

All-IP 망에서 무선 자원 할당과 연계된 QoS 관리자의 설계

고 희 창[†] · 왕 창 종^{††}

요 약

현재의 인터넷 망을 이용하여 음성, 화상 정보를 실시간으로 이용하고자 하는 다양한 응용이 시도되고 있다. 차세대 통신으로 주목 받고 있는 IMT-2000에서도 기존의 회선 교환망 대신 인터넷 망을 이용함으로써 경제성, 관리의 편의성, 새로운 서비스의 창출이 가능한 등의 이점이 있다. 인터넷 망이 최선의 노력(best effort)만을 제공하기 때문에 발생하는 신뢰성과 지연의 문제는 이미 많은 연구가 있어왔고 현재 어느 정도의 서비스 품질을 획득하여 VoIP(Voice Over Internet Protocol)와 같은 서비스가 실제로 이용되고 있다. 그러나 무선 통신의 경우는 이에 더하여 무선 구간에서의 자원 할당의 문제가 남아 있다. 본 연구에서는 코어 망으로 인터넷 프로토콜을 사용하는 차세대 All-IP 망에서, 무선 이동단말 간의 멀티미디어 서비스가 가능하도록 효율적인 주파수 할당을 지원하는 QoS 관리자를 설계하였다. 제안한 QoS(Quality Of Service) 관리자는 요구 대역폭이 다른 멀티미디어 호 요청에 대해 융통성 있는 주파수 할당이 가능하도록 대국의 QoS 관리자와의 협상을 통해 제한된 범위 내에서 서비스 품질을 조절하여 보다 많은 호 연결 요청이 성공할 수 있도록 한다.

Design of QoS Manager related in Radio Resource Allocation within All-IP Network

Hee-Chang Koh[†] · Chang-Jong Wang^{††}

ABSTRACT

There are many applications with legacy internet network for voice, video data in real-time. The IMT-2000 in 3G has an advantage of economy, usability of management and facilities to create new services by internet network instead of circuit network. Problems of reliability and delay which occurred by best effort internet only offers are solved many fields and commercial services are provided just as VoIP. But in a case of wireless network, resource allocation is very important issues. In this study, we design QoS(Quality Of Service) manager to allocate resource dynamically in wireless environment of core IP network. Proposed QoS manager is feasible to allocate resource for call request of multimedia that is different with bandwidth. And it proposed QoS manager adjusts service quality through negotiation with caller/callee to success many call connection requests.

1. 서 론

TCP/IP(Transmission Control Protocol/Internet Pro-

ocol)를 기반으로 하는 현재의 IP 망은 문자 데이터를 위한 패킷 통신으로부터 발전해 왔으며 World Wide Web의 출현 이후 다양한 멀티미디어 데이터를 사용하고자 하는 요구에 부응하여 Video On Demand 서비스, 인터넷 방송이 활성화되고 있으며, 최근에는 유선 전화를 대신하는 VoIP(Voice over Internet Protocol)

[†] 정희원 : 인하대학교 대학원 전자계산공학과
^{††} 정희종 : 인하대학교 전자계산공학과 교수
논문접수 : 2000년 6월 26일, 심사완료 : 2000년 8월 2일

와 같이 지금까지 회선 교환망에서만 가능하다고 여겨졌던 응용들이 인터넷에서 시도되고 있다[1, 15]. 이러한 추세에 따라 ITU-T와 IETF, IMTC, ETSI, VoIPforum 등에서 H.323, SIP(Session Initiate Protocol), MGCP(Media Gateway Control Protocol) 등이 제안되어 IP 기반의 인터넷에서 멀티미디어 데이터의 이용이 가능하도록 하고 있으며 음성과 같은 미디어가 패킷 통신에서 사용자가 납득할 만한 서비스품질(QoS : Quality of Service)을 가질 수 있도록 하는 많은 연구와 노력들이 병행되고 있다. 인터넷을 이용한 전화 서비스의 경우에 지금까지 드러난 문제점으로는 인터넷의 핵심인 TCP/IP 프로토콜이 최선의 노력(best effort)을 하지만 신뢰성이 보장되지 않는다는 점과, 중계되는 라우터들이 저장 및 전송(store and forward) 메커니즘으로 동작함에 따른 전송 지연이 있다[14]. 또한 현재 제안된 IS-95C 규격에 따르면 한 가입자가 많은 자원이 필요한 서비스를 이용할 경우 해당 기지국의 무선 자원을 독점하게 되는 문제가 있다. 그러므로 이동통신 망에서의 QoS 제어는 신뢰성이나 지연 문제의 해결뿐만 아니라 중요한 자원인 무선구간의 대역폭을 효율적으로 사용할 수 있도록 하는 QoS의 제어방안이 더욱 필요하게 된다.

본 논문에서는 All-IP 망에서 호 설정시 필요한 무선 자원을 허용된 QoS 범위 안에서 가변적으로 할당함으로써 무선 자원의 활용도를 높일 수 있도록 하는 기능을 포함한 QoS 관리자를 설계한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 IP 망에서의 QoS에 관련된 연구들을 살펴보고, 3장에서 All-IP 망의 구성과 본 논문에서 제안하는 QoS 관리자를 설계한다. 4장에서는 QoS 관리자의 동작 시나리오를 제시하며 5장에서 결론과 향후 과제를 언급한다.

2. 관련연구

2.1 QoS 관리 요소 기술

QoS 관리기술은 크게 QoS 보장 기술과, 제공된 QoS의 상태를 측정하기 위한 QoS 모니터링 기술로 나뉘어진다. QoS 보장 기술은 다시 각 망 구성 요소(장비)에서 제공되어야 될 트래픽 관리 기술, 망 전체 관점에서의 QoS의 보장 기술 및 이를 관리할 수 있는 정책기반의 QoS 관리 기술로 나뉘어 진다. 또한 QoS 모니터링 기술은 프로토콜 모니터링, 네트워크 모니터

링, 종단간 QoS 모니터링 기술로 세분된다[16].

트래픽 관리 기술은 라우팅 구조에서의 핵심 부분인 큐잉(Queuing)을 관리하는 큐 관리(Queue management), 망 내부로 유입되고 유출되는 트래픽의 양과 유출되는 트래픽의 속도를 조절하는 메커니즘인 트래픽 셰이핑(Traffic shaping), 어떤 종류의 트래픽을 망으로 받아들일 것인가를 결정하는 정책인 수락제어(Admission control), 그리고 혼잡관리(Congestion management) 등이 있다.

앞에서 기술한 트래픽 관리 기술을 이용하여 IETF에서는 인터넷에서 사용자의 요구사항에 따른 QoS를 제공하기 위해 여러 가지 서비스 모델과 메커니즘을 제시하고 있으며 통합서비스에서의 QoS 보장(IntServ) 모델, 차등 서비스에서의 QoS 제공(DiffServ) 모델, 그리고 MPLS(Multi Protocol Label Switch)의 방법 등이 있다. IntServ 모델은 망을 구성하는 모든 요소(라우터)들이 RSVP를 기반으로 하는 IntServ 모델을 지원해야 하기 때문에 대규모 망에 적용하기에는 어려움이 있다. DiffServ 모델은 다양한 플로우들을 많지 않은 서비스 클래스들로 분류하여 중간 라우터에서는 이러한 서비스 클래스별로 처리하게 하고, RSVP와는 달리 근원지와 목적지간의 어떠한 QoS 요구사항에 대한 정보교환도 일어나지 않게 함으로써 연결 설정 비용 문제를 해결하였다[15].

2.2 무선 자원 할당(radio frequency allocation)

지금까지의 이동통신 시스템에서는 고정 채널 할당(FCA : Fixed Channel Allocation) 기법이 사용되어 왔다. 이 기법은 모든 호 요구가 같은 대역폭을 요구하여 동일한 트래픽 패턴을 가지는 음성 통화의 경우에 문제 없이 적용된다. 하지만 각각의 호가 음성, 음성과 화상, 단문메시지, 웹 검색과 같은 양방향 데이터 등과 같이 다양한 경우에는 적절하지 않다. 이러한 멀티미디어를 위한 주파수 할당 기법들로 동적 채널 할당(DCA : Dynamic Channel Allocation) 기법과 복합 할당(HCA : Hybrid Channel Allocation) 기법이 있다[3, 4].

DCA는 각각의 호에 대해 트래픽이 증가하거나 감소하는데 따라서 동적으로 주파수 할당을 더하거나 줄여주는 기법이다. 단, DCA는 일정하지 않은 채널 할당 상태를 관리하여야 하고 컴퓨팅 부하가 늘어나는 단점이 있다.

HCA는 아무래도 음성 호가 가장 많다는 점에 착안

하여 일반적인 음성 호에는 고정된 채널을 할당하는 FCA를 적용하고, 그렇지 않은 호에 대해서는 DCA 기법을 적용하는 방법이다.

2.3 All-IP 망 구조

All-IP 망은 기존의 회선 교환기 중심의 환경에서 벗어나 현재의 인터넷 환경을 사용하여 음성 및 데이터를 통합한 형태로 구현하고자 하는 망이다. 이에 따라 나타나는 가장 큰 특징은 망을 분산구조로 설계하여 기능별로 분산하고 신호(signaling)와 미디어 데이터(traffic)를 분리하여 망의 확장성을 보장하도록 하는 것이다.

(그림 1)은 3GPP에서 제안하고 있는 All-IP network의 구조이다.

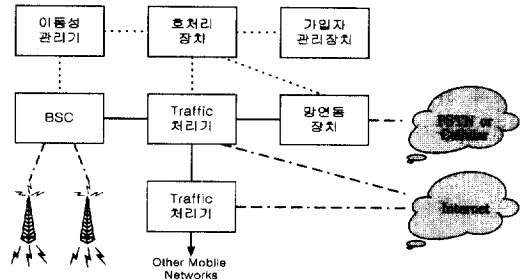
3. QoS 관리자의 설계

본 장에서는 QoS를 적용하기 위해 All-IP 망의 구조를 단순화하고, 무선구간에서의 전송을 조정에 따른 코어 망에서의 QoS를 위한 방안에 대하여 설명한다.

3.1 QoS를 고려하기 위한 All-IP Network architecture의 단순화

2장에서 제시한 (그림 1)은 3GPP에서 제안된 All-IP Network의 아키텍처이다. 현재 각 망 구성 요소들의 기능들의 표준화가 진행중인 단계이므로, 현재 회선

교환망의 요소와 패킷 교환망의 요소에서 일반적으로 처리하여야 하는 기능단위로 망을 단순화하여 표시하였다(그림 2).

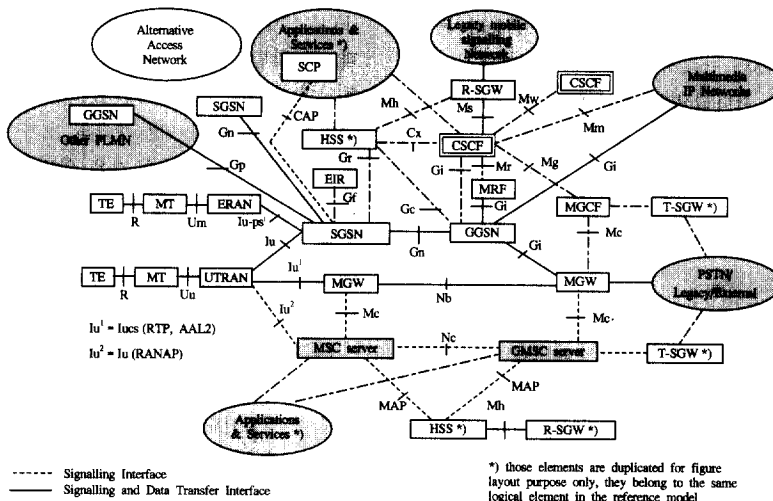


(그림 2) QoS를 위해 All-IP 망을 단순화한 구조

3GPP에서 제안된 망 요소와 (그림 2)의 기능적 요소들은 다음과 같이 대응된다.

<표 1> 3GPP와 3GPP2의 망 구성 요소들의 대응관계

기능적 요소	3GPP	3GPP2
호 처리 장치	CSCF, MSC server	CSCF
가입자 관리 장치	HSS, EIR	HSS
망 연동 장치	T-SGW, R-SGW, MGCF	T-SGW, R-SGW, MGCF, MGW
이동성 관리기	MRF	MRF
Traffic 처리기	SGSN, GGSN	PDSN, M-IP HA, MGW



(그림 1) 3GPP All-IP network Reference Model

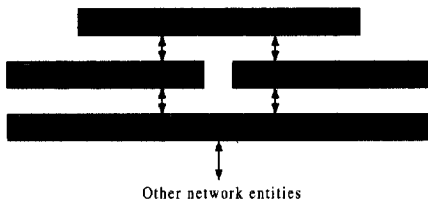
호 처리 장치는 이동망 내의 호 처리 기능 및 기존 망(PSTN or Cellular)와의 호 처리 연동을 지원하고 가입자 관리 장치는 가입자데이터의 관리를 수행한다. 망 연동 장치는 IP 망과 기존 망 사이의 신호변환(signaling conversion)과 미디어 데이터에 대한 트래픽 변환기능을 수행한다. Traffic 처리기는 IP 망에서의 트래픽을 처리하기 위한 장치로서, 이것을 통하여 다른 RAN(Radio Access Network)과 연동하여 트래픽을 처리 할 수 있다.

이동성 관리기는 이동가입자의 이동성을 보장하기 위한 장치로서 기존의 MSC의 일부기능과 VLR의 기능을 갖고 있다. 이 장치는 RAN과 Core 망 간의 인터페이스를 제공하기 때문에 이동망의 IS-634나 IOS interface 기능을 지원하도록 정의되어 있다.

3.2 QoS 관리자(QoS Manager)

무선구간에서 무선 자원에 대한 요구가 변경되는 경우에 대국간의 속도 조정은 양 대국간의 어플리케이션 레벨에서 조절할 수 있다. 그러나 이러한 방식을 사용하는 경우 망에 적용되는 서비스의 종류에 따라 정의가 필요하게 된다. 따라서 본 논문에서는 어플리케이션의 종류에 관계없이 QoS를 제공할 수 있는 방안을 제시하고 이를 구현하기 위한 소프트웨어 플랫폼(이하 QoS 관리자로 함)의 구조를 제시한다. QoS 관리자는 무선구간과 IP 코어 망 간의 효율적인 자원관리를 위하여 미디어 데이터 트래픽이 전송되는 구간의 시스템에 적용된다.(BSC, 트래픽 처리기)

본 논문에서 설계한 QoS 관리자의 구조는 (그림 3)과 같이 QoS 협상자와 자원 관리자로 구성된다.



(그림 3) QoS 관리자의 구조

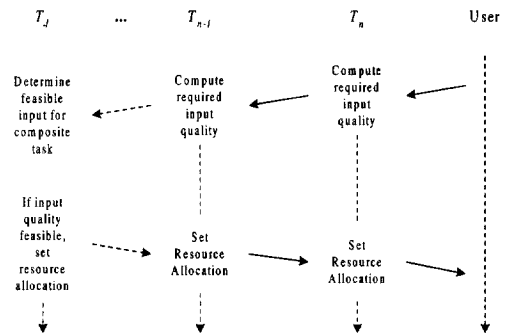
3.2.1 QoS 협상자(QoS Negotiator)

QoS 협상자는 무선 구간과 코어 망 간의 QoS 등급 조정 기능, 각 망 구성 요소 간의 QoS 등급 변경을 위한 인터페이스 기능 등을 수행한다. 이와 같은 기능을 수행하는 QoS 협상자의 역할은 다시 다음과 같은 두

가지 부분으로 나눌 수 있다.

- 서비스 연결 시간 협상
- 적응 시간 협상

서비스 연결은 사용자가 중첩된 작업(T1, T2, ..., Tn)의 서비스를 요청할 때 초기화된다. 초기화 되는 과정은 (그림 4)에 나타나있다. Exploration을 통과하는 동안 사용자의 서비스 요청은 가장 앞의 위치(T1)로 이동하며, 작업의 순서대로 QoS 협상 관리자를 통과한다.



(그림 4) 서비스 초기화 과정

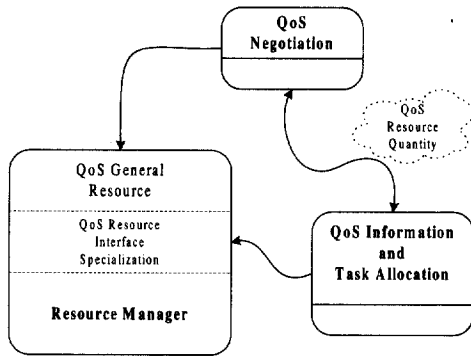
QoS 협상자의 두 번째 역할은 호 설정 요구가 있을 때 필요한 무선 자원을 할당하기 위한 결정을 하는 것이다. 이를 위한 절차는 호 수용(call admission), 대국 자원 예약 요청(resource request), 협상(negotiation), 그리고 자원 할당(resource allocation) 및 호 연결(call setup)로 이루어진다. 이에 대한 구체적 절차는 4장에서 제시한다.

3.2.2 자원 관리자(Resource Manager)

QoS 자원 관리자는 시스템 자원에 접근할 때 요구되는 서비스를 제공한다. 이런 기능을 수행하는 QoS 자원 관리자는 다음과 같은 두 가지 서브 시스템으로 구성된다.

- QoS 일반 자원 인터페이스 : 협상 알고리즘은 자원의 예약과 자원의 종류에 관계없이 순서대로의 할당이 필요하다. QoS 협상 관리자는 QoS 일반 자원 인터페이스를 통해 이를 수행한다.
- QoS 자원 인터페이스 명세 : 어떤 작업은 자원에 대한 특별한 정보를 요구할 수 있다. QoS 자원 인터페이스 명세는 이런 정보에 접근할 수 있게 해준다. 모든 자원 타입은 특별한 자원 인터페이스를 포함

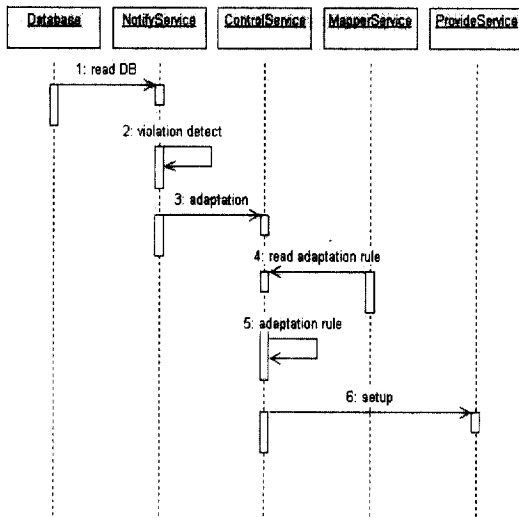
하고 있다. 또한 부하-종속적의 여부는 이 인터페이스를 통해 결정된다.



(그림 5) 자원 관리자의 동작

3.3 자원 할당의 동적 변경

자원 적용 과정은 서비스에 필요한 자원이 실제 사용할 수 있는 자원보다 커서 QoS 유지가 어려운 경우에, 사용 가능한 자원에 적당한 QoS 레벨로 서비스 등급을 낮추어 서비스의 중단을 방지하기 위해 사용된다. 구체적인 알고리즘은 (그림 6)에 나타나 있다. 적용 과정은 객체간의 메시지와 데이터의 송수신으로 수행된다.



(그림 6) 동적 자원 할당 절차

먼저 SLA(Service Level Agreement)에 미리 정의된 서비스의 종류를 데이터베이스로부터 읽어 오면 가

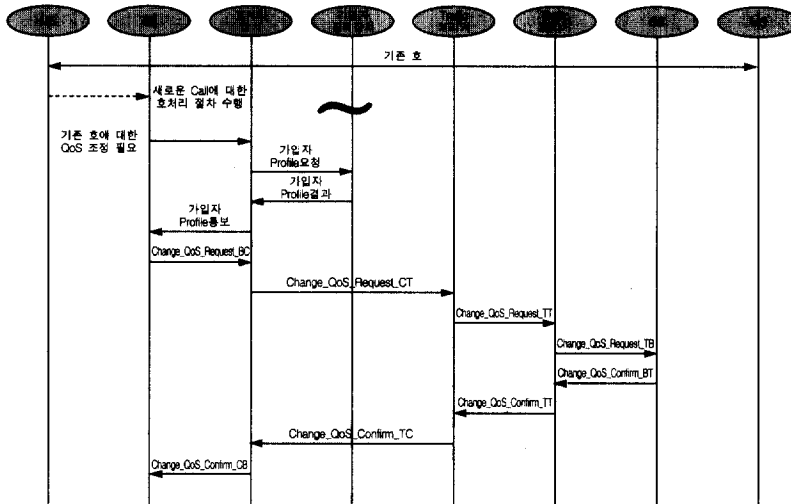
장 먼저 QoS 예외 상황 여부를 판단한다. QoS 예외 상황이 검출되지 않는다면 그대로 서비스를 시작하고, 그렇지 않고 예외 상황이 발생하면 QoS 관리 모듈의 제어 객체에게 Adaptation 메시지를 전송하고 자원 적용 과정, 즉 자원 할당의 변경을 요청한다. 그러면 QoS 관리 모듈내의 제어 객체에서 현재 서비스되는 파라미터 정보를 기초로 설정되어 있는 데이터베이스(QoS MIB)에서 적절한 서비스 레벨을 선정하고, 선정된 레벨에 적당한 파라미터 값으로 서비스를 재설정한다.

4. QoS 관리자의 동작 시나리오

4장에서는 설계한 QoS 관리자의 동작 절차에 대해 기술한다.

각각의 호 연결 요청의 종류에 따라 필요한 QoS 등급이 결정되며 이후에는 지정된 QoS의 범위 내에서 자원 할당의 변경이 가능하게 된다. 이동 망에서 Rate adaptation을 무선 구간과 Core 망 간에 수행하기 위한 흐름은 (그림 7)의 예에서 나타난 절차에 의하여 수행된다. 호 수용 단계에서는 요청된 호에 대해 필요한 주파수 자원의 제공이 가능한지를 판단하여, 가능할 경우에 대국에 대해 필요한 자원의 양(bandwidth)을 알려주면서 호 연결 요청을 한다. 호 연결 요청을 받은 대국의 QoS 협상자는 자원 관리자의 정보를 참조하여 필요한 자원이 남아 있는지 확인하고 만일 부족한 경우 요청된 호와 다른 호들의 QoS 등급을 제한된 범위 내에서 낮추어서 자원의 확보가 가능한지를 계산한다. 자원의 확보가 가능한 경우 자원 관리자로 하여금 자원을 확보하도록 예약하고 호 수용을 호를 요청한 측에 알린다. 이 때 QoS 등급의 조정이 있는 경우에는 내역이 같이 통보된다. 호 수용 통지를 받은 발신측에서는 자국의 자원 관리자에게 자원 할당을 요청하고 호를 연결한다. 이 때 무선 자원을 할당하는 방법은 2장에서 언급된 HCA 기법이 적용된다.

- ① 이동단말이 특정서비스를 위한 발신을 시도한 경우, BS는 신규 호 요청이 기존의 setup중인 호의 Rate 조정이 필요한가를 검사한다. 이 경우 기존 호의 QoS에 의해서 더 이상 Rate 변경을 수행할 수 없는 경우에는 발신호가 거부 된다.
- ② 변경이 가능한 경우 BS는 QoS Manager를 통하



(그림 7) QoS Manager 동작 시나리오

여 대국과의 Rate adaptation을 요청한다.

- ③ 요청 메시지를 수신한 Traffic 처리기는 현재 통신중인 Traffic 처리기나 BS로 QoS 협상자기능을 사용하여 변경을 요청한다.
- ④ 최종 End단의 entity는 자신의 Resource를 점검하여 수용 여부를 응답한다.
- ⑤ 응답을 수신한 중간 경로의 망 entity들은 요청된 Rate로 setting되고 발신측의 BS는 응답의 결과에 따라 무선구간의 자원을 조정한다.
- ⑥ 이상의 과정에서 기존 호에 대한 프로파일 정보는 가입자 관리 장치에서 전달 받아 사용한다.

본 논문에서 정의한 서비스의 등급은 다음 <표 2>와 같이 6개의 단계가 있으며, 필요한 대역폭은 현재 사용되고 있는 일반적인 서비스를 기준으로 하여 정의하였다.

<표 2> 서비스의 등급(SLA)

등급	대역폭	서비스종류
1	1.5M ~ 2M	MPEG-2 VOD, 고품질 MPEG-1 VOD
2	1M ~ 1.5M	MPEG-1 VOD, 온라인 게임
3	500k ~ 1M	고화질 스트리밍 VOD, 화상전화
4	250k ~ 500k	스트리밍 VOD, 고품질 AOD
5	125k ~ 250k	AOD, 음성방송, 자료검색
6	250k 이하	문자수신, 음성전화

5. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 무선 구간을 제외한 모든 망 구성 요

소가 IP 기반 망으로 구성되는 차세대 All-IP 망에 적용하기 위한 QoS 관리자를 설계하였다. 제안한 QoS 관리자는 일반적인 QoS 관리자로서의 역할을 가지면서, 이동무선단말 간의 호 설정 시 필요한 무선 자원을 대국의 QoS 관리자와의 협상을 통해 정해진 QoS 범위 내에서 무선 자원을 동적으로 조정하여 할당할 수 있도록 함으로써 전체적인 주파수 자원의 활용 효율을 높이도록 하였다.

본 연구는 IP 망을 코어 망으로 사용하여 무선 이동통신 서비스까지 종합적인 서비스를 제공하고자 하는 All-IP 망의 망관리 시스템에 관한 연구의 일부이며 궁극적으로 현재 음성 회선 교환망의 관리 표준인 TMN을 확장하는 연구의 일부이기도 하다. 현재 본 연구의 결과는 개발 중이며, 병행 개발중인 시뮬레이터에 의한 실험을 거쳐 IMT-2000 플랫폼을 이용하여 2001년 초에 실제 실험을 계획하고 있다.

당면 과제로 QoS 협상을 위한 기반 데이터가 되는 QoS 파라미터와 등급 정보들을 명확히 정의하고 이들을 데이터베이스화 하여야 할 것이다.

참고 문헌

[1] Lonnie R. Welch and Behrooz A. Shirazi, "An End-to-End QoS Management Architecture," Fifth IEEE Real-Time Technology and Applications Symposium, June, 1999.

[2] Bobby Vandalore, Raj Jain and Sonia Fahmy, "Adaptive QoS Framework for Multimedia in Wireless Networks and its Comparison with other QoS Frameworks," 24th Conference on Local Computer Networks, October, 1999.

[3] Saurav Chatterjee, Michael Brown, "Adaptive QoS Resource Management in Dynamic Environments," IEEE International Conference on Multimedia Computing and Systems Vol.II, June, 1999.

[4] Shaw-Kung Jong and Belka Kraimeche, "QoS Considerations on the Third Generation (3G) Wireless Systems," Acadmia/Industry Working Conference on Research Challenges (AIWORC'00), April 2000.

[5] Byung-Kyu Choi, Scalable QoS Guaranteed Communication Services for Real-Time Applications, The 20th International Conference on Distributed Computing Systems (ICDCS 2000), April 2000.

[6] Didier Le Tien, Olivier Villin and Christian Bac, "Resource Managers for QoS in CORBA," Second IEEE International Symposium on Object-Oriented Real-Time Distributed Computing, May, 1999.

[7] Saurav Chatterjee, Jerry Sydir, Bikash Sabata, Modeling Applications for Adaptive QoS-based Resource Management, 1997 High-Assurance Systems Engineering Workshop, August, 1997.

[8] Mallikarjun Shankar, Miguel De Miguel, Jane W.S. Liu, An End-to-End QoS Management Architecture, Fifth IEEE Real-Time Technology and Applications Symposium, June, 1999.

[9] S. Fischer and H. de Meer, QoS Management : A Model-Based Approach, Sixth International Symposium on Modeling, Analysis and Simulation of Computer and Telecommunication Systems, July, 1998.

[10] Ranga Ramanujan, Atiq Ahamad, and Ken Thurber, An Automated Resource Management Tool for Policy-Driven QoS Control within Integrated Services Intranets, 23rd. Annual Conference on Local Computer Networks, October, 1998.

[11] Lucent Technologies Inc., Definitions of the cdma2000 All-IP Network Reference Model and

Functional Elements, Mobile Wireless Internet Forum, March, 2000.

[12] Ana Pajares, Juan Carlos Guerri, Manuel Esteve, Carlos Palau, Antonio Leon, Narcis Cardona, Dynamic Frequency and Resource Allocation with Adaptive Error Control Based on RTP for Multimedia QoS Guarantees in Wireless Networks, IEEE International Conference on Multimedia Computing and Systems Vol.II, June, 1999.

[13] ITU-T, ITU-T Recommendation H.323(09/99), Packet-based multimedia communications systems.

[14] 이인섭, 인터넷 전화 서비스품질, TTA 저널, 제68호, 2000.4

[15] 이계상, 인터넷 Core 망 표준 기술 동향, TTA 저널, 제68호, 2000.2

[16] 김성범, 통신망 및 서비스운용 관리기술, TTA 저널, 제66호, 1999.12

[17] Mobile Wireless Internet Forum, <http://www.mwif.org>

고 희 창



e-mail : hckoh@netsgo.com

1986년 인하대학교 전자계산학과
이학사

1992년 인하대학교 대학원 전자
계산공학과 공학석사

1996년~현재 인하대학교 전자
계산공학과 박사과정

1992년~1997년 현대전자산업(주) 통신연구소

관심분야 : 분산객체컴퓨팅, 분산멀티미디어, 통신망관리,
지능망

왕 창 종



e-mail : cjwangse@inha.ac.kr

1964년 고려대학교 물리학과 학사

1975년 성균관대학교 경영학과
석사

1979년~현재 인하대학교 전자계산
공학과 교수

관심분야 : 소프트웨어공학, 분산객체컴퓨팅, 원격교육