

에이전트 기반 무선 스트리밍 전송 기법

이태규*, 고명숙**
*한국생산기술연구원
**부천대학

e-mail: tigerlee88@empal.com, kms@bc.ac.kr

Agent-based Wireless Streaming Transfer Method

Tae-Gyu Lee*, Myung-Sook Ko**
*Korea Institute of Industrial Technology
**Bucheon University

요 약

무선 네트워크상의 이동 사용자의 동영상 요청에 따라 실시간 동영상 전송서비스를 지원하기 위한 무선 스트리밍 플랫폼 구조 및 방법을 제안한다. 무선 전송 채널은 잦은 네트워크 단절 및 전송 지연 등의 자원 한계성을 가지고 있다. 이러한 한계점들을 극복하고 이동 사용자가 요구하는 이동 실시간 스트리밍서비스를 지원하기 위해 프리패치(pre-fetch) 전송 캐싱 방법과 패킷손실보존(packet loss conservation) 방법을 가진 전송 에이전트 시스템을 제안한다.

1. 서론

최근 스마트폰과 무선 인터넷 네트워크 환경의 급속한 발전으로 사용자의 콘텐츠 다양성과 데이터 전송 서비스 품질 향상에 대한 요구를 증가시켰다. 특히, 스마트기기의 발전은 모바일 사용자의 이동스트리밍 서비스의 급격한 증가를 가져왔다.

본 연구는 이동 네트워크에서 사용자 요구에 따라 동영상 전송 서비스를 제공하기 위해 무선 스트리밍 기법의 개선 방안을 기술한다. 무선 채널은 수시로 네트워크 단절 및 전송 지연 등의 환경적 문제를 안고 있다. 이러한 전송 단절 문제들을 극복하고 모바일 클라이언트가 요구하는 무선 스트리밍 서비스 품질을 강화하기 위해서 새로운 에이전트 기법에 기초한 전송 프로토콜 및 패킷손실보존 방법 등을 제시한다.

본 논문은 2장에서 이동 스트리밍의 기존 연구 모델을 중심으로 문제점 및 대안을 기술한다. 3장은 제안 이동에이전트 전송 스트리밍 기법을 기술한다. 4장은 제안 시스템의 장단점을 분석하고, 마지막 5장은 본 연구 결과를 기술한다.

2. 이동 스트리밍 시스템

무선 데이터 서비스는 무선 전송망과 무선 단말의 발전과 더불어 그 응용 영역 및 데이터 범위를 점진적으로 확대시켜왔다. 최근 들어, 무선망에 있어서 영상 방송 등의 멀티미디어 콘텐츠에 대한 모바일 클라이언트 접속 서비스가 일상화되고 있다. 특히, 스마트폰의 음성 대화 서비스 개인화를 넘어 개인 간 영상 통화 서비스까지 상용화되기에 이르렀다[4].

무선 스트리밍은 다양한 무선 네트워크상에서 실시간에

가깝게 음성, 비디오, 기타 멀티미디어 등을 서비스하도록 하는 방법이다.

일반적으로 스트리밍 서비스는 네트워크 스트리밍 전송과 단말 버퍼링 저장/재생으로 구성된다. 스트리밍 콘텐츠는 라이브(LIVE) 스트리밍과 VOD 스트리밍으로 구분되는데, 본 연구는 VOD 스트리밍 데이터 전송 효율화에 목적을 둔다.

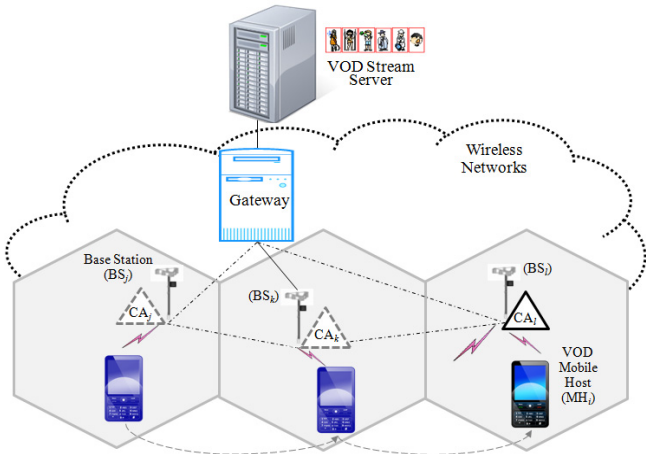
본 연구는 기존 유선 인터넷상에서 서비스되고 있는 주문형 비디오(VOD; Video On Demand) 서비스를 무선 네트워크상에서 제공하기 위하여 VOD 전송 서비스 체계를 개선하고, 효율적인 무선 스트리밍 전송 기법을 제안한다. 무선 패킷 스트리밍 서비스는 무선네트워크 게이트웨이 및 서버에 기초한 스트리밍 서비스 과정으로 rtsp:// URL (real time streaming protocol) 또는 http:// URL+.SDP file와 같은 형식의 요구 명령으로 시작된다. 그 다음 RTP (realtime transport protocol)로 스트리밍 소스(source) 서버로부터 목적지 클라이언트까지 스트리밍 데이터 전송 서비스를 제공한다[5][6].

무선 VOD 스트리밍은 그림 1과 같이 모바일 클라이언트들이 VOD 서비스 메뉴(Thumb-nail)를 활용하여 스트리밍 서버에 있는 다양한 영상 데이터 접근하여 다운로드(download)를 수행한다[5][7].

유선 네트워크에서 스트리밍 데이터 전송을 위해 혼잡제어(congestion control) 및 흐름제어(flow control) 등을 통해서 QoS를 만족시키고자 노력해왔다[1][2][8].

그러나 이러한 기존 연구는 무선 네트워크의 잦은 단절(disconnection)과 무선 단말의 빈번한 이동(mobility) 환경에서 모바일 클라이언트에게 충분한 QoS를 제공하기 어렵다.

본 논문은 무선 네트워크에 있어서 빈번한 단절과 단말



[그림 1] 이동 스트리밍 에이전트시스템 구성

이동이 발생하는 경우에도 VOD 스트리밍 QoS를 보장하기 위해서 에이전트 기반 스트리밍 전송(agent-based streaming transfer) 기법을 제안한다.

3. 이동 에이전트 스트리밍 기법

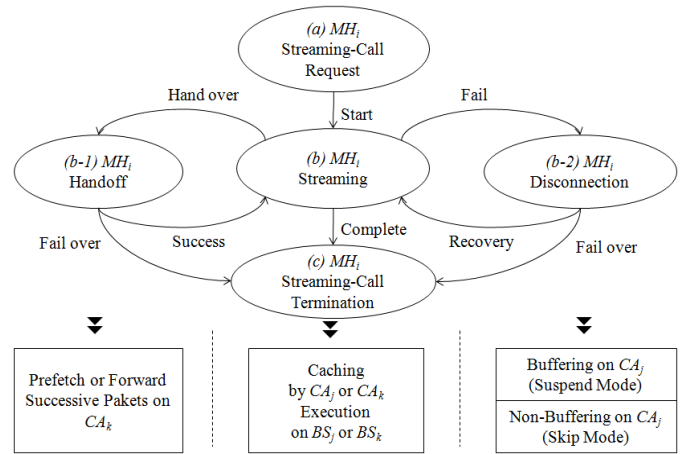
본 연구는 3세대 무선 네트워크의 멀티미디어 스트리밍 표준으로 제안된 PSS(Packet-switched streaming service)에 기반을 두어, 스트리밍 서버로부터 전달되는 모든 VOD 프레임(frame)들은 스트리밍 패킷(P_{SN_k})으로 분할 구성된다[3].

무선 네트워크상에서 모바일 클라이언트가 스트리밍 서버에 접속하여 자신이 원하는 비디오 영상 데이터를 주문하여 실시간으로 전송받기 위해서는 동적으로 변화하는 무선 단말이 위치하는 기지국(base station)에서도 스트리밍 프레임 패킷들이 끊임없이(패킷 손실 또는 시간지연 없이) 전달되어야 한다.

표 1은 기지국 에이전트에서 관리하는 각 모바일 호스트의 파라미터를 나타낸다. MH_i는 모바일호스트 식별자이고, 버퍼링 모드는 SKIP 또는 SUSPEND 모드를 지원한다. 프리패치(prefetch) 모드는 온-오프(ON/OFF) 플래그를 표시하고, CC_j는 MH_i의 이웃한 셀에 전송데이터 소스 복제(replicate) 개수를 의미한다. 이동성 정도(mobility level; L_m)가 높으면(High) 복제 개수를 늘려 예측률을 높이고,

[표 1] 에이전트 모바일호스트 파라미터 리스트 예

Mobile Host	Buffering mode	Prefetch mode	Replicate factor	Mobility level	Disconnect delay (sec)	Position (P _i)
MH ₀	SKIP	ON	CC ₀ = 1	Low	0	P ₀
MH ₁	SUSPEND	OFF	CC ₁ = 0	Low	30	P ₁
...						
MH _i	SUSPEND	ON	CC _i = 3	High	50	P _i



[그림 2] 에이전트 스트리밍 프로세스

이동성 정도가 낮으면(Low) 복제 개수를 줄여 메모리 효율성을 높인다. Disconnect delay는 MH_i가 단절된 시간지연을 나타낸다. 0 값은 MH_i가 단절 없는 상태이다.

그리고 기지국 단위의 에이전트 파라미터는 셀 크기(Cell diameter; S_c), 셀 모델(아웃 셀 개수; CC_j), 단절 임계값(disconnect threshold value; δ), 핸드오프 임계값(hand-off threshold value; ε)이 있다.

모바일 사용자는 무선 네트워크상에서 시간 흐름에 따라 위치, 방향, 속도를 달리하며 무선 접속점(wireless access point) 즉, 기지국이 동적으로 변화된다. 본 논문은 무선 단말 MH_i의 위치 정보를 P_i에 저장하고자 한다. 기지국은 셀(Cell) 단위로 구성되어 있다고 가정한다. 각 기지국 BS_j마다 스트리밍 캐싱(caching) 및 버퍼링(buffering)을 지원하기 위한 캐시 에이전트(Cache Agent) CA_j가 존재한다. 그림 2는 기지국 BS_j에 존재하는 에이전트 CA_j가 클라이언트 MH_i의 스트리밍 서비스 수행과정을 보여준다. MH_i의 요청으로 시작된 스트리밍 전송 프로세스(그림2.(a))는 스트리밍 서비스 진행 도중에(그림2.(b)) CA_j에 의해 캐싱서비스를 수행한다. 만약 MH_i가 다른 셀(BS_k)로 이동하는 핸드오프가 발생하는 경우(그림2.(b-1))에 후속 전송 프레임들을 전달하는 포워드(forward) 서비스와 핸드오프가 예측되는 이동 셀(BS_k)로 후속 프레임을 미리 가져오는 프리패치(prefetch) 서비스를 지원한다. 그리고 만약 MH_i가 BS_j에서 전송 채널이 단절된 경우(그림2.(b-2))에 후속 프레임 임을 버퍼링(buffering)을 통해 단절 복구서비스를 지원하거나, 후속프레임 손실을 허용하는 UDP-like 전송서비스를 지원한다. 마지막으로, 스트리밍 전송을 완료하거나 또는 전송을 결국 실패한 경우에는 전송서비스를 완료한다(그림2.(c)).

기본 캐시 에이전트(default Cache Agent)는 초기에 각 기지국에 존재하는 캐시 에이전트로서 셋업(setup) 실행된다. 각 기지국의 캐시 에이전트 CA_j는 MH_i의 핸드오프와 단절 변수에 따라 다음과 같은 에이전트 버퍼링 모듈(agent buffering module)과 예측 프리패치 모듈(predictive pre-fetch module)을 지원한다.

에이전트 버퍼링 모듈은 기존 단말 또는 네트워크 서버에서 지원되는 버퍼링과 별개로 무선 단말의 네트워크 단절에 따른 패킷손실을 방지하기 위해 선택적으로 지원한다. 무선 기지국에 존재하는 모바일 클라이언트가 단절된 경우에, 캐시 에이전트는 전송중인 스트리밍 패킷 손실 방지를 위해 SKIP 모드(버퍼링 오프 모드)와 SUSPEND 모드(버퍼링 지원 모드)를 선택적으로 운영한다. 스트리밍 데이터는 전송효율을 위해 UDP-like 전송모듈에 기초한 패킷 손실(packet loss)이 발생하기 때문에, SKIP 모드와 동일한 과정 및 결과를 나타낸다. TCP-like 전송은 신뢰성 있는 전송으로 많은 확인 전송 패킷을 요구하므로 전송효율이 급격히 나빠지는데, 이러한 문제를 극복하기 위한 방안으로 네트워크 단절 시 버퍼링을 지원하는 SUSPEND 모드를 지원한다.

핸드오프(hand-off)는 무선 셀룰러 네트워크에서 특정 모바일 클라이언트가 임의의 한 셀 C_i 에서 사라진 후에 임계값(ϵ)보다 짧은 시간지연 이전에 다른 셀 C_j 에 나타나는 상태이다. 본 연구는 이러한 핸드오프 과정에 발생하는 스트리밍 패킷들의 시간지연을 최소화하기 위해 예측 프리패치 기법을 제공한다.

예측 프리패치 모듈은 스트리밍 패킷을 수신하는 도중에 모바일 클라이언트가 접속하는 기지국 위치가 빈번하게 변경되는 경우, 가까운 미래에 모바일 클라이언트 MH_i 가 접속할 것으로 예측되는 셀의 캐시 에이전트로 연속되는 스트리밍 데이터 복제를 스트리밍 서버로부터 미리 가져오는 과정이다. 전송에이전트가 전송중인 데이터소스가 차지하는 메모리 공간의 효율성을 지원하기 위해서 핸드오프에 의한 프리패치의 데이터소스 복제수를 결정하는 복제상수 CC_j 를 관리한다. 다음 수식은 프리패치의 효율성을 결정하는 전송중인 이동사용자의 핸드오프 이동 예측률의 결정요인을 나타낸다. 핸드오프 예측 성공률은 데이터 복제 개수(CC_j)와 셀 크기(S_c)에 비례하고 이동성 수준(L_m)에 반비례한다.

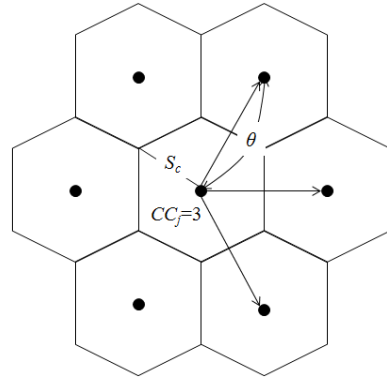
$$\text{예측률}(R_{hit}) \propto \frac{CC_j \cdot S_c}{L_m}$$

네트워크 단절(disconnection)은 셀룰러 네트워크상에서 스트리밍 서비스 종료 없이 스트리밍 패킷을 수신하는 임의의 모바일 클라이언트가 사라졌다가 임계값(δ)보다 더 긴 시간지연 동안 어느 셀에도 나타나지 않은 상태이다. 본 연구는 이러한 무선 네트워크 단절에 의한 스트리밍 패킷 손실을 최소화하기 위해 에이전트 버퍼링(agent buffering) 기법을 제안한다.

4. 시스템 분석

본 논문의 스트리밍 이동 에이전트 기법은 예측 프리패치 모듈과 에이전트 버퍼링 모듈을 제공함으로써 다음과 같은 특징들을 보여준다. 이는 패킷손실 및 패킷시간지연을 줄이는 동시에 전송경로를 개선함으로써 전송 효율성을 높이고 전송 자원 낭비를 줄인다.

본 연구는 그림 3과 같이 무선네트워크 구성을 위한 셀룰러(cellular) 모델은 임의의 셀이 6개의 셀과 이웃하는 육각모형(hexagonal model)에 기초한다.

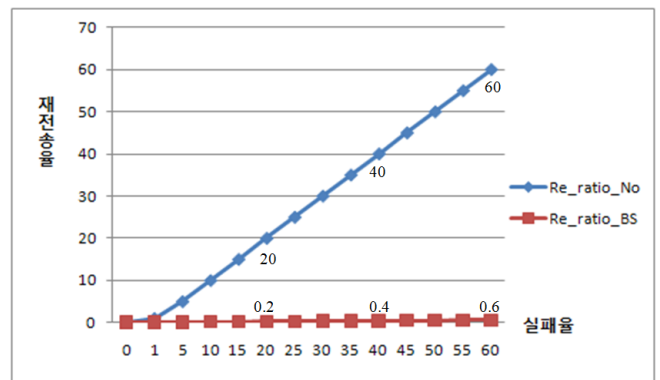


[그림 3] Hexagonal Cellular Model

핸드오프에 따른 데이터 전송 시간지연은 다음 수식 (1)과 같이 전송채널 대역폭(BW)과 프리패치 예측률(R_{hit})에 반비례하고, 전송용량($S(MH_i)$)과 기지국간 전파지연시간(θ)에 비례한다.

$$T_{handoff} = \frac{8 \cdot S(MH_i) \cdot \theta}{BW} \cdot \frac{1}{R_{hit}} \quad (1)$$

이동 사용자가 무작위로(randomly) 이동하는 경우에 평균 예측 적중률(R_{hit})은 프리패치 데이터 복제 개수가 증가할수록 높아진다. 예를 들어, 이동사용자(MH_i)의 데이터 복제 개수가 3인($CC_j=3$) 경우에 50% 적중률을 가진다.



[그림 4] 데이터 소스 재전송율 분석

그림 4는 기지국으로부터 이동단말까지 무선전송 실패율이 최대 60%까지 발생할 때 VOD 서버의 데이터 소스의 전송 시간지연 정도를 나타낸다. Re_ratio_No 그래프는 캐시 지원이 없는 경우의 재전송으로 실패율과 비례하여 증가함을 볼 수 있다. Re_ratio_BS는 기지국에 CA_j 와 같은 캐시에이전트를 구성한 경우이다[9].

VOD 서버의 전송데이터 크기는 최소 100MB(10분 분량)에서 최대 2GB(200분 분량)까지 운용된다. 기지국의 데이터 캐시 크기는 최소 100MB에서 2GB까지 할당한다. 단말에서 제공되는 동영상 프레임 크기는 초당 30프레임, 프레임당 최소 300KB을 기준으로 초당 9MB이다.

먼저, 신뢰성 없는 UDP-like 전송 프로토콜을 사용하여 모바일 클라이언트의 핸드오프 또는 단절에 따른 패킷 손실이 발생함에도 불구하고 무선 접속점(또는 기지국)에서 에이전트 버퍼링 기법을 제공함으로써 네트워크 접속 단절 시에도 스트리밍 캐시 에이전트의 버퍼 크기에 따라 패킷 버퍼링을 수행하여 패킷손실을 보존한다.

다음으로, 스트리밍 데이터를 예측 프리패치 기법을 적용하여 모바일 클라이언트 위치를 예측하고 미리 패킷을 프리패치 함으로써 기지국 사이의 불필요한 데이터 포워딩(forwarding) 및 버퍼링(buffering)을 최소화한다.

이러한 캐시 에이전트 기법은 패킷 시간 지연 및 패킷손실을 최소화함으로써 무선 단말의 스트리밍의 끊김없는 재생을 극대화시킨다.

5. 결론

본 논문은 앞 절에서 기술한 바와 같이 무선 네트워크에 있어서 빈번한 단절과 단말 이동이 발생할 경우에도, 모바일 사용자의 이동 위치(position)에 따라 스트리밍 패킷의 기지국 기반 버퍼링 방법으로 전송 패킷 손실(packet loss)을 줄인다. 동시에 적절한 스트리밍 에이전트로 스트리밍 패킷을 프리패치(pre-fetch)함으로 전송 효율성을 극대화 시켰다.

네트워크 단절 또는 사용자 이동에 따른 패킷 시간 지연 효과를 최소화함으로써 자연스러운 영상 재생이 가능하게 되었다.

본 연구는 향후 다양한 실험분석 모형을 통해서 본 연구를 심화시키고자 한다. 또한, 프레임단위 실패 모형을 통해 일반화된 전송실험 모형을 구축하고자 한다. 그리고 무선 단말에서 녹화(recording)된 비디오 영상을 지원 데이터센터의 스트리밍 또는 백업 서버로 효과적인 업로드(upload) 방법을 연구하고자 한다.

참고문헌

- [1] D. Bruneo, M. Villari, A. Zaia and A. Puliafito, "VOD services for mobile wireless devices,"
- [2] Wenjun Z. and Jiangtao W., "3G Wireless Multimedia: Technologies and Practical Issues," IEEE ICIP, pp.1-5-8, 2002.
- [3] Thomas S., Thomas W. and Markus K., "3GPP Compliant Adaptive Wireless Video Streaming Using H.264/AVC," 2005.
- [4] Stephan B., "Multimedia Streaming On Mobile Phones," the Lecture Paper of Advanced Data Communications at the University of Technology, Sydney, 2004.
- [5] Jens B. and Lars W., "A Gateway Architecture for Mobile Multimedia Streaming," EuMob'06, European Symposium on Mobile Media Delivery, Sep. 20, 2006, Alghero, Italy.

[6] WANG Z. and LIU Z., "Implementation of Mobile Streaming Media Player Based on BREW," Journal of Electronic Science and Technology of China, Vol.4, No.3, pp.243-248, Sep. 2006.

[7] Sumit R., Michele C., John A., and Susie W., "A System Architecture for Managing Mobile Streaming Media Services,"

[8] Andre S. B., Hartwig K., Martin S. and Sebastian M., "A Platform-Independent Adaptive Video Streaming Client for Mobile Devices,"

[9] 이태규, 고명숙, "동영상 주문 서비스를 위한 이동 에이전트 스트리밍 기법," 한국콘텐츠학회, 2010.