

애드혹 네트워크 환경을 지원하는 효율적인 에이전트 관리 기능 구현

박진배, 윤현상, 이은석
성균관대학교 전자전기컴퓨터공학과
e-mail : wingdeng@ece.skku.ac.kr

An Implementation of Agent Management for Supporting Ad-hoc Network Environment

Jin-Bae Park, Hyun-Sang Youn, Eun-Seok Lee
School of Information and Communication Engineering, Sungkyunkwan University

요 약

유비쿼터스 컴퓨팅 환경을 지원하기 위한 네트워크 환경은 점차 복잡해지고 다양화 되었다. 이러한 네트워크 환경은 기존의 환경과는 다르게 네트워크를 임시적으로 구성하는 애드혹 환경으로 변화하고 있다. 본 논문에서는 애드혹 네트워크를 지원하는 에이전트 관리 기능을 제안한다. 구현된 주요 기능은 모바일 장치간 에이전트 서비스 제공, 동적인 AMS, DF 서비스 제공자 생성, 서비스 제공자의 유지이며, 이러한 기능들은 블루투스(Bluetooth) 프로토콜을 기반으로 구현되었다. 이를 통해 기존의 에이전트 플랫폼에서 제공하지 못하는 애드혹 네트워크 환경 하의 에이전트 관리가 효율적으로 이루어짐을 확인할 수 있었다.

1. 서론

정보통신 환경에서 ‘언제 어디에나 존재한다’ 는 뜻의 유비쿼터스를 지향하는 시대가 도래하면서, 애드혹 네트워크에 대한 관심이 증폭되고 있다. 애드혹 네트워크는 구성 및 유지를 위해 기반 시설을 필요로 하지 않는, 노드(node)들에 의해 자율적으로 구성되는 네트워크를 뜻한다.

애드혹 네트워크를 구성하는 요소 중 하나인 모바일 기기의 사용이 대중화 되면서 모바일 데이터 서비스를 사용하는 사람들이 급격하게 증가하고 있으며, 이에 따라 모바일 장치간의 데이터 교환이나 분산 환경 지원이 중요한 이슈가 되고 있다. 때문에 모바일 환경에서도 프로세스의 자동화, 높은 수준의 커뮤니케이션, 지능화된 서비스 제공을 가능하게 하는 에이전트 기술의 필요성이 제기된다.

현재 에이전트와 멀티 에이전트 시스템에 관한 표준을 제정하는 기구로 Foundation for Intelligent Physical Agents(FIPA)[1]가 있다. FIPA의 표준에서는 멀티 에이전트 시스템을 관리하기 위해 에이전트에 관한 화이트 페이지(white page) 서비스를 제공하는 Agent

Management System(AMS), 옐로우 페이지(yellow page) 서비스를 제공하는 Directory Facilitator(DF)를 두도록 제안하고 있다. 애드혹 환경에서도 에이전트 시스템이 효과적으로 동작하기 위해서는 AMS, DF가 존재해야 하며, 이러한 AMS, DF를 애드혹 네트워크라는 환경에 맞도록 효율적으로 관리하기 위한 방법도 필요할 상황이다.

본 논문에서는 애드혹 네트워크를 구성하는 프로토콜로 블루투스(Bluetooth)를 선택하였다. 현재 존재하는 프로토콜 중 가장 보편적으로 애드혹 네트워크를 구성하는 프로토콜이기 때문이다. 하지만 본 논문에서 제시하는 아이디어는 차후 다른 애드혹 네트워크 프로토콜에도 적용할 수 있을 것이다. 본 논문은 다음과 같이 구성되었다. 2 장에서는 기존의 모바일 환경을 지원하는 에이전트 시스템과 블루투스 프로토콜에 대해 간략히 소개한다. 3 장에서는 제안하는 시스템에 대해 설명하며, 4 장에서는 제안시스템의 몇 가지 성능에 대한 테스트를 기술한다. 그리고 마지막으로 5 장에서 결론을 정리한다.

2. 관련연구

2.1 AMS 와 DF

FIPA 표준[1]에서 에이전트 서비스 관리를 책임지는 에이전트인 AMS, DF의 기능을 다음과 같다.

AMS는 하나의 에이전트 플랫폼에서 하나만 존재해야 하는 강제적인 요소이다. AMS는 에이전트의 생성이나 삭제, 그리고 (플랫폼에서 에이전트 이동이 지원될 때) 플랫폼간의 에이전트 이주 등을 관리한다.

DF는 에이전트에게 옐로우 페이지 디렉토리 서비스를 제공하는 에이전트 플랫폼의 한 요소이다. 각각의 에이전트 플랫폼에는 적어도 하나의 DF가 상주하고 있어야 한다. 하나의 에이전트 플랫폼은 여러 개의 DF를 지원할 수 있으며 DF는 서로 간에 연합하고 있을 수 있다.

2.2 JADE-LEAP

Java Agent DEvelopment Framework (JADE)[2]를 모바일 장치에서 사용할 수 있도록 개발된 것이 JADE의 애드온(add-on)인 JADE-Lightweight Extensible Agent Platform(JADE-LEAP)이다. JADE-LEAP은 모바일 장치에서부터 기업용 서버까지 이형적인 네트워크를 통해서도 사용될 수 있는 멀티 에이전트 시스템이다. 이는 TCP/IP GSM, IEEE 802.11 Wireless LAN과 같은 무선 네트워크를 활용한다.

LEAP은 가장 널리 사용되는 모바일 에이전트 시스템이지만, TCP/IP에 접근할 수 없는 곳에서는 활용할 수 없으며, J2SE 기반의 메인 컨테이너가 반드시 존재해야 하는 한계점 때문에 애드혹 환경에서 사용하지 못한다. 또한 애드혹 환경을 고려하지 않았기 때문에 이러한 환경에서 필요한 기능(예를 들어, 모바일 장치간의 동적인 시스템 구성, 시스템 내 AMS, DF 서비스 제공자의 유지, 멀티홉 라우팅 지원 등)에 대한 고려가 되지 않는 상황이다.

2.3 블루투스

블루투스는 핸드폰, PDA, 노트북과 같은 정보기기 장치들간의 양방향 근거리 통신을 복잡한 전선 없이 저가격으로 구현하기 위한 근거리무선통신 기술, 표준, 제품을 총칭하여 일컫는다.[4]

블루투스 시스템은 일대일과 일대다수의 연결을 지원한다. 기기들은 최소 2개에서 최대 8개까지 즉석에서 네트워크를 만들 수 있는데, 이런 기본 네트워크를 피코넷(Piconet)이라고 한다. 여러 피코넷은 함께 공존할 수 있으며, 같은 지역에 있는 여러 피코넷을 스캐터넷(Scatternet)이라고 한다. 모든 피코넷은 하나의 마스터와 하나 이상의 슬레이브가 있다. 마스터는 통신을 시작하는 기기로 데이터량을 조절하고, 피코넷 내의 슬레이브들을 통제하여 데이터의 충돌을 막는다. 블루투스는 대기상태에서 0.3mA, 송수신시 최대 30mA 정도의 저소비전력을 사용하고 있으며, Class1의 경우 최대 100m까지 전송이 가능하고 2.0+EDR 버전

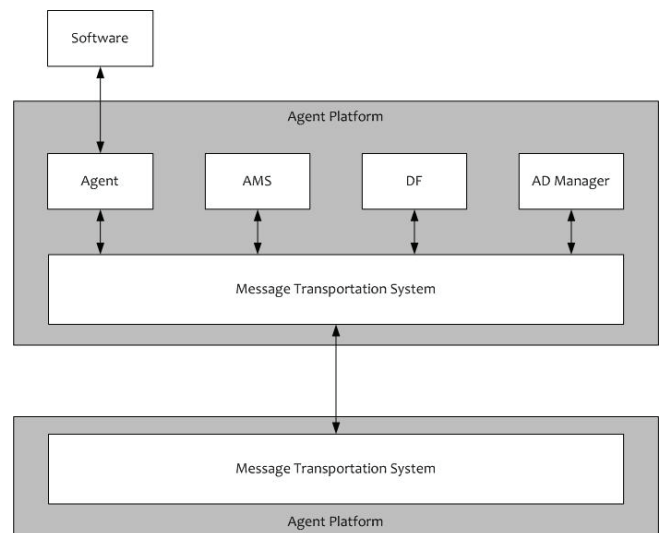
은 3Mbps의 업로드 및 다운로드 속도를 제공한다.

3. 제안시스템

본 논문에서 우리는 다음과 같은 시스템을 제안한다. 첫째로, 고정된 기반 시설이 없는 곳에서도 여러 개의 모바일 장치간의 에이전트 서비스를 제공한다. 둘째로, 동적으로 AMS, DF 서비스 제공자를 생성하며, 이를 변경할 수 있다. 셋째로, 서비스 제공자가 정상, 비정상적으로 네트워크를 이탈할 때 모두, 다른 장치가 차기 서비스 제공자가 되어 서비스를 유지할 수 있다.

이러한 특성을 통해 노드들의 네트워크 참여와 이탈이 빈번한 애드혹 네트워크 상에서도 화이트, 옐로우 페이지 서비스를 제공할 수 있으며, 이때 네트워크 내에서 발생할 수 있는 에이전트 기반 서비스의 중단이라는 문제점을 해결할 수 있다.

3.1 시스템 구성

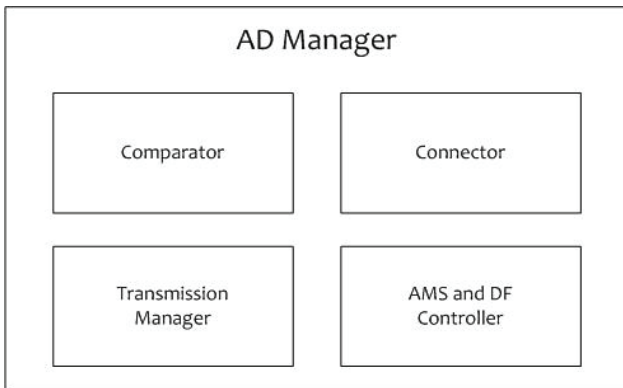


(그림 1) 시스템 구성도

본 논문에서 제안하는 시스템은 그림 1과 같이 구성된다. 플랫폼 내부를 FIPA의 표준에 맞추어 구성하고, AD Manager(ADM)라는 요소만을 추가하였다. 각 에이전트 플랫폼의 Message Transportation System을 통해서 ADM은 다른 플랫폼의 Agent, AMS, DF, ADM 등과 통신할 수 있다. 추가된 요소인 ADM은 그림 2와 같이 Comparer, Connector, Transmission Manager, AMS and DF Controller로 구성된다. 각각의 모듈에 대한 설명은 다음과 같다.

(1) Comparator(CP) - 해당 장치(모바일 혹은 고정된 장치)의 하드웨어 성능을 인지하고 있으며, 네트워크를 구성하는 다른 장치들과 하드웨어 성능을 비교하여 AMS, DF 서비스를 제공하는 장치로 동작할지를 결정하는 모듈이다. 네트워크가 구성된 후에, 서비스 제공자는 CP를 통해 네트워크 내 장치들의 하드웨어

성능 정보에 따라 우선순위를 관리한다.



(그림 2) AD Manager의 구성

(2) Connector(CN) – 현재 접속 가능한 애드혹 네트워크에 접속했을 때, 네트워크 내의 서비스 제공자를 인식하여 자신의 에이전트, 디렉토리 정보를 등록하거나 다른 장치에게 자신이 접속을 끊을 것을 알릴 때, 혹은 다른 장치의 접속이 끊어짐을 인식하거나 서비스 제공자가 변화된 것을 인지하는 모듈이다.

(3) Transmission Manager(TM) – 서비스 제공자 역할을 다른 장치에게 넘겨주기 위한 AMS, DF 정보 전송이나 주기적인 백업을 진행하며, 백업 받는 장치에서는 전송 받은 데이터를 보관하는 역할을 한다. 서비스 제공자나 백업 받는 장치에서만 동작한다.

(4) AMS and DF Controller(ADC) – CN에 의해 서비스 제공자가 네트워크를 이탈했음이 인식되면, 우선 순위에 따라 해당 장치가 서비스를 제공할 수 있도록 백업 받은 정보나 전송 받은 정보를 AMS, DF에 등록하고 동작하는 등의 작업을 진행하는 모듈이다. 서비스 제공자의 변경이 요구될 때 동작한다.

3.2 애드혹 네트워크 내 에이전트 관리자의 필요성

기반 시설이 존재하지 않는 모바일 장치로만 구성된 애드혹 네트워크에서는 P2P 방식의 통신을 진행하게 된다. 네트워크를 구성하는 노드들이 많아질수록(n 개) P2P 방식에서는 원하는 서비스를 찾기 위해서는 $O(n)$ 의 복잡도, 즉 모든 노드들에게 한번씩 다 접근하는 경우가 발생한다. 네트워크를 관리할 때의 복잡도인 $O(1)$ (처음 접근하는 노드에게서 서비스 제공자의 위치를 알아낸 뒤, 서비스 제공자에게 접근하여 원하는 서비스가 존재하는 장치를 알 수 있다.)에 비해 비효율적이므로 애드혹 네트워크 환경의 에이전트 시스템에서도 화이트 페이지 서비스와 옐로우 페이지 서비스를 제공하는 서비스 제공자가 존재해야 한다.

3.3 시스템 내 서비스 제공자 설정

고정된 기반 시설이 존재하는 시스템에서 고정된 장치는 컴퓨팅 파워나 네트워크 대역폭의 크기가 크기 때문에, 구성된 네트워크에 화이트, 옐로우 페이지 서비스를 제공하는데 문제가 없다. 하지만 모바일 장

치만으로 구성된 애드혹 네트워크에서는 이러한 서비스 제공에 하드웨어적인 한계가 존재한다. 비록 이때 통신과 계산 양은 고정된 기반 시설의 그것에 비해 훨씬 적지만, 서비스 제공 장치는 하드웨어적으로 그 네트워크 내에서 가장 성능이 좋을수록 유리하다. 물론 이 경우, 하드웨어의 성능 중 컴퓨팅 파워가 최우선적으로 고려되어야 하지만, 모바일장치의 한계가 존재하므로 배터리의 파워도 고려해야 한다. 따라서 CN을 통해 처음 네트워크가 생성되었을 때, CP에 의해 장치 중 더 컴퓨팅 파워가 큰 것이 서비스를 제공하기 시작하며, 네트워크에 새로이 접속하는 장치가 있을 때마다 서비스를 제공하는 장치의 CP가 현재 장치들과 접속한 장치의 하드웨어 성능과 비교하여 서비스 관리자를 변경하거나, 차기 서비스 제공자 우선순위를 변경한다. 이때는 차기 서비스 제공자가 네트워크에 머무는 시간이나 신뢰성의 측면 등을 고려하여 서비스 제공자 권한을 변경할 것 아닌지를 결정해야 한다.

3.4 서비스 제공자의 유지

애드혹으로 이루어진 에이전트 시스템에서 AMS, DF 서비스를 제공하는 장치가 네트워크를 이탈할 경우, 나머지 장치들이 서비스를 제공받을 수 없게 된다. 따라서 이러한 상황이 발생하더라도 네트워크 내의 장치들이 서비스를 제공받을 수 있도록 기존의 정보를 유지하고 역할을 전달하는 방식이 필요하다. 서비스를 제공하던 장치가 네트워크를 이탈하는 상황은 두 가지로 정리할 수 있다. 첫 번째는 자의적으로 네트워크를 이탈하는 상황이다. 이는 사용자나 사용자의 에이전트가 네트워크 이탈을 선언한 후 이탈하는 경우이다. 두 번째는 비정상적으로 네트워크를 이탈하는 상황이다. 서비스를 제공하고 있던 장치에 오류가 발생하거나, 통신할 수 있는 거리를 벗어났을 때를 들 수 있다. 전자의 경우 네트워크를 이탈하기 전에 현재 동작하고 있는 AMS, DF 정보를 다른 장치에게 전송한 후 이탈한다. 이때 정보가 전송되는 장치는 CP에 의해 미리 우선순위로 정해져 있게 된다. 이 경우 간단한 방법으로 대처할 수 있지만, 비정상적으로 네트워크를 이탈하는 상황에는 위와 같은 방법을 적용할 수 없다. 이에 대처하기 위하여 타 장치에 주기적인 백업을 수행한다. 즉 TM은 애드혹 네트워크가 구성되어 있을 때, CP에 의해서 정해진 우선순위에 따라 정보 전송이나 백업을 진행한다. 네트워크를 구성하는 장치의 수가 4 이상이 될 때, AMS, DF 서비스를 제공하는 장치의 TM은 AMS, DF에 등록된 정보를 다른 장치의 TM에 주기적으로 백업을 하여, 비정상적으로 이탈했을 때 백업한 장치의 ADC가 동작하여 서비스 제공자 역할을 맡아 네트워크가 정상적으로 서비스를 제공해 줄 수 있도록 한다.

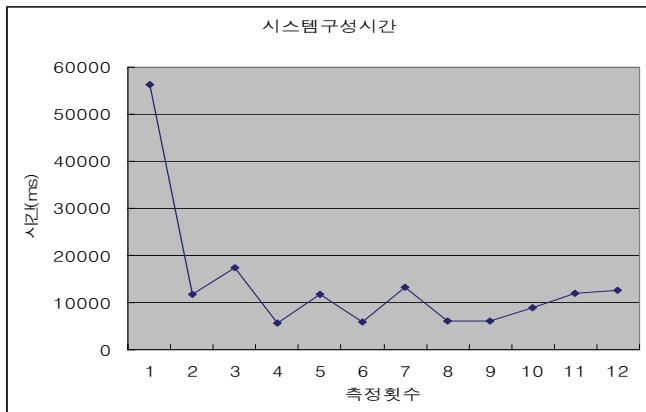
두 가지 경우 모두 새로운 CN이 설정되었을 때 변경 사실을 다른 장치들에게 알리고 이를 통해 각 장치들의 CN을 통해 정상적으로 서비스를 재개한다. 서비스 제공자는 단지 화이트 페이지 서비스와 옐로

우 페이지 서비스를 제공할 뿐이므로, 서비스 제공자가 변경될 때, 이미 서로간 에이전트 통신을 하고 있던 장치들의 통신에는 문제가 없다.

4. 구현 및 평가

상기와 같이, 본 논문에서 제안하는 시스템은 블루투스에 기반하고 있다. 블루투스를 사용하게 되면 장치 검색이 이루어진 후에 서비스 검색을 진행하게 되며, 서비스 검색을 통해 에이전트 서비스를 제공하는지의 여부를 판단할 수 있다. 이러한 서비스 검색 시에 해당 네트워크의 AMS, DF 서비스 제공자의 위치를 알려줌으로써, 각각의 장치와 연결하여 서비스 검색을 하게 되는 블루투스의 단점을 해결할 수 있다. 본 평가는 블루투스 2.0 장치 3 개와 1.1 장치 2 개를 사용하여 측정하였다.

그림 3 은 최초의 두 장치가 시스템을 구성하는데 걸리는 시간을 나타낸 것이다. 나머지 시도에서의 평균이 10 초인데 반해 최초의 시도에서만 56 초의 시간이 걸렸는데, 이는 블루투스가 무선랜이나 무선전화기 등과 같은 대역폭을 사용하기 때문에 간섭이 발생하여 이러한 결과가 발생한 것으로 추정된다.



(그림 3) 최초의 시스템 구성

시스템이 구성된 후 새로운 장치가 진입하여 자신의 에이전트와 디렉토리를 서비스 제공자에게 등록하는 시간 또한 그림 3 과 비슷한 결과를 나타내었다. 이는 서비스를 등록하는 시간에 비해 블루투스 장치를 인식하는데 훨씬 더 오랜 시간이 소요됨을 뜻한다.

표 1 은 본 시스템에서 서비스 제공자로 동작하던 장치가 네트워크를 이탈했음을 다른 장치가 인식한 후, 우선순위상 차기 서비스 제공자로 선정된 장치가 서비스를 재개하기까지의 시간을 나타낸다. 이는 서비스 제공자의 전원이 꺼졌을 때, 다른 장치가 이를 인식하여 백업 받은 정보를 통해 동작을 시작하고 이를 네트워크 내의 다른 장치들에게 통지할 때까지로 측정되었다. 차기 서비스 제공자와 나머지 장치들이 이미 통신 하고 있는 상황이라면 서비스 제공자를 변경하는데 걸리는 시간은 아주 작다. 하지만 본 평가는

차기 서비스 제공자와 모든 나머지 장치가 새로이 연결을 진행해야 하는 최악의 상황을 가정하였다.

<표 1> 서비스 제공자 변경 시간(ms)

	(구성장치 수) ³	4	5
(시도횟수) ¹	3532	28281	50813
2	3781	29812	51922
3	4140	23719	56312
4	4125	29328	73688
5	3922	40093	68750

3 개의 장치로 구성된 시스템에서는 빠른 시간 내에 전송이 가능하였지만, 네트워크를 구성하는 장치가 늘어날수록 시간이 크게 증가하였다.

이러한 세 가지의 실험을 통해 우리는 블루투스 하드웨어 상에서 다른 장치로 연결을 시도할 때 걸리는 시간이 실험의 대부분을 차지한다는 것을 알 수 있었다. 연결된 후의 장치간 데이터 전송 속도 자체는 빠르기 때문에 장치 검색과 연결 시간이 단축된다면 좋은 효율을 기대할 수 있다. 세 번째 실험의 경우, 브로드캐스팅을 사용한다면 변경 시간을 줄일 수 있지만 블루투스의 특성 상 차기 서비스 제공자가 피코넷 내에서 마스터로 동작해야 하는 전제가 존재한다.

5. 결론

모바일 기기는 PC 에 비하여 많은 제약 사항을 가지고 있다. 스크린의 크기나 입력 장치, 배터리 용량, 컴퓨팅 파워, 유선에 비해 불안한 접속환경 등은 모바일 에이전트 어플리케이션에 많은 영향을 미치는 요소이다. 그러나 이보다 더 큰 영향을 미치는 모바일 환경의 한계로 네트워크의 구성, 통신, 유지 등을 들 수 있다.

이러한 애드혹 환경에 대응하기 위하여 본 논문에서 우리는 블루투스를 통해 구성된 애드혹 네트워크 환경에서 에이전트 관리의 당위성을 설명하고 화이트, 옐로우 페이지 서비스를 제공하는 장치의 동적인 변경을 제안하였다. 또한 이러한 상황에서 발생할 수 있는 에이전트 관리 서비스 제공자의 이탈에 대처하는 방법을 제시하였다.

참고문헌

[1] IEEE Foundation for Intelligent Physical Agents (FIPA). Agent Management Specification. <http://www.fipa.org/specs/fipa00023/SC00023K.pdf>
 [2] Java Agent DEvelopment Framework (JADE). JADE-LEAP User Guide. <http://jade.tilab.com/doc/LEAPUserGuide.pdf>
 [3] Alessandro Genco, Salvatore Sorce, Giuseppe Reina, Giuseppe Santoro, "An Agent-Based Service Network for Personal Mobile Devices," IEEE Pervasive Computing, vol.05, no.2, pp.54-61, Apr-Jun, 2006.
 [4] Bluetooth. <http://www.bluetooth.com>