

<http://dx.doi.org/10.7236/JIIBC.2014.14.3.13>

JIIBC 2014-3-3

Wi-Fi Direct 기반의 그룹 멤버들 간의 직접적 정보 공유 모빌 시스템 개발

Development of Direct-Information-Sharing Mobile System between Group Members Based on Wi-Fi Direct Technology

박찬민*, 김병서**, 이승현***

Chan-Min Park*, Byung-Seo Kim**, Seung-Hyun Lee***

요 약 노트북, 태블릿, 스마트폰 등 모바일 기기들의 성능 향상으로 인하여 임의의 장소에서의 그룹 회의를 진행하는 사람들이 많아지고 있다. 그러나 회의 참석자들이 근거리로 위치하고 있음에도 불구하고 참석자들 간의 데이터의 교환은 셀룰러 망을 이용하여 이루어지고 있다. 이는 불필요하게 셀룰러망에 부하를 가중시키는 원인이 되어 데이터의 송수신 지연을 발생시키고 원활한 회의의 운영 및 일반 모빌 통신 사업자의 통화 품질을 저하시키는 원인이 된다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 본 논문에서는 Wi-Fi Direct 기술을 이용하여 근거리 통신기기들 간의 셀룰러 망을 사용하지 않고 회의 참석자들간 직접 통신을 수행할 수 있는 안드로이드 어플리케이션을 개발하고 그 방법에 대하여 소개한다.

Abstract Improvement of performances of potable communication devices such as laptops, tablets, and smart-phones enables people to do group meetings in any place. However, even though group members in a meeting locate close, data or information to be shared in the group are exchanged through the cellular networks. This increases unnecessary traffic loads in the wireless/backbone networks and as consequence it increase delays in communications. To resolve the problem, an android-based application is developed in this paper. The application utilizes Wi-Fi Direct so that all members in the meeting can direct exchange materials for the meeting without using cellular networks.

Key Words : Wi-Fi Direct, Android, Application, API

1. 서 론

최근 몇 년간 무선통신기술과 모바일 단말 기기들이 급격히 발달하였다. 과거에는 데스크탑 PC에서의 유선 인터넷 접속 환경이 네트워크의 주된 요소였다면 현재는 노트북, 태블릿, 스마트폰 등 모바일 기기에서의 무선 인

터넷 접속 환경이 네트워크의 주된 요소가 되고 있다. 또한 무선통신기술 및 데이터 압축 기술의 발달로¹ 인해 대용량의 고속 데이터 전송이 가능해 졌다. 이렇게 기술이 발달함에 따라 이런 좋은 자원들을 활용할 수 있는 새로운 어플리케이션들도 계속해서 생겨나고 있다. 최근의 어플리케이션들은 네트워크를 통해 Voice-over-Internet

*준회원, 홍익대학교 스마트도시과학경영대학원 정보시스템

**중신회원, 홍익대학교 컴퓨터정보통신공학과

***정회원, 홍익대학교 건축공학부

접수일자 2014년 3월 27일, 수정완료 2014년 4월 29일

게재확정일자 2014년 6월 13일

Received: 27 March, 2014 / Revised: 29 April, 2014

Accepted: 13 June, 2014

**Corresponding Author: jsnbs@hongik.ac.kr

Dept. of Computer Information Communication Eng., Hongik University, Korea

Protocol (VoIP)나 실시간 영상 전송 등의 대용량의 멀티 미디어, 대용량 파일들을 전송하는 경우도 많다.²

사람들이 대용량 데이터를 주고받는 경우 중 하나는 다수가 그룹으로 작업을 진행 할 때이다. 현대에는 그룹 단위의 협업으로 어떤 일이 진행될 때가 많다. 그룹 작업에서는 그룹원들 간의 업무 분담과 의사소통이 중요하기 때문에 그룹 회의의 중요도가 높아졌다. 그리고 효율적인 회의를 위해서 그룹원들은 개개인이 회의 전에 사전 자료 조사를 통해서 정보를 수집하고 회의 때 자신이 모은 정보를 그룹원들과 공유하며 토론하면서 회의를 진행한다. 여기서 정보라는 것에는 문서 파일, 웹사이트 주소, 미디어 파일 등 모든 종류의 데이터를 의미한다. 사람들은 이러한 정보들을 공유하고자 할 때 메신저의 파일 전송 기능이라든지, 웹하드에 공유 폴더를 생성하여 업로드 한다든지, 여러 방법으로 인터넷을 통하여 개개인의 정보를 공유한다. 그러나 그룹 회의에서 인터넷을 이용한 정보의 공유는 편리한 듯 보이지만 약간의 제약과 불편함을 동반한다.

그룹 회의를 위해서는 일단 그룹이 모일 장소가 필요하다. 그리고 그 장소에는 정보를 공유하기 위해 인터넷 접속이 가능해야한다. 요즘에는 통신사업자들이 제공하는 네트워크나 내부, 외부에 많이 설치된 Access Point (AP)를 통해서 많은 무선 인터넷이 제공된다. 하지만 통신사업자들이 제공하는 네트워크를 이용하기 위해서는 사용료를 지불해야하고 AP를 이용한다 해도 모든 AP가 있는 장소가 통신이 원활한 것은 아니다. AP의 신호가 미약하거나 접속자가 많아서 접속속차 되지 않을 때가 많다. 이런 상황에서는 인터넷 망이 아니라 그룹원들 간의 통신이 효율적이다.

이렇게 인터넷 망을 통한 통신이 아닌 사용자들의 기기들 간의 통신 방식을 Device to Device (D2D) 라고 한다. LTE 네트워크에서는 증가하는 Data Traffic으로 인하여 앞으로 망에 과부하가 걸리는 문제가 예상된다. 따라서 이를 해결하기 위한 노력이 필요하며 그 일환으로 D2D를 이용한 Data Traffic Offloading 방식에 대한 논의가 있다. 특히 D2D 중에서도 Wi-Fi Direct라는 기술을 이용한 Data Traffic Offloading 방식이 해결방안으로 나타나고 있다.³

안드로이드 4.0 아이스크림 샌드위치부터는 Wi-Fi Direct API를 제공한다. 이 API를 사용하여 개발자들은 Wi-Fi Direct를 이용한 어플리케이션 개발이 가능해졌다.

본 논문에서는 안드로이드에서 제공하는 Wi-Fi Direct API를 통해서 자체적인 소규모 자가망을 생성하여 인터넷 망 접속이 필요 없고 AP의 중간 경로도 필요 없이 그룹원들 간의 통신 및 정보를 공유 할 수 있는 기능을 구현하는 데에 초점을 두고 있다. 기존 인터넷 망에 접속 할 필요가 없고 AP를 거칠 필요가 없으므로 사용자들은 장소에 제한받지 않고 언제 어디서나 네트워크를 생성하여 그룹원들 간의 정보공유를 지연 없이 할 수 있게 효율적으로 그룹 작업을 진행 할 수 있다. 이는 나아가 5세대 Long Term Evolution (LTE) 망에서의 트래픽 부하를 덜어 줄이는 데에도 기여할 것이다.

이미 Wi-Fi Direct를 이용하여 어플리케이션을 구현한 논문들이 있다. 그 중 하나로 안드로이드의 Wi-Fi Direct API를 이용하여 어디서나 간단한 발표를 할 수 있는 어플리케이션을 만들었다.⁴ 이 어플리케이션은 native Android PDF Viewer라는 오픈 소스 프로그램에서 제공하는 Application Program Interface (API)를 이용해서 한 디바이스의 PDF 파일의 화면을 다른 디바이스들과 공유한다. 또 다른 어플리케이션에서는 재난 현장과 같은 특수한 상황에서 영상 정보를 이용하여 현장의 정보를 원격지에서 확인해야 하는데 기존 네트워크가 장애물들로 인해 통신 장애가 발생 하는 경우를 해결하기 위해 Wi-Fi Direct를 이용한 실시간 영상 전송 시스템을 설계하고 구현하였다.⁵

본 논문에서도 화면 이미지를 공유하는 기능이 구현되었다. 하지만 기존의 논문에서는 특정 어플리케이션의 화면만 공유가 되거나 카메라 영상을 공유하는 반면에, 본 논문에서는 특정 어플리케이션에 제한되지 않고 시스템 화면을 그대로 공유하는 기능으로 구현되었다.

본 논문의 2장에서 Wi-Fi Direct 기술과 Wi-Fi Direct API에 대해 소개하고, 3장에서는 본 어플리케이션에 대해 설명한다. 마지막으로 4장에서 결론으로 본 논문을 맺는다.

II. 관련 연구

1. Wi-Fi Direct 기술

Wi-Fi Direct는 Wi-Fi Alliance에서 2010년에 기술을 발표하고 이 후 인증을 진행하고 있는 기술이다. Wi-Fi Direct는 Wi-Fi기반 기술로 기존의 네트워크에서처럼

Access Point나 라우터 장비 없이 TV, 노트북, 프린터, 카메라와 같은 단말들 간의 직접 무선 통신을 하는 기술이다. 정식 표준 명칭은 Wi-Fi Peer-to-Peer (P2P)이다.^{5,6,7}

단말 간 직접 통신 기술은 Bluetooth도 있다. 하지만 Wi-Fi Direct와 Bluetooth는 여러 면에서 차이점이 있다. 먼저 전송 속도 면에서 Wi-Fi Direct는 Wi-Fi 기반이므로 802.11n 기준으로 최대 300Mbps의 속도를 낸다. 반면에 Bluetooth의 전송 속도는 최대 24Mbps이다. 또한 Wi-Fi Direct는 200m 이내의 전송 거리를 가지지만 Bluetooth는 10~100m 이내에서만 작동한다. 또한 Wi-Fi Direct는 Wi-Fi Protected Setup (WPS) 등 보안 기술이 적용되어 있다. 하지만 이와 같은 장점들을 가지기 위해 Wi-Fi Direct는 Bluetooth보다 전력 사용량이 많다.

Wi-Fi Direct의 동작과정은 발견 단계, Group Owner (GO)결정 단계, GO동작 단계로 이루어진다.

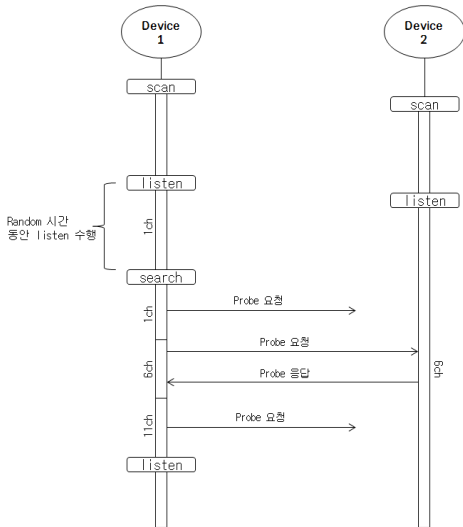


그림 1. 발견 과정
 Fig. 1. Search Process

그림 1에서 보이는 바와 같이 발견단계에서는 먼저 802.11대역의 Scan과정을 수행한다. 이 과정을 통해서 이미 형성되어 있는 Wi-Fi P2P 네트워크를 찾을 수 있다. Scan과정 다음에는 Listen과 Search과정으로 구성된다. 그리고 Wi-Fi Direct에서는 2.4GHz대역에서 social channel인 1, 6, 11번을 사용한다. Scan 이후에 Listen과정을 수행하게 되는데 이때는 3개의 채널 중 한 개의 채널

을 랜덤한 시간동안 수신만 한다. 이때 수신되는 Probe 요청이 있다면 Probe 응답을 보낸다. Listen 과정에서 아무런 신호를 수신하지 못하면 Search 과정을 수행한다. Search과정에서는 1, 6, 11번 채널을 모두 탐색한다. 각 채널마다 Probe 요청을 보낸다.

두 개의 P2P 단말이 Listen과 Search과정을 수행하면서 한 단말의 수신하는 채널과 다른 단말의 탐색하는 채널이 같을 때 Probe 요청과 응답을 주고받으면서 두 단말은 서로를 발견하게 된다.

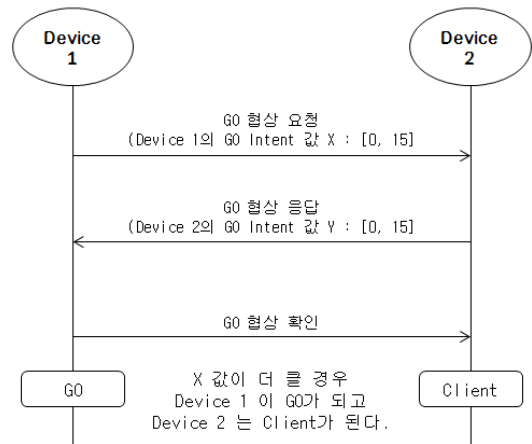


그림 2. GO 결정 과정
 Fig. 2. GO Selection Process

발견과정이 완료되면 단말들 간의 GO 협상이 이루어진다. Wi-Fi Direct는 그룹 내에서 GO를 선출하여 AP와 같은 역할을 수행하게 되고, 나머지 단말들은 Client가 된다. 그렇기 때문에 GO를 결정하기 위해 단말들 간의 협상이 이루어진다. 그림 2에서 보이는 바와 같이 GO협상은 요청, 응답, 확인 절차로 진행된다. 발견 단계에서 발견된 단말들은 0부터 15사이에서 임의의 값을 GO Intent value로 지정한다. 요청과 응답, 확인 절차에서 서로의 GO Intent value 값을 비교하여 높은 값을 가진 단말이 GO가 되고 다른 단말은 Client가 된다.

GO가 결정되면 GO는 Client에게 비콘 신호를 전송하고 WPS(Wi-Fi Protected Setup)을 설정한다. 그런 후에 GO는 DHCP서버로써 동작하면서 Client들과 DHCP 메시지를 주고받으며 Client들에게 IP를 할당한다.

추후에 추가되는 Client들은 GO를 AP로 간주하게 된다. 또한 Wi-Fi P2P를 지원하지 않는 기존 Legacy 단말도 Client로 그룹에 참여가 가능하다.

2. Wi-Fi Direct API

안드로이드 4.0 (Ice Cream Sandwich) 버전부터 Wi-Fi Direct API가 제공된다. Wi-Fi Direct API는 메소드와 리스너, 그리고 인텐트, 세 가지 구성요소를 가진다.⁸⁹

Wi-Fi Direct API의 클래스 중에 WifiP2pManager 클래스를 이용하면 Wi-Fi Direct 연결을 관리 할 수 있다. WifiP2pManager 클래스에서는 다음의 메소드들을 제공한다.

- WifiP2pManager.Channel initialize (Context srcContext, Looper srcLooper, WifiP2pManager.ChannelListener listener) : 어플리케이션을 Wi-Fi 프레임워크에 등록하는 메소드이다.
- void connect(WifiP2pManager.Channel c, WifiP2pConfig config, WifiP2pManager.ActionListener listener) : 다른 디바이스와 연결을 시작하는 메소드이다.
- void createGroup(WifiP2pManager.Channel c, WifiP2pManager.ActionListener listener) : 현재 디바이스를 Group Owner로 해서 P2P 그룹을 생성하는 메소드이다.
- void requestGroupInfo(WifiP2pManager.Channel c, WifiP2pManager.GroupInfoListener listener) : P2P 그룹 정보를 요청하는 메소드 이다.
- requestGroupInfo 메소드는 GroupInfoListener.onGroupInfoAvailable(WifiP2pGroup group)이 콜백 호출되는데 이때 얻은 WifiP2pGroup은 아래와 같은 중요 메소드를 제공한다.
- Collection<WifiP2pDevice> WifiP2pGroup.getClientList() : 현재 그룹에 속해 있는 클라이언트들의 목록을 가져오는 메소드이다.
- String WifiP2pGroup.getNetworkName() : 그룹의 네트워크 이름(SSID)를 반환한다.
- WifiP2pDevice WifiP2pGroup.getOwner() : 그룹의 Group Owner가 누구인지 반환한다.
- String WifiP2pGroup.getPassphrase() : 그룹의 네트워크 비밀번호를 반환한다.

Wi-Fi Direct API의 또 다른 구성 요소인 리스너는 WifiP2pManager 클래스의 메소드들의 수행 후 성공과 실패에 대한 통지를 받는 리스너이다.

WifiP2pManager 클래스의 메소드들을 호출 할 때 파라미터로 리스너를 전달한다. 사용되는 리스너와 사용하는 메소드는 표 1과 같다.

마지막 구성요소인 인텐트는 Wi-Fi Direct 이벤트가 발생했을 때 브로드캐스트하는 이벤트이다. 다음은 인텐트에 대한 설명이다.

- WIFI_P2P_CONNECTION_CHANGED_ACTION: 디바이스와의 와이파이 연결 상태 변경 시 브로드캐스트 된다.
- WIFI_P2P_PEERS_CHANGED_ACTION : discoverPeers ()의 호출에 의해 브로드캐스트 된다. 이 인텐트로는 피어 변경의 유무만 파악한다.
- WIFI_P2P_STATE_CHANGED_ACTION: Wi-Fi Direct의 가능 여부 상태 변경시 브로드캐스트 된다.
- WIFI_P2P_THIS_DEVICE_CHANGED_ACTION: 디바이스 이름 등 디바이스의 개별 세부 정보 변경 시 브로드캐스트 된다.

표 1. 리스너와 메소드

Table 1. Listener and Method

리스너 인터페이스	메소드
WifiP2pManager.ActionListener	connect(), cancelConnect(), createGroup(), removeGroup(), discoverPeers()
WifiP2pManager.ChannelListener	initialize()
WifiP2pManager.ConnectionInfoListener	requestConnectInfo()
WifiP2pManager.GroupInfoListener	requestGroupInfo()
WifiP2pManager.PeerListListener	requestPeers()

Wi-Fi Direct API는 이런 세 가지 구성요소를 혼합해 사용한다.

III. 어플리케이션 구성 및 구현 방법

본 어플리케이션은 로그인 페이지에서 사용자 이름과 프로젝트 이름을 선택하여 로그인을 하고 난 후에는 4개의 Tab으로 구성된다. 그룹정보, 메모공유, 파일공유, 화면 및 음성 공유가 그것이다. 각 Tap에 대하여 아래에서 자세하게 설명한다.

- 그룹정보 Tab에서는 Wi-Fi 네트워크 이름(SSID),

Wi-Fi 네트워크 비밀번호, 그룹장의 이름, 그룹 멤버들의 목록을 확인할 수 있다. Wi-Fi 네트워크 이름, 비밀번호는 Wi-Fi Direct API를 이용하여 값을 가져오고, 그룹장의 이름은 그룹장이 다른 멤버들에게 알리는 형식이다. 멤버들의 목록은 멤버들이 네트워크에 접속할 때 그룹장에게 자신의 이름과 IP주소를 전송하고, 그룹장이 다른 멤버들 전체에게 다시 알리는 방식으로 유지된다. Wi-Fi Direct API에 Peer들의 목록을 가져오는 메소드가 존재하지만 그 메소드를 이용하면 Medium Access Control (MAC) 주소를 알 수 있고 IP주소는 알 수가 없기 때문에 사용하지 않았다. 멤버들의 목록은 다른 기능에서 멤버 전체에게 Transmission Control protocol (TCP) Socket 전송을 해야 할 때도 사용한다.

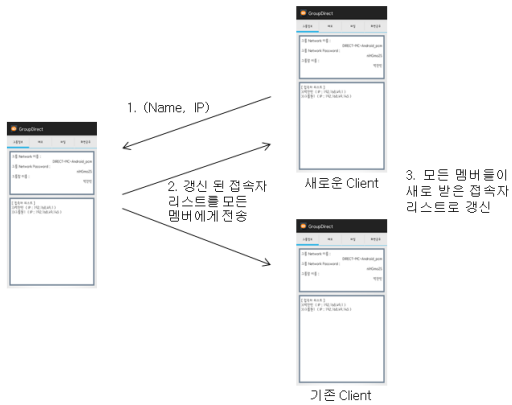


그림 3. 접속자 리스트 유지 방법
 Fig. 3. Method to manage member list

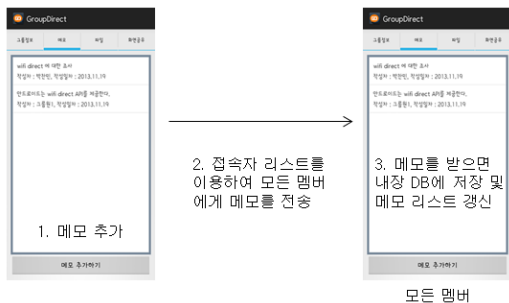


그림 4. 메모 공유
 Fig. 4. Memo sharing

그림 3에서 보이듯이 새로운 Client는 자신의 이름과 IP주소를 그룹장에게 보내기 위해서 TCP Socket을 사용

한다. 이 때, Client는 그룹장의 IP주소를 알아야만 한다. Client는 그룹장의 IP, 즉, GO의 IP주소를 알아내기 위해 Gateway IP주소를 이용한다. Wi-Fi Direct API를 이용하여 생성한 네트워크에서는 Gateway IP주소가 GO의 IP주소와 같다. 따라서 Client는 자신의 IP주소에서 맨 끝자리만 1로 바꾸어주면 GO의 IP주소를 획득할 수 있다. Client는 이렇게 획득한 GO의 IP주소를 이용하여 초기 접속 시 자신의 이름과 IP주소를 보낸다. 부가적으로 Wi-Fi Direct API를 이용하여 생성한 네트워크의 서브넷 마스크는 255.255.255.0 이기 때문에 자신의 IP주소에서 맨 끝자리만 255로 바꾸어주면 Broadcast주소를 획득할 수 있다.

● 그림 4에서 메모공유에 대한 과정을 설명하고 있다. 메모공유 Tab에서는 멤버들 간의 간단한 메모를 주고받을 수 있다. 메모를 쓰고자 하는 멤버는 '메모 추가하기' 버튼을 누르면 다이얼로그 창이 뜬다. 쓰고 싶은 내용을 입력 후 OK 버튼을 누르면 자신의 내장 DB에 저장되고 메모 목록은 갱신되고 다른 멤버들에게는 그룹정보 Tab에서 유지하는 멤버 목록을 이용해서 각각 TCP연결을 통해 메모를 전송하게 된다. 메모를 전송 받은 멤버들은 자신의 내장 DB에 메모 내용을 저장하고 메모 목록을 갱신한다.



그림 5. 파일 공유
 Fig. 5. File sharing

그림 5에서 보이듯이 파일공유 Tab에서는 멤버들 간에 파일을 공유할 수 있다. 기능이 메모공유와 유사하지

만 파일을 선택하고 저장하는 부분이 추가되었다. 파일을 보내고자 하는 멤버는 ‘파일 추가하기’ 버튼을 누른다. 그러면 다이얼로그 창이 뜨며, 창에는 파일을 가져오는 버튼과 파일에 대한 간략한 설명을 넣을 수 있는 텍스트 필드가 있다. 버튼을 누르면 파일 탐색기가 뜨며 파일을 선택하면 버튼에 파일의 이름이 표시된다. 텍스트 필드에 설명을 넣을 후 OK 버튼을 누르면 자신의 Data Base (DB)에 저장되며 파일 목록이 갱신되고, 멤버들에게 각각 TCP 연결로 파일이 전송된다. 파일을 전송받은 멤버들은 파일이 자동으로 본 어플리케이션 폴더에 저장되며 그 내역이 내장 DB에 저장되고 파일 목록이 갱신된다.

● 화면 및 음성 공유 Tab에서는 한 멤버의 화면을 다른 멤버들과 공유할 수 있고, 멤버들 간에 음성 통화가 가능하다. 음성 통화는 마이크 입력을 User Datagram Protocol (UDP) Socket을 통해 Broadcast 함으로써 다른 멤버들 전체에 전송되고 전송 받은 멤버들은 UDP Socket을 통해 수신된 신호를 바로바로 재생하는 방법으로 구현된다. 화면 공유는 화면을 스크린 캡처로 저장하고 저장된 이미지를 바이트 배열로 불러와서 UDP Socket을 통해 Broadcast하면, 받은 멤버들은 바이트 배열을 다시 이미지로 변환하여 화면에 띄우는 방법으로 구현된다. 그림 6에서 한 예를 보이고 있다.

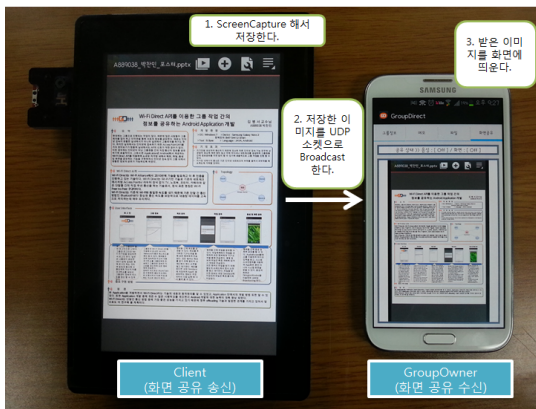


그림 6. 화면 공유
Fig. 6. Screen sharing

IV. 결 론

Wi-Fi Alliance에서는 최근에 Wi-Fi Direct 기술을

개발하였고 Android는 4.0 버전 이후부터 Wi-Fi Direct API를 제공한다. 본 고에서는 이 Wi-Fi Direct API를 이용하여 Android기반 단말기에서 소규모 자가망을 생성하여 자가망에 접속한 그룹 멤버들끼리 통신이 이루어지고 정보를 공유하는 어플리케이션을 개발했다. 본 어플리케이션은 접속 정보를 공유하여 자가망에 접속한 그룹 멤버 리스트를 유지하고, 이를 이용해서 메모 및 파일을 그룹원들 간에 공유하고 저장할 수 있다. 또한 음성을 공유하여 주변 소음에 방해 받지 않고 그룹원들 간에 의사소통을 할 수 있고, 시스템 스크린캡처를 이용하여 어플리케이션 화면뿐만이 아닌 시스템 화면을 이미지로 획득하고 이를 공유하여 그룹원들과 실시간 화면 공유를 할 수 있다.

References

- [1] Y. S. Im, E. Y. Kang, "MPEG-2 Video Watermarking in Quantized DCT Domain," The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication(JIIBC), Vol. 11, No. 1, pp. 81-86, 2011.
- [2] B. Cho. "Design and Implementation of A Smart-phone App. for Song-sharing SNS Function and Real-time Streaming Service." The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication(JIIBC), Vol. 12, No. 5, pp. 2751-281, 2012.
- [3] A. Oyattaey, et al. "3GPP LTE Traffic Offloading onto WiFi Direct." In: Proc. of the IEEE WCNC. 2013.
- [4] J.Y. Jung and D.K. Kim. "Development of an Instant Meeting Android Application Using Wi-Fi Direct APIs." Computer Applications for Software Engineering, Disaster Recovery, and Business Continuity. Springer Berlin Heidelberg, 2012. 107-112.
- [5] J.-H. Shin, "Design & Implementation of Real Time Video Transmission System using Wi-Fi Direct", M.S. Dissertation, Kyungpook National University, 12.2012.

- [6] J.S. Ma and J.H. Lee, "Understanding Wi-Fi P2P Technical Specification", Electronics and Telecommunications Trends Vol.26 No.5, 10.2011.
- [7] J. Hong, et al., "Wi-Fi Direct Technical Specification and Application", Information and Communications Magazine 30.6 (2013): 26-32.
- [8] J. Kim, et al., "Everything of Android Programming for alone Developer", Acorn publishing Co., 22.02.2013.
- [9] Android API lever 18 Reference, <http://developer.android.com/reference/android/net/wifi/p2p/package-summary.html>.

이 승 현(정회원)

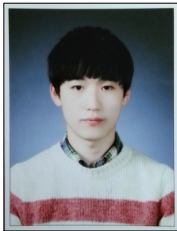


- 2003년 : University of Florida, Dept. Civil Engineering, Ph.D.
- 2004년~2008년 : 한국건설기술연구원 선임연구원
- 2008년~현재 : 홍익대학교 건축공학부 교수
- 관심분야 : Image Processing, Automatic Data Acquisition, Process Simulation

• E-mail : slee413@hongik.ac.kr

저자 소개

박 찬 민(준회원)



- 2014년 : 홍익대학교 컴퓨터정보통신 공학과(공학사)
- 2014~현재 : 홍익대학교 스마트도시 과학경영대학원 정보시스템 전공 석사과정
- 관심분야 : 무선 네트워크, 어플리케이션 개발, etc.
- E-mail : naraniga@nate.com

김 병 서(중신회원)



- 2004년 : University of Florida, Dept. Electrical and Computer Engineering Ph.D.
- 1997년 12월 ~ 1999년 5월 : 한국 모토로라, CIM Engineer.
- 2005년 1월 ~ 2007년 8월 : Motorola Inc. Sr. Engineer.
- 2007년 9월 ~ 현재 : 홍익대학교 컴퓨터정보통신공학과 부 교수
- 관심분야 : 유무선 네트워크, Cross layer design, CCN etc.
- E-mail : jsnbs@hongik.ac.kr

※ 이 논문은 2013년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원 (2013R1A1A2005692)과 2013년도 미래창조과학부의 재원으로 과학벨트기능지구지원사업의 지원을 받아 수행된 연구임(2013K000468).