

# 컨텐츠 특성을 반영한 무선 멀티미디어 QoS 구조

이종민<sup>○</sup> 차호정\* 이상민\*\* 낭종호\*\* 김선형\*\*\* 이원준\*\*\*

\* 연세대학교 컴퓨터학과  
{jmlee<sup>○</sup>, hjcha}@cs.yonsei.ac.kr

\*\* 서강대학교 컴퓨터학과  
lesmin@mlneptune.sogang.ac.kr jhnang@ccs.sogang.ac.kr

\*\*\* 고려대학교 컴퓨터학과  
{shaklim, wlee}@korea.ac.kr

## A Contents-Aware Wireless Multimedia QoS Framework

Jongmin Lee<sup>○</sup> Hojung Cha

Dept. of Computer Science, Yonsei University

Sangmin Lee Jongho Nang

Dept. of Computer Science, Sogang University

Sunhyoung Kim Wonjun Lee

Dept. of Computer Science and Engineering, Korea University

### 요 약

본 논문은 다양한 사용자와 컨텐츠 그리고 무선망의 특성 변화를 고려한 무선 멀티미디어 QoS 구조를 제안한다. 제안하는 무선 멀티미디어 QoS 구조는 사용자에게 안정적인 서비스를 제공하기 위하여 시스템 자원 및 서비스 관점에서 체계적으로 설계되었다. 또한, 다양한 사용자 환경 및 요구 조건을 최대한 수용하기 위해 컨텐츠 변환 기법을 제안하고, 다양한 무선망 환경에서 효율적인 사용자 QoS 보장을 위해 무선망 상태에 따른 적응적 전송률 기법을 제안한다. 제안된 무선 멀티미디어 QoS 구조는 실제 시스템으로 구현되고 있으며, 프로토타입으로 구현된 시스템이 제안된 무선 멀티미디어 QoS 구조에 따른 컨텐츠 변환 기법 및 적응적 전송률 기법이 올바르게 동작함을 보이며, 무선 멀티미디어 서비스에 대한 서비스 모델과 시스템 구조를 제시한다.

### 1. 서 론

최근 네트워크 기술의 발달로 무선망에서 고대역폭이 지원되고, 하드웨어 기술의 발달로 이동 단말기의 시스템 자원이 풍부해짐에 따라, 향상된 이동 단말기와 무선망을 이용하여 기존의 음성 통신뿐만 아니라 무선 인터넷, 멀티미디어 서비스와 같은 향상된 기능을 제공하려는 시도가 이루어지고 있다[1]. 자원의 변동율이 크고 안정적인 데이터 통신이 어려운 무선망에서 멀티미디어 서비스를 효율적으로 제공하기 위해서는 각 사용자의 요구사항을 최대한 수용함과 동시에 컨텐츠 특성을 반영할 수 있는 QoS 구조의 개발이 필수적이다. 유선망에서 실시간으로 QoS를 제공하는 연구는 학문적인 성과뿐 아니라 실제 인터넷 환경에 배치되어 상용화되고 있는 반면[2], 유선망을 통합한 QoS 구조상에서 무선 멀티미디어 서비스를 제공하는 연구는 현재까지 초기 단계라 할 수 있다.

체계화된 QoS 구조가 설계되면 사용자 QoS를 보장하기 위한 기법이 뒷받침되어야 한다. 다양한 사용자의 요구를 충족시키기 위한 연구로는 컨텐츠 변환 기법에 관한 연구가 있다. 무선 환경에서는 낮은 대역폭과 높은 비용으로 인해서 기존의 유선 환경에서 사용되었던 멀티미디어 컨텐츠를 그대로 이용하기 힘들다. 특히 비디오와 같은 멀티미디어 데이터는 여러 장의

그림과 오디오 데이터가 압축된 형태로 되어 있으므로, 작은 화면과 낮은 처리속도를 갖는 휴대폰과 같은 이동 단말기를 위해서는 비디오 데이터의 화면크기(Resolution)와 초당 프레임 수(Frame Per Second)를 줄이고 압축률을 낮추는 등의 컨텐츠 적응변환(Content Adaptation)과정이 필요하다[3]. 상태 가변적인 무선망에서의 사용자 QoS 보장을 위한 연구로는 전송 기법에 관한 연구가 있다. I-TCP[4], UDP Lite[5]와 같은 무선망을 특성을 반영하기 위한 프로토콜들이 제안되어 왔으나 대부분의 연구가 기존 네트워크 구조의 변경을 요구하고 있어 실제 적용하기 어렵다는 단점이 있다. 또한, 이러한 무선 멀티미디어 서비스에서 사용자 QoS를 제공하기 위한 기존의 연구들은 각각 독립적으로 진행되었고 다른 연구들에 대한 고려가 없기 때문에 하나의 시스템으로 통합했을 경우 충분한 성능 향상 효과를 기대하기 어렵다.

본 논문에서는 무선망의 특성과 이동 단말기의 특성을 고려한 체계적인 멀티미디어 QoS 구조를 제시한다. 이러한 QoS 구조 위에 사용자 QoS를 만족시키기 위한 스트리밍 서버의 멀티미디어 컨텐츠 변환 기법 및 전송 기법을 제안하여, 제안된 QoS 구조와 기법들을 바탕으로 사용자 QoS를 만족시키는 무선망에서의 멀티미디어 스트리밍 서비스에 대한 서비스 모델과 시스템 구조를 제시한다. 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 제안된 무선 멀티미디어 QoS 구조와 구성 요소의 역할에 대해 기술한다. 3장에서는 제안된 기법의 구현된 모습과 작동 예를 기술하며, 4장에서 결론을 맺는다.

• 본 연구는 한국과학재단에서 지원하는 특정기초연구사업으로 수행하였음 (과제번호 : R01-2002-000-00141-0)

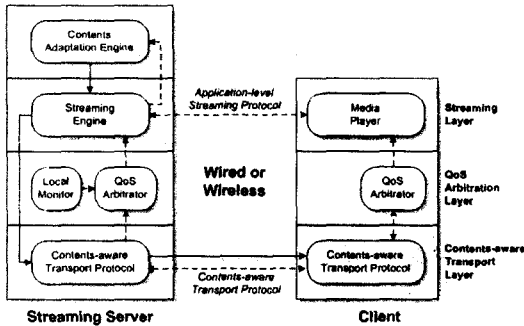


그림 1. 시스템 구조

## 2. 무선 멀티미디어 QoS 구조 설계

다음은 무선 멀티미디어 QoS 구조와 구성 요소 및 사용자 QoS 보장을 위해 각각의 구성 요소에서 사용된 기법에 대해 기술한다.

### 2.1 개요

그림 1은 논문에서 제안하는 시스템의 구조를 보여준다. 스트리밍 서버는 유무선망의 특성을 고려한 QoS 아키텍처 위에서 동작한다. 다양한 클라이언트의 서비스 요구에 따른 단말 연산 처리 능력, 사용자 정보, 네트워크 상태 등의 정보는 QoS 모니터에 의해 감지되며 서버내부의 로컬 시스템 모니터에 의해 감지된 시스템 정보와 함께 QoS Arbitrator 내부에서 QoS 보장을 위한 정책 결정에 사용된다. 결정된 QoS 정책에 따라 서비스하고자 하는 멀티미디어 콘텐츠를 각각의 클라이언트에 맞게 알맞은 콘텐츠로 Contents Adaptation Engine에서 동적 변환된다. Streaming Engine은 다양한 네트워크 특성에 대응할 수 있는 적응적 전송률 기법을 이용하여 클라이언트에게 서비스하게 된다. 시스템을 구성하는 QoS Arbitrator, Contents Adaptation Engine, Streaming Engine의 역할 및 세부 기능은 다음과 같다.

### 2.2 QoS Arbitrator

QoS Arbitrator는 전체 시스템의 utility를 향상시키기 위하여 QDF (Quality Degree Function) 및 UF (Utility Function) 정책을 적용한 자원 탐지적 QoS 모델을 기반으로 한다. QDF는 각 어플리케이션의 자원 요구사항을 QoS 요소별로 유지하여 사용자의 수락 여부를 결정하고, QoS 요소 각각에 대한 UF를 기반으로 어플리케이션의 효율을 극대화한다[6]. QoS Arbitrator는 이러한 자원 최적화 정책을 기반으로 하여 사용자의 수락 제어와 적응적 자원 분배 및 할당 기능을 수행한다. 그림 2는 QoS Arbitrator의 전체 구조를 나타낸다.

QoS Arbitrator는 사용자의 수락 제어를 수행함에 있어서 새로운 서비스 요구에 대한 예상 자원 소모량과 현재 자원 가용량을 기준으로 서비스 수락 허용 및, 콘텐츠 변경 혹은 서비스 거절을 결정한다. 이와 같은 사용자의 요구사항에 따라 적응적 수락 제어를 수행함으로써 제한된 자원 내에서 사용자에게 최선의 품질을 갖는 서비스를 제공할 수 있도록 한다. 또한, 자원 정책으로 네트워크 자원을 기준으로 마지막 요청된 어플리케이션의 utility를 최적화하는 방안으로서 각 QoS 요소의 수준을 결정하고 해당되는 각 UF를 적절한 QDF 값으로 매핑될 때까

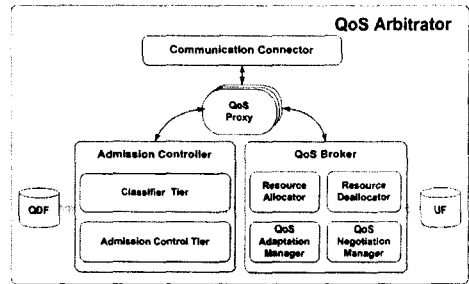


그림 2. QoS Arbitrator

지 반복적으로 적용하는 알고리즘을 수행한다. 요청된 각 QoS 요소 값이 가리키는 UF 지점에서의 기울기를 기반으로 전체 UF에 가장 적은 영향을 줄 수 있는 QoS 요소를 선택하여 한 단계 감소시킨 후 전체 UF 값을 재계산하고 QDF를 참조하여 요청 정보의 수락 가능 여부를 살펴본다. 측정된 자원의 양이 가용한 자원의 양 이하로 매핑될 때까지 이와 같은 작업을 반복적으로 수행한다. 최종적으로 산출된 utility 값은 주어진 자원 내에서 최적화된 서비스를 제공할 수 있는 실질적인 QoS 값으로 이용된다.

### 2.3 Contents Adaptation Engine

Content Adaptation Engine은 서비스 요청을 받은 원본 콘텐츠를 무선환경에 맞도록 변환하고, 요청 횟수와 저장공치의 용량 등을 고려해서 변환된 콘텐츠를 관리함으로써 최대한의 서비스 품질을 제공할 수 있도록 한다. Contents Adaptation Engine은 비디오 형식의 콘텐츠를 무선망과 이동단말기에 맞도록 변환하는 Video Transcoding Module과 QoS Arbitrator와 Streaming Engine과의 통신을 담당하는 Communication Connector 그리고 새로운 콘텐츠의 등록이나 기존 콘텐츠의 정보변경 및 삭제 등을 담당하는 Contents Manager로 구성된다.

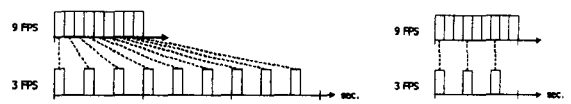


그림 3. 프레임율 조정방법(좌)과 프레임 제거 방법(우)

Video Transcoding Module에서 수행되는 비디오 데이터의 적응변환의 방법에는 화면크기를 줄이기 위한 공간적(Spatial) 변환기법과 초당 프레임 수를 줄이기 위한 시간적(Temporal) 변환기법이 필요하다. 압축영역에서 화면크기를 줄이기 위한 방법[7]도 있지만 다양한 압축형식의 콘텐츠를 서비스하기 위해서는 각각에 맞는 디코더로 압축 해제한 다음 기존의 이미지 프로세싱 기법을 이용하여 압축되지 않은 매 프레임의 화면 크기를 줄여야 한다. 또한 초당 프레임 수를 낮추기 위한 방법으로는 전체 프레임을 그대로 유지하면서 초당 프레임 수를 조정하는 방법(Frame Rate Adjustment)과 몇몇 프레임을 제거하면서 전체 재생시간을 똑같이 유지하도록 하는 방법(Frame Rate Decimation)이 있다. 그림 3과 같이 전체 프레임을 유지하면서 초당 프레임 수를 낮출 경우, 내용의 삭제 없이 원본 데이터의 전체 프레임은 자재히 볼 수 있게 되지만 그 비율

만큼 전체 재생시간이 길어지고 오디오 데이터와의 동기화를 맞추기도 힘들어지므로, 줄임 비율만큼 전체 프레임에서 키 프레임만 추출하여 사용하는 것이 더 바람직하다. 이렇게 공간적, 시간적 처리가 끝난 비디오 데이터를 이동단말기가 지원하는 압축형식으로 무선 네트워크 대역폭에 맞추어 압축함으로써 무선환경에서 서비스가 가능한 콘텐츠로의 변환이 완료된다.

### 2.4 Streaming Engine

스트리밍 엔진은 Contents Adaptation Engine에 의해 변환된 콘텐츠를 실제 이동 단말기로 전송하는 역할을 한다. 스트리밍 엔진에서는 스트리밍 서비스와 다운로드 서비스에 네트워크 패킷 처리 연산 비용을 고려하여 기존의 스트리밍 프로토콜을 바탕으로 새롭게 설계된 경량화된 프로토콜을 사용한다. 또한, 이동 단말기에서의 프로토콜 처리에 드는 연산 비용을 최소화하도록 하기 위해 다중화된 스트림의 분리를 수행하고 적절한 패킷 크기를 결정한다. 상태 가변적인 무선망에서의 효율적인 전송을 위해 네트워크의 상태와 이동 단말기의 수신 버퍼 크기를 고려하여 적절히 조정함으로써 무선 네트워크에서의 패킷 손실과 지연을 줄이도록 한다. 다운로드 서비스에서는 위한 응용계층에서의 새로운 전송률 조정 방법을 사용한다. 이 방법은 TCP에서 사용되는 혼잡 윈도우 조절 방법과 유사하며, 응용 프로그램에서 네트워크 상태 변화에 따라 자료 전송량을 조절함으로써 수행된다. 그림 4는 무선망 상태 적응적인 전송률 조정 과정을 보여준다.

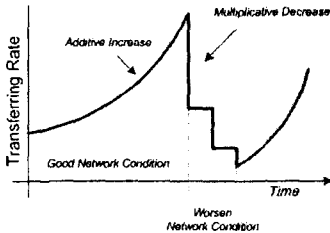


그림 4. 적응적 전송률 조정

스트리밍 서비스시 미디어 스트림 전송의 시간 만족도를 충족시키기 위해 원본 콘텐츠의 전송률로 자료를 전송하면 전송률이 가변하게 되며 순간 자료 전송량이 급증하여 패킷의 손실을 유발할 수 있다. 또한, 전송률이 가변적일 경우 무선 채널의 할당과 해제에 소비되는 시간이 발생할 수 있으며, 이는 패킷 전달 시간을 증가시키고 지터를 발생시킨다. 지터는 재생 화면의 깨짐을 발생시키어 사용자 QoS 수준을 만족시키지 못하게 된다. 따라서, 스트리밍 엔진은 콘텐츠의 가변 대역폭을 일정하게 유지하기 위한 전송률 조정 정책을 수행한다.

### 3. 시스템 구현

본 논문에서 제안한 콘텐츠 특성을 반영한 무선 멀티미디어 QoS 구조는 스트리밍 엔진 리눅스, QoS Arbitrator와 콘텐츠 변환 엔진은 윈도우즈 운영체제에서 초기 원형으로 구현되었으며, 미리 정의된 프로토콜에 의한 모듈간 통신으로 하나의 시스템으로 작동한다. 그림 5는 서비스 제공 예를 보여준다. CDMA2000 1x 망을 통해 128x112의 단말기를 소유한 사용자가 수락 허용을 요청하게 되면 QoS Arbitrator는 해당 요구사항을 관리하기 위한 proxy 모듈을 만들고 Contents Adaptation Engine에게 콘텐츠에 대한 정보를 요청한다. 콘텐츠 정보를

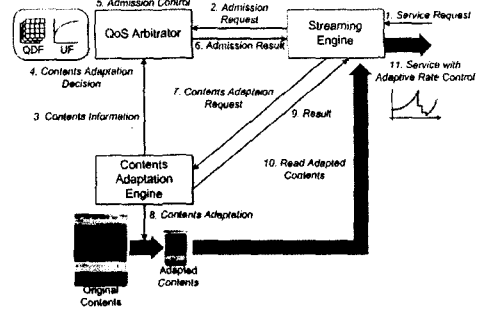


그림 5. 서비스 제공 시나리오

바탕으로 QDF를 적용하여 사용자에게 할당되어야 할 자원의 양을 산출하고 단말기의 사양에 맞는 해상도 및 코덱이 결정되면 필요한 자원의 양을 계산하여 변환할 콘텐츠의 형식을 결정한다. 수용 제어의 결과를 스트리밍에 알려주면 스트리밍 엔진은 Contents Adaptation Engine에 의해 콘텐츠 변환을 수행하여 무선망 상태 변화에 따라 전송률을 적응적으로 전송하며 스트리밍 한다.

### 4. 결론

본 논문에서는 콘텐츠 특성을 반영한 무선 멀티미디어 QoS 구조를 제안하였다. 제안된 QoS 구조는 전체 시스템의 효율성을 높이기 위해 QDF 및 UF 정책을 적용한 자원 탐지적 QoS 모델이 기반하여 체계적으로 설계되었다. 또한, 다양한 사용자 요구를 충족시키기 위한 콘텐츠 변환 기법과 상태 가변적인 무선망의 특성을 반영하기 위한 적응적 전송 기법을 제안하고 이를 프로토타입 시스템으로 구현하여 실험함으로써 제안된 기법들이 올바르게 동작함을 보임으로써 무선 멀티미디어 서비스에 대한 서비스 모델과 시스템 구조의 예를 제시하였다. 향후 연구 과제로는 서비스 중인 세션에 대한 QoS 협상과 이를 통한 서비스 중인 콘텐츠의 동적 변환 및 이질 미디어간의 변환 기법 연구 등이 있으며, 시스템 구현의 완성을 통한 성능 분석이 있다.

### 참고 문헌

- [1] L. Garber, "Will 3G really be the next big wireless technology?," *IEEE Computer*, Vol. 35, No. 1, pp. 26-32, January 2002.
- [2] T. Abdelzaher, E. Atkins and K. Shin, "QoS Negotiation in Real-Time Systems and Its Application to Automated Flight Control," *IEEE Transactions on Computer*, Vol. 49, No. 11, pp. 1170-1183, November 2000.
- [3] R. Mohan, J. Smith and C.S. Li, "Adapting Multimedia Internet Content For Universal Access," *IEEE Transactions on Multimedia*, 1999.
- [4] A. Bakre, B. Badrinath, "I-TCP: Indirect TCP for Mobile Hosts," *Proceedings of International Conference on Distributed Computing Systems*, Vancouver, Canada, pp. 136-143, May 1995.
- [5] L. Larzon, M. Degermark, and S. Pink, "UDP Lite for real-time multimedia applications," *Proceedings of the IEEE International Conference of Communications*, Vancouver, Canada, June 1999.
- [6] S. Ghosh, R. Rajkumar, J. Hansen and J. Lehoczy, "Scalable Resource Allocation for Multi-Processor QoS Optimization," *Proceedings of 23rd International Conference on Distributed Computing Systems (ICDCS 2003)*, pp. 174-183, May 2003.
- [7] P. Yin, M. Wu and B. Liu, "Video Transcoding by Reducing Spatial Resolution," *Proceedings of IEEE Image Processing*, 2000.