

이동망에서 IPTV 서비스 제공 시 핸드오버 시간과 지터를 고려한 동적 버퍼 할당 기법

오 준 석[†] · 이 지 현^{**} · 임 경 식^{***}

요 약

이동망에서 멀티캐스트 기반으로 IPTV 제공 시 품질저하 없이 서비스를 제공하기 위해서는 핸드오버에 따른 패킷 손실과 영상 단절을 최소화하는 기법이 지원되어야 한다. 특히 버퍼링 기반의 기법들은 단말의 버퍼 크기에 따라 영상 단절이나 패킷 손실을 방지할 수 있으므로 높은 QoS를 요구하는 IPTV에 적합하다. 본 논문에서는 이동망 마다 패킷 손실과 영상 단절을 막기 위한 필요 버퍼량이 변화하는 것을 고려하여 이동 단말과 멀티캐스트 중계 노드의 버퍼 크기를 동적으로 변경하여 할당하는 DBAHAJ(Dynamic Buffer Allocation with Handover and Jitter) 기법을 제안한다. 본 기법은 핸드오버동안 영상 단절이 발생하지 않도록 단말의 핸드오버 시간을 고려하여 버퍼 크기를 할당한다. 이와 더불어 이동망에서 멀티캐스트 중계 노드의 종단 지연 차이에 따른 이동망에서 단말의 버퍼 보충량을 고려하여 이동 단말과 중계 노드의 버퍼 크기를 동적으로 조절한다. 이와 같은 핸드오버 시간과 중계 노드의 지연 차이를 고려한 버퍼크기 조절을 통해 본 기법은 핸드오버 동안 영상 재생과 패킷 손실을 방지한다. 제안된 기법의 성능 검증은 위하여 NS-2 기반의 시뮬레이터를 설계하고 성능을 검증한 결과 IP 멀티캐스트와 오버레이 멀티캐스트 기반의 이동 환경에서 영상 단절과 패킷 손실을 100% 방지함을 확인하였다.

키워드 : 이동 멀티캐스트, IPTV, 핸드오버, 종단 지연, 버퍼 할당

Dynamic Buffer Allocation for Seamless IPTV Service Considering Handover Time and Jitter

Junseok Oh[†] · Jihyun Lee^{**} · Kyungshik Lim^{***}

ABSTRACT

To provide IPTV service over mobile networks, the mechanism that reduce packet loss and interrupt of multimedia service during the handover should be supported. Especially, buffering based mechanism is preferable for supporting IPTV services in the way of preserving streaming service using stored data and recovering non-received data after handover. But previous research doesn't consider the buffer allocation for applying various environments which can change handover time or end to end delay of relay node. This paper propose DBAHAJ mechanism that optimize buffer size of mobile nodes and relay node for supporting seamless IPTV service over mobile environments. Mobile node determines buffer size by checking handover time and maximum difference of sequence to keep playing video data. And multicast agent recovers packet loss during the handover by sending buffered data. By these two procedure, node supports seamless IPTV service on mobile networks. We confirm performance of this mechanism on NS-2 simulator.

Keywords : Mobile Multicast, IPTV, Handover, End to End Delay, Buffer Allocation

1. 서 론

IPTV(Internet Protocol Television)는 기존의 방송 서비

스를 통신망에서 제공함으로써 사용자의 요구를 반영한 맞춤형 영상 서비스를 제공할 수 있는 새로운 유형의 멀티미디어 서비스이다. 2006년부터 ITU-T를 통해 활발히 표준화되고 있는 IPTV는 유선망에서의 서비스 제공과 더불어 이동망에서 서비스 제공을 위한 사용자의 요구를 반영하기 위해 연구를 시작하였다[1,2,3]. 이동망에서 유선망과 같은 고품질의 영상 서비스를 제공하기 위해서는 지연, 지터, 패킷 손실 측면에서 높은 수준의 QoS가 지원되어야 하지만 단말의 이동성은 이를 저해하는 심각한 요인이 된다. 따라서 단

* "본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음" (IITA-2008-(C1090-0801-0036))

† 정 회 원 : 삼성에스원 기술연구소 연구원

** 준 회 원 : 경북대학교 컴퓨터학과 박사과정

*** 정 회 원 : 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 부교수

논문접수: 2008년 6월 3일

수정일: 2008년 8월 27일

심사완료: 2008년 8월 28일

말의 이동성을 효과적으로 지원하기 위한 핸드오버 기술과 더불어 QoS를 보장할 수 있는 기술이 반드시 필요하다. 그러나 현재는 기존에 연구된 이동성 지원 기술과 멀티캐스트 기반의 IPTV 전송 기술을 접목시키는 형태로만 연구가 진행되었기 때문에 핸드오버 동안 발생하는 패킷 손실과 영상 단절을 해결하지 못한다. 이와 같은 영상 서비스의 품질 저하는 IPTV의 특성 중 하나인 높은 수준의 사용자 QoS 보장을 지원하지 못하는 심각한 문제가 되기 때문에 핸드오버에 따른 영상 단절과 패킷 손실을 복구하기 위한 기술이 반드시 지원되어야 한다.

핸드오버에 따른 패킷 손실과 영상 단절 문제를 해결하기 위한 기법들은 크게 빠른 핸드오버 기법들과 버퍼링 기반 기법들로 분류할 수 있다. 빠른 핸드오버 기법들은 단말의 이동망 진입 후 핸드오버를 위한 동작과정을 핸드오버 전에 미리 수행해둠으로써 이동망에서 단말의 연결 시간을 줄이는 기법이다[4,5]. 이 기법은 패킷 손실과 영상 단절을 최소화할 수 있지만 단말의 핸드오버를 예측하는 것이 어렵고 기법 적용 후에도 IPTV 서비스를 제공할 수 있을 만큼의 큰 성능 개선이 어려운 단점이 있다.

버퍼링 기반 기법들은 이동 단말에 일정한 크기의 버퍼를 할당하여 영상 재생을 유지하고 핸드오버 전의 중계 노드로부터 패킷 손실을 복구하는 기법이다[6,7]. 이 기법들은 단말의 핸드오버동안의 영상 단절과 패킷 손실을 발생하지 않도록 하기 때문에 IPTV의 높은 QoS 요구사항을 만족시키는 데에 적합하다. 또한, 핸드오버 시간 단축 기법과 달리 이동성 예측과 같은 복잡도가 높은 기술이 요구되지 않으므로 기법 적용이 쉬운 이점이 있다. 그러나 이 기법들은 버퍼 크기에 따른 성능 변화가 심하며 버퍼 크기를 지나치게 크게 할당할 경우 이동 단말의 제한된 메모리에 적합하지 못할 수 있으므로 버퍼 크기를 이동 노드의 환경에 적합하도록 조절하는 것이 요구된다. 그러나 기존의 버퍼링 기법은 단말의 핸드오버 시간과 멀티캐스트 트리 구조에 따른 지터 변화를 고려하지 않기 때문에 환경에 따른 최적화된 버퍼 크기를 도출하지 못하는 단점이 있다.

따라서 본 연구에서는 IPTV 서비스 제공 시 핸드오버 시간과 멀티캐스트 트리의 지터 변화를 고려하여 이동 단말

과 중계 노드의 버퍼 크기를 동적으로 조절함으로써 영상 단절과 패킷 손실을 방지하는 DBAHJ(Dynamic Buffer Allocation with Handover and Jitter) 기법을 제안한다. 제안 기법에서 단말은 핸드오버 동안의 버퍼 소모량과 중계 노드 간 지연 차이에 최대, 최소의 버퍼링 데이터 수신량을 고려하여 버퍼 크기를 설정한다. 할당된 버퍼는 단말의 핸드오버 과정에서 사용되어 영상 재생을 유지하고 이와 더불어 핸드오버 시간과 중계노드 간 시퀀스 차이로 인한 패킷 손실을 고려하여 중계 노드가 단말의 시퀀스를 복구하도록 지원한다. 이와 같은 동작을 위해 이동 단말과 중계노드는 망 환경에 따른 최대 지터 변화와 핸드오버 시간을 계산하여 버퍼 크기를 각 환경에 맞추어 동적으로 조절한다.

2장에서는 관련연구로써 IPTV 서비스 제공을 위한 지연, 지터, 패킷 손실에 대한 요구사항과 핸드오버에 따른 패킷 손실을 최소화하기 위한 기존 연구를 분석하고 본 논문에서 제안하는 기법의 요구사항을 도출한다. 이를 토대로 3장에서는 단말의 핸드오버 시간과 멀티캐스트 트리의 종단 간 지연 차이를 고려한 버퍼링 메커니즘을 제안하고 4장에서는 제안 기법에 대한 성능을 제시한다. 마지막으로 5장에서는 결론을 맺고 향후 연구 방향을 기술한다.

2. 관련 연구

2.1 IPTV 서비스 제공을 위한 QoS 요구사항

IPTV는 IP 네트워크를 기반으로 사용자가 요구하는 수준의 QoS/QoE, 보안, 양방향성이 보장되는 멀티미디어 서비스로써 방송 서비스뿐만 아니라 VoD, 오디오, 텍스트, 데이터 서비스가 연동된 융합형 서비스이다. IPTV 서비스 제공을 위해 각 국가의 표준화 단체는 2003년부터 표준화를 진행 중이다. ITU-T와 DSL FORUM에서는 IPTV 서비스 제공을 위한 망구조, 전송 기술에 대한 연구와 더불어 사용자의 QoS를 보장하기 위한 연구를 수행하고 있다. (그림 1)은 FG-IPTV에서 정의하는 IPTV 서비스 제공을 위한 QoS 파라미터를 나타낸다[8]. FG-IPTV 는 서비스 제공을 위한 QoS Class를 8개로 분류하며 IPTV 서비스 제공을 위한

〈표 1〉 FG-IPTV의 IPTV QoS 파라미터

QoS Class	Transmission Delay	Delay Variation	Packet Loss Rate	Packet Error Rate	Reodering Rate	Application
0	100ms	50ms	1×10^{-3}	1×10^{-4}	-	VoIP, VTC
1	400ms	50ms	1×10^{-3}	1×10^{-4}	-	
2	100ms	U	1×10^{-3}	1×10^{-4}	-	Messenger, Game
3	400ms	U	1×10^{-3}	1×10^{-4}	-	
4	1s	U	1×10^{-3}	1×10^{-4}	-	T-Commerce
5	U	U	U	U	-	Contents Download
6	100ms	50ms	1×10^{-6}	1×10^{-5}	1×10^{-6}	Linear Broadcast (TV)
7	400ms	50ms	1×10^{-6}	1×10^{-5}	1×10^{-6}	PVR, Delayed Broadcast

QoS 요구사항은 중단 간 지연, 지터, 패킷 손실, 에러율, 그리고 재정렬 발생율의 5가지로 분류된다. 8개의 클래스 중에서 실시간 방송 서비스 제공을 위한 클래스는 Class 6,7이며 최대 400ms이하의 지연, 50ms이하의 지터, 그리고 10^{-5} 이하의 패킷 손실을 요구한다. 이와 같은 요구사항은 기존의 멀티미디어 표준화 단체인 VSF(Video Service Forum)에서 정의한 영상 품질 척도를 토대로 도출한 것이며 FEC 등의 에러 복구 기술을 통해 일정량의 에러를 복구할 수 있음을 가정한다.

FG-IPTV와 더불어 DSL Forum에서는 DSL 망 기반으로 IPTV 서비스 제공을 위한 QoE Requirement를 정의한다 [9]. (그림 3)은 DSL Forum의 TD 126에 정의된 IPTV 서비스 제공을 위한 지연, 지터, 그리고 에러에 관한 요구사항이다. TD 126에서는 200ms 이하의 중단 지연과 50ms 이하의 지터, 그리고 시간당 1회, 혹은 4시간 당 1회 이하의 에러율이 보장되어야 한다고 정의한다. FG-IPTV와 달리 DSL Forum에서는 표준화 단체 내부에서 정의한 MOS(Mean Opinion Score)를 토대로 서비스 제공을 위한 QoS 요구사항을 정의하였다.

이와 같이 정의된 두 표준화단체의 QoS 요구사항 중에서 이동망에서 IPTV 서비스 제공 시 가장 큰 영향을 받는 부분은 핸드오버에 따른 패킷 손실이다. 만약 핸드오버로 인해 패킷 손실이 증가하는 경우 이와 같은 높은 요구사항을 만족시킬 수 없기 때문에 이를 보완하기 위한 메커니즘이 반드시 지원되어야 한다. 이를 위해 적용할 수 있는 패킷 손실 최소화 방안은 크게 핸드오버 시간을 단축하여 패킷 손실을 줄이는 방안과 버퍼링을 활용하여 패킷 손실을 발생하지 않도록 하는 기법이 존재한다. 특히 버퍼링 기반의 패킷 손실 방지 기법은 패킷 손실 측면 뿐만 아니라 핸드오버 동안의 영상 단절로 인한 사용자의 QoS 저하를 방지할 수 있고 핸드오버 이후의 요구에 따라 패킷 손실을 방지할 수 있으므로 IPTV 서비스 제공에 적합하다. 다음 절에서는 핸드오버에 따른 패킷 손실을 줄이기 위한 버퍼링 연구 동향에 대하여 분석한다.

〈표 2〉 DSL Forum의 IPTV QoS 파라미터

영상 크기 (Mbps)	Latency	Jitter	연속 에러 발생 시간	에러 발생 허용 횟수
3.0	<200ms	<50ms	<16ms	시간 당 1회
3.75				
5.0				
12.0				시간 당 4회
13.0				
15.0				

2.2 버퍼링 기반의 패킷 손실 최소화 기법

이동 단말의 핸드오버에 따른 패킷 손실을 최소화하기 위한 버퍼링 메커니즘은 정적 버퍼 할당 기법과 요청 기반의 버퍼링 기법으로 분류된다.

정적 버퍼 할당 기법들은 이동 단말과 멀티캐스트 중계 노드에 일정량의 버퍼를 할당하여 데이터를 버퍼링하였다가 핸드오버동안 영상 유지에 활용하고 핸드오버 완료 후 패킷을 복구하는 기법이다. 이 기법은 버퍼 크기의 도출 방법의 제한이 없고 동작과정이 간단하기 때문에 적용이 쉬운 반면 핸드오버 시간과 멀티캐스트 트리의 중단 간 지연 차이의 변화를 반영하여 버퍼 크기를 할당하지 못하기 때문에 패킷 손실을 완벽하게 복구하지 못하는 단점이 있다.

요청 기반의 버퍼링 기법들은 이동 단말이 핸드오버가 시작되기 직전에 이동 전 망의 중계 노드에게 버퍼링을 요청하였다가 핸드오버 후 이를 수신하여 패킷 손실을 복구하는 기법이다. 이 기법에서 이동 단말은 자신이 핸드오버를 시작하는 것을 감지하였을 때 기존에 연결되었던 중계노드에게 버퍼링 요청을 위한 메시지를 전달한다. 중계노드는 요청 메시지를 수신한 직후부터 단말이 핸드오버를 완료할 때까지 단말로 전달되는 패킷을 버퍼링하고 단말은 핸드오버 동안 미리 버퍼링해둔 데이터를 이용하여 영상재생을 유지한다. 단말이 핸드오버를 완료한 후 이동 전의 중계 노드에게 버퍼링된 데이터를 요청하여 핸드오버동안 수신하지 못한 버퍼링 패킷을 복구한다. 이 기법은 핸드오버 시간동안 수신하지 못하는 패킷을 이동 전의 중계 노드가 모두 버퍼링함으로써 패킷 손실을 방지할 수 있다. 그러나 단말이 핸드오버 전후 연결한 중계노드의 중단 간 지연이 서로 같은 경우에만 패킷 손실을 완벽히 복구할 수 있으며 만약 중계노드의 중단 지연이 다를 경우 이동 단말에서 일정량의 중복된 데이터를 수신하거나 시퀀스가 연속되지 않도록 데이터를 수신함으로써 패킷 손실이 발생할 수 있다. 또한 이동 단말이 핸드오버동안 영상 재생을 유지하기 위해 할당한 버퍼는 핸드오버 이후 반드시 다음 핸드오버를 유지할 만큼 보충되어야 하지만 중계 노드 간 중단 지연 차이가 다른 경우 보충되는 데이터의 양이 변화할 수 있다. 기존의 기법은 이러한 특성을 고려하지 않고 이동 단말의 버퍼 크기를 할당함으로써 핸드오버에 따른 영상 단절 문제가 발생할 수 있다.

이와 같이 기존의 버퍼링 기법은 핸드오버시간의 변화와 멀티캐스트 트리 상의 중단 지연 차이가 변화함에 따라 패킷 손실과 영상 단절이 완벽하게 복구되지 않는 한계점을 가진다. 이를 해결하기 위하여 버퍼 크기를 크게 설정하는 경우 이동 단말의 제한된 메모리에 영향을 줌으로써 단말의 성능 저하를 유발할 수 있으므로 이동 단말과 중계 노드의 버퍼 크기를 최적화하는 것이 요구된다. 이를 위해서는 다음과 같은 부분이 고려되어야 한다. 우선 IPTV 데이터의 전송 메커니즘과 핸드오버 기법에 따라 소요될 수 있는 핸드오버 시간을 도출하여 해당 시간동안 영상 재생이 끊어지지 않도록 이동 단말의 버퍼를 할당한다. 이와 더불어 IPTV에서 제한하고 있는 멀티캐스트 트리의 최대 지연 시간과 각 중계노드의 중단 지연의 차이가 최대가 되어 이동망에서 보충하는 버퍼량이 최소일 때에도 향후 핸드오버 시 영상 재생을 유지하도록 버퍼 크기를 설정한다. 마지막으로

단말이 핸드오버동안 영상 재생을 유지한 후 이동망에서 패킷 손실 없이 데이터를 수신할 수 있도록 중계노드가 자신의 망으로 이동하는 이동 단말의 중단 지연을 예측하여 데이터를 버퍼링한다. 이와 같은 고려사항을 토대로 본 논문에서 제안하는 DBAHAJ 기법은 IPTV 전송 기술과 핸드오버 기법이 유동적으로 변화하는 환경에 적합하도록 이동 단말과 중계노드의 버퍼 크기를 도출하여 패킷 손실과 영상 단절을 방지한다.

3. 핸드오버 시간과 중단 간 지연 차이를 고려한 버퍼링 메커니즘

본 논문에서 제안하는 DBAHAJ 기법은 핸드오버 시간과 멀티캐스트 트리 상의 중계 노드 간 지연이 변화하는 환경을 고려하여 설계되었다. 또한 핸드오버동안 영상 재생을 유지하기 위한 이동 단말의 버퍼 크기의 동적 조절, 그리고 핸드오버 후 패킷 손실없이 단말에게 데이터 전달을 위한 멀티캐스트 중계 노드의 버퍼 크기 조절을 주요 기능으로 한다. (그림 1)은 DBAHAJ 기법의 동작과정을 나타낸다. 첫째, 이동 단말의 초기 가입 시 일정량의 데이터를 버퍼링한다. 이 때 이동단말이 이동망에서 보충하는 버퍼량은 핸드오버 시간동안 단말이 소요하는 버퍼량과 이동 후 중계 노드로부터 보충할 수 있는 버퍼량을 고려하여 설정한다. 특히 이동 전후에 연결된 멀티캐스트 중계 노드의 중단 지연이 증가하는 경우 이동 후의 중계노드보다 이동 단말이 수신한 데이터의 패킷 시퀀스가 더 빠를 수 있으며 이로 인하여 이동망에서 보충하는 버퍼량이 줄어들 수 있다. 따라서 단말이 핸드오버 이후 보충하는 버퍼량이 최소일 때에도 향후 핸드오버시의 버퍼 부족에 따른 영상 단절이 발생하지 않도록 핸드오버 시간과 중계노드의 중단 지연 차이를 함께 고려하여 버퍼 크기를 할당한다.

스가 연속되고 향후 핸드오버 시에도 영상 재생을 유지하도록 데이터를 복구하고 버퍼를 보충한다. 이를 위하여 이동 단말은 중계노드에게 트리 가입 요청 시 자신이 이동전에 마지막으로 수신한 데이터의 시퀀스를 공지하고 중계노드는 자신이 미리 버퍼링해둔 데이터를 확인하여 시퀀스가 연속되도록 데이터를 전달한다. 이 때 중계노드의 버퍼 크기는 단말이 핸드오버 시간동안 수신하지 못한 데이터를 복구하고, 이동 전후 단말이 연결한 중계노드의 중단 지연 차이가 매우 클수록 이동단말에 전달해야하는 데이터가 가장 많은 경우를 고려하여 버퍼를 할당한다. 이를 위하여 중단 지연이 가장 큰 중계노드와 현재 중계노드의 지연 차이, 그리고 단말의 핸드오버 시간만큼의 영상 데이터를 보관한다. 이와 같은 이동 단말과 (그림 1)은 이러한 버퍼링 메커니즘의 동작과정을 나타낸다.

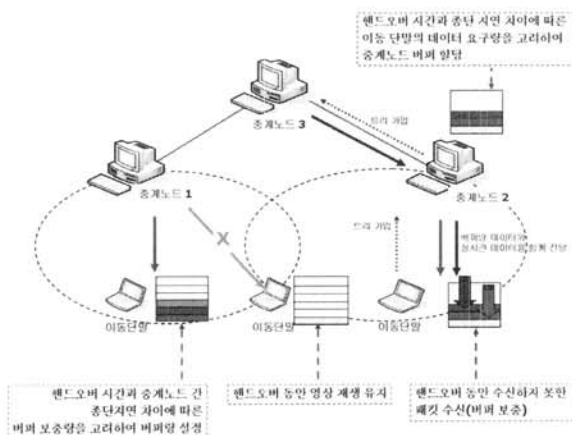
3.1 핸드오버 시의 영상재생 유지를 위한 이동 단말의 버퍼 할당 동적 조절

멀티캐스트 망에서 각 중계노드는 서로 다른 중단 지연을 가지며 이로 인해 중계노드가 수신하는 데이터 시퀀스의 차이가 발생한다. 만약 이동 단말이 이동 과정에서 기존 연결된 중계노드와 데이터 시퀀스가 다른 새로운 중계노드에 가입할 경우 핸드오버 후 일정시간동안 중복된 패킷을 수신하거나 보충되는 버퍼량이 줄어들 수 있다. 따라서 이동 단말은 초기 동작 시 자신의 핸드오버 시간과 더불어 이동망에서 보충되는 버퍼량이 최소일 때를 고려하여 버퍼 크기를 할당한다. 이와 더불어 중계노드는 이동 단말이 핸드오버 후에 패킷 손실없이 패킷을 수신할 수 있도록 이미 로컬망으로 전송한 데이터의 일부를 버퍼링하여 단말의 패킷 시퀀스에 연속되도록 전송한다.

이동 단말의 초기 버퍼량 설정을 위해 고려해야 할 사항은 크게 두 가지로 분류된다. 첫째, 단말은 핸드오버시간동안 소모하는 버퍼량보다 큰 초기 버퍼량(D_{INIT})을 할당하여야 한다. 핸드오버동안의 버퍼 소모량(D_{HO})은 핸드오버 시간과 영상의 데이터의 재생률의 곱으로 계산된다. 그리고 이동 단말의 핸드오버 시간은 $L2$ 핸드오버 시간(T_{L2})과 핸드오버 메커니즘의 이동 감지 시간(T_{MD}), 그리고 트리 가입 시간(T_{JOIN})으로 구성되며 영상 데이터의 재생률은 영상의 특성에 따라 변화한다. 식 (1), (2)는 핸드오버동안의 영상 재생을 위한 필요 버퍼량을 식으로 도출한 것이다.

$$D_{INIT} > D_{HO} = R_{data} \times T_{HO} \tag{1}$$

$$T_{HO} = T_{L2} + T_{MD} + T_{JOIN} \tag{2}$$



(그림 1) 버퍼링 메커니즘 동작과정

둘째, 단말이 버퍼링해둔 데이터를 이용하여 핸드오버동안 재생을 유지한 후 이동망의 중계노드로부터 패킷 시퀀

을 둘째, 이동 단말은 핸드오버동안 수신하지 못한 패킷을 새로운 중계노드로부터 수신하며 이 때 보충하는 버퍼량을 토대로 다음 핸드오버 시의 영상 재생을 유지하여야 한다. 이를 위하여 이동망에서의 데이터 보충량(D_{BUF})과 핸드오버 이후 단말의 잔여 버퍼량(D_{REMAIN})의 합은 핸드오버동안 소

〈표 3〉 핸드오버동안 영상 재생 유지를위한 파라미터

파라미터		설명	값의 범위
영상 재생율	R_{DATA}	영상 재생을 위한 초당 프레임 재생률	0~100% (실제 재생 프레임 수/총 프레임 수)
	T_{L2}	L2 핸드오버 시간	100 ~ 400ms
핸드오버 시간 (T_{HO})	T_{MD}	이동감지시간	핸드오버 메커니즘의 이동감지 메시지 전송주기에 따름
	T_{JOIN}	이동 단말의 트리 가입 시간	트리 가입 메커니즘에 따라 변화함

모하는 버퍼량(D_{HO})보다 커야한다. 데이터 보충량은 핸드오버동안 버퍼 소모량과 중계노드 간 데이터 시퀀스 차이의 합으로 계산할 수 있으며 시퀀스 차이는 현재 연결된 중계노드와 최대 지연 중계노드와의 종단 지연차와 영상 재생률의 곱으로 표현된다. 식 (3), (4), (5)는 핸드오버 이후의 잔여 버퍼량과 이동망에서의 데이터 보충량을 식으로 도출한 것이다.

$$D_{BUF} + D_{REMAIN} \geq D_{HO} \tag{3}$$

$$D_{BUF} = D_{HO} + D_{DIFF} = D_{HO} + T_{DIFF} \times R_{DATA} \tag{4}$$

$$D_{REMAIN} = D_{INIT} - D_{HO} \tag{5}$$

이와 같은 버퍼량 설정을 위한 고려사항을 기반으로 이동 단말의 버퍼 크기는 식 (6)과 같이 단말의 핸드오버 시간과 중계노드의 시퀀스 차이의 합으로 도출할 수 있다. 이 때 이동 단말의 핸드오버 시간이 최대가 되거나 혹은 핸드오버하는 새로운 중계노드의 시퀀스와의 차이가 최대가 되는 경우를 고려하여 단말이 버퍼링을 수행함으로써 핸드오버 이후 연결한 새로운 중계노드의 시퀀스가 가장 느린 경우 ($T_{DIFFMAX}$)에도 향후 영상 재생을 위한 버퍼 크기를 유지할 수 있다. 식 (7)은 (6)의 식을 기반으로 단말의 핸드오버 시간이 최대이고 최대 지연 중계노드로 이동하는 경우를 고려하였을 때의 식을 나타낸다.

$$D_{BUF} + D_{INIT} - D_{HO} \geq D_{HO} \tag{6}$$

$$\begin{aligned} D_{INIT} &\geq 2D_{HO} - D_{BUF} \\ &\geq 2D_{HO} - D_{HO} + D_{DIFF} \\ &\geq D_{HO} + D_{DIFF} \\ D_{INIT} &\geq D_{HO} + D_{DIFFMAX} \end{aligned} \tag{7}$$

3.2 패킷 손실을 방지하기 위한 중계 노드 버퍼 할당

이동 단말은 초기 버퍼량을 설정한 후 영상 재생을 시작하고 핸드오버 발생 시 버퍼링된 패킷을 사용하여 영상 재생을 유지한다. 핸드오버를 완료한 후 이동 단말은 핸드오버동안 수신하지 못한 패킷을 요청하여 핸드오버동안 영상 재생을 유지하며 사용한 버퍼를 다시 보충한다. 이를 위해 중계노드는 이동 단말의 핸드오버 시간과 중계노드의 종단간 지연 차이를 고려하여 데이터를 버퍼링하였다가 이동 단

말에게 전달한다. 이동 단말은 이동감지 후 이동망의 중계노드에게 가입 요청 메시지를 전달할 때 자신이 핸드오버 전까지 수신한 패킷 시퀀스를 알린다. 이를 수신한 중계노드는 미리 버퍼링해두었던 패킷을 이용하여 이동 단말의 패킷 시퀀스에 맞추어 데이터를 전달한다. 이 때 실시간으로 중계노드에 도착하는 패킷과 버퍼링된 데이터를 함께 전달함으로써 이동망으로 핸드오버한 이동 단말을 제외한 기존의 이동 단말이 데이터를 정상적으로 수신할 수 있도록 지원한다. 만약 중계노드가 트리에 가입되어 있지 않다면 트리 가입을 통해 부모 후보 중계노드로부터 이동 단말이 요청한 패킷 시퀀스로부터 데이터를 수신하여 이를 이동 단말에게 전달한다.

이와 같은 동작과정을 수행할 때 중계노드는 자신의 망으로 이동한 이동 단말이 영상 재생이 끊어지지 않도록 데이터를 전달하고 불필요하게 버퍼 크기를 크게 할당하여 프로세싱 파워를 낭비하지 않도록 버퍼 크기를 조절해야한다. 이를 위해 중계노드는 다음과 같은 부분을 고려하여 버퍼 크기를 할당한다. 첫째, 이동 단말이 핸드오버를 수행할 동안 수신하지 못하는 패킷을 중계노드가 버퍼링하여 향후 핸드오버가 완료된 후 전달해야 한다. 둘째, 핸드오버 전후 이동 단말이 연결한 중계노드의 패킷 시퀀스가 다른 경우를 고려하여 버퍼 크기를 할당해야 한다. 만약 중계노드의 시퀀스가 새로운 중계노드의 시퀀스보다 느린 경우 이동 단말은 핸드오버 시간동안 수신하지 못한 패킷과 더불어 새로운 중계노드와 이전 중계노드 간 시퀀스 차이만큼을 추가적으로 수신해야 한다. 특히 이동 단말이 가장 시퀀스가 느린 중계노드로부터 이동하더라도 모든 중계노드는 이동 단말의 패킷 시퀀스가 복구되도록 미리 버퍼링을 수행하여야 한다. 이와 같은 사항을 고려하였을 때 이동 단말은 핸드오버 시간동안의 데이터 량과 시퀀스가 가장 느린 중계노드와 자신의 시퀀스 차이만큼 버퍼를 저장해야한다. 식 (8)은 이동 단말의 버퍼량을 식으로 도출한 것이다.

$$D_{MABUF} \geq R_{DATA} \times (D_{DIFFMAX} + D_{HO}) \tag{8}$$

이와 같이 도출된 데이터양을 중계노드가 버퍼링한 후 이동 단말에게 전달하여 단말의 영상 재생의 단절을 막고 핸드오버 동안의 영상재생에 사용한 버퍼를 보충함으로써 향후 발생할 핸드오버 시에도 영상 재생을 유지하도록 버퍼량을 유지한다.

4. 성능 분석

제안된 버퍼링 메커니즘을 NS-2 기반의 시뮬레이터에 구현하여 단말의 핸드오버에 따른 성능을 검증하여 IPTV 서비스 가능 여부를 확인한다. 세부적으로 제안 기법 적용 여부에 따른 이동 단말의 핸드오버동안의 영상 재생 여부를 검증하고 핸드오버 후 새로운 중계노드로부터 버퍼를 보충하는 과정을 통해 영상 재생의 단절 여부를 확인한다. 또한 기존의 버퍼링 메커니즘과 중계노드 간 중단 차이가 발생하는 환경에서 핸드오버를 수행하였을 때의 이동 단말의 버퍼 변화 추이를 확인하여 제안 기법의 성능 향상 정도를 확인한다.

4.1 성능 측정 환경

성능 측정을 위한 시뮬레이션 망 환경은 버퍼링 메커니즘이 적용된 무선 노드와 중계노드 모듈이 탑재된 유선 노드를 이용하여 구성한다. 이 때 중계 노드는 오버레이 멀티캐스트 기반으로 동작하는 응용 중계 노드이거나 혹은 IP 멀티캐스트 기반으로 동작하는 멀티캐스트 라우터가 된다. 이동 단말이 위치한 무선망은 11Mbps의 대역폭을 가지는 802.11b의 WLAN이며 L2 계층의 핸드오버 시간은 WLAN의 L2 핸드오버 시간을 고려하여 150ms로 설정하고 이동감지 메시지의 전송 주기는 100ms로 설정한다. 이 때의 150ms는 WLAN의 Association/Authentication/Scanning 과정, 그리고 실제 연결 시간을 모두 고려한 시간으로써 각 단계의 프로세싱 시간 추이는 거의 영향이 없도록 충분히 할당된 시간이다[10]. WLAN의 셀 반경은 각 환경에 따라 변화할 수 있으나 본 시뮬레이션에서는 100m로 설정하고 단말이 12Km/h의 저속으로 이동할 때 총 60초 간 2회의 핸드오버가 발생하는 시나리오를 구성한다. 단말의 핸드오버 시간은 단말의 이동 감지 및 트리 가입 시간으로 구성되며 이동망의 중계노드의 트리 가입 여부와 부모 노드와의 중단 지연이 최대 400ms가 되는 환경을 고려한다.

또한 중계 노드의 IPTV 데이터 전송 방식은 IP 멀티캐스트와 오버레이 멀티캐스트를 고려하며 특히 오버레이 멀티캐스트는 기존 연구된 다양한 기법 중에 단말의 이동성을 함께 고려한 mRMCP를 기반으로 성능을 측정한다. IP 멀티캐스트 기반으로 서비스를 제공하는 경우 핸드오버 과정에서 트리 가입에 소요되는 시간은 IPTV의 최대 지연이 400ms임을 고려하여 최대 800ms로 가정한다. 이에 반하여 오버레이 멀티캐스트는 이웃 중계 노드의 탐색 시간, 그리고 TCP 기반의 트리 가입 메시지 교환을 위하여 최대 3200ms까지 트리 가입 시간이 소요될 수 있음을 가정한다. 이와 같이 구성된 망 환경과 핸드오버 시의 소요시간에서 영상 재생률과 패킷 손실률을 분석한다.

4.2 성능 측정 및 분석

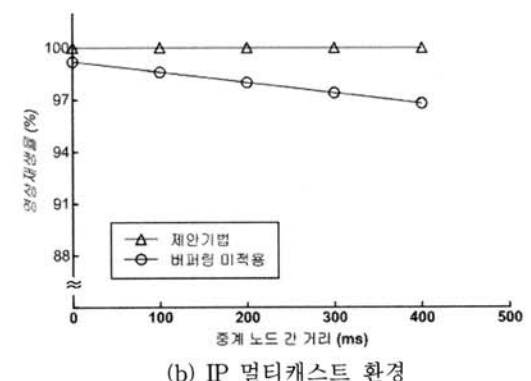
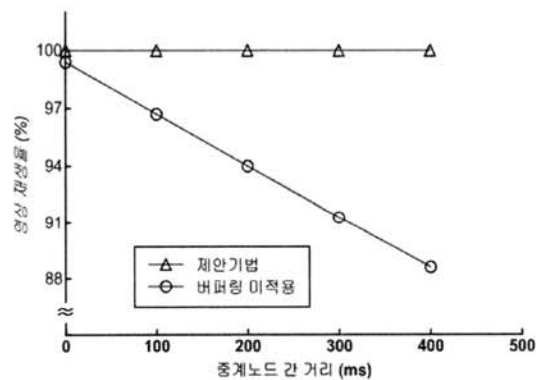
단말의 핸드오버 시간과 중계노드 간 중단 지연 차이가 변화할 때 핸드오버 과정에서의 영상 재생률과 패킷 손실률을 분석한다. 우선 중계 노드와 부모 후보 노드와의 거리에 따른

〈표 4〉 버퍼링 메커니즘의 성능 측정 환경

환경변수	값
이동망	WLAN 802.11g (54Mbps 대역)
IPTV 데이터 전송 프로토콜	IP 멀티캐스트, 오버레이 멀티캐스트 (mRMCP)
시뮬레이션 시간	60초
영상 데이터 재생률	8Mbps
셀 반경	100ms
이동 속도	시속 12km/h
핸드오버 횟수	2회
L2 핸드오버 시간	150ms
이동감지 전송 주기	100ms
트리 가입 시간	IP 멀티캐스트: 0~800ms 오버레이 멀티캐스트: 0~3200ms
중계노드 간 지연 차이	0 ~400ms

핸드오버 시간을 이용하여 버퍼링 기법의 적용 여부에 따른 영상 재생률을 검증한다. 그리고 핸드오버 시간동안 수신하지 못한 패킷을 복구하는 요청 기반의 버퍼링 기법과의 성능 비교를 위해 중계 노드 간 중단 지연이 변화하는 환경을 구성하여 성능을 확인한다. 세부적으로 기존 기법과 제안 기법의 시뮬레이션 동안 15초와 45초에서 최대의 중단 지연을 가진 중계노드로 이동 시 버퍼량 변화를 비교하여 제안 기법의 성능을 검증한다. 마지막으로 핸드오버 시간과 중단 지연에 따른 단말의 버퍼 크기를 도출하고 해당 버퍼 크기 적용 시의 영상 재생률과 버퍼의 조절 정도를 검증한다.

(그림 2)는 IP 멀티캐스트와 오버레이 멀티캐스트 환경에서 이동 단말의 핸드오버 시간이 변화할 때 기법의 적용 여

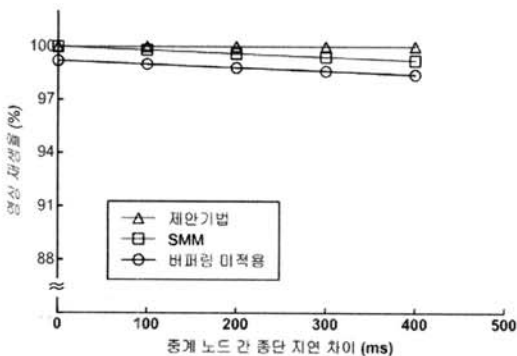


(그림 2) 핸드오버 시간에 따른 영상 재생률

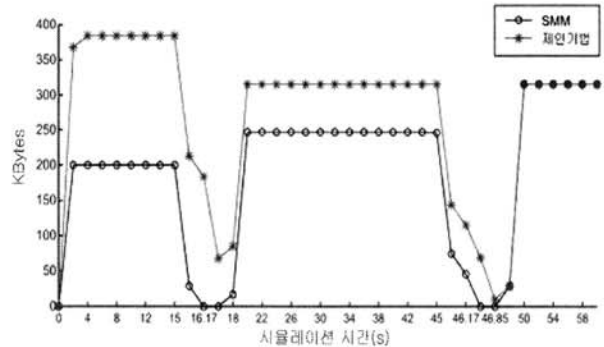
부에 따른 영상 재생률을 나타낸 그래프이다. 가로축은 단말이 핸드오버 후 연결한 중계 노드와 부모 후보노드까지 지연을 나타내며 세로축은 시뮬레이션동안 전송된 총 데이터 중에 이동단말까지 전달되어 재생된 데이터의 비율을 나타낸다. 오버레이 멀티캐스트를 기반으로 서비스를 제공받는 단말은 IP 멀티캐스트 이용 시보다 중계노드와 부모 후보노드와의 지연이 동일한 환경에서 트리 가입 시간이 더 길기 때문에 영상 재생률이 4~6%가량 낮게 나타난다. 이는 IP 멀티캐스트의 경우 UDP 기반의 라우팅 프로토콜을 이용하여 가입 메시지를 빠르게 전송하는데 비해 오버레이 멀티캐스트는 부모 후보 노드의 탐색 시간과 트리 가입 메시지 전송을 위한 TCP 연결로 인하여 가입이 지연되기 때문이다. 그러나 제안 기법을 적용한 경우 각 환경의 핸드오버 시간을 고려하여 이동 단말의 버퍼 크기를 설정하고 이를 토대로 영상 재생을 유지함으로써 100%의 영상 재생률을 지원한다.

(그림 3)은 핸드오버 시간이 400ms로 일정한 반면 이동 단말이 핸드오버 전후 연결한 중계 노드 간 중단 지연 차이가 0~400ms로 변화할 때의 영상 재생률을 나타낸 것이다. 그래프에서 버퍼링 기법을 미적용한 경우 핸드오버로 인한 시간과 더불어 중계 노드의 중단 지연 차이로 인하여 영상 단절이 최대 2.2%까지 발생한다. 또한 기존에 제안된 SMM 메커니즘은 핸드오버 시간에 따른 영상 단절은 방지하지만 중계 노드의 중단 간 지연 차이로 인한 성능 저하를 해결하지 못한다. 그러나 제안 기법의 경우 핸드오버 시간과 중단 지연 차이가 모두 존재하는 환경에서도 패킷 손실을 방지함으로써 IPTV 서비스 제공 시의 영상 단절을 막는다.

(그림 4)은 핸드오버 시간이 400ms 이고 핸드오버 전후의 중계 노드 간 중단 지연 차이가 400ms인 환경에서 이동 단말의 핸드오버에 따른 버퍼 변화를 나타낸 것이다. 단말은 60초의 시뮬레이션 기간 동안 15초와 45초에서 2번의 핸드오버가 발생하며 핸드오버 시간은 400ms, 핸드오버 하는 중계노드의 중단 지연은 400ms이다. 이러한 환경에서 기존의 SMM은 이동 단말의 초기 버퍼량 할당에 대한 고려가 없기 때문에 200K의 고정적인 버퍼 크기를 할당함으로써 15초에서의 1차 핸드오버에서 버퍼 부족에 따른 영상 단절



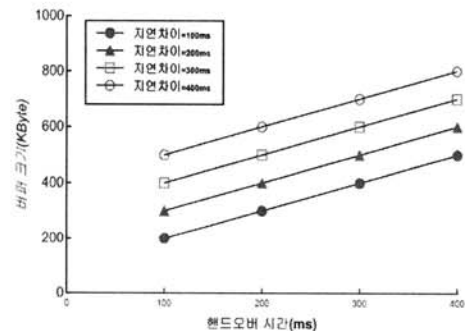
(그림 3) 중계 노드 간 중단 지연 차이에 따른 영상 재생률



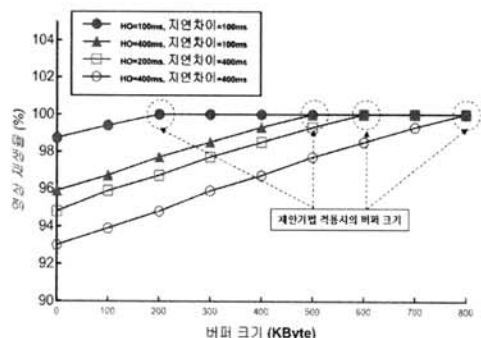
(그림 4) 이동 단말의 핸드오버에 따른 버퍼 잔여량

이 발생한다. 이후 중계 노드로부터 버퍼를 보충하여 250k 까지 버퍼를 보충하지만 이 버퍼량은 향후 핸드오버 시의 영상 재생을 유지하는데 필요한 버퍼량을 만족하지 못함으로써 45초의 두 번째 핸드오버 시에도 버퍼 부족으로 인한 영상 단절을 유발한다. 이에 비하여 제안 기법은 핸드오버 시간과 중단 지연 차이를 고려하여 이동 단말의 버퍼 크기를 할당함으로써 15초의 첫 번째 핸드오버 발생 시 영상 단절 없이 서비스를 제공한다. 또한 초기 버퍼량 할당 시 중단 지연 차이에 따라 이동망에서 보충할 수 있는 최소 버퍼량을 고려하여 버퍼 크기를 할당함으로써 45초의 두 번째 핸드오버에서도 버퍼를 유지할 수 있다.

(그림 5)은 핸드오버 시간과 중계노드의 중단 지연 차이



(a) 핸드오버 시간과 중단 지연 차이에 따른 이동 단말의 버퍼 크기



(b) 버퍼 크기에 따른 영상 재생률
(그림 5) 핸드오버시간, 중계 노드의 중단 지연 차이에 따른 기법 적용 시의 버퍼 크기와 영상 재생률

에 따른 이동 단말의 버퍼 크기와 해당 버퍼 크기를 이동 단말에 적용하였을 때의 영상 재생률을 나타낸 그래프이다. 기법을 통해 도출된 버퍼 크기를 이동 단말에 적용한 경우 영상 단절 없이 100%의 영상 재생률을 보장한다. 이와 더불어 불필요하게 버퍼의 크기를 크게 할당하지 않음으로써 이동 단말의 제한된 메모리 용량에 부하를 줄인다.

이와 같은 성능 측정 결과를 통해 본 논문에서 제안한 버퍼링 메커니즘은 다음과 같은 이점을 가짐을 확인할 수 있다. 첫째, 전송 기술과 핸드오버 메커니즘에 따라 이동 단말과 중계 노드의 버퍼 크기를 유동적으로 변경시킴으로써 영상 단절을 막을 수 있다. 둘째, 중계 노드 간에 종단 지연의 차이가 발생하는 환경에서 버퍼 보충량이 최소인 경우를 고려하여 버퍼 크기를 할당함으로써 영상 재생을 유지하도록 지원한다. 마지막으로 버퍼 크기를 최적화함으로써 영상 단절은 방지하면서 이동단말에 걸리는 프로세싱 오버헤드를 줄일 수 있다.

5. 결 론

본 논문에서는 이동망에서 IPTV 서비스 제공 시 단말의 핸드오버에 따른 영상 단절과 패킷 손실을 방지하기 위한 버퍼링 메커니즘을 제안하였다. 이동 단말의 버퍼 크기 최적화는 핸드오버 동안의 영상 단절을 막고 핸드오버 후 이동망의 중계 노드로부터 보충하는 데이터가 최소량일 때에도 향후 핸드오버를 지원하기 위해 설계되었다. 이를 위하여 단말의 핸드오버 시간과 중계 노드의 종단 지연 차이에 따른 최소 버퍼 보충량을 고려하여 이동 단말의 버퍼량을 설정한다. 세부적으로 IP 멀티캐스트와 오버레이 멀티캐스트를 사용할 때의 핸드오버에 따른 트리 가입시간이 다른 부분을 고려하여 이동단말의 버퍼를 설정하도록 한다. 이와 더불어 핸드오버 후 이동망의 중계 노드에 가입할 때 버퍼링된 데이터를 수신함으로써 패킷 손실을 막고 버퍼를 보충하여 향후 핸드오버에 활용할 수 있도록 지원한다. 제안 기법을 NS-2 기반의 시뮬레이터를 통해 검증한 결과 오버레이 멀티캐스트와 IP 멀티캐스트의 두 환경에서 모두 100%의 영상재생을 지원하는 것을 확인하였다.

참 고 문 헌

[1] ITU-T FG IPTV, "IPTV Architecture (FG IPTV-DOC-0181)," ITU-T recommendation, Dec. 2007.
 [2] ITU-T FG IPTV, "IPTV Service Requirements(T05-FG IPTV-DOC0054)," ITU-T recommendations, Jan. 2007.
 [3] ITU-T FG IPTV, "Requirements for Mobile IPTV Terminal Devices (T05-FG IPTV-C0635)," ITU-T Working Drafts, Jul. 2007.
 [4] IETF Network Working Group, "Fast Handovers for Mobile IPv6," IETF Request for Comments 4068, Jul. 2005.

[5] IETF Network Working Group, "Hierarchical Mobile IPv6 Mobility Management," IETF Request for Comments, Aug. 2005.
 [6] A.L.Georgios, "Seamless Multicast Mobility support using Fast MIPv6 Extensions," computer communications, elsevier, Apr. 2004, pp.3745-3765.
 [7] R. karrer, "Dynamic Handoff of Multimedia Streams," NOSSDAV 2001, Aug. 2001.
 [8] ITU-T Recommendation, "Quality of Experience Requirements for IPTV," Oct. 2007.
 [9] DSL Forum Technical Description, "DSL WF-126 : QoE requirements for triple-play services," Dec. 2006.



오 준 석

e-mail : junseok0813.oh@samsung.com

2006년 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 (학사)

2008년 경북대학교 대학원 컴퓨터과학과 (이학석사)

2008년~현재 삼성에스원 기술연구소 연구원

관심분야: 멀티캐스트, 무선망, 이동성관리, 인공지능



이 지 현

e-mail : hyuny@ccmc.knu.ac.kr

2005년 경북대학교 대학원 정보통신학과 (공학석사)

2005년~현재 경북대학교 컴퓨터과학과 박사과정

2007년~2008년 1월 Arizona State Univ. 컴퓨터 엔지니어링 교환 연구원

관심분야: 모바일이동통신, 오버레이 멀티캐스트, 홈 네트워킹, UWB Networking



임 경 식

e-mail : kslim@knu.ac.kr

1982년 경북대학교 전자공학과(학사)

1985년 한국과학기술원 대학원 전산학과 (공학석사)

1994년 University of Florida 대학원 전산학과(공학박사)

1995년~1998년 한국전자통신연구원 책임연구원, 실장

2005년~현재 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 부교수

관심분야: 이동컴퓨팅, 무선인터넷, 홈 네트워킹, 컴퓨터통신