
이동인터넷을 위한 QoS 제어 및 링크레벨 성능분석

조정호* · 김광현* · 이형옥**

QoS Control and Link-Level Performance Analysis
for Mobile IP of Wireless Communication Networks

Chung-ho Cho* · Gwang-hyun Kim* · Hyeong-ok Lee**

요약

본 논문에서는 3세대 이동통신망이 Mobile IP를 지원하기 위한 통합망 구조를 제시하고, 통합망에서 DiffServ에 의한 종단간 QoS를 제공할 경우 망을 구성하는 각 요소가 가져야 할 QoS 제어기능 및 메커니즘을 제안한다. 이를 위해 현재 IMT-2000의 QoS 제공 구조를 살펴보고, 통합망의 필요성 및 구조를 제시한 다음, DiffServ 클래스와 무선채널과의 매핑관계 및 종단간 QoS 제공 메커니즘을 제안한다.

또한 CDMA 이동인터넷망에서 QoS지원을 위한 무선접속 링크레벨의 성능을 분석한다. 데이터 트래픽의 경우 SREJ ARQ방식과 Type-1 Hybrid ARQ방식을 비교 분석하고, 음성 트래픽의 경우 BCH 코딩을 사용하여 데이터 트래픽 부하변화에 따른 음성 패킷의 에러율을 분석한다. 분석 결과 구현상의 복잡도는 높으나 QoS를 만족시키는 적응적 ARQ와 적응적 FEC 코딩을 이용하는 방식이 보다 효율적임을 알 수 있다.

ABSTRACT

In this paper, we present the integrated network architecture for supporting mobile IP in third generation mobile communication networks, and propose the end-to-end QoS control mechanisms of DiffServ and QoS control functions of each network element in the proposed network. First, the QoS supporting schemes of IMT-2000 are described. Second, the necessities of integrating the networks are discussed and the integrated architecture are proposed. Third, the mapping between wireless channels and DiffServ classes are presented. Finally, the end-to-end QoS control mechanisms are proposed.

We also analyze the link level protocols with QoS provisioning for mobile multimedia assuming that the system support voice and data traffic simultaneously. In case of data traffic, the delay and throughput of SREJ ARQ and Type-1 Hybrid ARQ scheme are compared, and in case of voice traffic, the packet loss rate of BCH coding is analyzed according to the varying data traffic loads. The results indicate that the adaptive link level protocols are efficient to meet the QoS requirements while the complexities are increased.

* 광주대학교 컴퓨터전자통신공학부 조교수

** 한국전산원 국가망기획부

접수일자: 2001. 7. 12

1. 서론

셀룰러 이동망을 통한 인터넷 서비스는 망 사업자 입장에서 매우 관심있는 분야이다. 그러나 이동노드의 이동성을 고려하여 망 구조를 설계하여야 하므로 다소 복잡한 사항들을 고려하여야 한다. IETF의 Mobile IP는 IP계층에서 광범위한 영역에 걸친 이동성을 해결하기 위한 표준으로 그 자체만으로는 셀룰러 사용자에게 이동 인터넷 서비스를 제공하는데 발생하는 모든 문제를 해결해 주지는 못한다, 따라서 여러 표준화 기관에서는 IMT-2000의 궁극적인 목표인 광범위한 지역에 적용되는 표준체계의 일환으로 IMT-2000에서 Mobile IP를 지원하기 위한 방안들을 제시하고 있다[5].

cdma2000은 동기식 3세대 셀룰러망의 구조 및 표준으로 2세대 CDMA 무선접속표준인 IS-95A/B의 발전된 형태인 무선접속 표준안을 고속전송을 위해 적용하고 2세대 CDMA망에서 사용했던 망내부의 시스템 간 신호절차인 ANSI-41을 이용한다 [1][5]. WCDMA는 유럽의 2세대 무선망 표준인 GSM과 비동기식 3세대 무선망 표준인 W-CDMA를 기반으로 하는 UMTS라는 3세대 이동통신시스템의 구조 및 프로토콜 표준이다. 코어망은 초기단계에서는 Mobile IP보다는 오히려 ETSI에서 개발한 GPRS 표준을 기반으로 하고 발전단계에서 Mobile IP를 적용한다[8].

무선 이동인터넷망에서 다양한 형태의 미디어를 제공하기 위해서는 가입자가 요구한 서비스 품질(QoS : Quality of Service)의 요구사항을 만족시키는데 필요한 망의 자원을 확보하고 호가 지속되는 동안 정해진 정책에 따라 이를 유지시켜 주어야 한다. QoS 파라메타는 서비스 형태 및 특성에 따라 사용자가 요구하는 성능 및 품질의 정도를 만족시키기 위한 성능지표를 나타내며, QoS 메트릭(파라메타 값)이란 사용자가 요구한 QoS를 보장해 주기 위해 망이 유지하여야 하는 성능의 지표치를 의미한다. QoS 제어란 QoS 요구를 만족시키기 위해 QoS 파라메타 및 메트릭에 따라 서비스의 성능 및 품질이 보장되도록 망을 제어하는 기술적 사항으로 정의할 수 있다[2][3][4].

향후 이동인터넷은 이와 같은 트래픽의 특성을 고려하여 IP전달망인 백본망과 무선 접속망을 통해 실시간 및 비실시간, 연결위주 및 비연결 위주의 서비스에 대해 QoS를 보장해 주어야 한다. 또한 제한된 무선자

원을 공유하면서 각 사용자마다 각기 다른 QoS를 보장받을 수 있어야 하며 이를 위해서는 제한된 무선자원과 높은 에러 발생율을 고려하여야 한다[10].

3세대 이동통신망을 위한 표준은 아직까지 QoS에 관한 구체적인 방안이 없다. 다만 유선 인터넷의 QoS 보장기술 중 DiffServ를 채택하고 이를 기반으로 하는 QoS 제공에 관해 연구중이다. 본 논문에서는 3세대 이동통신시스템인 양 표준시스템을 통합하여 Mobile IP를 지원하기 위한 통합망 구조를 제시하고, 통합망에서 DiffServ에 의한 종단간 QoS를 제공할 경우 망을 구성하는 각 요소가 가져야 할 QoS 기능 및 메커니즘을 제안한다. 우선 현재 3GPP와 3GPP2의 QoS 제공 메커니즘을 살펴보고, 통합망의 필요성 및 구조를 제시한 다음, 통합망에서 DiffServ에 의한 QoS제공시 무선채널과의 매핑관계 및 종단간 QoS 제공 메커니즘을 제안한다. 또한 QoS 지원을 위한 무선링크레벨의 성능을 분석하였다.

II. 3세대 이동통신 Mobile IP

2-1 Mobile IP

무선망에서 Mobile IP를 효율적으로 지원하는 것은 무선망과 인터넷을 통합하는데 중요하다. 유선 인터넷의 경우 하나의 노드가 한 네트워크에서 다른 네트워크로 이동할 때 Mobile IP는 새로운 망으로 데이터그램을 정확하게 전달하는데 사용된다. Mobile IP의 개념은 인터넷상의 호스트(CN : Correspondent Node)가 이동 노드(MN:Mobile Node)에 데이터그램을 전달할 경우 홈 네트워크에 있는 홈 에이전트(HA)라고 하는 라우터가 방문 네트워크에 있는 외래 에이전트(FA)라는 라우터와 터널링을 이룬 후 데이터그램을 전달하거나 홈 에이전트를 거치지 않고 직접 외래 에이전트에 데

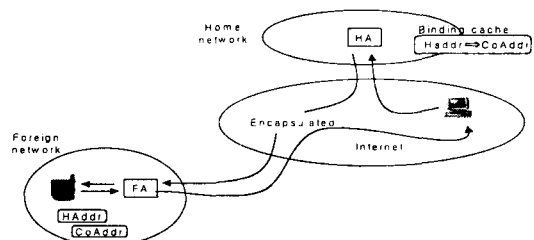


그림 1. Mobile IP 망 개념도

이더그램을 전달한다[5][6]. HA와 FA는 주기적으로 에이전트 공고 메시지를 보내어 이동 호스트의 위치를 파악한다. 이동 호스트는 등록요청 메시지를 FA에 보내면 FA는 등록응답 메시지를 이동 호스트에 보내어 등록을 완료한 후 이동 호스트가 자신의 FA에 등록되었음을 HA에 알리도록 한다(그림 1).

2-2 WCDMA Mobile IP

Mobile IP를 통합하기 위한 3GPP의 접근방법은 user@homedomain 형태의 망접속구분자(NAI:Network Access Identifier)를 사용하여 클라이언트를 식별하는 3GPP2의 방법과 같은 기능을 갖는 FA를 포함하는 IGSN(Internet GPRS Support Node)이라는 코어망의 노드를 기반으로 한다. 이동단말과 IGSN간에 PPP세션이 설정되어 있는 동안 이동 단말은 IGSN으로부터 임시 IP 주소인 COA(Care-of Address)를 얻고 이 주소를 홈 IP 주소 대신 사용한다. 이 구조는 RAN간 이동은 MIP를 이용하고 동일 RAN내 기지국간 이동성은 기존 셀룰러 전화망 설비를 이용한다[9].(그림 2).

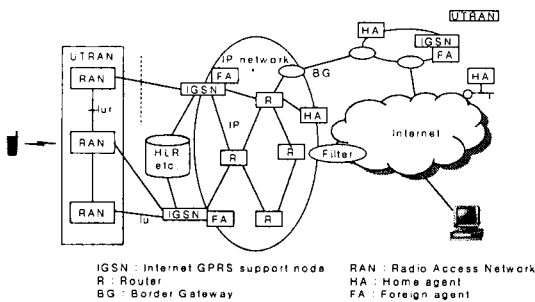


그림 2. Mobile IP in WCDMA

2-3 cdma2000 Mobile IP

cdma2000에서 Mobile IP 통합은 Mobile IP의 FA 기능을 지원하는 PDSN을 기반으로 한다. PDSN은 R-P인터페이스를 통해 무선망과 연결된다. 이동단말이 CDMA망에 접속한 후 이동단말과 PDSN간에는 PPP를 사용하여 하나의 링크 접속이 설정된다. PPP접속이 설정된 후 PDSN은 이동국에 에이전트 공고 메시지를 보내어 PDSN이 관할하는 영역에 새로 들어온 이동단말에 대해 등록을 하도록 한다. 이동단말이 Mobile IP 등록요청 메시지를 발생하면 PDSN은 AAA프로토콜을 사용한 후 이를 HA에 보낸다. PDSN은 HA로부터 오는 Mobile IP 등록응답 메시지를 이동

국에 보낸다(그림 3).

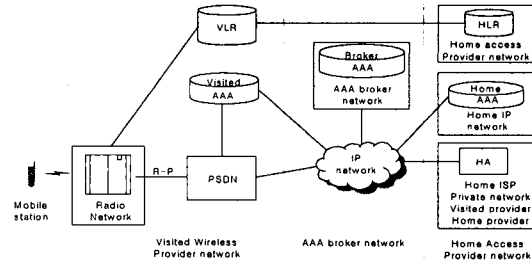


그림 3. Mobile IP in 3GPP2

III. 3세대 무선 이동인터넷 통합망 QoS

3-1 3세대 무선 이동인터넷망 통합의 필요성

이동망 사업자는 인터넷서비스를 위해 다른 사업자의 IP망 혹은 자신이 운용하는 ISP를 이용하고 무선접속서비스를 제공할 것이다. ISP를 가지고 있는 이동망 사업자는 자체적으로 이동성 서비스를 제공할 것이나 그렇지 못하는 경우 이동망 사업자는 기존의 다른 ISP 사업자와 협력하여 이동 인터넷서비스를 제공할 것이다. 따라서 향후 여러 이동망 사업자와 ISP사업자가 제공하는 이동 인터넷서비스망간 통합이 필요하며, 3세대 이동통신시스템(cdma2000, WCDMA)의 이동인터넷시스템간 통합은 비용, 복잡도 및 향후 망의 확장성을 고려하여 게이트웨이(GW or IWF)와 IP를 통해 이루어져야 할 것이다. 또한 양측 표준에 의한 시스템이 전개될 때 어느 한 표준의 3세대 시스템을 이용하는 이동단말 사용자가 서비스를 제공받지 못하는 지역으로 이동하더라도 2.5세대 무선접속망을 통해 서비스를 받을 수 있도록 할 수 있다. 즉, 2.5세대와 3세대 무선접속 기능 모두를 갖는 이중모드 이동단말을 이용하여 2.5세대나 3세대 무선접속시스템에 접속하여 서비스를 제공받을 수 있도록 함으로써 기존의 시스템을 최대한 이용하고 동시에 망 구축비용을 최소화 할 수 있다.

3-2 3세대 무선이동인터넷망 통합구조

RAN간 이동성(macromobility)은 MIP를 이용하는 IP레벨에서 지원함으로써 이동단말이 HA지역을 벗어나 FA지역으로 이동하는 경우의 글로벌한 이동성을 제어한다. 동일 RAN내 기지국간 이동성은 기존 셀룰

러 전화망 설비를 이용한 링크레벨에서 지원(micro-mobility)함으로써 신속한 핸드오버와 위치이동을 국부적으로 제어한다. 또한 cdma2000의 PDSN과 WCDMA의 IGSN 모두 MIP를 완벽하게 지원하여 IETF의 모든 개념을 이용할 수 있다.

홈 도메인의 AAA서버와 이동하여 서비스를 받는 도메인의 AAA서버 양측간에는 IPsec를 이용하여 안전한 AAA정보를 전달할 수 있도록 직접 관계를 맺을 수 있다. 그러나 수천개의 도메인중 대부분이 이동환경의 작업을 위해 기업 혹은 기관이 소유하는 개인 소유망이다. 따라서 이러한 환경에서는 각 AAA서버들간에 쌍을 이루어 AAA정보를 안전하게 전달하기는 어려워 확장성측면에서 어려움이 있다. 브로커 AAA는 NAI를 근거로 하여 AAA정보요청을 홈망(home network) 혹은 홈망의 위치를 알고 있는 다른 브로커에 안전하게 전달하는데 필요한 주소록을 가지고 있다. 또한 도메인간 과금분쟁을 해결할 수 있으며 도메인이 허가한 자원 사용에 대한 과금기록을 가질 수 있다(그림 4).

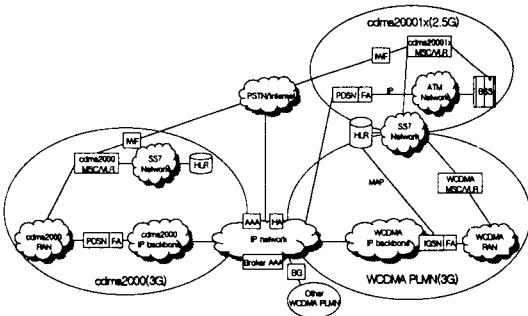


그림 4. 3세대 무선이동인터넷 통합 구조

3-3 무선채널과 DiffServ 클래스 매핑

무선 구간은 서비스에 특정한 코딩을 사용하는 것이 바람직하다. 사용자 정보는 그러한 서비스를 지원할 수 있도록 일치하는 가장 낮은 비트율로 압축되어야 한다. 음성과 같은 서비스의 경우 트랜스코딩을 통해 과도한 정보가 제거되어야 하는 반면에 손실에 민감한 데이터 서비스의 경우에는 비트율이 증가되거나 에러 복구를 위한 재전송을 사용할 수 있다. 예를 들어 IP 패킷 스트림의 IP 헤더가 따로 분리되어 전달되고 무선 구간 끝단에서 다시 추가할 수 있다. 핸드오버나 무선 상태 변화시 서비스가 재협상에 의해 제공될

수 있도록 QoS를 결정하기 위한 종단간 협상이 필요하다.

그림 5와 같이 차별화된 서비스에서 EF(Expedited Forwarding)나 AF(Assured Forwarding) 클래스를 갖는 트래픽의 QoS 보장을 위해서는 전용 신호 트래픽과 트래픽채널을 이용한다. 이 경우 가입자의 이동에 따른 이동 가입자 수 및 가입자의 트래픽 특성을 예측하여 전용트래픽채널의 용량을 확보하는 방안이 마련되어야 한다. 최선형(BE: Best Effort) 클래스 트래픽의 경우 초기에는 적은 량의 무선 자원이 할당되나 패킷 도달율이 높아짐에 따라 무선자원의 사용량은 증가한다. 따라서 초기 적은 량의 무선자원이 할당되어 적은량의 짧은 패킷 서비스를 제공할 경우 액세스 채널과 페이징 채널을 이용하고, 무선자원의 사용량이 많아지고 버스트한 성질의 패킷 데이터 트래픽이 발생할 경우 공유채널을 이용한다.

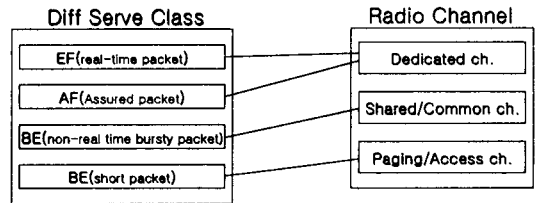


그림 5. 무선접속채널과 DiffServ 클래스간 매핑

3-4 무선이동인터넷 통합망 QoS 제공 메커니즘

QoS는 차별화된 서비스(Differentiated Service)를 기반으로 제공될 것이며, 무선접속망과 전송망간에 통합 조정된(coordinated) 종단간 QoS가 제공되어야 한다. 이동 인터넷을 위한 QoS는 AAA로부터 사용자 프로파일과 QoS 프로파일, 그리고 HLR로부터의 파라메타를 기반으로 하는 차별화된 서비스를 제공된다. AAA 프로파일은 차별화된 서비스를 위한 IP 레벨 정책에 관한 정보를 저장하며 이를 처리한다. HLR로부터의 파라메타는 무선망 가입자에 대한 위치정보, 사용자 프로파일 등의 무선링크 특성에 관한 정보를 저장한다. PDSN은 각 PPP 프레임에 대해 RAN으로 향하는 R-P 인터페이스상에 차별화된 서비스 클래스를 표시한다. 이동 클라이언트에 할당된 각 IP 주소는 초기에는 같은 무선 링크 QoS 레벨을 공유하나, 궁극적으로는 한 이동국에 있는 다수의 클라이언트마다 할당

받은 IP는 각각의 무선링크상에서 서로 다른 QoS 레벨을 가져야 한다.

무선 대역폭은 제한적 자원이므로 효율적으로 이용되어야 하며, 이를 위해 QoS에 따라 액세스 우선순위가 제공될 필요가 있다. 지연이 민감한 서비스의 경우 다음 프레임이 제공되어야 하지만 지연에 민감하지 않는 서비스의 경우에는 전송하기 전에 몇 개의 무선 프레임을 기다릴 수 있다. QoS가 보장되어야 하는 서비스는 제어신호로 하여금 무선구간과 전송망내에서 이를 만족시킬 수 있도록 자원을 할당할 필요가 있다. 차별화된 서비스에서 EF(Expedited Forwarding)나 AF(Assured Forwarding) 클래스를 갖는 트래픽의 QoS를 보장하기 위해서는 전용 무선채널(DCCH: Dedicated Control Channel)을 지원한다. 이는 가입자 이동에 따른 가입자 수 및 가입자의 트래픽 특성을 예측하여 무선채널의 용량을 확보하는 방안 마련을 전제로 한다. BE 클래스를 갖는 트래픽의 경우 메일과 같은 짧은 메시지 전송을 위해서는 페이징/액세스 채널을 이용하고, FTP와 같은 많은 양의 패킷을 전송하는 경우에는 공통채널이나 보조채널을 이용한다.

상향 트래픽의 경우 이동국 응용이 차별화된 서비스를 알고 있는 경우 응용은 IETF 표준에 따라 데이터 트래픽을 마킹하며, 이때 이동국은 PDSN과 하나의 PPP 링크가 설정된다. 이동국 응용은 차별화된 서비스 클래스와 RN으로의 무선 링크 접속간을 결합하고, 이를 이용하여 전송한다. 또한 이동국은 차별화된 서비스 클래스에 의거하여 RN으로 향하는 무선 인터페이스상에 우선순위를 부여한다. RN은 이동국으로부터의 모든 사용자 데이터를 R-P인터페이스를 통해 PDSN으로 전달한다. IMT-2000망은 IMT2000 사업자와 지원 ISP간 SLA에 의해 차별화된 서비스 클래스를 위한 대역폭을 초과하여 제공해서는 안된다. PDSN은 다음과 같은 방법으로 패킷에 대한 차별화된 서비스 클래스를 결정한다. 만일 이동 클라이언트가 PDSN으로 향하는 트래픽에 대해 차별화된 서비스 클래스 표시자로 마킹을 한 경우, PDSN은 이러한 클래스 분류를 선택사항으로 받아들여 사용하거나 PDSN은 AAA 프로파일을 근거로 또 다른 차별화된 서비스 클래스로 재마킹할 수 있다. 이동국이 PDSN으로 향하는 트래픽에 대해 차별화된 서비스 클래스 표시자로 마킹을 하지 않는 경우, PDSN은 AAA 프로파일을 근

거로 이동 클라이언트가 발생한 트래픽을 분류하고 우선순위를 부여할 수 있다. 또한 PDSN은 IP 백본망에 진입하는 트래픽에 대해 미터링, 마킹/리마킹, 셰이핑/드래핑, 스케줄링 기능을 수행한다.

하향 트래픽의 경우 PDSN은 상향 트래픽의 경우와 같이 AAA 서버로부터 받은 차별화된 서비스 요구사항 및 정책에 따라 IP 백본망으로부터 수신한 데이터 트래픽에 대해 DiffServ 클래스를 할당하여 이를 RN에 전달한다. 이때 PDSN은 R-P인터페이스를 통해 RN으로 향하는 데이터 패킷에 대해 DSCP (Differentiated Service Code Point)를 터널링된 패킷의 outer IP 헤더내에 표시한다. 또한 RAN에 진입하는 트래픽을 조절하기 위해 미터링, 마킹/리마킹, 셰이핑/드래핑, 스케줄링 기능을 수행한다. RN은 이동 클라이언트에 보내기 전에 차별화된 서비스 클래스를 갖는 프레임들에 대한 송신순서를 재구성할 수 있다.

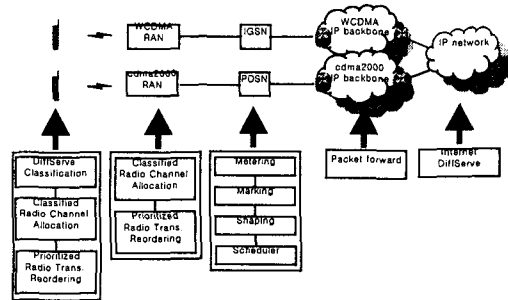


그림 6. 통합 무선이동인터넷 QoS 제공 메커니즘

IV. 링크레벨 성능분석

4-1 링크레벨 모델링

CDMA 이동망의 무선접속망은 음성과 데이터를 패킷스위칭방식으로 처리한다고 가정한다. 각 이동국의 송신부에 도달하는 호는 두 개의 분리된 큐를 가지고 음성과 데이터 트래픽을 갖는다고 가정한다. N개의 음성 호 중 각 호는 각 이동국에 할당된 것이며 각 호는 이동국이 사용하려는 트래픽과 채널상태에 의존하며 이는 전체 트래픽의 정도에 따라 변한다고 가정한다. 여기서 N은 최대 음성 호 개수인 N_{max} 보다는 적은 랜덤변수로 정의한다. 음성 패킷의 도달율은 음성 패킷의 전송율과 채널을 공유하는 동작중인 음성호의 수로 결정한다. 그림 7은 음성 트래픽과 데이터 트래픽

을 처리하는 무선 패킷통신시스템을 모델링한 것이다 (그림 9).

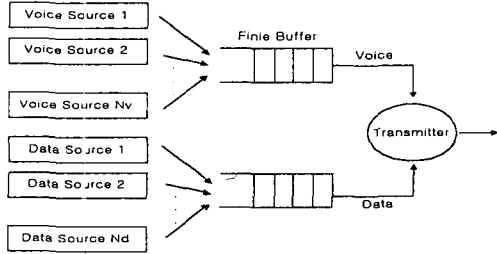


그림 7. 음성/데이터 혼합 무선패킷 통신모델

4-2 성능해석

음성패킷은 서비스측면에서 데이터를 선점할 수 있는 우선순위를 가지므로 다음 슬롯의 시작점에서 데이터메시지의 전송을 가로챌 수 있다. 음성패킷의 도착 특성은 음성군집내에서 패킷상호간에 종속성을 가지므로 마코브 프로세스의 확률적 특성을 따른다고 가정한다. 송신부에서는 음성패킷은 유한개의 입력버퍼를 가지면서 ATM스위칭과 같은 유사한 방식을 이용하여 다중화되며, 음성 패킷의 손실은 유한개의 버퍼 크기로 인해 발생하는 블록킹으로부터 발생한다.

유한개의 버퍼크기로 인한 지연 및 블록킹확률과 이에 따른 처리량을 분석하기 위해 큐잉 모델의 파라메타를 분석한다. $\overline{E_d}$ 를 데이터 메시지당 평균 패킷 수라 하자. 메시지당 패킷수의 분포는 기하분포를 따른다고 가정한다. $\overline{E_d}$ 는 데이터메시지에 대한 서비스 시간을 결정하며, 데이터 패킷당 재전송 횟수(n)와는 무관하다고 가정한다. n의 확률분포는 패킷의 성공적 수신확률 P_d 에 종속하는 기하확률변수의 확률분포를 따른다고 가정한다. m을 패킷을 성공적으로 전송하기까지 필요한 프레임의 갯수인 확률변수라 하자. m은 패킷 재전송간 점유시간(s:프레임단위)도 포함한다.

$$s = n + (n-1)s = (1+s)n - s \quad (1)$$

전송이 성공하기까지 필요한 프레임 평균 프레임 수를 \overline{m} 라 하면

$$\overline{m} = \frac{1 + s(1 - P_d)}{P_d}$$

데이터 처리량 S_d 는 ARQ기법을 따르며 트래픽부하(ρ_d)를 전송이 성공하기까지 필요한 프레임 수(\overline{m})로 나눈 값이다.

$$S_d = \frac{\rho_d}{\overline{m}} = \rho_d \frac{P_d}{1 + s(1 - P_d)} \quad (2)$$

데이터메시지당 평균 서비스시간을 $\overline{X_d}$, 데이터 메시지당 평균 패킷 수를 $\overline{E_d}$, 프레임 길이를 T_f 라 하면

$$\overline{X_d} = \overline{E_d} \overline{m} T_f = \frac{1 + s(1 - P_d)}{P_d} \overline{E_d} T_f \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \overline{X_d^2} &= \overline{E_d^2} \overline{m^2} \overline{T_f^2} \\ &= \frac{(1 - P_d)(1 + s)^2 + (1 + s(1 - P_d))^2}{P_d^2} \overline{E_d^2} T_f^2 \end{aligned} \quad (4)$$

N개의 음성발생이 큐를 공유한다고 가정하면 어느 한 순간에 N개중 k개가 동작될 확률 P_k 는

$$P_k = \binom{N}{k} \left(\frac{\alpha}{\alpha + \beta} \right)^k \left(1 - \frac{\alpha}{\alpha + \beta} \right)^{N-k}, \quad 0 \leq k \leq N \quad (5)$$

일정하게 음성이 발생하는 경우 음성 이용율(ρ)은 음성을 전송하는 슬롯당 패킷수를 나타내며 총 전송속도와 음성속도에 의해 좌우된다. 전송속도를 R_C , 코딩효율을 η , 음성속도를 R_S , 처리이득을 PG 라 한다면

$$\rho = \frac{R_S PG}{\eta R_C} \quad (6)$$

음성 패킷을 위한 버퍼크기를 B 라 하자. 동작중인 음성발생 수(k)는 프레임당 음성이용율(ρ)로서 포아송분포를 따른다고 가정할 경우, 여러 음성이 결합된 트래픽 속도는 $k\rho$ 가 되며 한 슬롯당 발생하는 패킷수에 대한 확률변수 n 은 다음과 같은 안정상태 확률분포 ($q_k(n)$)를 갖는다.

$$q_k(n) = \frac{\frac{(k\rho)^n}{n!}}{\sum_{i=0}^k \frac{(k\rho)^i}{i!}}, 0 \leq k \leq N, 0 \leq n \leq k, \text{ or}$$

$$= 1, k = n = 0 \text{ or}$$

$$= 0, \text{ otherwise} \quad (7)$$

버퍼가 모두 채워진 경우 음성패킷은 블록킹되어 패킷이 유실되며 음성패킷의 블록킹 확률 $P_{bl}(N)$ 은 다음과 같다.

$$P_{bl}(N) = \sum_{k=1}^N P_{bl}(k) P_k \quad (8)$$

동작중인 k개의 음성호에 대한 블록킹확률 $P_{bl}(k)$ 은 아래와 같이 도출할 수 있다.

$$P_{bl}(k) = \frac{\sum_{n=0}^k \pi(n) \sum_{i=1}^k \max[(n+i-1-B, 0)] a_k(i)}{q_k}, 1 \leq k \leq N \quad (9)$$

위와 같은 수식이 주어진 경우 음성트래픽의 확률 밀도는 아래와 같이 유도할 수 있다.

$$P_v(N) = \sum_{k=0}^N (1 - P_{bl}(k)) \overline{q_k} P_k \quad (10)$$

이동국당 5 어량의 음성호 도착율을 가정한다면 이동국당 접속된 음성 호 개수에 대한 확률분포 함수가 $P_{cl}(M)$ 라 할 경우 이동국당 평균 음성 트래픽부하 ρ_v 는 아래와 같이 얻을 수 있다.

$$\rho_v = \sum_{M=0}^{N_{\max}} \rho_v(M) P_{cl}(M) \quad (11)$$

평균 음성 트래픽은 동작중인 음성 호의 갯수와 접속된 음성호의 갯수에 대한 분포를 근거로 계산할 수 있다. 마코브 프로세스를 따르는 데이터트래픽은 음성이 우선 선점권을 가지므로 음성 트래픽의 영향을 받는다. 데이터 패킷을 성공적으로 전송하기까지의 평균 지연시간을 $\overline{W_d}$ 라 하면 Hybrid GBN 프로토콜을 사용한 경우 아래와 같은 식을 얻을 수 있다.

$$\overline{W_d} = \frac{\rho_d((1-P_d)(1+s)^2 + (1+s(1-P_d)^2)) \overline{E}^2}{(1-\rho_d)(P_d + sP_d(1-P_d)) \overline{E}} + \frac{\overline{E} - P_d}{2P_{d1-\rho_d}} \quad (12)$$

패킷당 서비스시간을 T_s 라 한다면 음성 트래픽의 총 지연시간 D_d 는 아래와 같다.

$$D_d = \overline{W_d} + T_s \quad (13)$$

이제 채널의 평균부하에 의존하는 CDMA 다원접속 시 간섭 측면에서 패킷을 성공적으로 수신할 확률 P_d 를 구한다. 에러없는 패킷을 감지할 확률과 에러 발생 시 패킷의 정정확률이 주어진다고 가정한다. 물론 이들의 확률은 다원접속시의 간섭과 트래픽밀도에 좌우된다. 동시 접속하는 사용자 수가 주어질 때 Rayleigh shadow fading과 Lognormal shadow fading 환경에서 슬롯의 에러확률을 구해본다. 동시에 접속하는 사용자의 수와 트래픽 밀도간의 관계식은 시스템의 형태와 음성과 데이터 트래픽에 대해 사용자의 분포에 따라 좌우된다. CDMA시스템에서는 모든 동작중인 사용자는 전송하고 있는 동안에 간섭을 받으며 다원접속에 의한 간섭은 결국 패킷의 에러를 발생시킬 수 있다. 다원접속에 의한 간섭은 Gaussian 노이즈로 근사화 한다. 실제로 접속된 사용자들은 아주 짧은 시간동안에만 동작하며 이는 채널의 실제적인 간섭을 의미한다. 여기서는 간섭을 받는 패킷의 수 $P_b(M)$ 이 주어질 때의 패킷의 에러확률을 구한 다음 총 확률을 이용하여 BER 확률을 구한다.

Rayleigh shadow fading과 Lognormal shadow fading 채널에서 $P_b(M)$ 은 아래와 같이 근사적으로 얻을 수 있다.[2]

$$P_b(M) = (1/2) \operatorname{erfc} \sqrt{SNR} \quad (14)$$

수신부에서 수신하는 패킷에 대해 M개의 패킷이 간섭을 받을 확률 $P(M)$ 은 다음과 같다.

$$P(M) = \binom{U-1}{k} \rho^k (1-\rho)^{U-1-k}, k=1, \dots, U-1 \quad (15)$$

성공적으로 패킷을 수신할 확률 P_d 는 아래와 같다.

$$P_d = \sum_{M=0}^{L-1} P_d(M) P(M) \quad (16)$$

여기서 다중경로의 수를 L이라 하면 M이 주어질 때의 패킷의 BER $P_{d(M)}$ 은 다음과 같다.

$$P_{d(M)} = (1 - P_b(M))^L \quad (17)$$

음성에 대해서는 FEC방식을 사용하고 디코더는 2배의 에러를 감지하면서 t개의 에러를 정정할 수 있다. 에러감지 실패 확률과 데이터 패킷의 유실은 무시한다. FEC에 의해 복구되지 않는 에러의 갯수는 패킷 크기와 동일한 크기의 선형 블록코드를 가정하여 계산

한다. 음성패킷의 유실확률은 t 보다 큰 수의 에러가 존재하는 확률과 같다. 여기서 t 는 블록코드에 의한 최대 정정이 가능한 에러의 개수를 의미한다. 블록코드를 이용할 경우의 에러 확률 $P_c(M)$ 은 아래와 같다.

$$P_c(M) = \sum_{k=t+1}^L \binom{L}{k} P_b(M)^k (1 - P_b(M))^{L-k} \quad (18)$$

음성인 경우 에러정정이 실패할 때 패킷 유실을 $U_i(M)$ 은 다음과 같다.

$$U_i(M) = 1 - P_c(M) \quad (19)$$

4-3 성능분석

성능분석 모델에서 음성 트래픽의 소스와 데이터 트래픽의 소스가 함께 주어진다. 음성 서비스의 경우 관심의 대상인 QoS는 패킷 유실율이다. 음성과 데이터의 트래픽은 MAC계층 서비스를 이용하는데 우선 순위가 없다고 가정하였다. 또한 데이터 트래픽의 부하는 20%로 가정하였다. 셀내에는 200대의 이동국이 연결되어 있다고 가정하였다. 패킷의 길이는 256비트이며 이중 24비트를 제어 오버헤드로 가정하였다. 대역폭은 10MHz로 하고, 데이터 메시지당 하나의 패킷을 가정하였으며, SNR은 15dB로 하였다. 시간 지연산정도는 최악의 경우 1ms로하고 실제 상황을 감안한 경우 200nsec로 하였다. 음성에 대한 에러 정정코드는 확장된 (256,164) BCH 코드를 사용하였다. 프레임의 길이는 5ms, 지연은 2 프레임으로 가정한다. 음성은 패킷교환방식을 가정하며 이동국당 최대 10개의 호를 가정하여 이동국당 음성 트래픽 부하를 5 어랑, 호 블록킹 확률은 0.01로 가정한다.

• 음성트래픽 분석 : 그림 8은 데이터 트래픽 부하의 변화에 대한 음성 패킷의 손실을 보여준다. 트래픽 부하가 심한 경우 다중접속에 의한 간섭이 증가하여 패킷 유실율이 증가함을 보여주고 있다. 이에 반해 부하가 적은 경우에는 지연 다원접속 사용자간 간섭이 줄어 상대적으로 지연이 매우 낮아짐을 알 수 있다. 또한 Type-1 Hybrid방식에서는 데이터트래픽의 부하가 증가하더라도 음성 패킷의 에러율변화가 심하지 않으나 기존의 ARQ방식에서는 데이터트래픽 부하가 어느 적정선을 넘을 경우 급격히 증가함을 알 수 있다. 따라서 사용자가 요구하는 음성 품질의 정도에 맞추어 주기 위해서는 전체 트래픽과 전력을 줄이거나 적절한

FEC코드방식으로 바꾸어 적용함으로써 QoS를 유지시킬 수 있으며 데이터트래픽이 적정선을 넘을 경우 이를 유지시키는 방안이 효과적일 수 있음을 알 수 있다.

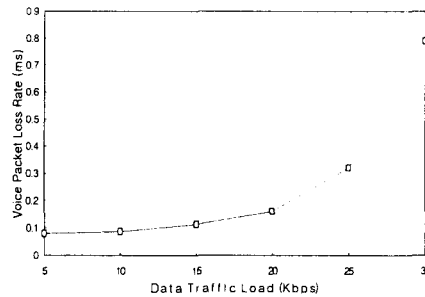


그림 8. 데이터트래픽 변화에 따른 음성패킷 유실율

• 데이터트래픽 분석 : 그림 9는 데이터 트래픽 부하 변화에 대한 데이터 패킷의 지연변화율을 보여준다. BER은 10^{-6} 로 하여 프레임단위로 일정하다고 가정하였다. 신호 및 간섭은 표준편차를 $\sigma = 3dB$ 로 하고 Rayleigh shadow fading과 Lognormal shadow fading을 가정하였다. 제공 데이터 트래픽 부하가 증가할수록 사용자간 간섭이 증가하여 에러를 발생시키고 이를 복구하기 위해 재전송 오버헤드가 소요되어 결국 지연정도가 높아짐을 알 수 있다. 사용자가 요구하는 데이터 품질의 정도에 맞추어 줄 수 있도록 지연이 어느 적정선을 넘을 경우 전체 트래픽과 전력을 줄이거나 적절한 ARQ방식을 적용함으로써 QoS를 유지시킬 수 있음을 알 수 있다.

이제 채널의 평균부하에 의존하는 CDMA 다원접속시 간섭 측면에서 패킷을 성공적으로 수신할 확률 P_d 를 구해보자. 에러없는 패킷을 감지할 확률과 에러 발생시 패킷의 정정확률이 주어진다고 가정한다. 물론 이들의 확률은 다원접속시의 간섭과 트래픽밀도에 좌우된다. 동시 접속하는 사용자 수가 주어질 때 Rayleigh shadow fading과 Lognormal shadow fading 환경에서 슬롯의 에러확률을 구해본다. 동시에 접속하는 사용자의 수와 트래픽 밀도간의 관계식은 시스템의 형태와 음성과 데이터 트래픽에 대해 사용자의 분포에 따라 좌우된다. CDMA시스템에서는 모든 동작중인 사용자는 전송하고 있는 동안에 간섭을 받으며 다원접속

에 의한 간섭은 결국 패킷의 에러를 발생시킬 수 있다. 다원접속에 의한 간섭은 Gaussian 노이즈로 근사화한다. 간섭을 주는 인자의 수(M)는 연결된 사용자의 수(U)로부터 들어오는 트래픽부하에 따라 변하는 확률변수이다. 실제로 접속된 사용자들은 아주 짧은 시간동안에만 동작하며 이는 채널의 실제적인 간섭을 의미한다. 여기서는 간섭을 받는 패킷의 수 $P_b(M)$ 이 주어질 때의 패킷의 에러확률을 구한 다음 총 확률을 이용하여 BER 확률을 구한다.

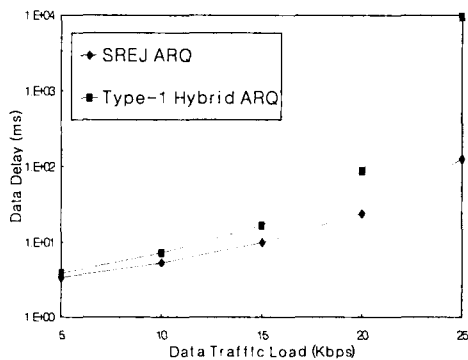


그림 9. 데이터트래픽 변화에 따른 패킷 지연

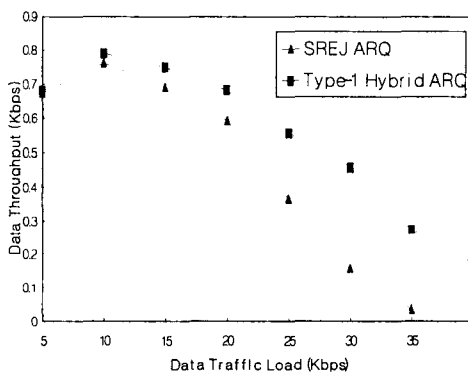


그림 10. 데이터트래픽 변화에 따른 처리량

그림 10은 데이터 트래픽 부하 변화에 대한 데이터 처리량을 보여준다. 트래픽 부하가 커짐에 따라 데이터 처리량이 증가하나, 부하가 어느 기준점을 넘어설 경우 데이터처리량이 급격히 감소함을 알 수 있다. 이는 어느 정도까지 부하가 증가되더라도 데이터 에러 발생율이 높아지지 않지만 데이터 트래픽이 어느 적정

선을 넘는 경우 간섭에 의한 에러빈도가 높아져 데이터 처리량이 급격하게 감소하게 됨을 알 수 있다.

V. 결론

향후 이동인터넷은 이와 같은 트래픽의 특성을 고려하여 IP전달망인 백본망과 무선 접속망을 통해 실시간 및 비실시간, 연결위주 및 비연결 위주의 서비스에 대해 QoS를 보장해 주어야 한다. 또한 제한된 무선자원을 공유하면서 각 사용자마다 각기 다른 QoS를 보장받을 수 있어야 하며 이를 위해서는 제한된 무선자원과 높은 에러 발생율을 고려하여야 한다.

본 논문에서는 3세대 이동통신에서 Mobile IP를 지원하기 위한 통합망 구조를 제시하고, 통합망에서 DiffServ에 의한 종단간 QoS를 제공할 경우 망을 구성하는 각 요소가 가져야 할 QoS 제어기능 및 메커니즘을 제안한다. 이를 위해 현재 IMT-2000의 QoS 제공 메커니즘을 살펴보고, 통합망의 필요성 및 구조를 제시한 다음, 통합망에서 DiffServ에 의한 QoS제공을 위해 무선채널과의 매핑관계 및 종단간 QoS 제공 메커니즘을 제안하였다.

CDMA 이동망에서 음성과 데이터 서비스를 제공하기 위한 QoS 보장형 링크레벨에 대한 성능분석 결과 데이터링크 프로토콜은 기본적으로 각 서비스의 에러율, 지연 및 처리량 요구변화에 적응하여 동작하도록 함으로써 효율적임을 알 수 있었다.

향후 이동인터넷에서 DiffServ를 제공하기 위해 무선접속망 QoS와 전송망 QoS를 통합한 환경에서 각 미디어에 대한 사용자 요구를 만족시킬 수 있는 QoS 파라메타 및 메트릭을 도출하여야 한다.

참고문헌

- [1] Janny Hu, Applying IP over wmmATM Technology to Third-Generation Wireless Communications, IEEE Comm. Mag., pp. 64-67, Nov. 1999
- [2] Indu Mahadevan, Krishna M. Sivalingam, A Hierarchical Architecture for QoS Guarantees and Routing in Wireless/Mobile Networks, Journal of Parallel & Distributed Computing, V.60 N.4, pp.

510-520, 2000-04-01.

[3] D. Raychaudhuri, Current Topics in Wireless & Mobile ATM Networks: QoS Control, IP Support and Legacy Service Integration, Proceedings of the Ninth IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications - Volume 1, V.1, pp. 38-44, 1998 -09-08.

[4] Brian G. Marchent, Mick Wilson, Adel Rouz, Support of Mobile Multimedia over a Wide Range of QoS and Traffic Profiles, in Proc. IEEE IPCWC'99, pp. 145-149, 1999.

[5] Girish Patel, Steven Dennett The 3GPP and 3GPP2 Movements Toward an All-IP Mobile Network, IEEE Personal Comm., pp. 62-64, Aug. 2000

[6] Behcet Sarikaya, Packet Mode in Wireless Networks: Overview of Transition to Third Generation, IEEE Comm. Mag., pp. 164-172, Sep. 2000

[7] Derya H. Canserver, Arnold M. Michelson, and Allen H. Levesque, Quality of Service Support in Mobile ad-hoc IP Networks, pp. 30-34, Proceedings of the 1999\ Milcom - Volume 1 ,V.1 .1999-10 31

[8] R. D Carsello et al., "IMT-2000 Standards: Radio Aspects," IEEE Personal Comm., Aug. 1997, pp.30-40.

[9] E. Berruto et al., "Research Activities on UMTS Radio Interface, Network Architectures, and Planning," IEEE Comm. Mag., Aug, 1998, pp. 82-95.

[10] D. Raychaudhuri and N. D. Wilson, "ATM-Based Transport Architecture for Multiservices Wireies Personal Communication Networks," IEEE J. Select. Areas Commun., Vol. 12, no. 8, Oct. 1994, pp. 1401-1414.



조정호(Chung-Ho Cho)

1984년 전남대학교 전산학과 졸업(석사)
 1987년 전남대학교 대학원 전산학과 졸업(석사)
 1996년 전남대학교 대학원 전산학과 졸업(박사)

1987년 1월 ~1988년 1월 삼보컴퓨터 본사 소프트웨어 연구부

1988년 2월 ~1997년 2월 한국전자통신연구소 이동통신기술연구부 선임연구원

1997년 3월 ~ 현재 광주대학교 컴퓨터전자통신공학부 조교수

관심분야 : IMT-2000, 무선이동인터넷, QoS, 유무선 통합망, 페트리네트, 그래프이론



김광현(Gwang-Hyun Kim)

1989년 광운대학교 전자계산학과 졸업(학사)

1991년 광운대학교 대학원 전자계산학과 졸업(석사)

1997년 광운대학교 대학원 전자계산학과 졸업(박사)

1997년 3월~현재 광주대학교 컴퓨터전자통신공학부 조교수

관심분야 : 차세대인터넷, 고속통신망, 통신 프로토콜, 프로토콜 적합성 시험



이형옥(Hyeong-Ok Lee)

1994년 순천대학교 전산학과 졸업(학사)

1996년 전남대학교 대학원 전산학과 졸업(석사)

1999년 전남대학교 대학원 전산학과 졸업(박사)

1999년 10월~현재 한국전산원 국가망기획부 선임연구원

관심분야 : 상호연결망, 그래프이론, 계산이론, 병렬 및 분산처리, 통신망 설계