

이종 네트워크 간 에너지 효율적인 핸드오버를 지원하는 모바일 P2P 메시지 플랫폼

(A Mobile P2P Message Platform Enabling the Energy-Efficient Handover between Heterogeneous Networks)

김 태 용 [†] 강 경 란 ^{**} 조 영 종 ^{**}
(Taeyong Kim) (Kyungran Kang) (Young-jong Cho)

요약 본 논문에서는, GPS와 무선랜, 블루투스 등이 탑재된 이동 단말의 비율이 높아지게 됨에 따라, 이동 단말이 갖는 다중 무선 네트워크 기술을 활용하는 모바일 P2P 메시지 플랫폼을 제시한다. 자신과 타 단말의 GPS 정보에 근거하여 메시지 전달 방법을 '직접', '간접', '원거리'로 전달 방식을 구분한다. 근거리 무선 네트워크 접속 기술(radio access technology, RAT)를 사용하는 '직접' 방식보다 수신 단말과의 도달 거리를 늘리기 위해 릴레이 노드를 선정하여 '간접'으로 수신 단말에게 메시지를 전달한다. '직접'이나 '간접' 등의 근거리 RAT를 활용하여 메시지 전달이 불가능한 경우에는 무선 WAN(wide area network) 기술을 사용하는 '원거리' 방식으로 메시지를 전달한다. 적용할 RAT 기술을 선택하는데 있어 GPS 정보를 기반으로 함으로써 네트워크 간 핸드오버를 결정하는데 전력 소모가 적다. 네트워크 시뮬레이터를 이용하여, 메시지 전달 성능과 단말의 이동 속도와 RAT의 도달 거리에 따른 핸드오버 감지 오차에 대한 평가를 시행하였고, 제안하는 기법의 우수한 성능을 확인하였다. 제안하는 메시지 전달 기법을 포함하는 메시지 플랫폼을 스마트 폰에 실제 구현하였다. 실제 에너지 소모량 관찰과 수식적 모델링을 통해, 제안한 플랫폼을 탑재한 경우와 탑재하지 않은 경우에 대해 전력 소모를 비교하였으며, 본 플랫폼을 탑재한 경우가 그렇지 않은 경우들에 비해 전력 소모가 크게 낮음을 확인하였다.

키워드 : 모바일 P2P, 메시지 플랫폼, 이종 네트워크, 에너지 효율성

Abstract This paper suggests the energy-efficient message delivery scheme and the software platform which exploits the multiple network interfaces of the mobile terminals and GPS in the current mobile devices. The mobile terminals determine the delivery method among 'direct', 'indirect', and 'WAN' based on the position information of itself and other terminals. 'Direct' method sends a message directly to the target terminal using local RAT. 'Indirect' method extends the service area by exploiting intermediate terminals as relay node. If the target terminal is too far to reach through 'direct' or 'indirect' method, the message is sent using wireless WAN technology. Our proposed scheme exploits the position information and, thus, power consumption is drastically reduced in determining handover time and direction. Network simulation results show that our proposed delivery scheme improves the message transfer efficiency and the handover detection latency. We implemented a message platform in a smart phone realizing the proposed delivery scheme. We compared our platform with other typical message platforms from energy efficiency aspect by observing the real power consumption and applying the mathematical modeling. The comparison results show that our platform requires significantly less power.

Key words : Mobile P2P, Mobile Message Platform, Heterogeneous Networks, Energy-efficiency

· 본 연구는 2009년도 2단계 두뇌한국(BK)21사업과 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음(IITA-2009-C1090-0902-0003)

[†] 정 회 원 : LG전자 단말연구소 선임연구원
jeaimetu@ajou.ac.kr

^{**} 정 회 원 : 아주대학교 정보및컴퓨터공학부 교수
korykang@ajou.ac.kr
yjcho@ajou.ac.kr

논문접수 : 2009년 6월 23일

심사완료 : 2009년 7월 30일

Copyright©2009 한국정보과학회 : 개인 목적이나 교육 목적인 경우, 이 저작물의 전체 또는 일부에 대한 복사본 혹은 디지털 사본의 제작을 허가합니다. 이 때, 사본은 상업적 수단으로 사용할 수 없으며 첫 페이지에 본 문구와 출처를 반드시 명시해야 합니다. 이 외의 목적으로 복제, 배포, 출판, 전송 등 모든 유형의 사용행위를 하는 경우에 대하여는 사전에 허가를 얻고 비용을 지불해야 합니다.

정보과학회논문지 : 컴퓨팅의 실제 및 레터 제 15 권 제 10 호(2009.10)

1. 서론

최근 이동 단말 전화기의 급격한 발전과 함께 소셜 네트워킹 서비스들이 단말에 클라이언트/서버의 형태로 탑재되거나, 단말이 제공하는 SMS/MMS(Short Message Service/Multimedia Message Service)를 활용하여 제공되고 있다. Facebook[1], Myfaves[2], Dodgeball[3,4], Friendzone[5], plazes.com[6] 등이 그 대표적인 예로, 이런 서비스들은 그룹을 관리하고 메시지를 주고받는 측면에서 아주 적절한 방법을 제공하고 있으며, 낮은 사양의 단말에서도 잘 동작하는 구조를 가지고 있다.

위와 같은 서비스와 응용들을 사용하기 위해서는 서버와 접속을 해야만 하며, 단말이 네트워크에 연결이 되어야만 한다. 이 경우 인접한 지점에 있는 단말과 통신을 하는 경우에도 네트워크를 경유하여 메시지를 주고받아야 한다. 이렇게 전달 경로가 길어짐으로써 정보 보안의 취약, 전송 속도의 저하 등의 문제가 발생할 수 있다. 사용자가 느끼는 가장 큰 문제점은 바로 옆에 있는 단말과 메시지를 주고받는 경우에도 불필요하게 요금을 지불해야 한다는 것이다. 3세대 이동 통신 기법으로 간주되는 WCDMA(Wideband Code Division Multiple Access)나 HSDPA(High Speed Downlink Packet Access)를 지원하는 단말의 경우 이론적으로 고속의 데이터 전송을 지원하지만 실제로 셀 안의 가입자가 늘어나는 경우 전송 속도가 떨어지게 되며, 순수하게 사용자에게 필요한 데이터를 주고 받는 용량은 이론치의 절반에도 못 미치게 된다.

Clubster[7], LightPeers[8] 등과 같이 서버를 사용하지 않거나 혹은 원거리 네트워크를 사용하지 않는 방법을 통해 위와 같은 문제점들을 부분적으로 해결하려는 시도가 있다. 하지만 RAT의 도달 거리가 제한적이며, 이로 인해 사용할 수 있는 환경이 매우 제한적이 되거나, 혹은 제한된 공간에만 적용되는 단점을 갖는다. 또한, 모바일 플랫폼의 가장 중요한 고려 사항 중의 하나인 전력소모를 최소로 하는 것에 대한 평가와 고려가 누락되었다.

본 논문에서는 기존의 모바일 P2P 플랫폼들이 가지는 전송 속도와 도달 거리의 향상, 그리고 전력소모를 최소로 하기 위한 메시지 전달 기법을 제시한다. 우선 전송 속도의 향상을 위해 피어와 통신을 할 때에 가능한 근거리 무선 기술을 사용하고, 이 근거리 통신 도달 거리의 향상을 위해 릴레이(relay)라는 개념을 통해서 메시지를 전달하는 방법을 제안한다. 그리고, 잦은 무선 칩셋의 가동으로 인한 전력 소모를 방지하기 위해 GPS(Global Positioning System)의 위치 정보를 이용하여 핸드오버를 수행하는 방법을 제시한다. 공용화와 표준화라는 단말의 패러다임 변화[9]에 맞추어 제시된 메시지

전달 기법을 적용하여 다양한 RAT간의 투명한 데이터 전달을 제공하는 플랫폼을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존에 수행된 이동 단말 메시지 플랫폼 또는 서비스와 관련된 연구들을 기술한다. 그리고, 단말의 발전 현황과 무선 통신 기술의 탑재 현황을 살펴봄으로써 본 논문이 제시하는 개념의 실제 구현과 파급의 현실성을 제시한다. 3장에서는 순수한 모바일 P2P통신에 있어서의 문제점을 해결할 수 있는 메시지 플랫폼의 메시지 전달을 위한 RAT의 선택과 전달 방법, 릴레이의 선택 방법에 대해서 소개한다. 4장에서는 단말의 이동 속도와 RAT의 도달거리를 파라미터로 한 시뮬레이션을 통해 메시지 전달 성능과 핸드오버 감지 오차에 대한 성능을 평가한다. 5장에서는 메시지 플랫폼의 아키텍처를 제시하고 실제 플랫폼을 구현한 예를 설명하고, 전력소모에 대한 비교 평가 결과를 제시한다. 마지막으로 6장에서 앞으로의 연구 내용을 제시하며 본 논문을 마무리한다.

2. 배경

2.1 관련 연구

기존의 메시지와 그룹의 관리가 하나로 융합되어 서비스 되고 있는 소셜 네트워크 응용 프로그램들은 이동 단말에 기반한 것, 웹에 기반한 것과 이들을 합쳐 놓은 하이브리드 형태의 3가지로 구분이 된다[10]. 본 논문에서는 메시지를 서로 주고받기 위해 서버를 이용하는지 여부에 따라, 서버 중심과 이동 단말 중심으로 구분한다.

서버 중심적인 구조를 가지는 프로그램들은 대부분의 기능이 서버에 의존하며 단말에는 기본적인 메시지 클라이언트가 존재하는 구조를 갖는다. 실제 메시지의 전달, 그룹 정보의 관리, 그룹의 가입과 탐색, 위치 정보의 관리 등이 단말이 아닌 서버에서 이루어진다. 대표적인 사례로 Plazes와 Dodgeball 등의 서비스를 들 수 있다. 이들 프로그램들의 공통적인 기술적인 특징은, SMS에 기반하고 있으며 SMS메시지 내에 특정 문자를 사용하여 서버에게 서비스 관련 요청을 전달한다. 가까운 지역에 있는 단말끼리도 서버를 통하여 통신하며, 서버에서 위치 정보와 관계된 모든 정보를 처리하고, 서버가 단말에게 위치를 알려주는 방법을 사용한다.

서버 중심적 구조의 소셜 네트워크 서비스를 위한 그룹의 관리와 메시지를 주고받는 방법은 다음과 같은 단점을 가지게 된다. 서버가 다운되어 있는 경우, 타 멤버와의 인접한 지역에 있음에도 불구하고 통신이 불가능해지게 된다. 또한 중간 단계를 많이 거치기 때문에 외부로부터 공격에 노출된 가능성이 더욱 높아지게 되며, 전체적인 통신 속도 또한 중간에 거치는 네트워크에 의해서 제한될 수 있다.

서버 중심 구조의 플랫폼이 갖는 단점들을 개선하고, PC를 기반으로 했던 P2P 서비스를 이동 단말에 구현하기 위한 플랫폼들에 대한 연구가 진행이 되어 왔다. JXTA[11]에서는 P2P 네트워크가 가져야 하는 기본적인 기능들에 대해서 P2P 프로토콜의 개방형 집합을 정의하였고, Mobile Cheddar[12], Proem[13]은 이동 단말 P2P를 위한 개방형 커뮤니티 플랫폼으로 이동 단말 P2P 응용 프로그램을 개발하는 툴을 제공하는 동시에 이동 애드 혹 프로그램을 어떻게 개발하는지에 주된 초점을 맞추어 설계되었다.

작은 그룹의 사람들이 서로 통신을 할 수 있는 방법을 제공하기 위해 Clubster가 제안이 되었다. Clubster의 목적은 모바일 디바이스 상에 취미를 같이 하는 사람들의 작은 게시판을 만들고, 이를 통해서 서로 메시지를 주고 받는 기능을 제공하는 데에 있다. Clubster는 메시지를 전달하기 위해 GPRS(General Packet Radio Service) 네트워크를 사용하였으며, 메시지의 전달이 실패하는 경우에는 이를 송신자가 기억했다가 다시 전달하였으며, 재전송하는 방법은 TCP와 같이 일정 주기에 따라서 재시도를 하였다. 만일 송신자가 오프라인(off-line)이 되는 경우에도 이 데이터를 계속해서 대기 행렬에 유지하고 있다가 송/수신자 모두 온라인 되는 시점에 데이터를 전달하였다.

GPRS망의 사용으로 인해 메시지를 전달하는 데 많은 시간이 걸리는 Clubster와는 달리 순수하게 애드 혹 모드만을 사용하여 블루투스, 무선랜, Zigbee 등으로 데이터를 교환하기 위한 경량의 플랫폼을 제작하는 시도가 있었으며, 대표적인 예가 LightPeers이다. PDA가 구현을 위한 참조 플랫폼이 되었으며, 무선랜을 애드 혹 네트워크 모드로 사용하여 인스턴트 메신저를 통해 정보를 주고받는 것과 사진을 공유하는 응용 프로그램을 개발하였다. 최초로 RAT이 선택이 되면 해당 RAT을 계속해서 사용하는 것으로 네트워크 계층에서 발생하는 핸드오버는 고려되지 않았으며, 제한된 자원을 가진 PDA등과 같은 곳에서 동작한다는 가정 아래에 최소한의 기능과 구성을 가지는 플랫폼을 제시하였다.

2.2 이동 단말 기술 동향

많은 논문에서 제시된, 제한된 성능을 가지는 단말이라는 우려와는 달리, 최초 단말 상용화 이래 ARM7 프로세서를 거쳐서 현재 상용화 모델의 대다수는 ARM9 프로세서와 멀티미디어 전용DSP를 함께 사용하고 있으며, 점차 CPU와 그 주변기기 또한 고도화/다양화 되어 가고 있다[14]. 또한, 보고 자료에 따르면, 2009년을 기준으로 약 1억 6천만대의 단말에 GPS 기능이 탑재될 것으로 예상하고 있다[15].

블루투스도 2007년을 기준으로 거의 모든 단말들에

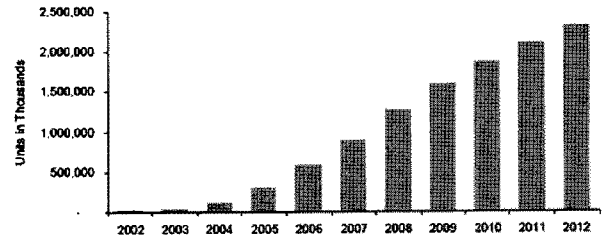


그림 1 블루투스 탑재 현황

장착이 되고 있으며, 그림 1은 전 세계에 보급된 블루투스 칩셋의 탑재 현황으로, 이 중 단말이 차지하는 비중이 약 30%정도이며, 2007년을 기준으로 약 3억대의 단말에 장착이 되었다[16]. 또한 국내의 추세와 달리 전 세계를 대상으로 판매되는 단말에는 블루투스와 더불어 무선랜을 장착하는 비중도 점점 늘어나고 있으며, 최근 칩셋 기술의 발달로 블루투스와 무선랜을 같이 제공하는 업체들이 증가하고 있다.

3. 제안하는 메시지 전달 기법

3.1 서비스 시나리오

학교에서 학생들이 선생님과 함께 야외 수업에 나가는 경우의 시나리오를 생각해 볼 수 있다. 선생님과 학생들이 그날의 주제를 같이 이야기 하고, 흩어져서 주어진 과제를 해결하는 활동을 한다. 학생들이 흩어지기 전에 조원들끼리 그룹을 만들고, 조별로 구성원들을 정하고 조의 목표, 각각 조사해야 하는 항목들을 나누어서 할당을 한다. 이 때, 선생님은 모든 조들의 활동에 같이 참여하여 의견을 제시해야 하므로 모든 조의 멤버가 되어야 한다. 조원들은 조장을 통해 전체 조의 구성원들이 누구인지 파악하게 되고, 전체 구성원들은 조장을 통해 서로를 파악한 이후에는 조장을 통해서 혹은 조원에게 직접 메시지를 보낸다.

이 후 각자 흩어져서 사진을 찍고 소리를 녹음하고, 이 데이터를 조원들과 공유할 필요가 있을 때에는 서로 다른 그룹에 속해 있다면, 조장의 단말에 우선적으로 미디어를 송신하고, 조장의 단말이 다른 조원들에게 전달한다. 필요한 경우, 조원들 간에 서로 일대일로 접속하여 데이터와 메시지를 교환할 수 있다. 이 때, 통신을 하는 조원과 조장, 혹은 조원과 조원이 직접 연결되어 통신을 할 수도 있지만, 거리가 충분히 멀다면 중간에 다른 조원의 도움을 받아 통신을 할 수 있다.

야외 수업이므로 조원 중 한 명이 지리적으로 멀리 떨어져 있어서 다른 조원들을 통하더라도 연결 설정이 어려운 경우가 발생할 수 있다. 이 때에는 WCDMA 등과 같이 원거리 통신 수단을 사용하여 메시지를 송수신하고, 이 조원이 다시 인접한 거리에 들어오게 되면 근거리 통신 수단을 사용하여 메시지를 송수신할 수 있다.

위에서 설명한 바와 같이, 본 논문에서 제안하고자 하는 기법은, GPS 기능이 내장된 무선 단말을 가진 사용자 그룹이 야외에서 인접한 지점에 모여 있다가 흩어지면서 근거리 통신 수단과 원거리 통신 수단을 사용하여 지속적으로 메시지를 송수신하는 경우를 대상으로 한다. 앞서 제시한 야외 수업 외에도 재난 구조 활동, 단체들의 다양한 야외 활동 등의 경우를 사례로 들 수 있다.

3.2 제안하는 기법 개요

본 논문에서 제안하는 메시지 전달 기법은 그림 2와 같은 네트워크 구성을 가정한다. 각 단말은 무선 LAN, 블루투스 등과 같은 근거리 접속을 위한 RAT(Radio Access Technology)와 WCDMA 등과 같은 원거리 접속을 위한 RAT를 갖추고 있다고 가정한다. 또한, 각 사용자 단말은 GPS를 사용할 수 있어서 자신의 위치 정보를 언제든지 알 수 있다고 가정한다.

3.1에서 제시하는 시나리오에서 보이는 바와 같이, 각 그룹에는 조장 역할을 하는 'Master'가 있다. 그룹 내 구성원 단말은 Master가 누구인지 알고 있으며, Master를 통해 자신이 속한 그룹의 다른 구성원 단말 위치 정보와 기타 그룹 관리에 필요한 정보를 획득한다. 각 구성원은 타 구성원 단말의 위치 정보에 근거하여 메시지 전달 방식을 결정한다. 메시지 전달 방식은 크게 근거리 RAT를 사용하여 직접 통신할 수 있는 '직접', 근거리 RAT를 사용하는 것이 가능하지만 다른 구성원을 거쳐야 하는 '간접', 원거리 RAT로만 통신이 가능한 '원거리'로 분류되며, 메시지 전달 트리라는 자료 구조를 사용하여 전달 방식 정보를 관리한다.

각 구성원 단말은 자신의 이동이 타 구성원 단말과의 연결 방식에 변화를 가져온다고 예상되는 경우, 이를 알리는 이벤트 메시지를 해당 타 구성원 단말에게 전송한다. 데이터를 송수신하는 중간에 서로 이동을 해서 거리가 멀어지거나 가까워지는 경우, 사용자와는 독립적으로 단말에서 전달 방식을 변경한다. 특히 거리가 크게 멀어져서 '간접'으로도 연결이 불가능한 경우에는 근거리 RAT에서 원거리 RAT로의 수직적 핸드오버를 수행한다. 이 때, 거리를 판단하는 기초 자료로 GPS에서 제공하는 위치 정보를 활용하므로 인접 단말을 검색하기 위한 패킷 생성이 발생하지 않기 때문에 수직적 핸드 오버에서 발생하는 전력 소모를 작게 한다.

3.3 메시지 전달 방식 선정

그림 2 구성원 단말로의 메시지 전달 방식은 3.2에서 설명한 바와 같이, 자신의 단말과 타 구성원 단말과의 거리에 따라 '직접', '간접', '원거리'로 분류된다. 단말과의 거리 계산은 다음과 같은 방법으로 이루어진다. 상대방과의 거리 계산을 쉽게 하기 위해 모든 단말은 같은 고도에 있다고 가정을 하면 구성원들을 그림 3과 같이 2차원 평면상에 나타낼 수 있다. 임의의 구성원 단말 i, j 에 대해서 i 의 좌표를 (x_i, y_i) , j 의 좌표를 (x_j, y_j) 라 하면, 이 때 구성원 단말 i 를 기준으로 했을 때 j 까지의 거리 $D_i(j)$ 는 아래 식 (1)과 같이 계산한다.

$$D_i(j) = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \tag{1}$$

단말 i 를 기준으로 그룹 내 단말 j 와의 거리인 $D_i(j)$ 와 i 가 사용하는 RAT r 의 현재 도달거리를 의미하는 $C_i(r)$

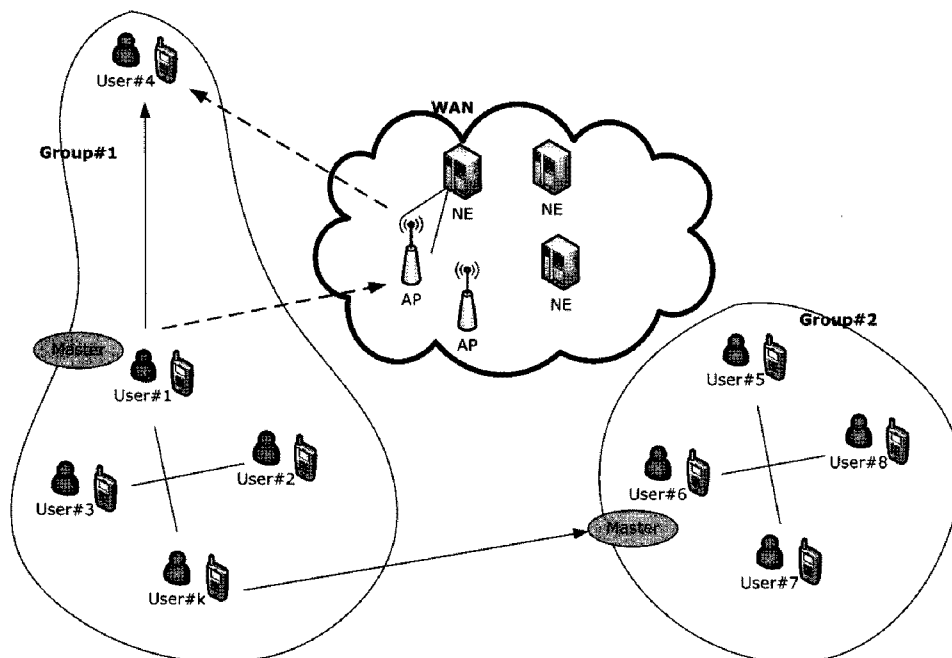


그림 2 본 논문에서 고려하는 네트워크 구성도

와의 대소 관계를 기준으로 하여 다음과 같이 메시지 전달 방식을 결정한다.

C1의 조건을 만족하는 단말 j 는 '직접' 전달 단말로 분류되고, C2의 조건을 만족하는 단말 j 는 '간접' 전달 단말로 분류된다. C3의 조건을 만족하는 단말 j 는 '원거리' 전달 단말로 분류된다.

C1. $D_i(j) < \text{Max}_k\{C_i(r_k)\}$, 여기서 r_k 에 근거리 RAT만 해당하며, $C_i(r_k)$ 는 단말 i 의 시스템에 설정된 값을 사용한다.

C2. $D_i(j) \geq \text{Max}_k\{C_i(r_k)\}$ AND $R_i(j) \neq \emptyset$, 여기서 $R_i(j)$ 는 j 까지의 메시지 전달을 도와 줄 릴레이 노드의 집합을 의미하며, j 와 동일한 사분면에 위치한 '직접' 전달 단말들이 해당한다.

C3. $D_i(j) \geq \text{Max}_k\{C_i(r_k)\}$ AND $R_i(j) = \emptyset$

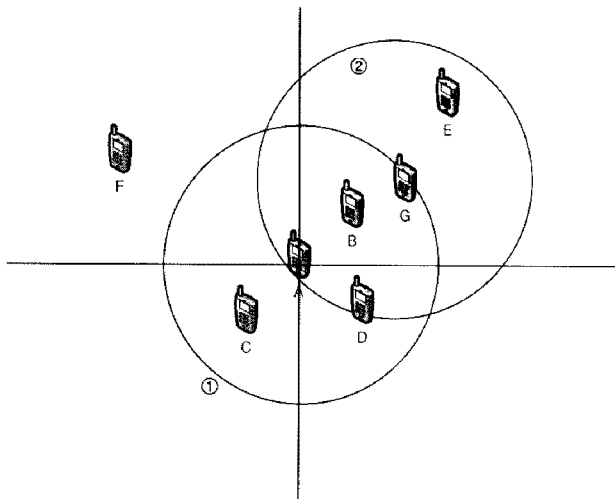


그림 3 필드상의 단말 배치 사례

그림 3은 A를 원점으로 하여 같은 그룹의 동료들의 상대적인 위치를 표시한 것이다. A~G까지 모두 7대의 단말들이 필드 상에 있으며, 각 단말은 근거리 RAT로 블루투스를, 원거리 RAT로 WCDMA를 갖고 있는 것으로 가정한다. 그림 3의 원은 각각 A의 통신 범위(그림 3의 ①)와 G의 통신 가능한 범위(그림 3의 ②)를 표시하고 있다. 예를 들어, B와 G의 경우, A의 관점에서 $D_A(B)$ 와 $D_A(G)$ 가 C_A (블루투스)보다 작으므로 C1의 조건을 만족하므로 '직접' 전달 단말로 분류된다. E의 경우에는, $D_A(E)$ 가 C_A (블루투스)보다 크지만 E와 동일한 사분면에 속한 직접 전달 단말이 B와 G가 있어 $R_A(E)$ 가 공집합이 아니므로 조건 C2를 만족하여 '간접' 전달 단말로 분류된다. F의 경우에는, $D_A(F)$ 가 C_A (블루투스)보다 크고 동일한 사분면에 속한 '직접' 전달 단말이 없

어 $R_A(E)$ 가 공집합이므로, 조건 C3의 조건을 만족하여 '원거리' 전달 단말로 분류된다.

선정된 메시지 전달 방식을 표현하기 위해 '메시지 전달 트리'라는 자료구조를 활용한다. 메시지 전달 트리는 전달 방식 개수만큼의 서브 트리로 구성된다. '직접'과 '간접'에 해당하는 서브 트리는 다시 단말 i 를 중심으로 하는 좌표계의 사분면을 나타내는 4개의 서브 트리로 나뉘어진다. 각 사분면을 나타내는 서브 트리에는 단말 i 를 중심으로 거리가 작은 순서로 순차적으로 레벨을 증가시켜가며 트리에 배치된다. 그림 4는 그림 3과 같은 위치 관계에서 만들어지는 A의 메시지 전달 트리를 보이고 있다. 메시지 전달 트리는 각각의 단말에서 자신을 원점으로 한 상대 위치에 기반하여 생성되며 상대방으로부터 위치의 변화를 통보 받거나, 자신의 위치가 변화하여 RAT의 도달거리의 한계를 벗어나게 되는 등의 위치 변경 이벤트가 발생하거나 타 단말로부터 위치 변경 보고를 받을 때 재구성한다.

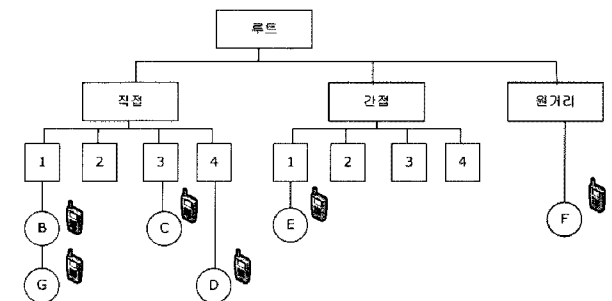


그림 4 메시지 전달 방법 설정 기분에 따른 메시지 전달 트리 구성 사례

3.4 메시지 전송

메시지를 전달할 시에는 수신 단말에 대해서 메시지 전달 트리를 검색하여 파악한 전달 방식을 사용하여 메시지를 전송한다. '직접' 서브 트리에 속한 단말들에 대해서는 해당 근거리 RAT를 사용하여 메시지를 한 번에 전송하고, '원거리' 서브 트리에 속한 단말들에 대해서는 원거리 RAT를 사용하여 메시지를 한 번에 전송한다. '간접' 서브 트리에 속한 단말들에 대해서는, 해당 단말과 동일한 사분면에 위치한 '직접' 전달 단말 중에서 송신 단말과 가장 거리가 먼 단말을 릴레이 노드를 선택한다. 왜냐하면, 송신 단말의 직접 도달 거리의 경계와 인접해 있는 단말일수록 송신 단말과 직접 통신을 할 수 없는 단말과 가까운 거리에 있을 확률이 높기 때문이다. '간접' 방식으로 메시지를 전송하는 경우에는, 메시지에 릴레이를 요청하는 것을 표시하여 릴레이 노드가 메시지 처리 방식을 판단할 수 있도록 한다.

근거리 RAT로 메시지를 수신하는 경우는 크게 두

가지 상황으로 나누어진다. 첫째, 자신이 목적지인 경우, 둘째, 릴레이로서 전달을 해 주어야 하는 경우가 있다. 두 번째 경우, 메시지에 표시되어 있는 목적지에 대해서 다시 자신의 메시지 전달 트리를 검색하여 메시지 전달 방식을 결정하고 이에 따라 메시지를 전송한다. 경우에 따라서는, 릴레이 노드도 목적지에 직접 메시지를 전달하지 못하고 다시 '간접' 방식으로 릴레이를 요청하는 경우도 발생할 수 있다. 이와 같이, 여러 홉을 거쳐서 최종 목적지에 전달되는 경우를 위해, 메시지에 원 송신자를 표시하여 최종 수신자가 릴레이 노드와 원 송신자를 구분할 수 있도록 한다.

3.5 위치 정보 갱신

최초 그룹 생성 때에 확보한 타 구성원 단말의 위치 정보를 기반으로 하여 3.2에서 설명한 바와 같이 메시지 전달 트리가 만들어진다. 이 후에 각 단말은 이동하면서 기존에 파악하고 있는 타 구성원 단말의 위치 정보, 이동 속도 예측치, 자신의 현재 위치와 자신의 이동 속도를 고려하여 그룹 내 타 단말과의 거리를 주기적으로 계산하고 메시지 전달 방식을 갱신한다. 3.3에서 제시된 기준에 따라 메시지 전달 방식이 '직접'에서 다른 방식으로 바뀌어야 한다고 판단되는 경우, 이를 알리는 이벤트 메시지를 해당 구성원 단말에게 전송한다.

예를 들어, 그림 3의 상황에서, A가 이동하면서 D_A (G)가 C(블루투스)보다 커져서 '직접' 전달이 불가능해질 것이라고 예상되는 경우, 메시지 전달 트리에서 G의 전달 방식을 수정하고, G도 A로의 메시지 전달 방식을 갱신하도록 하기 위해 A의 변경된 위치 정보를 G에게 전송한다. 또한, A가 이동하여 '원거리' 전달 방식에 해당하던 F와의 관계가 조건 C1을 만족하여 '직접' 전달이 가능하게 되면, RAT에 따라 F와의 연결을 재시도하고, 자신의 변경된 위치 정보를 F에게 전달한다. '간접' 연결에 해당하던 단말이 조건 C1을 만족하여 '직접' 전달이 가능해지는 경우에도 마찬가지로 방법으로 위치 정보를 갱신하고 메시지 전달 방식을 갱신한다. A가 보낸 위치 정보 메시지를 성공적으로 수신한 단말들은 A의 위치 정보와 메시지 전달 방식을 갱신한다.

각 구성원 단말은 자신이 알고 있는 타 단말의 위치 정보에 근거해서 위치 변경을 통보하게 되므로, 모든 구성원 단말들이 이동하고 있는 상황에서는 부정확하게 판단을 내릴 수 있다. 예를 들어, 두 구성원 단말이 서로 반대 방향으로 동시에 이동하고 있는데, 이를 파악하지 못하고 타 구성원 단말이 정지해 있다는 가정 하에서 위치 변경을 판단하게 되는 경우, 해당 타 구성원 단말을 '직접'에서 '원거리'로 미리 옮겨야 함에도 불구하고 이를 파악하지 못할 수 있다.

다른 구성원 단말의 최신 위치를 알지 못해서 발생하

는 오류를 보정하기 위해 다음의 세 가지 방안을 활용할 수 있다. 첫째, 위치 정보를 수신하고 최종 계산 후, 트리 상의 위치를 바꾸기 직전에 실제 직접, 간접, 원거리 통신 수단에 속하는 지에 대해서 하드웨어적으로 신호를 발생시켜 확인한다. 둘째, 최소 도달 거리를 가진 RAT의 핸드오버가 발생할 것 같은 가능성이 높은 단위 시간을 설정하고, 그 단위 시간마다 위치 정보를 주기적으로 교환한다. 셋째, 상대방의 이벤트를 수신한 단말이 트리 업데이트를 수행하기 이전에 자신의 위치를 한 번 더 확인한다.

첫 번째 방법은 기존 이동 통신망에서 사용하고 있는 기법으로서, 이러한 기법이 초래하는 전력 소비를 방지하고자 하는 것이 본 논문의 목적이므로, 고려 대상에서 제외한다. 두 번째 방법과 세 번째 방법을 적용하여 위치 변경 정보를 갱신할 수 있을 것이다. 이와 더불어, 데이터를 송수신 하고 있는 경우에는 두 단말이 연결이 맺어져 있는 상태이므로 데이터 전달 전에 링크 실패를 점검함으로써 현재 선택된 메시지 전달 방식이 실제 각 단말의 거리와 일치하지 않는 것을 파악할 수 있고, 이에 대해 안정적으로 보완할 수 있다.

4. 메시지 전달 기법 성능 평가

4.1 성능 평가 환경

앞서 설명한 메시지 전달 기법을 ns2[17]를 사용하여 시뮬레이션하고 성능을 평가하였다. 그림 5와 같이 Master가 되는 Node0을 중심으로 5개의 양 방향으로 20m 간격을 두어 단말들을 배치시키고 각 단말이 개별적으로 선택한 방향으로 일정한 속도로 이동하게 하였으며, 전체 이동 평면의 크기는 가로, 세로 5Km로 가정하였다. 각 단말이 갖는 무선 RAT로는, 근거리 RAT로 무선랜과 블루투스를 갖고 원거리 RAT로는 GPRS를 사용하는 것으로 설정하였다. WLAN의 RXThresh hold

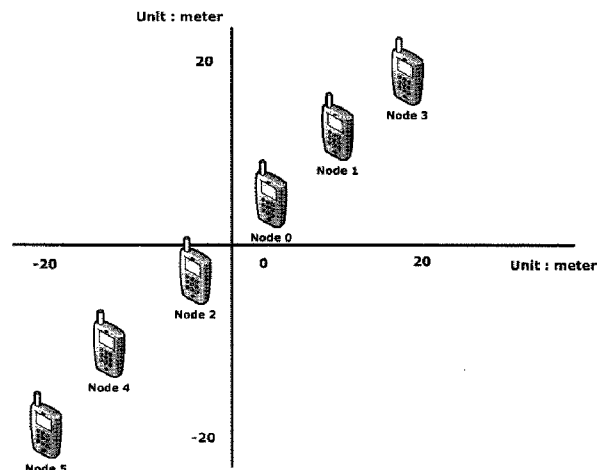


그림 5 NS2 시뮬레이션에서의 초기 단말의 위치

를 25m로 조절하여 핸드오버가 조기에 발생되도록 하였으며, WLAN의 전파(propagation) 모델은 TwoRay-Ground로 설정하였다.

본 논문에서 제안하는 기법이 그룹 구성원 단말들이 이동하는 환경에서의 효율적인 메시지 전달 기법이므로 크게 메시지 전달 성과와 핸드오버 성능을 평가하였다. 메시지 전달 성능은 시뮬레이션 시간이 지나감에 따라 수신된 데이터의 양을 누적하여 측정하였다. 기존의 플랫폼이 갖고 있는 전달 방식에 비해 본 논문에서 주요하게 제시하는 기법의 차별점이라고 할 수 있는 '간접' 방식의 우수성을 보이기 위해 무선랜에서 GPRS 망으로 핸드오버 하는 경우와 본 논문에서 제시하는 릴레이 노드를 사용하는 경우의 성능을 비교하였다. '간접' 기법의 자체적인 성능을 평가하기 위해, 송신 단말과 수신 단말 사이의 릴레이 노드의 개수를 증가시켜 가면서, 그리고, 실험 환경 내 단말의 수를 증가시켜 가면서 단위 시간 내 수신하는 데이터의 양을 관찰하였다.

핸드오버 성능은 실제 핸드오버가 이상적으로 발생해야 하는 시점과 본 논문에서 제안하는 기법에 따라 핸드오버가 발생하는 시점과의 차이를 사용하여 평가하였다. 단말의 이동속도와 단말의 무선 접속기술의 도달거리를 변화시켜 가며 측정을 하였다. 비교 실험을 위해 본 논문에서 제안하는 링크 실패를 핸드오버의 추가적인 기준으로 삼는 알고리즘인 HALF(Handover with Adding Link Failure)와 링크 실패 정보를 활용하지 않는 경우인 HDC(Handover With Distance Comparison), 그리고 ns2에 구현되어 있는 무선랜의 일반적인 핸드오버 방법인 HLM(Handover with Legacy Method) 등 모두 세 가지 핸드오버 기법을 시뮬레이션하였다.

4.2 성능 평가 결과

4.2.1 메시지 전달 성능

그림 6은, 4000KB의 이미지 데이터를 송신하는 경우의 예로서, 매 패킷이 수신될 때마다 전체 수신된 데이터의 양을 바이트 단위로 측정한 결과를 보여주고 있다. 무선랜에서 UMTS의 패킷망을 이용하는 수직적 핸드오버인 HWU(Handover From WLAN to UMTS)와 본 논문에서 제시한 릴레이를 사용하는 경우인 HWR(Handover among WLAN via Relay)를 비교한 결과이다. 이 실험을 위하여 각 노드의 이동 속도는 보행 시의 최대 속도인 5m/s로 설정하였다.

HWU의 경우(그림 6의 ①)원거리 통신 칩을 동작시키고, HLR에 등록하기 위해 셀 갱신(cell update)등을 수행한 이후 최초 데이터 호를 설정해야 하는 시간 등으로 인해 약 1초의 핸드오버로 인한 오버헤드가 발생하며, 이후 무선랜보다 속도가 느린 GPRS망을 이용함으로써 수신자에게 보내는 패킷의 전송 속도가 줄어

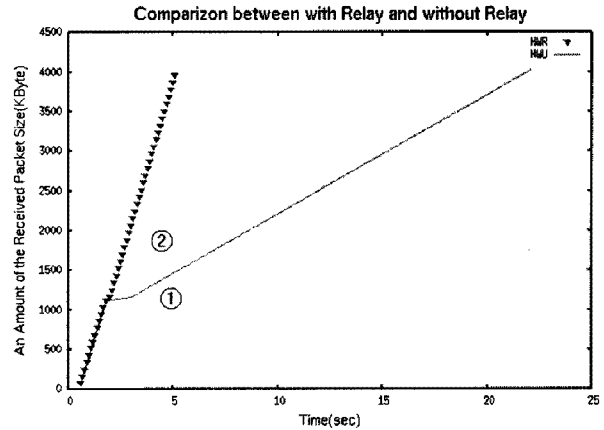


그림 6 HWU와 HWR의 전송 효율 비교

들게 된다. 반대로 HWR 경우(그림 6의 ②) 릴레이는 이미 선정이 되어 있으며, 해당 릴레이로 기존의 패킷을 전달하기만 하면 되므로, 최초 수십~수백ms의 지연을 제외하고는 기존의 무선랜을 사용하는 것과 똑같은 속도를 패킷을 전송할 수 있다.

전체 4000KB 데이터 전송에 소요된 시간으로 나누어 단위 시간 당 전송된 데이터의 양을 비교해 보면, HWU는 1.4Mbps이고 HWR은 6.1Mbps로서 HWR이 HWU에 비해 약 4배의 높은 성능을 보였다.

그림 7은 릴레이 노드가 다중 홉(hop)으로 존재하는 경우에 최종 수신 단말의 단위 시간 당 수신된 데이터의 양을 측정된 결과이다. 릴레이 노드의 수가 증가함에 따라 무선구간의 오류 및 노드에서의 릴레이 처리 시간 등으로 인해 전송률이 떨어지는 것을 관찰할 수 있다. 하지만 사용하는 원거리 통신 수단의 종류에 따라서는 그 성능이 릴레이 노드 5홉인 경우보다 낮은 성능을 보이는 경우가 있으므로, HWR을 사용하는 것이 더 이득일 수 있다.

그림 8은 실험 공간 내에 분포하는 단말 갯수의 변화에 따른 성능을 측정된 결과를 보여주고 있다. 한 단말이 다른 모든 단말들에게 데이터를 송신하도록 하고, 전

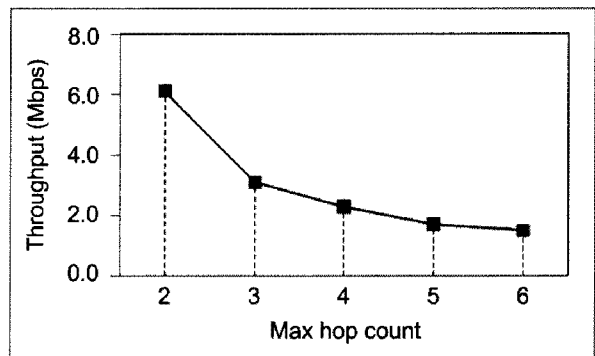


그림 7 송신 단말과 수신 단말 사이의 릴레이 노드의 최대 개수 변화에 따른 성능 변화

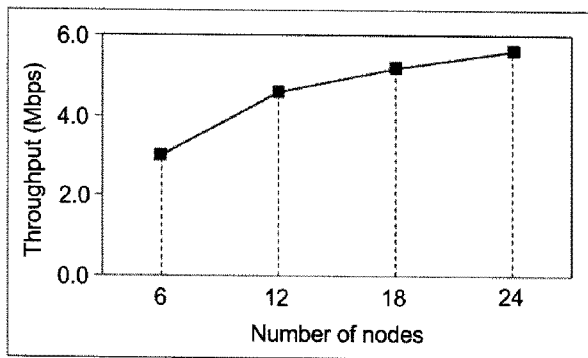


그림 8 실험 영역 내 단말 갯수의 변화에 따른 성능 변화

체 수신 단말이 수신한 데이터의 양을 측정된 결과이다. 단위 데이터의 크기를 1000byte를 기본으로 하며, 단말의 수가 늘어날 때마다 500, 333, 250byte로 송신하는 단위 데이터의 크기를 조절하였다. 단말의 수가 많으면 데이터 송신을 위한 경쟁이나 혼잡이 발생할 확률이 높기 때문에, 이러한 부담을 감소시키기 위하여 단말의 수가 늘 때 단위 데이터의 크기를 감소시켰다. 그림 8에서 볼 수 있듯이, 제한된 공간 내 단말의 수가 많을수록 '간접' 전달에 의한 성능 개선 효과가 증가한다.

4.2.2 핸드오버 성능

핸드오버의 성능은 '핸드오버 감지 지연 시간', 즉, '직접' 전달로 분류된 단말과의 거리가 조건 C1을 만족하지 못하게 되는 시점과 본 논문에서 제시한 방법에 의해 메시지 전달 방식의 변경을 결정하는 시점 간의 지연 시간으로 평가하였다. 핸드오버를 위한 RAT은 무선 랜으로 제한하였으며, 근거리 통신의 도달거리는 25m로 고정하였다. 이동 속도는 사람의 최대 보행속도 5m/sec를 초기 값으로 하여 자동차 혹은 대중 교통 수단으로 이동하는 최대 60m/sec까지를 각 파라미터의 수준으로 설정하였다. 그룹 내 모든 단말들의 위치 정보는 세션이 시작되는 시점에 주고받으며, 이후에는 3.5에서 제시된 핸드오버로 예상되는 이벤트, 즉, 구성원 단말과의 거리에 변화가 생겨서 메시지 전달 방식이 변경되어야 한다고 판단될 때 다시 위치 정보를 주고받는다.

그림 9에 제시된 시뮬레이션 결과를 보면, 단순하게 자신의 위치와 예전 상대방의 위치만을 비교해서 핸드오버 시점을 판단하는 기법을 적용한 HDC의 경우 낮은 이동 속도에서 긴 감지 지연 시간이 발생한다. 상대방이 고정되어 있다는 가정 하에서 판단하는 것이므로, 상대방이 반대 방향으로 이동하고 있는 경우 실제 두 단말 간의 거리보다 짧게 거리를 판단하게 되기 때문이다. 이동 속도가 빠른 경우에는 전달 기법 변경 시점을 보다 앞당겨서 판단하게 되므로 감지 지연 시간이 작다. 전송 계층 프로토콜에서 링크 실패를 알려주는 통지를 활용하는 HALF의 경우 그림 9에서 보이는 바와 같이 1초

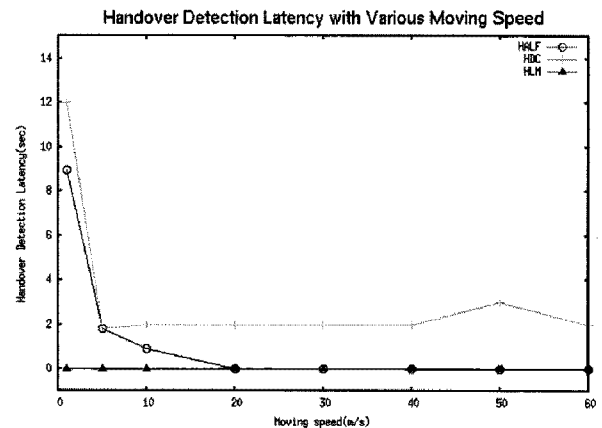


그림 9 이동 속도와 핸드오버 감지 오류

이내로 핸드오버 감지 지연 시간을 줄일 수 있다. 이를 기존의 무선랜 핸드오버 기법인 HLM과 비교할 때 핸드오버 감지 지연 시간에서 거의 차이가 없음을 확인할 수 있다.

그림 10은 보행자의 이동속도와 가깝게 이동 속도를 5m/s로 고정하고 근거리 RAT의 도달거리를 200m까지 변경시키면서 핸드오버 감지 지연 시간을 측정된 결과이다 이동 속도에 따른 감지 지연 시간 시뮬레이션과 마찬가지로 매 1초마다 각각의 단말의 위치 정보를 가져와서 절대적인 위치로 핸드오버의 발생 여부를 판단한다. HALF와 HLM간의 도달거리에 따른 핸드오버 감지 지연 시간을 비교해 보면, 도달 거리가 짧을 때 약간의 차이가 나는 것을 제외하고는 거의 차이가 발생하지 않음을 확인할 수 있다. HDC의 경우, 근거리 통신의 도달거리가 길어지면 길어질수록 도달 거리만을 기준으로 핸드오버의 여부를 판단하는 시점이 점점 늦어지게 되어 실제 감지되어야 하는 시간과 약 40초 정도의 차이를 보이게 된다. 따라서 거리만으로 핸드오버를 판단하거나 예측하는 경우에는 심각한 오류를 범할 수 있으며, 링크 실패 이벤트에 따라서 핸드오버를 판단하는 것이 복합적으로 적용되어야 한다는 것을 알 수 있다.

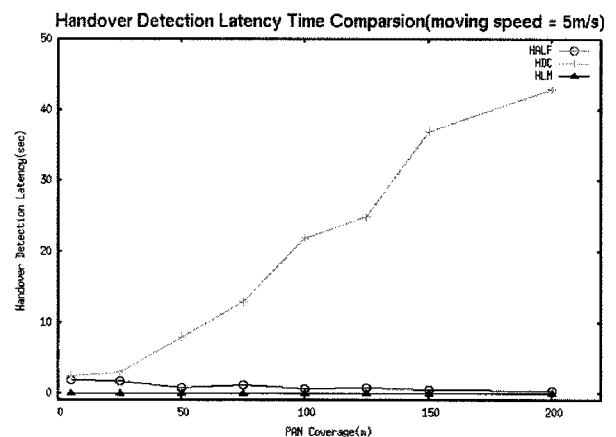


그림 10 근거리 통신의 도달 거리와 감지 시간

5. 메시지 플랫폼 구현

5.1 메시지 플랫폼 구조

Windows Mobile 6.1을 탑재한 스마트 폰에 C++를 사용하여, 4장에서 제시한 메시지의 전달 기법을 내장한 모바일 플랫폼을 그림 11과 같은 구조로 구현하였다. 본 논문에서 제안하는 메시지 전달 기법은 P2P 플랫폼 계층(P2P Platform Layer)와 RAL(Radio Adaptation Layer)에 구현된다. P2P 플랫폼 계층은 P2P 응용 프로그램들을 개발할 수 있는 API를 제공하며, RAL은 무선 단말에 설치된 RAT를 P2P 플랫폼 계층에서 쉽게 사용할 수 있도록 지원한다. 본 논문에서 구현한 P2P 플랫폼 계층은 기존의 단말 제조 회사의 플랫폼 계층 그리고 SMS와 MMS 등의 기존 메시지 송수신 응용 프로그램과 연동하며, RAL을 통하여 무선 단말에 장착된 블루투스(BT), 무선랜(WLAN), Cellular(예, WCDMA, EDGE, GPRS, GSM, CDMA) 등의 RAT를 활용할 수 있다.

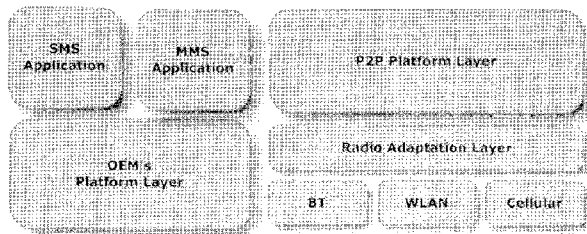


그림 11 메시지 플랫폼 아키텍처

P2P 플랫폼 계층의 세부 구성은 그림 12와 같다. 제일 상위에는 개발자들에게 유저 인터페이스를 구성할 수 있는 기능을 제공하는 그래픽 프레임워크인 메시지 UI(Messaging UI)가 존재하고, 메시지 헤더 구성을 담당하는 P2P 메시지 처리부(P2P Message Entity, P2PM), 그 하위에 RAT 선택자(RAT Selector), 핸드오버 처리부(Handover Entity), 그룹 관리자(Group manager), 릴레이 처리부(relay entity)로 구성된다.

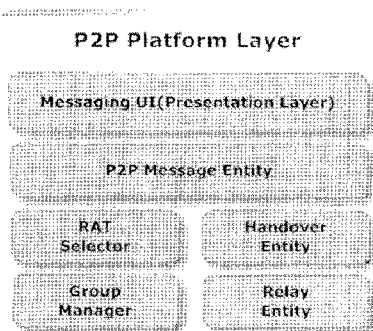


그림 12 P2P 플랫폼 아키텍처

(1) RAT 선택자: 블루투스, IrDA, WCDMA 등 여러 종류의 RAT에 대해서 가용성을 조사하고, 최적의 RAT을 선택하는 기능을 수행한다. 또한 다른 구성 요소가 최상의 RAT을 요청할 때 이에 대한 선택을 수행하고 요청한 구성요소에게 응답을 하는 기능을 수행한다.

(2) 핸드오버 처리부: RAT가 변경될 때, 송수신 중인 데이터에 대한 전달의 연속성을 보장하는 기능을 수행한다.

(3) 그룹 관리자: 데이터나 P2P 메시지의 교환을 위한 그룹이 만들어지면, 이 그룹을 관리하고, 그룹에 멤버가 참여하는 경우에 대한 관리를 수행한다.

(4) 릴레이 처리부: RAT의 특성상 도달거리가 넓지 않은 기술의 경우 다른 단말의 도달거리를 이용함으로써 자신의 도달거리를 넓힐 수 있다. 자신에게 전달된 메시지가 아니거나, 혹은 강제적으로 릴레이를 요청한 메시지에 대해서 다른 주변의 구성요소로 전달하는 기능을 수행한다.

5.2 메시지 플랫폼의 동작

5.2.1 메시지 형식

본 논문에서 제시한 P2P 플랫폼 계층을 통해 교환되는 메시지의 기본적인 필드들은 표 1에 제시되어 있다. 단말의 식별자로 IP가 아닌 IMSI(International Mobile Subscriber Identity)가 사용한다. 무선 단말의 IP는 정적인 주소 할당보다는 동적인 주소 할당을 주로 사용하므로, 동일한 단말에 대해서 할당되는 IP 주소가 변경될 수 있지만, IMSI는 무선 단말에게 주어지는 유일한 식별자이므로 단말의 위치에 무관하게 그 값이 항상 일정하다는 장점을 갖는다. 초기에 GPS를 통해서 서로의 위치를 파악하거나, 혹은 각 단말의 GPS 정보를 교환하는 메시지는 NMEA(National Electrical Manufacturers Association)[18] 형식을 따른다.

5.2.2 사용자 메시지의 송수신

두 단말 사이에 메시지를 직접적으로 주고 받는 방법은 그림 13에서 보여주는 바와 같다. Peer#1 응용은 P2PM에게 Peer#2로의 메시지의 송신을 요구한다. P2PM은 RAT 선택자(RAT Sel.)에게 Peer#2에게 접근 가능한 RAT가 무엇인지를 알려 달라고 요청한다. RAT 선택자는 3.2에서 설명한 메시지 전달 트리를 참고하여 RAT와 Next-hop IMSI를 응답한다. P2PM은 제공된 정보를 활용하여 표 1에 제시된 것과 같이 헤더를 구성하여 RAL에게 메시지 송신 요구를 한다. RAL은 지정된 RAT를 이용하여 메시지를 보내고, 이를 수신한 Peer#2의 RAL은 P2PM에게 메시지가 도착했다는 이벤트를 발생시킨다. P2PM은 메시지의 Destination IMSI가 자신의 IMSI와 동일인지 확인하고, 맞으면 메시지 UI에게 메시지를 전달한다.

송신 단말의 메시지 전달 트리에서 수신 단말이 '간

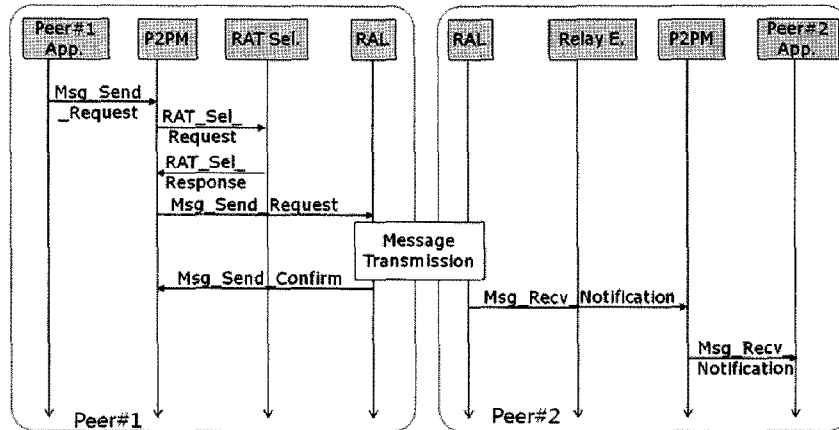


그림 13 직접 전송 메시지 순서도

표 1 프로토콜 메시지 필드

필드 이름	설명
Version	사용하고 있는 메시지 프로토콜의 버전을 의미함. 현재는 version이 1로 고정됨
R	1 bit 플래그, 다른 단말로의 전달 여부를 표시함
C	1 bit 플래그, 상위 응용으로의 전달 여부를 표시함
Total Length	패킷의 전체 크기를 저장함
Fragment Offset	메시지의 크기가 4K가 넘는 경우, 여러 개의 메시지로 나누어서 보내며, 조각난 메시지의 offset이 들어가게 됨
Next-hop IMSI	릴레이 노드 (R=1인 경우) 또는 수신 단말의 IMSI (R=0인 경우)를 저장함
RSVD	예약된 필드로 현재 사용하지 않음
Header checksum	Header의 4byte 단위로 더한 checksum값
Source IMSI	메시지를 보내는 쪽의 IMSI
Destination IMSI	메시지를 받는 쪽의 IMSI
Source Application ID	메시지를 보내는 쪽의 application의 고유 ID
Destination Application ID	메시지를 받는 쪽의 application의 고유 ID
Length	메시지의 길이
Checksum	메시지의 4 byte checksum
Data Payload	실제 multimedia를 저장해서 보내는 메시지로 최대 4KB까지의 데이터를 포함할 수 있음

집'에 속하는 경우, 3.4에서 설명한 바에 따라 RAT 선택자가 릴레이 노드를 결정한다. 릴레이 노드 정보를 획득한 P2PM은 메시지의 R 플래그를 '1'로 설정하고, Destination IMSI에는 수신 단말의 IMSI를 'Next-hop IMSI'에 릴레이 노드의 IMSI를 설정하여 RAL에게 메시지 전달을 요청한다.

송신 단말의 메시지 전달 트리에서 수신 단말이 '원거리'에 속하는 경우, 첨부 파일의 존재 여부에 따라 SMS 응용 혹은 MMS 응용에게 메시지 전달을 요청한다. 이때는 표 1과 같은 형식의 헤더는 만들어지지 않고, 사용자가 메시지 UI를 사용해 작성된 메시지와 수신자 IMSI가 해당 응용에게 전달된다.

메시지를 수신한 단말의 P2PM은 R 플래그를 확인하고, 1이면, 릴레이 처리부(Relay E.)에게 처리를 요청한다. 릴레이 처리부는 RAT 선택자에게 해당 수신 IMSI에 대응되는 전달 기법을 선정하게 하고, '직접' 전달 단

말에 해당하면 앞 단락에서 설명한 바와 같이 메시지를 구성해서 RAL에게 메시지 전송을 요청한다. '간접' 단말에 해당하면, 송신 단말과 마찬가지로의 방법으로 다음 릴레이 노드에게 메시지 전송을 요청한다.

5.2.3 수직적 핸드오버

'직접' 혹은 '간접' 전달 단말에게 근거리 RAT를 사용하여 이웃 단말에게 메시지를 전송하고 있는 도중에 3.5에 제시된 기법에 의해 메시지 전달 기법에 변화가 필요하다고 판단되는 경우 수직적 핸드오버가 발생하게 된다.

그림 14에서 보여주는 바와 같이, RAL이 3.5에 제시된 기법에 따라 이웃 단말과의 근거리 RAT 통신이 불가능해지는 것을 감지하면, 수직적 핸드오버를 발생시킨다. 우선, 해당 이웃 단말을 해당 RAT의 메시지 전달 트리의 '직접' 전달 단말에서 삭제하고 3.2에서 제시된 기준에 따라 전달 방법을 갱신한다. 그리고, "Disconn_

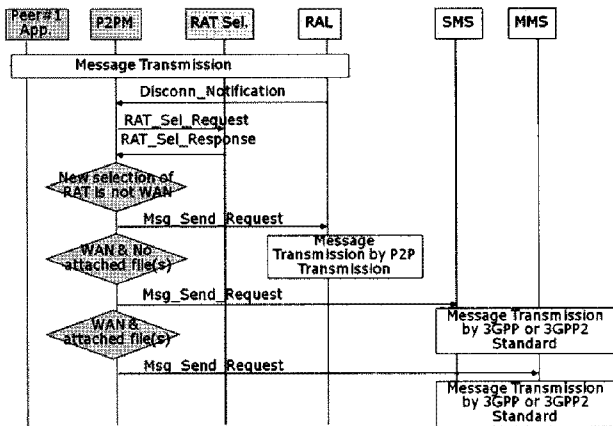


그림 14 근거리 RAT에서 원거리 RAT로의 핸드오버 순서도

Notification"이라는 이벤트를 P2PM에게 전달한다.

P2PM은 메시지 전송이 완료된 상태가 아니므로, 전달 중이던 메시지는 핸드오버 처리부가 임시로 저장하도록 하고, RAT 선택자에게 단절이 발생한 이웃 단말과의 RAT를 선택해 줄 것을 요구한다. RAT 선택자는 5.2.2에서 설명한 방법과 마찬가지로 RAT를 선택한다. P2PM은 새롭게 선택된 RAT를 사용해 메시지 전달을 해 줄 것을 RAL에게 요청한다. RAL은 새롭게 요청된 RAT가 근거리 RAT라면, 기존의 RAT와의 채널을 유지하면서 새로운 RAT를 통한 채널을 생성하여 두 채널을 동시에 사용하여 메시지를 전송한다. 기존의 RAT의 단절이 관측되면 기존의 RAT를 사용한 채널을 닫고 새로운 RAT를 사용한 채널만을 사용해 메시지 전송을 계속한다.

RAT 선택자가 선택한 것이 원거리 RAT이면 근거리 RAT를 사용한 메시지 전송은 중단되고, 핸드오버 처리부에 저장된 메시지를 첨부 파일 존재 여부에 따라 SMS 응용, 혹은 MMS 응용에게 전송을 요청한다. SMS, MMS 응용 프로그램은 기존의 3GPP[19], 3GPP2[20]의 규격에 따라서 메시지를 수신자에게 송신한다.

5.3 메시지 플랫폼의 성능 평가

5.3.1 소모 전력의 예측과 관측

메시지 전달 방식과 핸드오버 기법에 따른 전력 소모량을 수식으로 모델링하고, 실제 무선 단말의 전력 소모량 측정을 통해 각각의 핸드오버 방법으로 인한 전력 소모의 차이를 예측해 본다.

우선 임의의 2개 이상의 단말에 대해서 원거리 RAT만을 사용하여 메시지를 주고받는 기존의 경우의 전력 소모량을 모델링한다. 메시지를 수신할 때 소모하는 에너지의 양을 PR, 메시지를 보낼 때 필요한 에너지의 양을 PS라 한다. 원거리 통신을 사용할 때 필요한 에너지의 양을 PCW, 핸드오버를 위해서 주변의 이웃을 탐색할 때 필요한 전력의 소모는 PCD로 표시한다. 전력 소

모를 위한 시스템 모델링에서, 단말에 직접적인 전력 소모가 발생하지 않는 기지국의 송신 부분은 전력 소모를 모델링 하는데 있어서 포함하지 않는다.

통신에 참여하는 단말의 수가 2개인 경우에 서로 통신을 하기 위해서 기지국으로 메시지를 송신할 때의 송신자의 전력 소모와, 기지국에서 메시지를 받을 때의 수신자의 전력소모가 발생하므로, 식 (2)와 같이 전력 소모량을 계산할 수 있다.

$$PCW(2) = 1 * PS(WAN) + 1 * PR(WAN) \quad (2)$$

여기서, WAN은 WCDMA 등의 원거리 무선통신 기법을 의미한다.

단말의 수가 점점 늘어나게 되어도 송신 단말은 다중 송신 모드를 사용하여 메시지를 한 번만 보내게 되며, 수신 단말에서는 기지국에서 메시지를 받기 위해 전력 소모가 발생하게 된다. 이를 임의의 k개의 상대방이 있는 경우에 대해서 일반화하면 한 번의 메시지를 보내고, 자신을 제외한 k-1개의 상대방이 메시지를 받아야 하므로 식 (3)과 같이 계산된다.

$$PCW(k) = 1 * PS(WAN) + (k - 1) * PR(WAN) \quad (3)$$

단말이 최대를 가질 수 있는 RAT를 블루투스, WCDMA, IrDA, 무선랜 등 l개로 가정하고, n개의 단말이 그룹을 지어 통신을 수행하며, 이 때, 구성된 단말의 수만큼의 핸드오버가 발생한다고 가정하면, 각각의 RAT와 핸드오버 기술에 따른 전력 소모의 식은 아래의 식 (4)~(6)과 같이 주어진다.

UMTS에 일반적으로 사용하는 핸드오버(UMTS Horizontal Handover, UHH)를 사용하여 단말들이 통신을 할 경우에는, MMS나 SMS 등 원거리 RAT를 사용하는데 전력이 소모되므로 전력 소모 PC_{UHH} 는 식 (4)와 같이 표현된다.

$$PC_{UHH}(n) = PS(WAN) + PR(WAN) * (n - 1) + PCD(WAN) * (n - 1) \quad (4)$$

원거리 RAT를 사용하면, MMS의 경우, (n-1)개의 단말에게 메시지를 보내더라도 메시지 헤더에 수신자들을 모두 기록하여 전송하면 이동통신 사업자 망 내에 위치한 MMS 서버가 다중 전송을 처리해 주므로 전송시 발생하는 전력 소모는 PS(WAN)이다. (n-1)개의 수신자가 개별적으로 메시지를 수신하는데 에너지를 소모할 것이므로 $PS(WAN) * (n-1)$ 이 $PC_{UHH}(n)$ 계산에 포함된다. PCD(WAN)은 WCDMA를 사용하여 이웃 정보를 수집하는 경우의 에너지 소모량을 의미한다. 원거리 RAT를 사용해서 이웃 단말의 탐색을 수행하는 경우는 없으므로, 0으로 간주할 수 있다.

RAT에서의 비콘 등을 사용하여 이웃 단말과의 신호 세기 등을 측정하여 연결 가능 여부를 점검하는 기존의

이웃을 검색하고 이중 네트워크 간 핸드오버를 시행하는 기존의 핸드오버 방법(Legacy Vertical Handover, LVH)를 사용하는 경우의 전력 소모 PC_{LVH} 는 식 (5)와 같이 표현된다.

$$PC_{LVH}(n) = \frac{q}{p} * \{PR(RAT_i) * (n-1) + PS(RAT_i)\} + \frac{(p-q)}{p} * \{PR(RAT_j) * (n-1) + PS(RAT_j)\} + (n-1) * \sum_{k=1}^l PCD(RAT_k) (i=1,2,\dots,l), (i \neq j) \quad (5)$$

p 가 송신해야 하는 전체 데이터의 양을, 그리고 q 가 수직적 핸드오버가 발생하는 시점까지 송신한 데이터의 양을 나타낸다고 할 때, 송신자는 RAT_i 를 사용해서 $(n-1)$ 개의 수신자에게 q 만큼의 데이터를 한 번에 전송하고 $(n-1)$ 개의 수신자가 수신하므로 RAT_j 로의 핸드오버가 발생하는 시점까지는 첫번째 항의 전력 소모가 발생할 것이고, 핸드오버 후에 두번째 항의 전력 소모가 발생할 것이다. 마지막 항에서 $PCD(RAT_k)$ 는 RAT_k 의 비콘 등을 사용해서 주변 이웃을 탐색하는 기법을 사용했을 때의 전력 소모량을 의미한다. 핸드오버가 발생할 시점에 각 구성원 단말과의 연결 가능성을 점검하기 위해, 보유하고 있는 l 개 RAT에 대해서 비콘 등을 송신할 때 발생하는 전력 소모를 의미한다.

본 논문에서 제시하는 GPS 위치 정보에 근거한 수직적 핸드오버(Proposed Vertical Handover, PVH)가 적용된 경우의 전력 소모 PC_{PVH} 는 식 (6)과 같이 표현된다.

$$PC_{PVH}(n) = \frac{q}{p} * \{PR(RAT_i) * (n-1) + PS(RAT_i)\} + \frac{(p-q)}{p} * \{PR(RAT_j) * (n-1) + PS(RAT_j)\} + PCD(GPS) * (n-1) \quad (6)$$

처음 두 개의 항은 $PC_{LVH}(n)$ 과 동일하며, $PCD(GPS)$ 는 GPS 기능을 사용해서 주변 이웃을 탐색하는 기법을 사용했을 때의 전력 소모량을 의미하며, GPS 위치 정보를 교환하는데 소모되는 전력을 의미한다. 핸드오버가 발생할 시점에 각 구성원 단말과의 연결 가능성을 점검하기 위해, GPS 기능을 사용해서 위치 정보를 수신할 때 발생하는 전력 소모를 의미한다. 여기서, 식 (5)와 (6)에서 가장 마지막 항이 핸드오버가 발생하는 시점에서의

이웃 탐색에 소모되는 전력 소모만 고려하고 있으나, 핸드오버가 발생하는 것을 감지하기 위해 주기적으로 혹은 지속적으로 이웃 탐색이 이루어져야 한다. 식 (5)와 (6)에서 처음 두 개의 항이 동일하므로 마지막 항이 두 수식의 값의 차이를 결정지을 것이므로, 전체 수식을 단순화하기 위해 앞서 언급한 지속적인 이웃 탐색에 소모되는 전력 소모에 대한 부분을 마지막 항에서 배제한다.

각 수식을 통해 PC_{UHH} , PC_{LVH} , PC_{PVH} 를 비교하기 위해 GPS, 블루투스, 무선랜과 WCDMA 기능을 탑재한 Mobile Window™ 단말의 소모 전력을 측정하였으며, RAT에 따라서 패킷을 주고 받을 때와 이웃 탐색을 할 때의 전류의 소모량을 측정하였다. 측정 결과는 표 2에 제시되어 있다. 전력 소모의 측정을 위해서 그림 15와 같이 현재 사용 중인 전류의 양을 주기적으로 수집해주는 장비를 사용하였으며, 20ms 단위로 사용 전류의 양을 수집하였다.

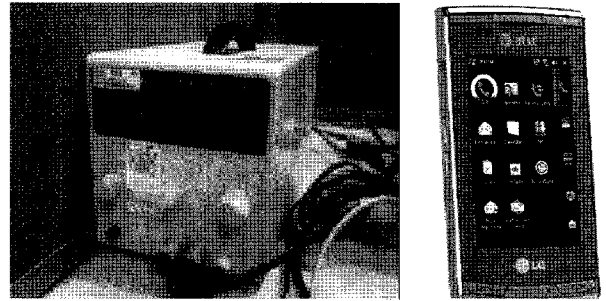


그림 15 RAT 별 전력 소모 측정 장비

세부적으로 최초로 RAT 칩셋이 동작을 시작해서 네트워크에 등록을 하거나 이웃을 탐색하는 경우(neighbor discovery), 데이터를 수신하는 경우(packet receiving), 그리고 데이터를 송신하는(data sending) 각각의 경우에 대해서 10회 측정을 하였다.

표 2에 제시된 측정 결과를 식 (4), (5), (6)에 적용하여 UHH, LVH, PVH간의 시스템 차원에서의 전력 소모를 비교하면 그림 16과 같다. 단, 핸드오버는 전체 메시지의 50%를 보낸 시점에서 발생하는 것으로 가정하였다. LVH 또는 PVH가 항상 UHH보다 더 적은 전력을 소모하며, PVH와 LVH간의 전력 소모의 차이는 통신을 위한 단말의 수가 늘어날수록 커지게 된다.

표 2 RAT별 전력 소모량 측정

Neighbor Discovery				Packet Sending				Packet Receiving			
단위(mA)	평균	표준편차	전하량	단위(mA)	평균	표준편차	전하량	단위(mA)	평균	표준편차	전하량
Wan	50.2	1.23	10	Wan	180	2.35	1536	Wan	60.3	2.95	515
BT	17.9	3.38	4	BT	30	3.29	98	BT	19.3	3.42	63
Wi-Fi	49	10.22	10	Wi-Fi	112	4.75	37	Wi-Fi	63	9.22	21
GPS	56	10.75	6	GPS	54	9.48	5	GPS	55	9.98	6

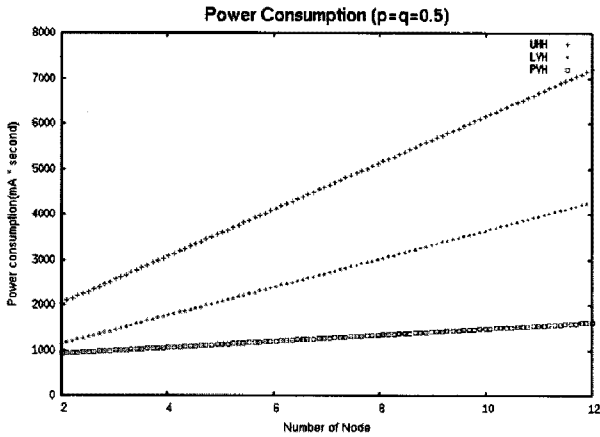


그림 16 전체 단말의 수와 그룹 개수에 따른 전력 소모의 비교

5.3.2 핸드오버 방법 별 소모 전류 측정

LVH와 PVH의 전력 소모량을 비교하기 위해 패킷 전송과 핸드오버 시에 단말이 소모하는 실제 전력을 측정하였다. 세션의 참여하는 단말의 수는 6으로 제한하였으며, 모든 단말들이 WLAN 통신 가능한 영역 내에 위치해 있다가 세션 시작 후 이동을 시작하여 일정 시간 후에 WLAN 통신 영역을 벗어나게 하였다. 세션에 참가한 단말들에게 전송된 메시지는 멀티미디어 메시지로서 4000KB의 이미지 데이터를 포함하고 있다.

단말이 휴지(Idle) 상태에서 이웃 탐색을 위해 주기적으로 RAT 칩셋을 켜다가 끄는 과정에서 소모되는 전력을 측정된 결과가 그림 17에 제시되어 있다. LVH의 경우 다수의 RAT가 이웃 탐색을 위한 제어 메시지를 송수신하기 때문에 크고 작은 전력의 소모가 주기적으로 일어나고 있는 것을 확인할 수 있다. 하지만 PVH의 경우 이웃 탐색을 할 때 RAT 칩셋을 개별적으로 동작시키지 않고, GPS에 근거해서 핸드오버 가능한 기술을

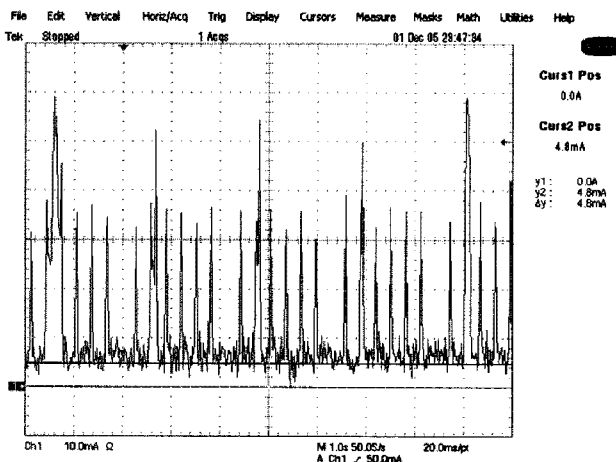
미리 결정하기 때문에 LVH에 비교하여 전력 소모가 크게 적다.

패킷을 WCDMA만을 사용하여 전송했을 때의 전력 소모를 측정된 결과, 그림 18에서 볼 수 있는 바와 같이 데이터 전송 시작 단계부터 마지막 전송이 완료될 때까지 거의 일정한 전력을 소모하고 있다. 데이터 전송이 완료되기까지 16초가 소요되어 비교 대상 중에서 가장 오랜 시간이 소요되었다.

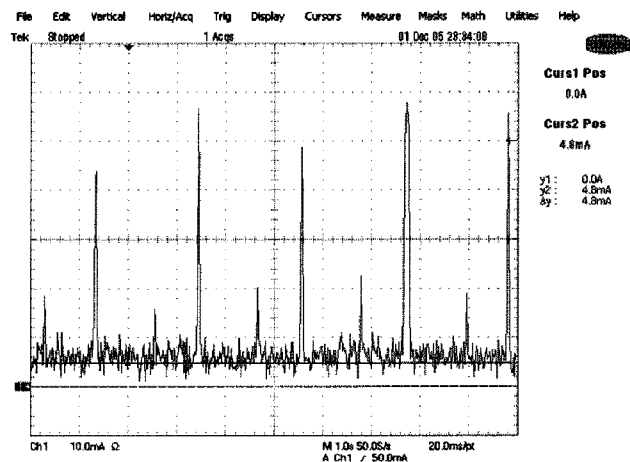
그림 19에서 보여주는 바와 같이, LVH는 초기에 WLAN을 사용하다가 단말들의 이동으로 WLAN 통신 영역을 벗어나게 되므로 WCDMA로 수직 핸드오버를 하게 된다. 전체 전송시간은 11초로 WCDMA만 사용한 경우보다 줄어들지만, 8초가 소요된 PVH에 비해서는 전송 시간이 길다. 전력 소모 추세를 보면 WLAN을 사용해서 전송하는 경우에는 일대일로 참여 단말에게 전송을 하므로 전력 소모가 크게 발생하나, WCDMA로 핸드오버한 후에는 그림 18과 유사하게 전력 소모가 일정하게 낮은 수준으로 유지된다.

PVH의 경우, 그림 20에서 보여주는 바와 같이, 전체 전송시간은 8초로 세 가지 기법 중에 가장 짧다. 주변 릴레이 노드에게 패킷을 전달하느라 단위 시간 동안에 소모되는 전력이 가장 많지만, 전체적인 전송시간이 줄어들기 때문에 총 전력 소모는 세 가지 기법 중에서 가장 적다고 할 수 있다.

5.3.1과 5.3.2에서 제시된 실험 결과에서 볼 수 있듯이, 본 논문에서 제시하는 기법은 GPS를 사용하여 이웃 단말과의 거리를 파악하므로 이웃 탐색에 필요한 전력 소모를 크게 감소시킬 수 있었고, 수신 단말과 송신 단말과의 거리에 근거한 전달 방식을 ‘직접’, ‘간접’, ‘원거리’로 구분하고, 직접 통신이 불가능한 단말에 대해서는 릴레이 노드를 적극적으로 활용하여 전체 전송시간을



(a)



(b)

그림 17 LVH, PVH의 이웃 탐색 전력 소모 측정 그래프

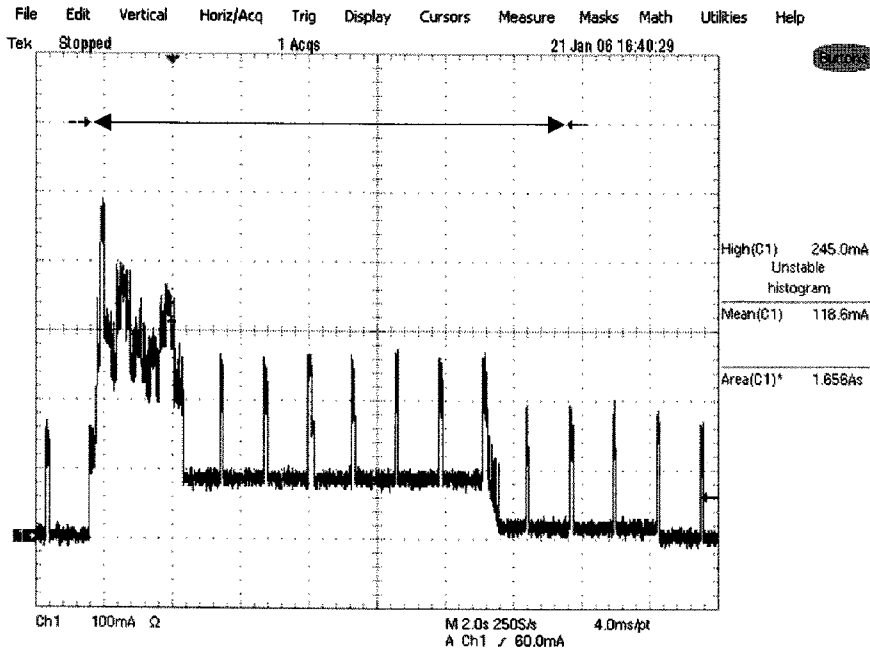


그림 18 WCDMA에서의 핸드오버와 데이터 전송 전력 소모

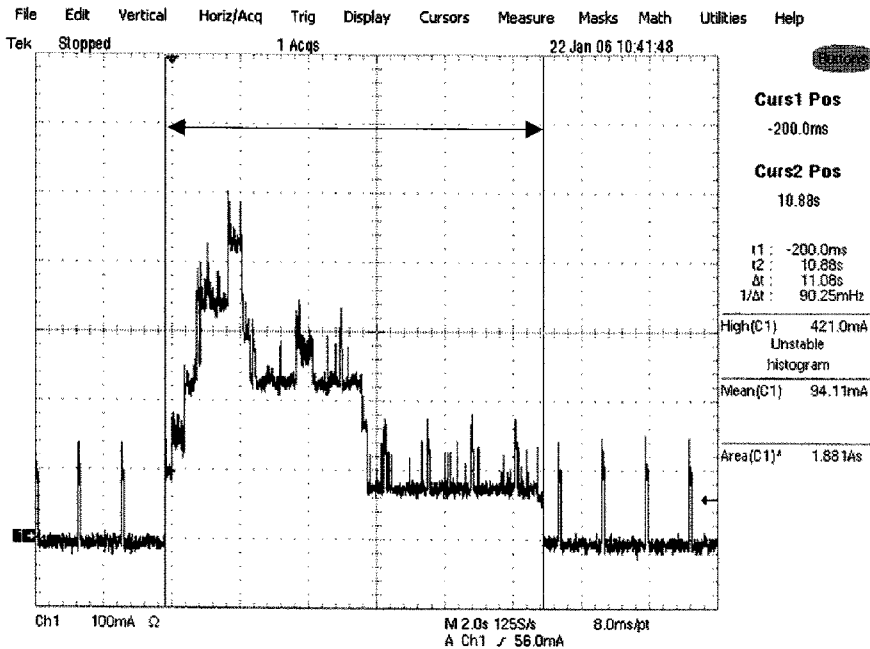


그림 19 LVH에서의 핸드오버와 데이터 전송 전력 소모

줄임으로써 단말의 전력 소모량을 줄였다고 할 수 있다. 릴레이 노드 역할을 하는 단말 역시 해당 세션에 참여하는 단말이므로 자신이 수신해야 하는 패킷을 전달하는 기능을 추가적으로 부담하는 것이므로 릴레이를 위해 전력 소모가 불필요하게 많이 발생하는 것이 아니라고 할 수 있다.

6. 결론

이동 단말에서의 소셜 네트워크 응용 서비스들은 단

말의 고도화와 그 주변기기의 다양화와 더불어, 개인용 컴퓨터에서 서버 중심적인 구조에서 P2P의 형태로 발전한 것과 같이, 이동 단말에서도 서버 중심 구조에서 순수한 P2P 구조로 변화될 것이다. 이동 단말의 컴퓨팅 능력이 크게 향상되고 있으며, 다중 RAT 기술이 탑재되고 있고 GPS를 탑재한 이동 단말의 비율이 높아지면서 이러한 기술의 변화를 활용한 모바일 P2P 메시지 플랫폼을 제시하고 이에 대한 실제적인 평가를 시행하는 것이 본 논문의 목적이다.

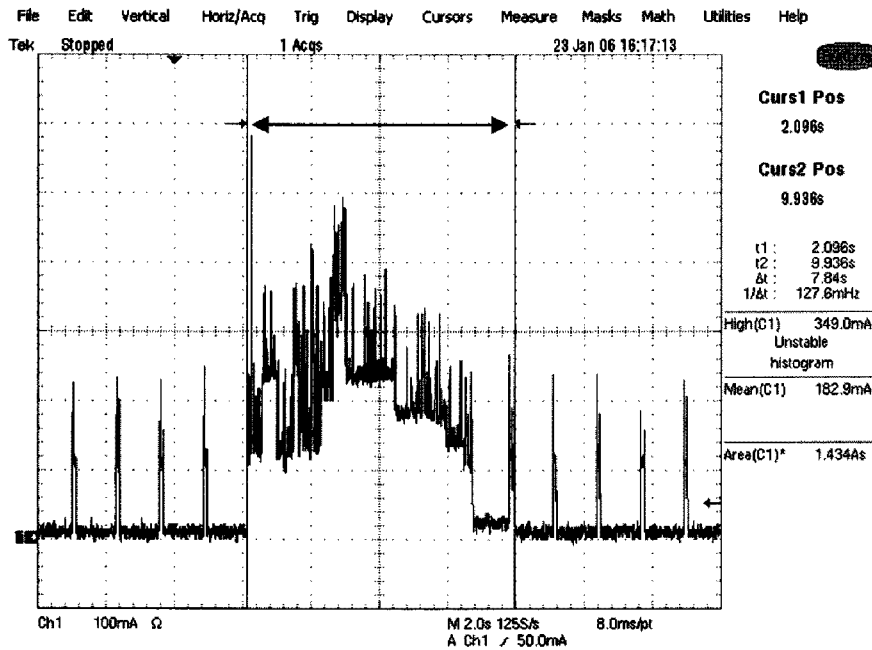


그림 20 PVH에서의 핸드오버와 데이터 전송 전력 소모

본 논문에서는 이동 단말 사용자 그룹 간의 메시지 교환을 위한 플랫폼을 제시하며, 이웃 노드와의 연결성 확인에 소요되는 에너지의 소모를 줄일 수 있도록 GPS를 이용한 이중 무선네트워크 간의 핸드오버 처리 방법을 제안하였다. 시뮬레이션을 통해 본 논문에서 제시하는 핸드오버 처리 기법을 사용하는 경우 메시지의 전달 성능이 향상됨을 알 수 있었다. 제시하는 핸드오버 처리 기법을 적용하여 메시지 교환 플랫폼을 스마트 폰에 설계하고 구현하였다. 개발한 플랫폼을 사용하여 메시지를 주고 받는 단말들의 전력 소모에 대해서 수식적인 분석과 실제적인 측정을 통해서 본 논문에서 제시하는 핸드오버 기법을 사용할 경우 전력 소모에 이득이 발생함을 확인하였다.

본 논문에서 제시한 '간접' 전달 기법은 메시지 플랫폼에만 적용되고 구현된 기법이나, 무선 애드 혹 네트워크의 라우팅 프로토콜로 응용하여 메시지 응용 외에 다양한 데이터 전달을 위한 응용에서 데이터 전달 경로 설정 기법으로 활용될 수 있을 것이다.

향후 단말들이 다양한 이동 모델을 대상으로 한 핸드오버 기법의 성능을 평가하기 위한 실험을 추가적으로 진행할 것이며, 핸드오버 시간을 단축시키는 방법과 제시한 메시지 플랫폼상에서 단말의 주요 응용들을 추가로 구현하고, 새로 구현된 응용과 기존의 응용을 비교하여 메시지 전송 효율과 에너지 모델 상에서 전력소모에 있어서 얼마나 큰 이득을 얻을 수 있는지에 대해서 응용 별로 연구를 진행할 예정이다.

참고 문헌

- [1] Facebook, <http://www.facebook.com>
- [2] myFaves, <http://www.myfaves.com>
- [3] D. Nina and B. Mulloth, "An Exploration on mobile Social Networking: Dodgeball as a Case in Point," *Proc. of International Conference on Mobile Business*, Jun. 2006.
- [4] DodgeBall, <http://www.dodgeball.com>
- [5] A. Burak and T. Sharon, "Usage Patterns of Friend-Zone mobile Location-Based community services," *Proc. of Mobile and Ubiquitous Multimedia*, Apr. 2004.
- [6] Plazes - Right Plaze, Right Time, <http://www.plazes.com/>
- [7] O. Rantapuska, "GRASSROOTS Group Communication inside Peer-to-Peer mobile Communication," *Proc. of IEEE 17th International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications*, Sep. 2006.
- [8] B. G. Christensen, "LightPeers: A Lightweight mobile P2P platform," *Proc. of Fifth Annual IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops*, Mar. 2007.
- [9] Nomura International PLC, *Equipment Matter*, Mar. 2005.
- [10] I. Smith, "Social-mobile Applications," *IEEE Computer*, vol.38, no.4, pp.84-85, Apr. 2005.
- [11] Bondolo, Jaltman, Tra and Yeager, *JXTA v2.0 protocol Specification*, 2004, available at <http://spec.jxta.org>
- [12] N. Kotilainen, "mobile Chedar - A Peer-to Peer Middleware for mobile Devices," *Proc. of Fifth*

Annual IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops, March 2005.

- [13] G. Kortuem, "Proem: A Middleware Platform for mobile Peer-to-Peer Computing," *Mobile computing and Communications Review*, vol.6, no.4, pp.62-64, Oct. 2002.
- [14] Texas Instrument, <http://focus.ti.com>
- [15] Strategy Analytics, *Qualcomm Fuels 159 Million A-GPS Phones Global Sales in 2008*, Jan. 2008.
- [16] iSupply, *WPAN: Increased Integration Driving Greater Synergies*, 2007.
- [17] Network Simulator, <http://www.isi.edu/ns>
- [18] National Marine Electronics Association, <http://www.nmea.org>
- [19] 3rd Generation Partnership Project, <http://www.3gpp.org>
- [20] Third Generation Partnership Project 2, <http://www.3gpp2.org>



김 태 용

1996년~2000년 아주대학교 수학과/정보통신 학사. 2006년~2009년 아주대학교 정보통신학과 석사. 현재 LG전자 선임연구원. 관심분야는 소셜 네트워킹, 모바일 소프트웨어 플랫폼



강 경 란

1988년~1992년 서울대학교 계산통계학과 학사. 1992년~1994년 KAIST 전산학과 석사. 1994년~1999년 KAIST 전산학과 박사. 현재 아주대학교 부교수. 관심분야는 무선 인터넷 서비스, 이동성 관리, 멀티캐스트



조 영 중

1979년~1983년 서울대학교 전자공학과 학사. 1983년~1985년 KAIST 전자공학과 석사. 1986년~1990년 KAIST 전자공학과 박사. 현재 아주대학교 교수. 관심분야는 네트워크 코딩, 무선 네트워크, 트래픽 모델링