

# IEEE 802.11e U-APSD 환경에서 에너지 효율 향상을 위한 적응적인 스트리밍 시스템

이성희<sup>o</sup>, 정광수광운대학교 전자통신공학과  
shlee@cclab.kw.ac.kr, kchung@kw.ac.kr

## Adaptive Streaming System for Improving Energy Efficiency over IEEE 802.11e U-APSD

Sunghee Lee<sup>o</sup>, Kwangsue Chung  
School of Electronics Engineering, Kwangwoon University

### 1. 서론

무선 네트워크 환경에서 연속적인 스트리밍 서비스를 제공하기 위해서는 단말기의 에너지 효율이 고려되어야 한다. 또한, 네트워크 상태 변화에 따라 효율적으로 멀티미디어 스트림의 전송률을 조절하는 것은 무선 네트워크 환경에서 스트리밍 서비스를 하기 위한 중요한 고려사항이다.

단말기의 에너지 효율 향상을 위해서, IEEE 802.11e WG (Working Group)에서는 MAC (Media Access Control) 계층에서 동작하는 파워 절약 메커니즘인 U-APSD (Unscheduled Automatic Power Saving Deliver)를 정의하였다 [1]. U-APSD는 무선 단말기가 수신 할 데이터가 없을 경우에 DP (Doze Period)로 동작하여 단말기가 최소한의 파워만을 소비하게 한다. 하지만 연속적으로 데이터를 수신해야 하는 스트리밍 서비스는 DP로 동작하기 어려운 문제점이 있다. 또한, 네트워크 혼잡 제어 측면에서, 대역폭 변화와 서로 다른 클라이언트들의 가용대역폭에 적응적으로 전송률을 조절하기 위해 SVC (Scalable Video Coding)를 이용한 네트워크 인지형 전송률 제어 시스템 (Network-Aware Rate Control System)이 연구되고 있다. 그러나 기존 시스템들은 PSNR (Peak Signal to Noise Ratio)과 같은 콘텐츠 특성 및 제한된 배터리 지속시간과 같은 단말기의 특성을 고려하지 않는다. 따라서 기존의 SVC를 이용한 네트워크 인지형 전송률 시스템은, SVC 비트스트림의 결합형 확장성만을 고려할 때 네트워크 대역폭을 비효율적으로 사용하는 문제를 가지고 있다 [2].

본 논문에서는 무선 네트워크 환경에서 스트리밍 서비스를 받는 단말기의 에너지 효율을 향상시키기 위해 IEEE 802.11e U-APSD 환경에서 동작하는 새로운 스트리밍 시스템 BACASS (Buffer And Content Aware Streaming System)를 제안한다. 제안하는 스트리밍 시스템은 영상의 PSNR 정보를 이용해서 네트워크에 효율적으로 전송률을 조절하고 단말기의 버퍼 정보를 이용해서 DP의 동작을 유도 함으로써 에너지 효율을 향상 시킨다.

### 2. 본론

시스템의 에너지효율 향상을 위해 BACASS (Buffer And Content-Aware Streaming System)는 그림 1과 같은 구조를 가진다. BACASS 서버는 네트워크와 콘텐츠 정보를 이용해서 영상의 품질을 최대한 보장하면서 네트워크의 혼잡을 제어한다. 또한 서버는 영상의 재생에 필요한 데이터 보다 더 많은 데이터를 전송하도록 동작 한다. 이 동작을 오버 버퍼링 기능으로 정의한다. BACASS 클라이언트는 통신을 위해서 사용되는 에너지의 소비를 줄이기 위해 버퍼의 정보를 이용한다. 그림 1과 같이 BACASS는 다른 시스템과 구분되는 모듈인 CICM (Content Information Management Module), QDM (Quality Decision Module), TCM (Transmission Control Module), BSMM (Buffer Status Monitoring Module) 으로 구성되어있다.

BACASS 에서 서버는 네트워크의 QoS향상과 오버 버퍼링 기능을 유도하기 위해 콘텐츠 인지형 전송률 제어 기법을 이용한다. 콘텐츠 인지형 전송률 조절 기법은 새롭게 측정된 가용대역폭에 적응적으로 전송률을 조절하기 위해 SVC 비트스트림의 품질 등급을 조절 하는 방법과 비트스트림의 전송률을 제어 하는 방법을 사용한다. 네트워크 상태가 호전됨에 따라, TCM은 TFRC (TCP-Friendly Rate Control) 수식을 이용해서 새롭게 측정된 가용대역폭 ( $R_{ABW}$ )에 맞추어 비트스트림의 전송률을 조절한다. QDM은 네트워크 상태정보를 기반으로 새롭게 측정된 가용대역폭과 가장 가까운 값을 가지는 SVC 비트스트림의 새로운 품질등급 ( $Q_{NEW}$ )을 계산한다. 만약 새로운 품질등급의 PSNR ( $PSNR_{NEW}$ )이 현재 품질등급의 PSNR ( $PSNR_{CUR}$ )보다 크다면, 새로운 품질등급이 멀티미디어 스트리밍을 위한 SVC 비트스트림의 품질등급으로 사용된다. 만약  $PSNR_{NEW}$ 가  $PSNR_{CUR}$ 보다 작다면, 현재의 품질등급이 SVC 비트스트림의 품질등급으로 사용된다. 이를 통해서 제안하는 콘텐츠 인지형 전송률 조절 기법은 클라이언트가 영상의 재생에 필요한 것보다 더 많은 비트스트림을 전송한다. 반면에, 네트워크 상태가 악화됨에 따라 TCM은 비트스트림의

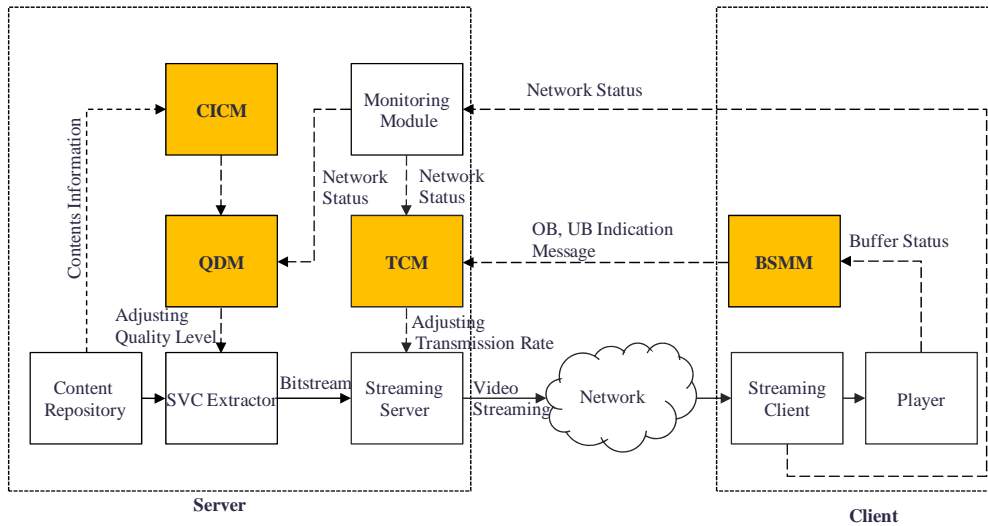


그림 1. BACASS (Buffer And Content Aware Streaming System)의 전체 구조

전송률을 이전과 같이  $R_{ABW}$ 에 맞추어 조절하고, QDM은  $Q_{NEW}$ 를  $R_{ABW}$ 를 기반으로 계산한다. 만약  $PSNR_{NEW}$ 가  $Q_{NEW}$ 의 한 단계 아래의 품질등급의 PSNR 보다 크다면,  $Q_{NEW}$ 가 멀티미디어 스트리밍을 위한 SVC 비트스트림의 품질등급으로 사용된다. 만약  $PSNR_{NEW}$ 가  $Q_{NEW}$ 의 한 단계 아래의 품질등급의 PSNR 보다 작거나 같다면, QDM은  $Q_{NEW}$ 의 한 단계 아래의 품질 등급을 SVC 비트스트림의 품질등급으로 사용된다.

802.11e U-APSD 환경에서 에너지 효율을 향상 시키기 위해, BACASS 클라이언트는 버퍼의 상태에 따라 DP로 동작하는 기법을 사용한다. BSMM은 DP를 유도 하기 위해서 버퍼의 상태를 모니터링 하며, 버퍼의 오버 플로우와 언더 플로우를 인지하기 위한 임계 값인  $q_{max_{th}}$ 와  $q_{min_{th}}$ 를 결정한다. 만약 현재 버퍼의 길이가  $q_{max_{th}}$ 보다 크다면 BSMM은 이를 인지하고 OB Ind. 메시지를 서버에게 전송한다. 서버는 OB Ind. 메시지를 수신하게 되면 ACK를 클라이언트에게 전송하고 멀티미디어 스트리밍을 일시적으로 중단한다. ACK를 수신한 후 클라이언트는 더 이상 수신할 데이터가 없기 때문에 DP로 동작하게 된다. 만약 현재 버퍼의 길이가  $q_{min_{th}}$  보다 작다면 클라이언트는 UB Ind. 메시지를 서버에게 전송한다. 서버는 UB Ind. 메시지를 수신하면 멀티미디어 스트리밍을 다시 시작한다. 이때, 클라이언트는 UB Ind. 메시지를 전송한 후에 다시 DP로 동작하기 때문에 비트스트림을 수신하기 전까지 UB Ind. 메시지를 전송한다.

이와 같이, 제안하는 스트리밍 시스템은 단말의 오버 버퍼링 기능을 유도하여 DP로 동작하게 함으로써 에너지효율을 향상시켰다.

### 3. 결론

무선 네트워크 환경에서의 스트리밍 서비스를 제공받는 단말기의 에너지 소비는, 연속적인 스트림의 재생과 같은 QoE (Quality of Experience)에 영향을 주는 중요한 파라미터이다. 본 논문은 802.11e U-APSD 환경에서, 스트리밍 서비스 중에 DP를 유도함으로써 에너지 효율을 향상 시키는 새로운 스트리밍 시스템인 BACASS (Buffer And Content-Aware Streaming System)를 제안했다. 제안하는 시스템은 네트워크 상태 뿐만 아니라 콘텐츠의 PSNR에 적응적으로 전송률을 조절함으로써 네트워크의 효율을 향상시키고 비디오 재생에 필요한 데이터 보다 많은 데이터를 전송하는 오버버퍼링 기능을 유도한다. 이 오버버퍼링 기능을 통해 스트리밍 서버는 일시적으로 스트림의 전송을 중단하여 DP를 유도하였다. 이를 통해서 단말기는 제한된 배터리로 기존 시스템 보다 더 오랜 시간 스트리밍 서비스를 이용할 수 있다.

### Acknowledgement

본 연구는 지식경제부와 한국산업기술진흥원의 전략기술인력양성사업과 지식경제부의 전략기술개발사업의 지원을 받아 수행된 연구결과임.

### 참고문헌

- [1] IEEE Std 802.11e, "Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical (PHY) Layer Specification, Amendment 8: Medium Access Control(MAC) Quality of Service Enhancements," 2005.
- [2] S. Lee, J. Koo, and K. Chung, "Content-Aware Rate Control Scheme to Improve the Energy Efficiency for Mobile IPTV," *Proc. of IEEE ICCE*, 2010.