

## 에이전트 피어를 이용한 에너지 효율적인 모바일 P2P 스트리밍 구조

김상진\*, 김은삼\*

### An Energy-Efficient Mobile P2P Streaming Structure Using Agent Peers

Sangjin Kim\*, Eunsam Kim\*

#### 요약

최근 무선 네트워크의 발전과 스마트폰과 같은 성능이 우수한 모바일 장치의 등장으로 모바일 IPTV 서비스를 제공하고자 하는 요구가 증가하고 있다. 모바일 장치는 배터리 용량이 한정되어 있으므로 에너지 소모를 최소화하는 것이 필수적이다. 따라서 본 논문에서는 P2P 기반의 모바일 IPTV 시스템에서 에이전트 피어를 이용하여 모바일 피어의 에너지 소모를 최소화하는 스트리밍 구조를 제안한다. 에이전트 피어는 해당 모바일 피어를 대신하여 스트리밍 기능과 오버레이 네트워크 가입과 탈퇴 시 필요한 컨트롤 메시지 교환을 수행함으로써 모바일 피어의 에너지 소모량을 크게 줄일 수 있다. 마지막으로 에너지 모델을 적용한 시뮬레이션을 통해 본 논문에서 제안하는 스트리밍 구조가 에이전트 피어를 이용하여 모바일 피어의 배터리 사용 시간을 증가시킬 수 있음을 보인다.

▶ Keyword : 모바일 IPTV, P2P 스트리밍, 에이전트 피어, 에너지 효율성

#### Abstract

With advances in wireless networks and advent of powerful mobile devices such as smart phones, the demand for mobile IPTV services has been increasing. It is essential to minimize the energy consumption of mobile devices because their battery capacity is limited. In this paper, we therefore propose a new streaming structure in P2P-based mobile IPTV systems to minimize the energy consumption of mobile peers using agent peers. Agent peers can decrease the energy consumption of mobile peers significantly by performing streaming functionality and exchanging control messages for joining and leaving overlay networks in place of corresponding mobile peers. Finally, by simulation experiments using an energy model, we show that our proposed streaming structure can increase the lifetime of mobile peers using agent peers.

▶ Keyword : Mobile IPTV, P2P Streaming, Agent Peer, Energy Efficiency

• 제1저자 : 김상진    교신저자 : 김은삼

• 투고일 : 2010. 12. 10, 심사일 : 2011. 01. 02, 게재확정일 : 2011. 01. 08.

\* 홍익대학교 컴퓨터공학과(Dept. of Computer Engineering, Hongik University)

※ 이 논문은 2010학년도 홍익대학교 학술연구진흥비 및 2010년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임(No. 2010-0006455).

## 1. 서론

최근 컴퓨터 네트워크의 발전으로 초고속통신망이 일반화 되고 방송 콘텐츠가 디지털화됨에 따라 기존의 방송서비스와 통신서비스를 융합한 새로운 차세대 서비스인 IPTV(Internet Protocol Television)가 등장하였다[1]. 현재 이와 같은 IP 기반 네트워크에서 실시간 비디오 스트리밍을 제공하기 위해서는 인터넷 환경에서 CDN(Content Distribution Network) 구조를 사용하거나 IPTV 사업자 전용 네트워크 환경에서 IP 멀티캐스트 기법을 사용하고 있다.

하지만 IPTV 서비스 환경에서 대규모의 사용자에게 동시에 스트리밍 서비스를 지원하기 위해서는 엣지(edge) 네트워크에 수많은 프록시 서버를 설치해야 하므로 높은 설치비용으로 인해 확장성(scalability)이 현저히 떨어진다. 따라서 이러한 높은 설치비용과 낮은 확장성 문제를 야기하는 CDN 구조의 문제와 개인화된 IPTV 서비스로 인한 네트워크 과부하 문제의 대안으로 P2P(peer-to-peer)스트리밍 기법이 새로운 전송 구조로 대두되고 있다[2,3,4,5,6].

한편, 최근 무선 네트워크의 발전과 스마트폰과 같은 성능이 우수한 모바일 장치의 등장으로 모바일 장치에서 IPTV 서비스를 제공받고자 하는 사용자의 요구가 꾸준히 증가하고 있다. 이를 위해 최근 MANET과 iMANET 기반을 중심으로 모바일 시스템에서 P2P 시스템을 적용한 스트리밍 서비스를 제공하기 위한 연구가 진행되어 왔다[7,8,9,10]. 하지만 무선 애드혹(ad hoc) 네트워크 환경에서의 P2P 네트워크는 피어간의 잦은 이동성에 따른 불안정한 네트워크 오버레이를 형성한다. 또한 이러한 오버레이 구조를 유지하기 위해 많은 컨트롤 메시지를 교환해야 하므로 모바일 피어의 배터리 소모가 크다는 문제점이 있다. 모바일 피어는 배터리 용량이 한정되어 있으므로 시스템의 사용 시간을 최대화하기 위해서는 배터리 소모를 최소화하는 것이 필수적이다. 따라서 본 논문에서

는 P2P 기반의 IPTV 시스템에서 에이전트 피어를 이용하여 모바일 피어의 에너지 소모를 최소화하는 구조를 제안한다.

현재 모바일 P2P 스트리밍 관련 연구는 시작 단계에 있고 모바일 P2P 환경에서 에이전트를 이용한 연구도 활발히 진행되지 못했다. P2P 환경에서 에이전트 관련 연구 중 하나에서는 에이전트를 이용하여 모바일 피어의 제한된 캐싱 용량을 극복하는 기법을 제안하였다 [11]. 이 연구에서는 에이전트 피어가 모바일 피어의 제한된 캐싱 기능을 대신하여 P2P 피어로서의 역할을 수행할 수 있도록 도와준다. 또 다른 연구에서는 에이전트 피어가 모바일 피어로 전송되는 메시지를 중계하면서 데이터의 압축 및 변환을 수행하는 기법이 제안되었다 [12]. 이러한 기존의 에이전트 관련 연구들은 작은 메모리 크기와 낮은 CPU 성능 등과 같은 모바일 피어의 제한된 자원을 일반 피어가 대신하는 역할에 초점을 맞추었다. 하지만 현재까지는 모바일 P2P 관련 연구에서 가장 중요한 이슈인 배터리 소모 문제를 고려한 에이전트 관련 연구는 진행되지 못했다.

본 논문의 모바일 P2P 스트리밍 구조에서는 모바일 피어가 전송해야하는 업로드 데이터 패킷 및 오버레이 유지를 위한 컨트롤 메시지 교환을 에이전트 피어가 대행함으로써 모바일 피어의 전송 데이터 양을 크게 줄이는 새로운 기법을 제안한다. 이와 같이 모바일 피어의 전송 데이터 양을 줄임으로써 결과적으로 모바일 피어의 에너지 소모를 줄일 수 있다.

마지막으로 에너지 모델을 적용한 시뮬레이션을 통해 에이전트 유무에 따른 모바일 피어의 배터리 소모를 비교하여 에이전트 피어가 모바일 피어의 배터리 사용 시간을 크게 증가시킬 수 있다는 것을 보인다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 2장에서는 모바일 IPTV에 대한 관련 연구를 기술한다. 3장에서는 본 논문에서 제안하는 에이전트 피어를 이용한 에너지 효율적인 모바일 P2P 스트리밍 구조를 설명한다. 4장에서는 에이전트 피어 적용 유무에 따른 배터리 소모량을 비교 분석한다. 마지막으로 5장에서 결론을 서술한다

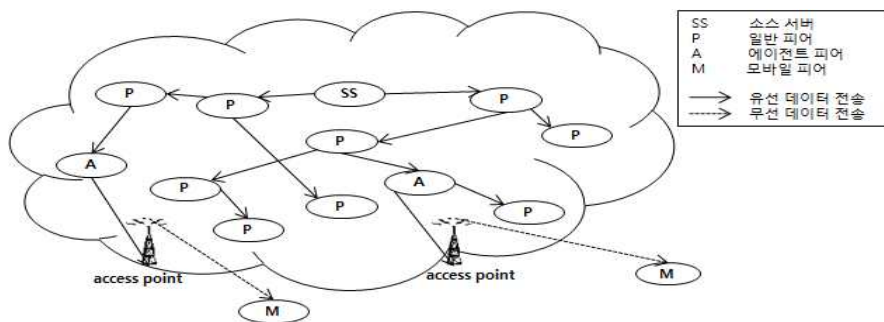


그림 1. 에이전트 피어를 이용한 모바일 P2P 스트리밍 구조  
Fig 1. Mobile P2P Streaming Structure Using Agent Peers

## II. 관련 연구

실시간 방송, VOD 등을 포함하는 IPTV 서비스는 멀티미디어 스트리밍 기법 등의 다양한 기술이 응용되는 분야로서 현재 활발한 연구가 진행되고 있다. 또한 최근에는 스마트폰의 등장으로 모바일 IPTV 이용에 대한 요구가 증가하여 모바일 IPTV에 관한 연구도 시작 단계에 있다[13].

기존의 스트리밍 서비스는 주로 클라이언트/서버 구조에 의존한 CDN 방식이 사용되었다[14]. 하지만 이 방식은 확장성이 낮고 서버증설에 많은 비용을 요구한다. 이러한 문제를 개선하기 위해 트리(tree)[2,3] 구조나 메시(mesh)[4,5,6] 구조를 이용한 P2P 스트리밍 기법이 제안되었다. 하지만 이러한 구조들은 유선 네트워크 환경에서 효율적인 전송 구조에 초점을 맞추었고 모바일 환경을 고려하지 못했다.

P2P 스트리밍의 기법들을 모바일 네트워크 환경에 적용하는 연구도 진행되었지만 주로 무선 애드혹 네트워크상의 MANET[7,8]과 iMANET [9,10] 기반으로 연구되었다. 하지만 애드혹 네트워크 환경에서의 P2P 스트리밍은 모바일 피어 간에 직접적인 통신을 통해 데이터를 전달해야 하므로 전송 범위가 매우 좁아서 확장성이 떨어지고 배터리 소모가 크다는 문제점으로 인해 대규모의 IPTV 시스템에는 적용하기 힘들다.

또한, 기존 유선 네트워크 중심의 P2P 구조에 모바일 피어를 추가한 구조들도 제안되었다[15]. 하지만 이러한 기법들은 낮은 대역폭, 높은 데이터 손실률 및 지연 시간 등을 가지는 무선 네트워크 특성과 제한된 배터리 용량과 잦은 이동 등의 모바일 피어의 특성을 고려하지 못하고 단순히 기존 P2P 구조에 모바일 피어를 추가하는 형태로 모바일 피어의 특성을 반영하지 못했다.

모바일 P2P 환경에서 에이전트 관련 연구가 활발히 진행되지 못했지만 모바일 피어의 제한된 자원과 성능을 극복하기 위한 에이전트를 사용하는 두 가지 기법들이 제안되었다. 에이전트가 모바일 피어의 캐싱 기능을 대행하거나[11] 모바일 피어에 전송되는 데이터의 중계하면서 데이터의 압축과 변환을 담당하는 기법이 제안되었다 [12]. 하지만 이러한 기존의 에이전트 기법들은 모바일 P2P 환경에서 중요한 문제인 배터리 소모를 감소하는 기능을 고려하지 못했다.

따라서 본 논문에서는 P2P 기반의 유무선 네트워크 환경에서 에이전트 피어를 이용하여 스트리밍 시 발생하는 모바일 피어의 제한된 배터리 문제를 효과적으로 극복할 수 있는 전송 구조를 제안한다.

## III. 에이전트 피어를 이용한 모바일 P2P 스트리밍 구조

### 1. 시스템 구성

<그림 1>에서 보듯이 본 논문에서 제안하는 P2P 스트리밍 구조는 소스 서버, 일반 피어, 모바일 피어 및 에이전트 피어로 구성된다. 해당 비디오 데이터는 소스 서버에서 트리 구조를 이용하여 각 피어에 전송된다. 이 구조는 네트워크상에서 트리 기반의 가상의 오버레이를 생성한 후 루트인 소스 서버에서 트리에 소속된 모든 피어들에게 부모 피어가 하위 자식 피어들에게 푸시 형태로 데이터를 전송하는 방식이다. 트리 구조는 피어 탈퇴 시 재구성됨에 따라 발생하는 지연 시간이 길어지는 단점이 있는 반면 데이터를 빠른 속도로 전송 받을 수 있는 장점이 있다.

소스 서버는 특정 비디오 데이터를 모든 피어들에게 푸시 방식으로 데이터를 전송하는 역할을 수행한다. 또한 소스 서버는 P2P 오버레이 구조를 관리하고 피어의 가입과 탈퇴 시 네트워크 오버레이를 재구성하는 역할도 수행한다.

일반 피어는 유선 네트워크상에서 P2P 트리 구조에 연결되어 부모 피어로부터 해당 비디오를 전송받는 동시에 자식 피어에게 전송하는 역할을 동시에 수행한다. 또한, 일반 피어는 특정 모바일 피어의 에이전트 피어로 선정될 수 있다.

모바일 피어는 자신을 위해 선정된 에이전트 피어를 통해 해당 비디오를 단방향으로 전송받는 피어이다. 즉, 해당 비디오의 다운로드만 수행하고 다른 피어에게 업로드 하는 기능은 수행하지 않기 때문에 업로드 수행 시 발생하는 배터리 소모를 줄일 수 있다.

에이전트 피어는 특정 모바일 피어의 스트리밍 기능을 대신하기 위해 다른 일반 피어들로부터 전송받은 데이터를 모바일 피어에게 전달하는 기능을 수행한다. 따라서 모바일 피어가 P2P 구조에 직접 참여하지 않게 함으로서 모바일 피어의 스트리밍 시 발생하는 오버헤드를 감소시킬 수 있다. 또한 모바일 피어를 대신해서 가입 및 탈퇴 기능을 포함한 오버레이 유지에 필요한 컨트롤 메시지 교환 기능을 수행한다. 에이전트 피어는 해당 모바일 피어와의 네트워크 상태와 물리적 거리 등을 고려하여 선정되기 때문에 전송 지연 시간을 최소화할 수 있다.

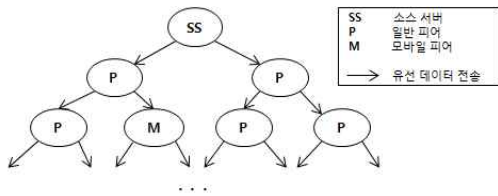


그림 2. 일반 P2P 트리 구조  
Fig 2. A General P2P Tree Structure

2. 에이전트 피어의 기능

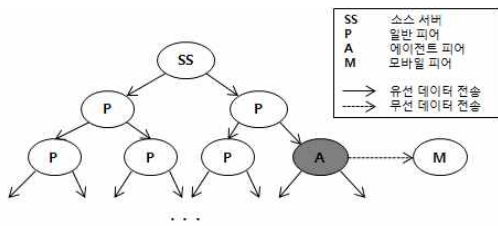


그림 3. 에이전트 피어를 이용한 P2P 트리 구조  
Fig 3. A P2P Tree Structure Using Agent Peers

<그림 2>는 트리 기반의 P2P 전송 구조에서 모바일 피어가 일반 피어로 참여한 경우를 나타낸 것이다. 따라서 모바일 피어는 일반 피어와 마찬가지로 해당 비디오를 부모 피어로부터 다운로드받는 동시에 자식 피어에 업로드를 수행해야 한다. 이로 인해 업로드 기능을 수행할 때 발생하는 배터리 소모는 불가피하다. 또한 모바일 피어는 피어의 가입 및 탈퇴 시 오버레이 네트워크 변경을 위해서 컨트롤 메시지를 교환해야 한다. 이때도 교환하는 컨트롤 메시지의 수에 비례하는 배터리 소모가 발생한다. 따라서 이러한 업로드 기능과 오버레이 네트워크 구조를 유지하기 위한 추가적인 메시지 교환 오버헤드를 감소시키기 위해 본 논문에서는 <그림 3>과 같이 에이전트 피어를 이용해서 모바일 피어의 배터리 소모를 최소화한다.

모바일 피어가 P2P 네트워크에 가입하면 에이전트 선정 정책에 따라 우선 네트워크에 연결되어 있는 일반 피어 중의 하나를 에이전트 피어로 선정하여 이 피어를 통해 데이터를 푸시 받게 된다. 즉, 모바일 피어는 에이전트 피어에게 데이터를 전송만 받으면서 트리 구조에 직접적으로 가입하지 않기 때문에 트리 구조 변화에 따른 오버헤드도 피할 수 있다. 결과적으로 모바일 피어는 에이전트 피어를 이용하여 전체적 데이터 전송 수를 감소시키고 이를 통해 배터리 소모를 줄일 수 있는 것이다.

3. 피어의 가입 및 탈퇴

3.1 피어의 가입 절차

표 1. 일반 피어 및 모바일 피어의 가입 절차  
Table 1. Joining Procedure of General and Mobile Peers

```

가입 메시지 정보로 피어 생성;
if ( 가입 피어 == 일반 피어 )
{
    트리 너비 우선 탐색 수행 후 레벨이 가장 낮은
    위치 파악;
    일반 피어를 결정된 위치에 삽입;
}
else // '가입 피어 == 모바일 피어'인 경우
{
    에이전트 피어 선정 절차에 따라 모바일 피어와
    인접한 일반피어 중 하나를 에이전트 피어로 선정;
    해당 모바일 피어와 선정된 에이전트 피어의 오버
    레이 네트워크 상의 링크 설정;
}
가입한 피어에 가입 완료 메시지 전송;
    
```

이 절에서는 일반 피어 및 모바일 피어가 P2P 오버레이 네트워크에 가입하는 절차를 설명한다. 피어의 가입과 탈퇴에 따른 네트워크 오버레이 변화는 소스 서버에서 관리한다. 소스 서버가 유지하는 네트워크 오버레이 구조는 <그림 2>와 같이 P2P 트리 형태이다. <표 1>은 일반 피어와 모바일 피어의 가입 절차를 설명하고 있다. 먼저 일반 피어는 접속과 동시에 가입 메시지를 서버에 전송하고 서버는 가입한 피어가 보낸 메시지를 분석한 후 일반 피어 노드를 생성한다. 그 후 소스 서버를 루트로 하는 트리 구조의 낮은 레벨에서부터 높은 레벨 순으로 너비 우선 탐색을 수행하여 루트와 제일 가까운 빈 자리, 예를 들면, <그림 4>에서 N에 해당하는 위치를 찾아 피어를 삽입한다. 피어를 삽입한 후 가입한 피어에게 가입완료 메시지를 전송함으로써 가입이 완료된다.

모바일 피어의 경우는 일반 피어의 가입과는 달리 P2P 트리 구조에 모바일 피어 노드를 직접 삽입하지 않고 접속과 동시에 에이전트 피어를 먼저 선정해야 한다. 소스 서버는 모바일 피어가 가입 시 전송한 모바일 피어의 가입 메시지를 확인하여 지역성을 기반으로 각 피어의 인접 피어 리스트 정보를 모바일 피어에 전송한다. 해당 모바일 피어는 다음 절에서 제시하는 에이전트 피어 선정 절차에 따라 일반 피어 중 하나를 에이전트 피어로 선정한다. 소스 서버는 모바일 피어와 에이전트 간의 링크가 설정되었다는 메시지를 받으면 모바일 피어와 에이전트 간에 연결된 링크 오버레이 정보를 동기화함으로써 모바일 피어의 가입절차가 완료된다.

### 3.2 에이전트 피어의 선정 절차

표 2 에이전트 피어의 선정 절차  
Table 2. Selecting Procedure of Agent Peers

```

소스 서버로부터 인접 피어 리스트 정보를 전송 받음;
while ( 리스트가 비어 있지 않음 )
{
    리스트의 첫 번째 인접 피어 선택;
    인접 피어에 Ping 메시지를 보내 TTL을 측정;
    if ( 새 인접 피어의 TTL 값 > 현재 최대 TTL 값 )
        새 인접 피어를 최대 TTL 값을 갖는 일반 피어로 갱신;
}
최대 TTL 값을 갖는 인접 피어에게 에이전트 피어 허가
요청 메시지 전송;
if ( 최대 TTL 값을 갖는 인접 피어로부터 에이전트 피
어 허가 확인 메시지를 받음 )
{
    최대 TTL 값을 갖는 인접 피어를 에이전트 피어로
    선정 후 링크 설정;
    소스 서버에게 에이전트 선정 성공 메시지 전송;
}
else{
    소스 서버에게 에이전트 선정 실패 메시지 전송;
}
    
```

이 절에서는 <표 2>에서 제시한 모바일 피어의 에이전트 피어를 선정하는 절차에 대해 자세히 설명한다. 먼저 해당 모바일 피어는 소스 서버에게 인접 일반 피어 리스트를 요청하여 수신한다. 이후 각 인접 피어에 대해 Ping 메시지를 보내 TTL(time-to-live) 값을 측정 한다. 이것은 해당 모바일 피어와 에이전트 피어 사이의 네트워크상의 거리를 반영하여 가장 인접한 일반 피어를 에이전트 피어로 선정함으로써 스트리밍 시 발생하는 지연 시간을 최소화하기 위함이다. TTL 값은 일반적으로 0 이상 정수로 초기 값이 설정 되어 있고 라우터나 중계 노드를 지날 때마다 1씩 감소한다. TTL 값이 클수록 라우팅 횟수가 적기 때문에 인접 리스트를 모두 순회하면서 가장 TTL 값이 큰, 즉 가장 인접한 피어를 에이전트 피어로 선정한다.

모바일 피어는 선정된 에이전트 피어에게 에이전트 선정 허가를 요청하는 메시지를 전송한다. 해당 에이전트 피어로부터 모바일 피어의 요청을 허가하는 확인 메시지를 받으면 오버레이 네트워크상에서 자신과의 링크를 설정한 후 이를 소스 서버에 알린다. 만약 해당 에이전트 피어가 모바일 피어의 요청을 거절하는 메시지를 보내면 모바일 피어는 소스 서버에 이를 알린 후 위 과정을 반복 수행하여 에이전트 피어를 다시 선정한다.

### 3.3 피어의 탈퇴 절차

표 3. 피어의 탈퇴 절차  
Table 3. Leaving Procedure of Peers

```

일정 시간동안 라이브메시지가 도착하지 않으면 피어
탈퇴로 간주;

if ( 모바일 피어 탈퇴 )
{
    에이전트 피어에 모바일 피어의 탈퇴를 알림;
    모바일 피어와 에이전트 피어의 링크 제거;
}
else // 일반 혹은 에이전트 피어 탈퇴
{
    if ( 에이전트 피어 탈퇴 )
    {
        모바일 피어에게 에이전트 피어의 탈퇴 알림;
        에이전트 피어 선정 절차에 따라 모바일 피어
        와 인접한 일반피어 중 하나를 에이전트 피
        어로 선정;
        해당 모바일 피어와 선정된 에이전트 피어의
        오버레이 네트워크 상의 링크 설정;
    }
    탈퇴 피어의 부모 노드에 자식 노드의 탈퇴
    알림;
    트리 레벨이 가장 낮은 위치 파악해서 자식
    노드를 해당 위치에 삽입;
    트리에서 탈퇴 피어에 해당하는 노드 삭제;
}
    
```

현재 가입되어 있는 피어가 탈퇴 메시지를 보내거나 일정 시간 동안 라이브 메시지를 보내지 않는 경우 피어가 탈퇴했다고 판단하고 새로운 연결을 설정한다. <표 3>에서와 같이 피어가 탈퇴할 때 탈퇴하는 피어의 종류에 따라 탈퇴 정책을 분리하여 수행한다.

모바일 피어가 탈퇴하는 경우에는 에이전트 피어에게 모바일 피어의 탈퇴를 알린다. 탈퇴 메시지를 받은 에이전트 피어는 자신과 모바일 피어의 링크를 제거한 후 일반 피어의 기능만 수행하는 피어로 복귀한다. 소스 서버는 모바일 피어와 에이전트 피어 사이의 링크 정보를 삭제한다.

일반 피어가 탈퇴한 경우에는 일반 트리 기반 P2P 구조에서의 탈퇴와 같이 소스 서버는 탈퇴 피어와 연결된 모든 링크를 수정한다. 탈퇴 피어의 부모 노드에게 탈퇴 피어의 탈퇴를 알리고 링크를 해제한다. 그리고 탈퇴 피어의 자식 노드는 트리의 너비 우선 탐색을 통해 트리 레벨이 가장 낮은 곳에 재가입하여 트리의 균형을 유지한다. 각 과정에서는 탈퇴한 노드와 연결된 노드에 링크 수정 메시지를 보내고 메시지를 받은 피어는 연결 링크를 수정함으로써 소스 서버가 유지하는 네트워크 오버레이와 실제 오버레이가 동기화 된다.

에이전트 피어가 탈퇴하는 경우에는 트리에서 노드가 제거

되는 절차는 일반 피어가 탈퇴하는 경우와 동일하다. 하지만 탈퇴한 에이전트 피어와 연결된 모바일 피어가 스트리밍을 지속적으로 수행할 수 있도록 에이전트 피어를 재선정하는 과정이 추가적으로 필요하다. 에이전트 피어가 탈퇴하면 소스 서버는 해당 모바일 피어에게 에이전트의 탈퇴를 알리고 에이전트 선정 절차에 따라 일반 피어 중 하나를 에이전트 피어를 선정한다. 이후 소스 서버는 모바일 피어와 에이전트 피어 간에 설정된 오버레이 네트워크 상의 링크 정보를 동기화한다.

표 4. 실험 파라미터  
Table 4. Simulation Parameters

모바일 링크 대역폭		1 Mbps
패킷 도착 시간 간격		1초
배터리 용량		1200mAh
에너지 모델	전송 전류 부하 (Transmission current load)	280 mA
	수신 전류 부하 (Reception current load)	204 mA
	대기 전류 부하 (Idle current load)	178 mA
	휴면 전류 부하 (Sleep current load)	14 mA
공급 전원		3 volt

#### IV. 성능 평가

이 장에서는 본 논문에서 제안한 에이전트 피어를 이용한 모바일 P2P 스트리밍 구조의 에너지 효율성에 대한 성능을 평가한다. 먼저 실험 환경 구성에 대해 기술한 후 데이터 전송 속도에 따른 모바일 피어의 송수신 패킷 수, 전송 모드별 비율, 에너지 소모량 및 배터리 소모량에 대한 실험 결과를 설명한다.

##### 1 실험 환경

본 논문에서는 가상 네트워크 토폴로지를 제공하는 네트워크 시뮬레이터인 퀄넷(QualNet)을 사용하여 P2P 스트리밍 시뮬레이션을 수행하였다. 퀄넷의 가상 환경에서 100개의 피어를 구축하였고 50분 동안 P2P 스트리밍을 수행하였다. 노드와 라우터 간 네트워크 대역폭은 10Mbps로 설정하였고 백본 네트워크를 구성하는 라우터와 라우터 간 모든 연결은 100Mbps로 설정하였다. 각 피어가 탈퇴와 가입을 반복하는 동적 환경을 구성하였다. 배터리 용량은 현재 스마트폰의 배

터리 용량을 감안하여 1200mAh 모델을 사용하였으며 에너지 모델은 퀄넷의 디폴트 모델을 사용하였다. 자세한 실험 파라미터는 <표 4>에 제시되어 있다.

이와 같은 실험 파라미터 값을 기반으로 데이터 전송 속도를 128kbps, 256kbps, 512kbps로 변화하면서 모바일 피어의 송수신 패킷 수, 모드별 비율, 에너지 및 배터리 소모량을 비교 분석한다.

#### 2 실험 결과

##### 2.1 모바일 피어의 송수신 패킷 수

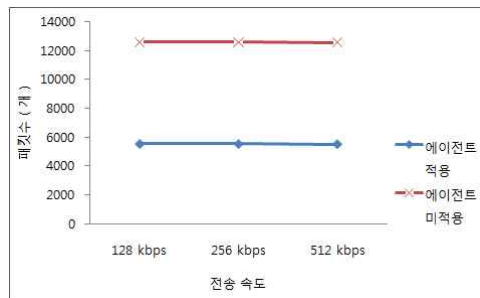


그림 5. 전송 속도에 따른 모바일 피어의 송수신 패킷 수  
Fig 5. The Number of Sending and Receiving Packets of Mobile Peers According to Transmitting Rates

<그림 5>는 데이터 전송 속도를 128kbps에서 512kbps로 증가시키면서 에이전트 피어 적용 유무에 따라 모바일 피어가 송수신하는 총 데이터 패킷의 수를 비교한 것이다. 데이터 전송속도를 변화시키더라도 실제 수신하는 데이터의 크기는 변하지 않기 때문에 수신 데이터 패킷 수는 동일하지만 에이전트 피어 적용 유무에 따라 총 송신 패킷 수는 큰 차이가 있다. 즉, 에이전트 피어를 적용하지 않은 경우에 비해 에이전트 피어를 적용한 경우에는 송수신 패킷 수가 약 50% 정도 줄어드는 것을 알 수 있다. 이것은 모바일 피어가 P2P 트리 구조에 직접 참여하지 않고 에이전트 피어를 통해 데이터를 다운로드만 받는 반면 다른 피어에게 업로드하지 않기 때문이다. 또 다른 이유는 P2P 오버레이 네트워크 구조를 유지하기 위한 추가적인 메시지 교환 오버헤드가 없기 때문이다.

표 5. 전송 속도에 따른 모바일 피어의 모드별 비율  
Table 5. The Mode Ratio of Mobile Peers According to Transmitting Rates

단위: %	에이전트 미적용			에이전트 적용		
	128 kbps	256 kbps	512 kbps	128 kbps	256 kbps	512 kbps
휴면 모드	0	0	0	0	0	0
대기 모드	76.4 1	54.4 6	11.2 7	91.8 6	84.5 2	70.1 2
수신 모드	8.35	16.0 5	31.1 2	7.38	14.3	27.9 8
송신 모드	15.2 4	29.4 9	57.6 1	0.76	1.18	1.9

2.2 모바일 피어의 모드별 비율

<표 5>는 데이터 전송 속도에 따른 모바일 피어의 모드별 비율을 나타낸다. 이 결과는 <그림 5>에서 에이전트 피어를 적용한 경우에 데이터 패킷의 수가 크게 감소한다는 사실에 대한 근거로 제시될 수 있다. 모바일 장치는 일반적으로 네 가지 모드를 갖는다. Tx(transmission)는 데이터 패킷을 전송하는 상태, Rx(receive)는 패킷을 수신하는 상태, Idle은 대기 상태, Sleep은 휴면 상태를 의미한다. 위 실험에서는 데이터 전송 속도가 높아서 모바일 피어가 지속적으로 데이터를 송수신하기 때문에 Sleep모드는 0이다. 에너지 소모량은 일반적으로 Tx, Rx, Idle, Sleep 모드 순으로 크다. 따라서 단위 시간당 에너지를 소모를 최소화하기 위해서는 Tx와 Rx 모드의 비율을 줄여야 한다. <표 5>에서 보듯이 에이전트 피어를 적용하는 경우는 적용하지 않은 경우에 비해 Tx 모드를 크게 감소시켜서 에너지 소모를 줄인다는 것을 알 수 있다. 이것은 에이전트 피어를 적용한 경우에는 Tx 모드는 기본적인 메시지 교환을 제외하고 거의 사용하지 않기 때문이다.

2.3 모바일 피어의 에너지 소모량

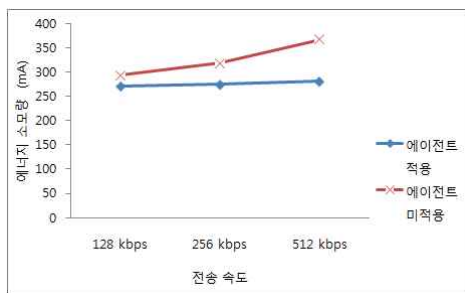


그림 6. 전송속도에 따른 모바일 피어의 에너지 소모량  
Fig 6. The Amount of Energy Consumption of Mobile Peers According to Transmitting Rates

<그림 6>은 네트워크 시뮬레이터 쿨넷에서 제공하는 에너지 모델을 이용하여 전송 속도에 따른 에너지 소모량을 측정 한 것이다. 모바일의 네 가지 모드에 각 에너지 모델을 곱한 값이다.

에이전트 피어를 적용하지 않은 경우에는 데이터 전송 속도가 증가함에 따라 에너지 모델에서 값이 큰 Tx, Rx 모드의 비중이 증가하므로 모바일 피어의 에너지 소모량도 증가한다는 것을 알 수 있다. 반면 에이전트 피어를 적용한 경우에는 에이전트 피어가 모바일 피어의 업로드 스트리밍 기능을 대행하기 때문에 전송 속도가 증가하더라도 모바일 피어의 에너지 소모량은 거의 동일하다. 이러한 특성 때문에 전송 속도가 가장 빠른 512kbps에서는 에이전트 피어를 적용한 경우가 적용하지 않은 경우보다 최대 24% 정도의 에너지를 절약할 수 있다. 즉, 전송 속도가 증가할수록 에이전트 피어의 적용 유무에 따른 에너지 소모량의 차이가 급격히 커지는 것을 알 수 있다. 따라서 본 논문에서 제안하는 전송 구조가 향후 비디오의 품질이 높아짐에 따라 더 많은 에너지를 절약할 수 있음을 보여준다.

2.4 모바일 피어의 배터리 소모량

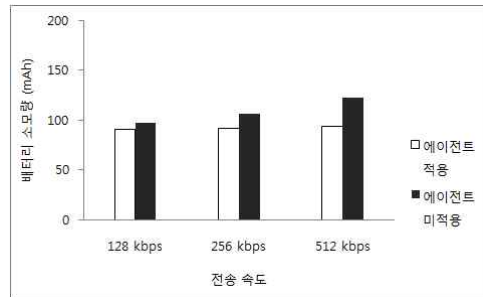


그림 7. 전송속도에 따른 모바일 피어의 배터리 소모량  
Fig 7. The Amount of Battery Consumption of Mobile Peers According to Transmitting Rates

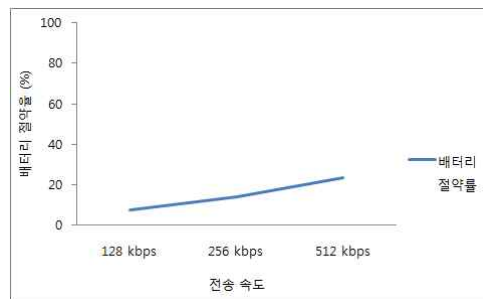


그림 8. 전송속도에 따른 모바일 피어의 배터리 절약률  
Fig 8. The Saving Ratio of Battery Consumption of Mobile Peers According to Transmitting Rates

<그림 7>과 <그림 8>은 킬넷에서 제공한 배터리 모델을 이용하여 모바일 피어의 실제 배터리 소모량과 에이전트 피어 적용 유무에 따른 배터리 절약율을 각각 측정한 것이다. 이 실험은 각 모드에서 에너지 소모량만을 합산해서 측정한 <그림 6>에서의 에너지 소모량과는 달리 모바일 피어에서 배터리를 소모하는 다른 요인도 고려한 총 배터리 소모량을 측정한 것이다. 또한 배터리 절약율은 에이전트 피어가 적용되는 경우의 배터리 소모량에서 적용하지 않은 경우의 배터리 소모량으로 나눈 값이다.

데이터 전송 속도에 따라 배터리 소모가 약 8%에서 25%까지 감소함을 알 수 있다. 또한, <그림 6>에서와 같이 <그림 8>에서도 전송 속도가 증가함에 따라 배터리 절약율이 증가함을 알 수 있다. 즉, 에이전트 피어를 이용함으로써 모바일 피어는 배터리의 사용 시간을 크게 늘릴 수 있으며 품질이 높은 비디오를 시청할 때 더 큰 효과가 있다는 것을 알 수 있다.

## V. 결론

무선 네트워크의 대역폭이 커지고 성능이 우수한 모바일 장치의 등장으로 최근 모바일 IPTV에 대한 요구가 증가하고 있다. 본 논문에서는 P2P 기반의 모바일 IPTV 시스템에서 모바일 피어의 에너지 소모를 최소화하기 위해 에이전트 피어를 도입하여 데이터 패킷과 컨트롤 메시지 수를 크게 줄였고 이를 통해 모바일 피어의 배터리 수명을 연장할 수 있었다. 또한 시뮬레이션 실험을 통해 에이전트 피어를 이용할 때 모바일 피어가 전송하는 패킷 수가 감소하고 에너지 소모량도 크게 줄일 수 있음을 보였다. 또한, 전송 속도가 증가할수록 에이전트 피어를 도입하는 효과가 급격히 상승하기 때문에 향후 더 높은 품질의 비디오가 등장할 때 더 많은 에너지를 절약할 수 있을 것으로 기대된다.

본 논문의 연구 성과를 바탕으로 추후에는 모바일 피어에서 핸드오버가 일어났을 때 에이전트 피어를 이용하여 효과적으로 핸드오버를 수행하는 기법에 대해 연구를 진행할 계획이다.

## 참고문헌

- [1] H. Kim, S. Yoo, and H. Lee, "The Current Technology Status and Development Direction of IPTV," *Journal of The Institute of Electronics Engineers of Korea*, Vol. 35, No. 9, pp. 47-57, Sept. 2008.
- [2] D. A. Tran, K. A. Hua, and T. Do, "ZIGZAG: An Efficient Peer-to-Peer Scheme for Media Streaming," *Proc. IEEE INFOCOM*, pp. 1283-1293, San Francisco, USA, Apr. 2003.
- [3] A. Mondal, Y. Lifu, and M. Kitsuregawa, "P2PR-Tree: an R-Tree-based Spatial Index for Peer-to-Peer Environments," *Proc. EDBT Workshops*, pp. 516-525, Heraklion-Crete, Greece, Mar. 2005.
- [4] X. Liao, H. Jin, Y. Liu, L. M. Ni, and D. Deng, "AnySee: Scalable Live Streaming Service based on Inter-Overlay Optimization," *Proc. IEEE INFOCOM*, pp. 1-10, Barcelona, Spain, Apr. 2006.
- [5] X. Zhang, J. Liu, B. Li, and T. P. Yum, "CoolStreaming/DONet: a Data-driven Overlay Network for Peer-to-Peer Live Media Streaming," *Proc. IEEE INFOCOM*, pp. 2102-2111, Miami, USA, Mar. 2005.
- [6] J. Kim, D. Kim, E. Kim, and S. Pae, "An Efficient Peer-to-Peer Streaming Scheme Based on a Push-Mesh Structure," *Journal of Korea Society of Computer and Information*, Vol. 15, No. 3, pp. 81-89, Mar. 2010.
- [7] T. Hara, "Replica Allocation in Ad Hoc Networks with Period Data Update," *Proc. MDM*, pp. 79-86, Singapore, Jan. 2002.
- [8] G. Karumanchi, S. Muralidharan, and R. Prakash, "Information Dissemination in Partitionable Mobile Ad Hoc Networks," *Proc. IEEE SRDS*, pp. 4-13, Lausanne, Switzerland, Oct. 1999.
- [9] F. Sailhan, and V. Issamy, "Cooperative Caching in Ad-Hoc Networks," *Proc. IEEE MDM*, pp. 13-28, Melbourne, Australia, Jan. 2003.
- [10] M. Papadopouli, and H. Schulzrinne, "Effects of Power Conservation, Wireless Coverage and Cooperation on Data Dissemination among Mobile Devices," *Proc. MobiHoc*, pp. 117-127, Long Beach, CA, USA, Oct. 2001.
- [11] Y. Liu, "Research on the Mobile P2P VOD System of JXME," *Proc. Computer Engineering and Applications*, pp. 80-83, Gold Coast, Australia, Jan. 2007.
- [12] C. Fan, J. Liu, X. Zhang, and C. Gong, "A Study



- of Mobile Value-added Service Based on P2P," Proc. ICCTA, pp. 856-859, Beijing, China, Dec. 2009.
- [13] D. Kim, E. Kim, and C. Lee, "Efficient Peer-to-Peer Overlay Networks for Mobile IPTV Services," IEEE Trans. on Consumer Electronics, Vol. 56, No. 4, 2010.
- [14] A. Sentinelli, G. Marfia, M. Gerla, L. Kleinrock, S. Tewari, "Will IPTV Ride the Peer-to-Peer Stream?," IEEE Communications Magazine, Vol. 45, No. 6, pp. 86-92, 2007.
- [15] T. Zahariadis, O. Negru, and F. Álvarez, "Scalable Content Delivery Over P2P Convergent Networks," Proc. IEEE ISCE, pp. 1-4, Vilamoura, Portugal, Apr. 2008.

### 저 자 소 개



**김 상 진**

2010 : 홍익대학교 컴퓨터공학과 학사  
 현재 : 홍익대학교 컴퓨터공학과 석사  
 과정  
 관심분야 : 모바일 IPTV, P2P 비디오  
 스트리밍 시스템  
 E-mail : ksjjjong@naver.com



**김 은 삼**

1994 : 서울대학교 컴퓨터공학과 학사  
 1996 : 서울대학교 컴퓨터공학과 석사  
 1996-2002 : LG전자 선임연구원  
 2006 : Univ. of Florida 컴퓨터공  
 학과 박사  
 현재 : 홍익대학교 컴퓨터공학과 조교수  
 관심분야 : 분산 멀티미디어 시스템,  
 IPTV 시스템, 컴퓨터 저  
 장시스템  
 E-mail : eskim@hongik.ac.kr

