

# 블루투스 기반 그룹 커뮤니케이션 프로토콜 연구

김은영<sup>0</sup> 김길용, 박미선  
부산멀티미디어

ssasuny@hanmail.net, gykim@hyowon.pusan.ac.kr psabina@pusan.ac.kr

## Research in Protocol for Group Communication over Bluetooth

Eun-Young Kim<sup>0</sup>, Gil-Yong Kim, Mi-Sun Park  
Dept. of Computer Engineering, Pusan National University

### 요약

농업 혁명과 산업혁명 그리고 컴퓨터 인터넷 혁명을 넘어 유비쿼터스 혁명으로 말미암아 하나의 WAN속에 수백개의 네트워크가 존재하고 이런 네트워크는 블루투스, IrDA, 802.11, GPS, 이동 통신 기술등이 포함한다. 본 논문은 이 중에서 블루투스의 여러 응용 분야 중 대화식 회의가 가능하도록 하는 블루투스 그룹 커뮤니케이션 프로토콜에 대한 연구 및 설계에 관한 내용이다. 그룹 커뮤니케이션 중 참여자들이 자유롭게 참여 및 탈퇴를 통해 그룹 커뮤니케이션을 할 수 있도록 효율적인 그룹 재 구성을 위한 알고리즘을 제시하여 해결하도록 한다.

### 1. 서론

농경시대 농토 공간에서의 농업 혁명이, 산업 시대엔 도시 공간에서의 산업 혁명이, 정보화시대엔 전자 공간에서의 컴퓨터와 인터넷 혁명으로, 세계를 급속도로 빠르게 발전시키며 하나로 묶어왔다. 그리고 이제 전자 공간과 물리 공간의 융합으로 창출될 제 3의 공간에서 유비쿼터스(Ubiquitous) 시대의 도래로 말미암아 '언제', '어디서나' 라는 정보 혁명에다 '무엇이라도'라는 구호를 더하여 모든 물리적 기기들과 디바이스 그리고 사물들이 어떤 형태로 연결되는 유토피아를 기다리고 있다.[4]

무선위에서만이 가능한 유비쿼터스 혁명을 위해 최근 다양한 모습으로 발전하고 있는 무선 정보통신을 기반으로 해서 센서, 홈랜, 무선 인터넷, 이동 통신분야의 고른 발전을 요구하고 있다. [2]

수 천, 수 만개의 IP주소들이 선으로 연결 한다는 것은 상상하기 어렵다. 이들 주소들은 무선 ID에서 블루투스에 이르는 다양한 무선 방식에 의해 연결 될 것이다. 그 중에서 블루투스는 무선 통신 분야의 중심에 우뚝서게 될 중요한 기술이다. [3]

그래서 최근 몇 년 사이에 블루투스 기술은 정보 기기간에 케이블 통신을 대체하는 저 가격의 무선 통신 기술로서 많은 관심을 끌고 있으며 블루투스 칩, 프로토콜 스택 및 응용 제품 개발이 활발히 진행되고 있다. 그러나 현재 블루투스 하드웨어는 원칩(One chip)이나 모듈의 완전한 형태로 공급되는 추세다. 그래서 블루투스 개발을 위해서는 프로토콜 스택개발이나 블루투스 프로파일 프로토콜을 적용한 애플리케이션 개발쪽으로 더욱 활발히 진행되고 있다.

본 논문에서는 여러가지 블루투스 응용분야 중 대화식 회의가 가능하도록 블루투스 특징에 적합한 그룹 커뮤니케이션 프로토콜을 설계해보고자 한다.

### 2. 블루투스 그룹 커뮤니케이션 시스템 모델 및 design issue.

#### 2.1 블루투스 그룹 커뮤니케이션 시스템 모델

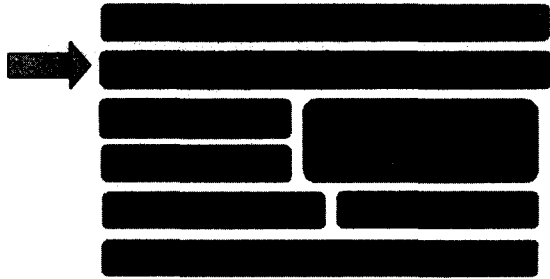
블루투스는 다른 무선 통신과 비교했을 경우, 그룹 커뮤니케이션 시스템을 구축하기에 적당한 기반을 제공한다. 그러나 전송속도가 낮고 반경 10M 안에서만 통신이 가능하기 때문에 그룹 커뮤니케이션시 그룹의 참여자가 이동할 경우, 그룹과의 연결 끊김이 반복하여 일어 날 수 있다. 또한 HomeRF와의 간섭으로 인해 패킷 손실이 많이 발생하게 된다. [1] 이러한 문제점을 해결하기 위해 본 논문에서는 Reliability 측면에 중점을 둔 그룹 커뮤니케이션 시스템을 설계할 것이다.

블루투스를 장착한 기기들에는 desktop과 같이 정적인 컴퓨터도 있지만, notebook이나 PDA와 같은 동적으로 이동하면서 사용하는 기기들도 있다. 기존의 유선 방식에서의 그룹 커뮤니케이션 시스템에서는 모든 참여자들이 하나의 서버를 통하여 통신하였다. 하지만 블루투스 디바이스들의 그룹 커뮤니케이션시 전송거리 10m 이내에 그러한 서버가 존재하리라는 보장이 없기 때문에 기존의 client-server 모델 대신에 peer-to-peer 모델로 시스템을 설계하고자 한다.

Peer-to-peer 모델은 하나의 peer 가 서버와 클라이언트의 역할을 모두 수행하는 방식을 말한다. 그러므로 모든 peer 는 대칭적이다. 따라서 모든 peer 가 같은 일을 수행할 수 있으므로 특정 peer 가 없어지거나 작동을 멈추어도 정상적으로 동작할 수 있게 된다

#### 2.2 프로토콜 스택

블루투스 망위에서 그룹 커뮤니케이션 시스템을 지원하기 위한 디바이스의 프로토콜 스택은 다음과 같다.



2.3 블루투스 그룹 커뮤니케이션 시스템 설계

그룹 커뮤니케이션 시스템 설계시 고려할 design issue로는 Group Structure, Addressing, Ordering, Reliability 그리고 Response semantics 등이 있다. [3]

우선 Group structure로는 그룹에 속한 멤버들에게만 메시지가 전달되는 closed group을 사용하여 reliable communication을 가능하도록 할 것이다. 또한 커뮤니케이션 중 참여자들이 자유롭게 참여, 탈퇴 할수 있는 dynamic structure로 할 것이다.

다음 Addressing으로는 그룹 내의 모든 참여자들이 주소를 가지고 있는 방법을 채택하도록 하며 참여자들의 주소는 그룹 정보에 포함되어 있다.

Ordering으로는 그룹 내의 모든 멤버는 같은 순서로 메시지를 받는다는 것을 보장하는 total ordering의 기법을 사용한다. 이는 메시지 앞에 sequence number를 더하여 새로운 패킷을 구성함으로써 구현될 수 있으며 매니저가 이 일을 담당하게 된다.

Reliability로는 패킷에 sequence number를 붙여 패킷 손실을 감지하고 손실에 대해서는 재 전송을 통하여 신뢰성을 보장하도록 한다.

마지막으로 Broadcast 패킷 전송시 어떠한 응답도 보내지 않는 no reponse를 택하도록 한다.

3. 블루투스 그룹 커뮤니케이션을 위한 프로토콜

3.1 SDP를 이용한 그룹 찾기

블루투스 프로토콜 스택에서 SDP(Service Discovery Protocol)는 SDP클라이언트와 서버 사이에 설정된

L2CAP위에 있다. 일단 L2CAP이 설정 되면 SDP는 서비스를 검색하고 서비스간 접속 방법을 확인하는 데에 사용된다 SDP클라이언트에서 자신이 찾고자 하는 서비스 종류에 대해 서버로 어떤 요구를 보내면 서버가 응답하는 구조이다. SDP서버는 자신의 블루투스 시스템이 제공하는 모든 서비스에 관한 정보를 포함하고 잇는 데이터 베이스 테이블을 갖고 있기 때문에 클라이언트가 어떤 요구를 하면 이 DB를 검색하여 응답해 준다.

SDP는 정보 전송을 위해 SDP PDU(Protocol Data Unit)를 사용하여 request 및 reponse과정이 이루어 진다. 다음은 SDP PDU형식의 기본 헤더이다.

--	--	--

3.2 그룹 커뮤니케이션을 위한 primitives

아래는 그룹 커뮤니케이션을 제공할 primitives와 Function Key를 정의한 표이다. 새로운 그룹을 형성시, 상대편 디바이스에 InviteGroup을 이용하여 초대를 한 후 상대편이 초대에 응했을 경우 새로운 그룹이 생성된다. 이때 그룹의 manager는 초대를 한 멤버가 되고 다른 멤버들에게 JoinID를 할당해 준다.

이미 존재하는 그룹에 참여를 원할 경우 JoinGroup를 사용한다.manager에게 참여를 원하는 메시지를 보내면 manager는 멤버에게 JoinID를 하나 할당한 후 그룹 정보를 갱신하여 멤버에게 보내주게 된다. 멤버는 그룹 정보로부터 멤버들의 BD\_ADDR을 이용하여 자신과 연결 가능한 멤버들과 연결을 설정해 놓는다. 이는 manage의 이동으로부터 연결이 단절되어 새로운 manager를 선출해야 하는 election시에 사용된다.

Primitives	Description
SearchGroup	SDP를 이용하여 그룹 찾기
Creategroup	그룹 생성
InviteGroup	그룹에 초대
ioinGroup	그룹에 참여
LeaveGroup	그룹을 나갈
SendMsgToManager	그룹 manager에게 메시지를 보냄
BCMsgToGroup	그룹의 참여자들에게 메시지 보냄
RevMsgFromGroup	그룹 참여자들의 메시지 수신
SetGroupInfo	그룹 정보 변경
BCGroupInfo	참여자들에게 그룹 정보 보냄
RequestElection	새로운 manager선출 위해 request
ReorgGroup	그룹 재 구성
SvncData	공유 데이터 동기화

[표 1] 그룹 커뮤니케이션 시스템을 위한 primitives

Function Key	Sender	Rcver	Description
REQ_CREATEGROUP	MB	MB	그룹 생성요청
RES_CREATEGROUP	MB	MB	생성 요청에 대한 응답
REQ_JOININGROUP	MB	MN	그룹 참가 요청
RES_JOININGROUP	MN	MB	참가 요청에 대한 응답
REQ_LEAVEGROUP	MB	MN	그룹 탈퇴 요청
RES_LEAVEGROUP	MN	MB	탈퇴 요청에 대한 응답
SEND_MSG	MB	MN	메시지 보냄
BC_MSG	MN	GP	메시지 Broadcast
MISSING_MSG	MB	MB	메시지 missing 정보
BC_GROUPINFO	MN	GP	그룹 정보 Broadcast
DISCON_MN	MB	MB	Manager와 연결 끊김
DISCON_MM	MN	MB	멤버와 연결 끊김
BC_ELECTION	MB	GP	Election 요청 BC
BC_REORG	MB	GP	그룹 재구성 Broadcast
ELECTED_MANAGER	MN	MB	새로운 manager로 선출

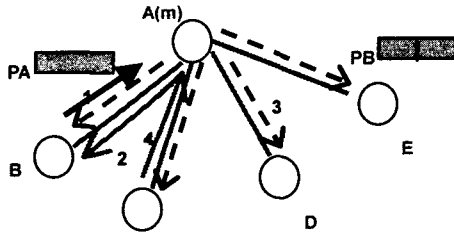
[표 2]Function Key 정의

3.3 Replicated Data관리

Replicated data관리는 total ordering을 사용한다.그룹의 멤버가 다른 모든 멤버들에게 메시지를 전달하고자 할 경우 먼저 manager에게 매니저에게 메시지를 보

내고 manager는 응답을 보낸후 메시지에 sequence number을 붙여 패킷을 구성한 후 모든 그룹의 멤버들에게 broadcast한다.

메시지를 보낸 멤버가 manager로부터 응답을 받지 않은 경우에는 일정한 시간 간격으로 계속해서 같은 메시지를 보내게 된다. 이는 모두 버퍼에 저장된다.



- C 1. Manager에게 메시지 보냄
- 2. Manager가 받은 메시지에 대한 ACK를 보냄
- 3. Manager가 그룹에게 패킷 PB를 broadcast
- 4. 패킷 PB를 받지 못한 B는 NAK를 보냄

PA	SEND_MSG	JoinID	Data	
PB	SEND_MSG	JoinID	Seq_Num	Data
PC	Missing_MSG	JoinID	Seq_Num	

[그림 2] replicate data 관리 기법

### 3.4 그룹 재구성

그룹 커뮤니케이션에 참여하던 멤버들이 이동함으로써 블루투스 디바이스의 적용거리 (10m)를 벗어나 멤버들간의 연결이 끊겼을 경우에 그룹을 재 구성해야 한다. 그룹을 재 구성하는 경우는 다음과 같다

- 1) 그룹 manager와 하나의 그룹 멤버와의 연결 해제
- 2) 그룹 manager와 모든 그룹 멤버와의 연결 해제
- 3) 그룹 멤버간(manager 제외)의 연결 해제

Case 1. 그룹 manager와 하나의 그룹 멤버와의 연결 해제시

그룹 커뮤니케이션 중 한 멤버(A)의 이동으로 그룹 manager와의 연결이 끊어졌을 경우 manager는 자신과 연결된 모든 멤버들에게 “A와의 연결 해제” 라는 메시지(PA)를 Broadcast한다. 이를 수신한 멤버들은 자신의 영역 내에서 inquiry를 수행하여 자신과 연결될 수 있는 그룹의 멤버수와 자신의 메시지 버퍼에 저장되어 있는 메시지 중 가장 최근 메시지의 sequence number(last\_num)와 가장 오래된 메시지의 sequence number(first\_num)로 패킷(PB)을 구성한 후 이를 manager에게 전송한다. 또한 응답(PB)을 받은 멤버들 중 현 manager보다 더 많은 멤버와 링크를 가지는 멤버가 있을 경우 election을 통해 새 매니저를 선출한다.

Case 2. manager와 모든 그룹 멤버와의 연결 해제

Manager와 모든 멤버와의 연결이 끊어 졌으면 이를 감지한 멤버들은 자신과 연결된 모든 멤버에게 “manager와의 연결해제”라는 메시지를 보낸다. 또한 inquiry scan 과정을 수행하여 새로운 manager를 선출하게 된다. 이때 election 과정을 수행해줄 임의의 manager가 있어야 하는데 이는 그룹의 멤버 중 가장 먼저 그룹에 들어온 멤버로 한다.

Case 3. 그룹 멤버간의 연결 해제

그룹 멤버간에 연결이 해제되었음을 감지한 멤버는 manager에게 “상대방과 연결 해제”라는 메시지를 보낸다. 이 메시지를 받은 manager는 멤버들 간의 연결 상태를 고려하여 그룹을 재 구성한 후, 모든 그룹의 멤버들에게 변경된 그룹 정보를 broadcast 한다.

### 4. 분석 및 결론

위의 세가지 경우에 대해 발생하는 패킷 수를 살펴보면 다음과 같다

Case 1.의 경우 manager가 “멤버 xx 와의 연결 해제”라는 메시지를 broadcast하고 이 메시지를 수신한 그룹 멤버는 manager에게 응답 메시지를 전송한다(그룹 멤버수 - 2) 새로운 manager를 선출하였다면 새 매니저에게 당선 메시지를 보내고 나머지 멤버들에게 변경된 그룹 정보를 broadcast한다. 이때 발생하는 총 패킷수는 다음과 같다

$$P(n) = 1 + (n-2) + 1 + 1 = n + 1 \quad (n = \text{그룹 멤버수})$$

Case 2의 경우 ‘manager와의 연결해제’라는 메시지를 broadcast한 후 새로운 manager를 선출하기 위해 멤버들은 필요한 메시지들을 구성하여 임시 manager로 보내게 되는 데 이때 발생하는 패킷은 (n-2) \* 2 이다. 그리고 선출 결과를 멤버들에게 broadcast시 발생 패킷이 1이므로 총 패킷수는

$$P(n) = 2(n-2) + 1 = 2n - 3$$

Case 3의 경우 “멤버 xx와 연결 해제 메시지를 broadcast하고 이 메시지를 수신한 manager는 그룹을 재 구성해서 그룹 정보를 다시 broadcast한다. 이 때 발생할 수 있는 최대 패킷 수  $P(n) = (n+1) + 1 = n+2$ 이다

따라서 각각에 발생하는 패킷의 양을 비교해볼 때 그룹 멤버 해제시 가장 적은 패킷수가 발생하고 manager와 모든 그룹 멤버와의 연결 해제시 가장 많은 패킷 수가 발생하게 된다.

### 5.참고 문헌

- [1] Homepage of the Bluetooth SIG, Bluetooth Specification 1.1, <http://www.bluetooth.com>
- [2] Jennifer Bray and Charles F Sturman, Bluetooth Connect Without Cables, Prentice Hall, 2001
- [3] Amoeba System Michael Steiner, Gene Tsudik and Michael Waidner: the 3<sup>rd</sup> ACM conference, 1996
- [4] 전자 신문 <http://www.etimesi.com>