태를 방송하는, 즉 Congestion Broadcasting을 통한 무선망에서의 효율성 증대와 망내 혼잡성제어 방법을 제시한다.

2. 미래 무선망

(1) 망구조

간단히 설명해서 4세대 무선망의 경우는 기존의 다른 세대의 망들과는 서비스 속도와 망 구조에 있어서 다르다고 할 수 있다. 우선 4세대 이상의 무선망에서는 기본적으로 20Mbps 이상의 속도를 지원하게 될 것으로 보이며 기본적으로 IP를 기초로 한 망의 구성 특징을 보일 것이다. 동시에 무선 단말의 이동성은 Mobile IP를 기초로 하여서 지원이 될 것으로 보인다. 이러한 것들은 다음의 그림1에서의 망 구조도를 통해서 설명되어진다.

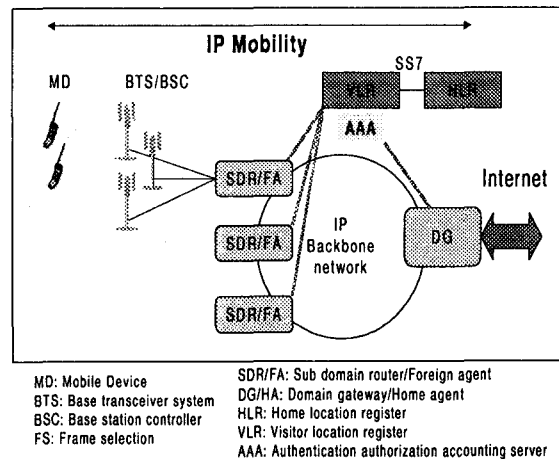


그림 2 향후 미래 무선망 구조

그림1에서 보듯이 IP 주소는 BSC와 MD에도 채용될 것으로 보이며 이때 무선 단말의 이동성 지원은 IP Mobility에 의해서 지원되며 이는 망 구조도에서 SDR/FA 그리고 DG에서 단계적으로 이루어질 수 있다. 따라서 이동성 지원을 위한 방법이 결정되고 나면 이때 SDR/FA와 DG는 중간적인 위치에서 에이전트의 역할을 하게 된다. 이런 무선 단말의 이동성 지원을 위

한 방법으로는 현재 Mobile IP, HAWAII, Cellular IP, TeleMIP 등이 언급되고 있다.[5-8]

또한 이 당구조에서 SS7망은 아마도 연결설정을 위한 시그널링과 권한부여(Authentication) 그리고 사용자 프로파일의 관리 등을 하는데 사용될 수도 있을 것으로 보인다[9]. 다만 이 부분에 있어서 향후의 무선망에서는 IP를 이용한 시그널링도 고려하고 있으므로 이는 향후에 변화가 가능할 것으로 보인다.

(2) 전송지연과 망혼잡에 대한 단말의 이동성 영향

이번 장에서 다른 무선 서브망에서 현재의 무선 서브망으로 들어오는 무선 단말의 수가 전송지연이나 망혼잡에 어떤 영향을 미치는가를 알아보기 위하여 M/G/1을 이용한 수학적 분석을 해보기로 한다.

일정시간 t에서 어떤 무선 접속 서브망에 존재하는 무선 단말의 수를 생각해볼 때 이는 두가지로 구성이 될 것이다. 하나는 기존에 서비스를 현재의 서브망에서 시작하여서 계속해서 서비스를 받고 있는 무선 단말이 될 것이고 다른 하나는 다른 서브망에서 서비스를 시작하였으나 현재의 서브망에 머물게 된 무선 단말들일 것이다. 그럼 여기서 다른 서브망에서 들어온 무선 단말들이 확률 p에 비례한다고 가정하자 그러면 계속해서 현재의 서브망에 존재하는 무선단말들은 확률 1-p에 비례하게 된다. 따라서 해당 서브망에 존재하는 무선 단말들의 개수가 Nt이라고 하면 이는 다음과 같이 표현되어진다.

$$N_t = pN_i + (1-p)N_i$$

그리고 각 무선 단말의 데이터 평균 도착율이 λ_i 이라고 하면 전체 데이터 도착율은 $\lambda_t = \lambda_i N_t$ 가 될 것이다.

그러나 데이터 전송후 이후 이에 대한 응답시간에 대한 분포는 어떤 단말인가에 따라서 다르게 된다. 예로 만일 해당 무선 단말이 다른 서브망에서 온 경우라면 증가된 리턴 경로를 갖게 된다. 따라서 응답시간도 길어지게 된다. 이는 무선망에서 사용자의 이동성 지원을 위한 Mobile IP과 같은 방법을 사용하기 때문인데 이를 보통 삼각경로(Triangular Routing)에 의한 우회경로의 영향으로 볼 수 있다. 이에 반해서 기존의 무선단말들은 이보다는 적은 응답시간을 갖게 된다. 이러한 것을 고려하면 다음과 같은 응답시간의 분포를 생각할 수 있다.

$$f_r(x) = p\mu_1 e^{-\mu_1 x} + (1-p)\mu_2 e^{-\mu_2 x}$$

여기서 μ_1 은 확률 p에 비례하여 현재의 서브망에 존재하는 다른 서브망에서 온 무선단말의 평균 응답시간이 되고 μ_2 는 기존의 서브망에 1-p의 비율로 존재하는 무선단말의 평균 응답시간이다. 평균 응답시간을 구하기 위해서 M/G/1을 이용할수 있는데 이렇게 계산된 식들은 다음과 같다.

$$E[T] = E[\tau] + \frac{\lambda E[\tau^2]}{2(1-\lambda E[\tau])} \quad (1)$$

$$E[\tau] = \int_0^{\infty} x f_r(x) dx = \frac{p}{\mu_1} + \frac{1-p}{\mu_2} \quad (2)$$

$$E[\tau^2] = \int_0^{\infty} x^2 f_r(x) dx = 2\left(\frac{p}{\mu_1^2} + \frac{1-p}{\mu_2^2}\right) \quad (3)$$

위의 식 (1), (2), (3)으로부터 아래 그림2에 나타나는 평균 응답 시간의 분포를 얻을 수 있다. 이 값들을 얻기 위해서는 μ_1 을 0.1, μ_2 를 0.01로 가정하였다.

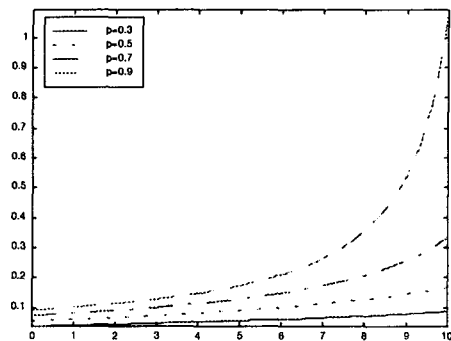


그림 3 평균 반응 시간변화

그림2에서 보이는 바와 같이 데이터의 도착률이 증가함에 따라서 서브넷의 무선 단말들의 응답시간이 길어지는 것을 볼수가 있다. 또한 다른 서브넷에서 온 무선단말들의 비율이 커질수록 평균 응답시간도 역시 길어지는 것을 볼수가 있었다. 이렇게 응답시간이 길어지게 되면 무선 단말들이 TCP의 ACK와 NAK에 의해서 전송율을 조절하기가 어렵게 되고 더불어서 망내의 혼잡으로 인한 패킷의 손실이 일어날 가능성이 매우 증가하게 된다. 이러한 혼잡은 주로 서브넷의 라우터에서 발생할 가능성이 높는데 이것은 서브넷의 모든 자원의 상황이 서브넷의 무선 단말들의 데이터 전송을

이나 다른 서브넷에서 이동한 무선 단말들의 분포비율에 의해 주로 영향을 받기 때문으로 해석할 수 있다.

따라서 TCP의 윈도우 제어 외에 다른 보조적인 망내 보조 혼잡제어 방법이 필요하다고 할 수 있다. 특히 이런 방법은 무선 접속망에서 더욱이 필요하게 되는데 이는 해당 서브넷이 혼잡상황으로 가는 것을 막고 서브넷의 라우터가 지원할 수 있는 최대한의 성능을 활용할 수 있도록 하기 위함이다.

3. 서브넷에서의 혼잡제어 방법

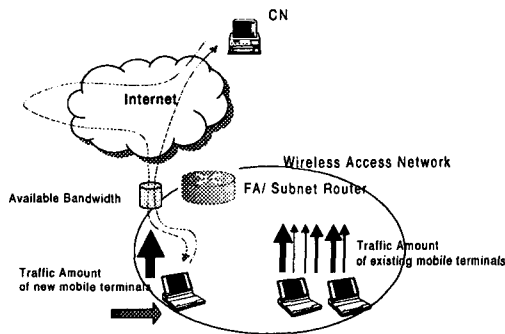


그림 4 무선 접속망에서의 폭주상황

그림3에서 보이는 것과 같이 무선 단말이 다른 서브넷에서 현재의 서브넷으로 이동하여 들어온 경우 이 무선 단말은 현재 서브넷의 상황에는 상관없이 계속해서 자신의 전송율이나 QoS 요구사항을 유지하게 된다. 이는 이 무선 단말이 먼저 서브넷에서 이미 연결 협상을 맺어서 현재의 QoS를 지니게 되었기 때문이다. 따라서 이 무선 단말이 만일 우선 순위가 높은 QoS를 지니고 있으면 이미 서비스되고 있는 연결에 대한 서비스의 품질을 떨어뜨리거나 또는 연결 재협상을 하기가 어려워진다. 이러한 상황은 자칫 서브넷 라우터를 많은 트래픽양으로 폭주가 되게 할 수 있고 더 나쁜 상황으로는 전송율을 줄이고자하는 응답 패킷의 도착이 이동성 지원을 위한 Mobile IP와 같은 프로토콜의 영향으로 우회하여 늦게 도착하게 되면 이런 서브넷의 폭주 상황은 더욱 나빠지게 된다. 더불어서 무선 단말들은 응답 패킷들의 전송 지연으로 인해서 서브넷의 상황을 늦게 알게 되고 서브넷 라우터의 폭주로 인해서 또한 패킷을 잃어서 다시 재전송을 해야 하

기 때문에 종단가 처리율이 감소하게 된다.

이런 모든 상황은 미래 무선망에서 발생할 수 있으나 높은 우선순위의 서비스, 예로 보장 서비스 (Guaranteed Service)에서는 발생하지 않을 것이나 주로 낮은 서비스 클래스 즉 비보장서비스(Non-guaranteed Service, Best-effort Service)에서 발생하게 된다. 이런 상황은 앞서 수학적 분석을 통해서 보았듯이 만일 무선 단말의 이동성이 커지면 커질수록 심각해질 것이다.

결론적으로 무선망, 그중에서도 특히 무선 접속망에서 비보장 서비스를 위한 혼잡제어 방법이 필요하게 된다. 이러한 혼잡제어 방법으로는 현재 IETF에서 고려하고 있는 ECN(Explicit Congestion Notification)[10]을 생각할 수 있는데 이 방법은 데이터 전송단에 현재 망이 혼잡상황이거나 폭주상황으로 가고 있음을 비교적 초기에 알려주어서 전송단으로 하여금 데이터 전송율을 줄임으로써 폭주를 막게 된다. 보통은 무선망에서의 패킷의 손실이 폭주제어를 위한 윈도우 크기를 줄이도록 하기가 어렵기 때문에 이방법은 패킷 손실 복구를 위한 방법과 윈도우 크기를 줄여서 폭주를 막는 두가지 일을 한꺼번에 할 수 있도록 도와준다고 할 수 있다.

망내 초기 폭주에 대한 ECN 메시지는 바로 해당 주소로 전달되어서 이메세지를 받은 전송단은 바로 이메세지를 없애버리고 동시에 바로 폭주제어 방법을 실시하게 된다. 그리고 이메세지를 보낸 망내 다른 노드에게 응답하여 폭주제어를 하고 있음을 알린다.

그러나 다른 유선망에 비교해 무선 접속망에서는 단순히 제어의 목적으로 망내를 돌아다니는 많은 제어 패킷들이 존재하게 되는데 이런 패킷들도 역시 다른 서브넷에서 올 수도 있기 때문에 자칫 제어 목적의 패킷들도 많아져서 혼잡 상황을 가중시킬 수 있게 된다. 따라서 서브망내의 제어 목적의 패킷들은 가능하면 다른 서브망으로 전달되지 않으면서 해당 서브망에서의 제어 목적으로만 사용되어질 수 있도록 하여야 한다.

본 논문에서는 이러한 모든 것들을 고려할 때 ECN 방법 역시 가능하다면 무선 접속망의 서브 도메인 라우터나 FA에 적용되어야 함을 제안한다. 그리고 더불어서 Broadcasting의 방법을 이용한 ECN 전달 방법을 채택하여 전달할 것을 제안한다. 이는 무선망과 IP 망에서는 기본적으로 Broadcasting이 유리하다는 점

과 폭주제어를 위해서는 ECN 방법이 필수적이라는 점을 감안한 것으로 이에 따라서 무선망에서의 TCP의 성능과 다른 응용서비스들의 성능 개선에 도움이 될 것이다. 제안되는 방법은 무선 접속망이 다른 서브도메인의 한 부분이라면, 즉 그림2에서 BSC와 같은 위치이면 존재하지 않을 수도 있으나 이는 BSC가 사용하는 무선 단말들이 많다면 이런 기능이 존재할 수도 있으며 주로 서브도메인 라우터나 FA에 존재하여서 무선 접속망에 폭주상황에 가지 않도록 제어한다.

제안하는 방법의 동작은 일련의 시나리오에 기초하여서 설명되어질 수 있다. 먼저 라우터는 주로 관리가 될 Best-effort 서비스를 위한 버퍼를 계속해서 모니터링을 한다. 그리고 이 버퍼의 수준이 어떤 특정한 임계치, 즉 폭주상황을 알리는 값을 넘어가면 라우터는 Broadcasting 주소를 이용하여 서브넷의 모든 Best-effort 서비스 사용자들에게 현재 서브넷이 폭주상황에 들어가고 있음을 알린다. 그러면 이런 패킷을 받은 해당 사용자들은 윈도우의 크기나 전송율을 줄이거나 현재의 상태에서 증가를 시키지 않음으로 하여 자신의 서브망의 폭주진행을 억제한다. 이때 TCP에게는 전송된 패킷의 Time-out을 늘림으로써 좀더 많은 시간을 갖고 응답을 받을수 있도록 하여 재전송으로 인한 처리율의 감소를 줄일 수 있게 된다. 이는 결국은 네트워크 레벨의 정보로 인하여 응용계층의 성능을 증가시킬 수 있는 방법이 된다.

4. 실험 및 고찰

본 장에서는 평범한 무선 접속망과 ECN Broadcasting이 적용된 접속망과의 성능 비교를 위하여 OPNET MIL3 v6.0을 이용한 실험을 실시한 결과를 살펴보고 이 결과의 의미를 고찰하도록 한다.

실험을 위한 실험 모델에서는 모든 서브넷의 데이터 트래픽이 서브넷 라우터를 통해서 인터넷으로 접속한다고 가정하였다. 이때 서브넷 라우터에는 전송대역 할당의 능력을 가지고서 데이터 전송을 할수 있는 능력이 있으며 또한 무선단말의 이동성 지원을 위한 기능과 해당되는 목적 단말로의 전달(Forwarding) 기능이 있다고 가정하였다. 그리고 모든 무선 단말들은 Time-Out과 NAK을 받았을 때 Sliding window와 Slow-start를 이용하여 전송율을 조절하고 다른 서브

넷에서 오는 무선단말들의 응답시간은 Mobile IP를 통한 이동성 지원으로 인하여 인터넷에서 지연된다고 가정하였다. 실험을 위한 자세한 설명은 표1에서 나타나 있다.

표 1 실험 변수값들

Simulation Parameters	Simulation Values
Link Speed	10 Kbps
SDR/FA Router Buffer Size	10 Packets
The proportion of new and existing mobile terminals	0.1 ~ 0.9
One-way Internet Delay of mobile terminals	Avg 1 sec
Returning Internet delay of new coming mobile terminal	Avg. 3 sec
Maximum Window Size in Sliding window	64 Packets
Source Data Rate	0.1 ~ 10 Packets/sec
Packet time-out in sliding window	5 sec
ECN threshold of SDR/FA router buffer	7 packets

그림 4와 5는 새로 들어온 무선 단말과 기존에 있던 무선단말들의 처리율 변화를 나타낸다. 각각의 결과에서 볼 수 있듯이 처리율은 ECN Broadcasting이 적용되었을 때 나아짐을 알 수 있다. 이런 처리율의 개선은 결과에서 보듯이 주로 폭주가 발생한 다음에 나타남을 볼 수 있었다.

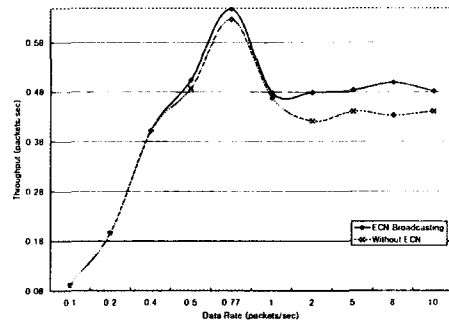


그림 4 기존 무선단말의 처리율(p=0.9)

다음의 두개의 결과 그래프는 SDR/FA에서의 패킷 손실율을 나타낸다. 앞에서도 간단히 언급을 했듯이 SDR/FA의 기능은 해당 패킷을 적절한 목적 무선 단말이 있는 서브망으로 라우팅을 하고 밖에서 전달되는 패킷에 대해서는 해당 목적 단말에게 전달하는 기능을 갖는다. 실험에서는 주로 이 부분에서 폭주가 있었는데, 패킷들이 SDR/FA에 도착하였을 때 만일 라우터가 전체 도착된 패킷을 자체의 버퍼로 충분히 담

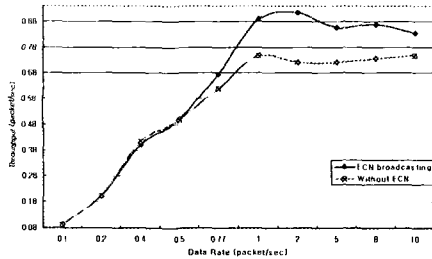


그림 5 이동한 무선단말의 처리율($\rho=0.4$)

을 수 있으면 이들 패킷을 버퍼에 임시 저장하여서 외부 링크를 통해서 전송할 수 있을 때 다시 전송하지만 그렇지 못할 때는 이들 초과된 패킷들은 버려지게 된다. 따라서 손실된 패킷의 양은 바로 서브넷의 안정성을 나타내는 기준이 된다. 더불어서 이 값은 망이 폭주 상태에 얼마나 강한지를 알 수 있는 기준이 된다.

결과 그래프로 볼 때 ECN Broadcasting이 없는 상황에서는 전송단의 전송율이 증가할수록 급격히 패킷의 손실율이 증가하였으나 이에 반해서 ECN Broadcasting이 적용된 경우에는 상대적으로 낮은 패킷 손실율을 나타냄을 볼 수 있었다. 이는 SDR/FA에서 ECN Broadcasting을 위한 임계치 설정과 이에 따른 버퍼관리가 함께 이루어졌기 때문으로 볼 수 있겠다. 결과적으로 SDR/FA를 통해서 인터넷에 연결되는 무선 서브넷에서 ECN Broadcasting이 적용되었을 때 훨씬 안정하다는 것을 알 수 있다.

5. 결론

미래의 무선망 환경에서 높은 순위의 인터넷 서비스를 방해하지 않으면서 낮은 순위에 있는 Best-effort 서비스를 수행하기 위해서는 망의 안정성을 유지하면 더불어서 무선단말들의 종단간 처리율을 증가시킬 수 있는 네트워크 수준에서의 보조적인 제어 방법이 필요하게 된다. 이와 부합하는 방법으로는 폭주제어를 위한 ECN을 생각할 수 있는데, 이 방법이 무선망에 적용되어질 때는 무선망과 IP망이 모두 IP Broadcast 주소와 무선 채널의 Broadcasting에서의 이점을 가지고 있기 때문에 이를 이용한다면 훨씬 쉽게 무선 접속망의 폭주를 제어하면서 망을 안정한 상태로 유지할 수 있을 것으로 예상되어진다.

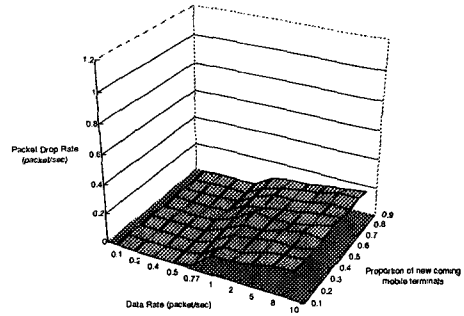


그림 6 패킷손실율-ECN Broadcasting

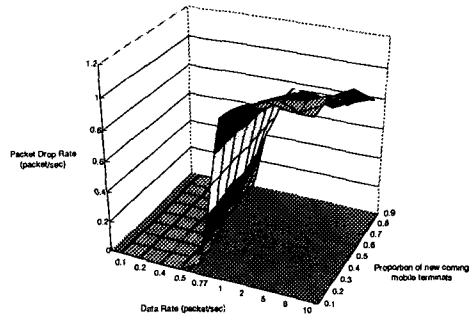


그림 7 패킷손실율-Normal

본 논문에서는 무선 접속망에서 ECN Broadcasting을 무선 단말의 이동성으로 인한 무선 서브넷에서의 폭주제어방법으로 제안하였고 실험을 통하여 제안한 방법이 무선 접속망에서 무선 단말들의 처리율을 증가시키면서 동시에 서브넷을 안정하게 유지시킬 수 있음을 보였다. 따라서 본 논문에서 제안하는 방법은 향후의 무선망이 IP를 바탕으로 인터넷을 연결하는 구조에서 효과적으로 접속망의 폭주를 제어하면서 Best-effort 서비스의 처리율을 증가시킬 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 1999년도 한국학술진흥재단 해외박사후연수 지원에 의하여 이루어진 연구로서, 관계부처에 감사 드립니다.

참고문헌

- [1] Girish Patel, Steven Dennett, The 3GPP and 3GPP2 Movements Toward and All-IP Mobile Network , IEEE Personal Communications, August 2000, pp 62-64.
- [2] Adbi R. M., Seshadri M., Control and Management in Next-Generation Networks: Challenges and Opportunities , IEEE Communication Magazine, September 2000, pp 94-102.
- [3] Caceres, R., and Iftode, L., Improving the Performance of Reliable Transport Protocols in Mobile Computing Environments , IEEE Journal on Selected Area in Communications, 13(5), June 1995.
- [4] Ramachandran R., et al, IP-Based Access Network Infrastructure for Next-Generation Wireless Data Networks , IEEE Personal Communications, August 2000, pp 34-41.
- [5] Ramachandran R., et al, IP-Based Access Network Infrastructure for Next-Generation Wireless Data Networks , IEEE Personal Communications, August 2000, pp 34-41.
- [6] James D. Solomon, Mobile IP: The Internet Unplugged , PTR Prentice Hall,1998, Upper Saddle River, New Jersey 07458.
- [7] A.G. Valko, Cellular IP: A New Approach to Internet Host Mobility , Computer Communication Review, Jan. 1999, pp. 50-65.
- [8] Subir Das, et al, TeleMIP: Telecommunications-Enhanced Mobile IP Architecture for Fast Intradomain Mobility , IEEE Personal Communications, August 2000, pp 50-58.
- [9] Behcet Sarikaya, Packet Mode in Wireless Networks: Overview of Transition to Third Generation , IEEE Communication Magazine, September 2000, pp 164-172.
- [10] K. Ramakrishnan, S. Floyd, "A Proposal to add Explicit Congestion Notification (ECN) to IP", IETF RFC2481, Jan. 1999.

김승천 (Seungcheon Kim)

1994년 2월: 연세대학교 전자공학과 학사
1996년 2월: 연세대학교 전자공학과 석사
1999년 8월: 연세대학교 전자공학과 박사
2000년 1월-2001년 1월: Post-Doc in University of Sydney
2001년 2월~현재: LG전자 우면동 DTV 연구소 근무.
관심분야: BISDN/ATM, ATM over Satellite, Multimedia Communication.