논문 2010-47TC-7-2

가상 오버레이 네트워크 기반 유비쿼터스홈 네트워킹 구조

(Ubiquitous Home Networking Architecture based on Virtual Overlay Network)

박 호 진*, 박 준 희*, 김 남**

(Hojin Park, Jun-Hee Park, and Nam Kim)

요 약

유비쿼터스홈은 댁내 뿐 아니라 휴대폰, 노트북 및 사무실 PC 등 댁외 개인기기를 포함하는 논리적인 영역을 포함한다. 이러한 기기 간에는 NAT, 방화벽 등 기기 간 네트워킹을 제한하는 요소가 존재한다. 또한 댁내에는 IP, IEEE1394, PLC, 블루투스, ZigBee, UWB, IrDA 등 물리적 전송 특성 및 프로토콜이 상이하여 상호 연동이 불가한 이종 네트워크 내에 다양한 기기가 공존하고 있다. 사용자가 원하는 서비스를 제공하기 위하여 각 기기 간 서비스 및 자원의 자유로운 조합이 필수적인 유비쿼터스홈 환경에서는 댁내외 이종 기기 간 자유로운 서비스 연동이 필수적으로 보장되어야 한다. 본 논문에서는 유비쿼터스홈에서 기기 간 seamless 통신을 제공하는 가상 오버레이 네트워크를 기반으로 댁내외 이종 기기 간 서비스의 자유로운 광고, 검색 및 엑세스를 제공하는 네트워킹 모델을 제시한다.

Abstract

Ubiquitous home refers not only to home but also to logical space, including a wide range of out-home personal devices such as mobile phones, PDAs, laptops, car navigators, and office PCs. There are certain connection barriers among the devices, such as the dynamic IP address, NAT. In a home network, various devices coexist in heterogeneous networks, such as IP, IEEE1394, PLC, Bluetooth, ZigBee, UWB, and IrDA, all of which lack interoperability due to their different physical transmission characteristics and protocols. In ubiquitous home where an unrestricted collaboration of the devices is essential to offer services that meet the users' requirements, free interoperability among the devices must be guaranteed. This paper proposes a networking model for interoperability of the heterogeneous devices in a ubiquitous home based on a virtual overlay network which hides the complicated physical network configurations and heterogeneity of the service protocols.

Keywords: Virtual Overlay Network, P2P, Ubiquitous Home, Heterogeneity, Interoperability

I. 서 론

최근 고도로 진화된 디지털 기술로 인하여 다양한 종류의 디지털 기기 및 콘텐츠, 서비스가 가정에 보급되고 있다. 예를 들어, 스마트폰, 태블릿 PC, 블루레이 디스크, 3D TV, 네트워크 접속기기를 위한 다양한 AV 콘텐츠, 에어컨 또는 냉장고 같은 네트워크화 된 가전기기 등이 일반화되고 있다.

이러한 디지털 기기를 편리하고 효율적 사용하는 방법 중의 하나는 여러 개의 디지털 기기를 단일 기기로 인테그레이션하는 방법으로 홈네트워크 같은 연결 네트워크로 통합하는 것이다. 즉, 사용자가 원하는 서비스를 제공하기 위하여 여러 개의 기기 및 시스템을 네트워크로 연결하여 상호 유기적인 협업 관계를 갖게 하는 것

* 정회원, 한국전자통신연구원
(Electronics & Telecommunication Research Institute)
** 평생회원, 충북대학교 전기전자컴퓨터공학부
(School of Electrical & Computer Engineering, Chungbuk National University)
※ 본 연구는 지식경제부 정보통신표준기술력향상사업의 일환으로 수행되었음. [2010-P1-21, u-Home 플랫폼 및 기반구축 표준개발]
접수일자: 2010년6월15일, 수정완료일: 2010년7월16일

이다. 유비쿼터스홈 구현을 위해서는 댁내외 어디서나 사용자에게 서비스를 제공하기 위하여 댁내뿐 아니라 댁내외 기기 간에도 통합이 필요하다. 이를 위해서는 각 기기 간 서비스 및 자원의 자유로운 조합이 필수적으로써, 댁내외 기기 간 투명한(Transparent) 네트워킹이 선결되어야 한다.

전통적으로 홈네트워크에는 IP 기반 정보가전기기, IEEE 1394 기반 AV 기기, 전력선 또는 RS-485 시리얼 통신 기반 제어기기 등 이종 기기(Heterogeneous Device)가 공존하고 있다. 최근에는 설치가 용이하고 이동에 편리한 블루투스, IrDA, UWB(Ultra Wide Band), ZigBee 등 근거리 무선통신 기반 기기의 보급이 활성화되고 있어, 향후 홈네트워크에서는 이종 기기의 혼재가 더욱 심화될 것으로 예상된다. 그러나 본 이종 기기는 서로 상이한 물리적 전송 특성 및 프로토콜로 인하여 기기 간 직접 서비스 연동이 불가하다. 이외에도, 댁내외 기기 간에는 유동적(Dynamic) IP 어드레싱, NAT(Network Address Translation)[1~2], 방화벽 등 투명한 네트워킹을 불가능하게 하는 장벽이 존재한다.

또한, 센서 등 서비스 고도화를 위한 새로운 기기의 추가로 댁내 기기 개수가 지속적으로 증가하고 있고 다양한 무선 네트워킹 기술 보급으로 기기 이동이 자유로워짐에 따라 네트워크 토폴로지가 동적으로 변화되는 특성을 보이고 있다. 기기 성능 측면에서, 스마트폰, PMP 등 복합 기능을 가진 고성능 개인 단말기가 보급됨에 따라 각 기기가 주위 단말기에 서비스 또는 콘텐츠를 제공할 수 있는 환경이 제공되고 있다. 이에 따라 각 기기가 서버와 클라이언트 역할을 겸하게 되어 사실상 서버와 클라이언트의 구분이 없어지고 있다.

그러나 기존 홈네트워크 구조는 서버 역할을 담당하는 홈게이트웨이를 중심으로 소수의 기기가 정적으로 연결되는 집중형 구조를 기반으로 하고 있다. 이로 인하여 다수의 기기가 동적으로 네트워킹되고 서버와 클라이언트의 구분이 없어지고 있는 홈네트워크 추세를 고려할 때, 기존 홈네트워크 구조는 효율적인 네트워크 구성 및 관리에 걸림돌로 작용할 것으로 예상된다.

결과적으로 무선 네트워킹 기술 보급에 따른 동적인 네트워킹 토폴로지에 대응이 가능하고 단말기의 고성능화에 따른 기존의 고정적인 서버-클라이언트의 역할 관계를 탈피하여 대등한 단말 관계의 재정립을 기반으로 댁내외 이종 기기 간 자유로운 협업이 가능한 새로운 개념의 효율적인 홈네트워킹 모델 정립이 필요하다.

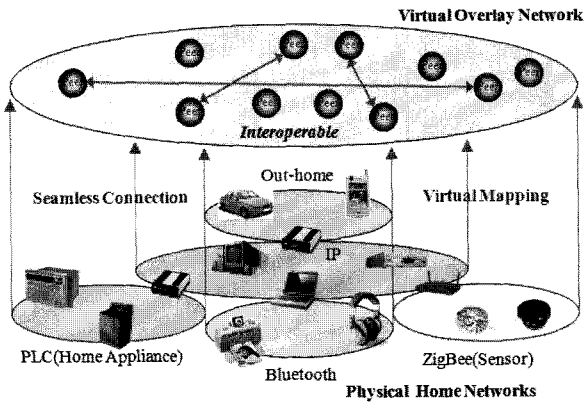


그림 1. 유비쿼터스홈 네트워킹 개념도
Fig. 1. Conceptual Model of the Ubiquitous Home Networking.

이를 위해, 본 논문은 홈네트워크 추세에 효율적으로 대처 가능한 홈네트워킹 모델을 제안하며, 그림 1은 본 모델이 추구하는 기기 간 상호연동 개념을 도시한다.

본 모델에서는 그림 1.과 같이 애플리케이션에게 하부 네트워크의 이종성과 세부 구성을 숨겨주는 가상 오버레이 네트워크(Virtual Overlay Network, VON)를 제공한다.

VON은 방화벽, NAT 또는 non-IP 네트워크 등 네트워크상에서의 위치에 무관하게 기기 간 메시지를 교환할 수 있게 한다. VON에서 각 메시지는 방화벽 또는 NAT를 통과하여 다양한 전송 프로토콜을 이용하여 투명하게 라우팅되어 수신 기기로 도착된다. VON에서 각 기기는 복잡하고 가변적인 물리적 네트워크 토폴로지에 대한 파악 또는 관리할 필요없이, 특히 모바일 기기는 지역을 이동하더라도 투명하게 상호 통신이 가능하다.

이를 통해서 다양한 이종 네트워크 기기 간 서비스 결합을 가능하게 하여 홈네트워크 서비스 융합화(Convergence) 효과를 제공한다.

VON 내에서 기기 간 네트워킹 방식으로써, 중앙 서버의 도움 없이 기기 간 자율적 협업이 가능한 피어 투 피어(Peer-to-Peer, P2P) 네트워킹 기술을 적용한다. P2P 네트워크는 애드혹(Ad-Hoc) 특성으로 인하여 고정적 네트워크 토폴로지를 기반으로 하는 기존 IP 네트워크와는 근본적으로 다르다. 예로써, 기기의 네트워크 주소가 고정될 필요가 없으며 네트워크의 일부분이 동작 완료 후 사라질 수 있다. P2P 네트워크 관리는 완전히 분산 방식을 기반으로 하며 동적 및 자율 조직화는 P2P 네트워크의 중요한 특성 중의 하나이다. P2P 네트워크 내 각 기기는 클라이언트인 동시에 서버로 동작

가능하며 자원 공유 및 서비스 연동을 위하여 기기 간 협업은 이루어진다.

이와 같은 특성을 가진 VON 기반 네트워크 모델을 홈네트워크에 적용함으로써 무선 네트워킹 기술 보급에 따른 동적인 네트워킹 토폴로지에 대응이 가능하고 단말기의 고성능화에 따라 각 기기가 클라이언트인 동시에 서버로 동작하게 함으로써 향후 홈네트워크 진화 방향에 적절히 대응할 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 Ⅱ장에서는 유비쿼터스 컴퓨팅 환경에서 기기 간 네트워킹 기술로 대두되고 있는 P2P 네트워킹 기술을 이용한 컴퓨팅 플랫폼 구축 사례에 대해서 살펴보고 홈네트워크에 적용을 위한 고려사항을 도출한다. 제 Ⅲ장에서는 유비쿼터스홈 네트워킹 모델을 정의한다. 이를 위하여, 본 모델에 대한 요구사항을 도출하고 이를 기반으로 네트워킹 구조를 설계하며 구성 요소를 정의한다. 이어서, 본 모델에서 핵심 기술인 VON의 역할 및 구성 방법을 기술한다. 제 Ⅳ장에서는 제안된 모델의 동작성 검증을 위한 프로타입 구현 내용, 세부 서비스 시험 결과에 대해서 기술하고 평가한다. 마지막으로 제 Ⅴ장에서 결론을 맺는다.

Ⅱ. 연구 동향

P2P 네트워크는 유비쿼터스 컴퓨팅 환경에서 기기 간 효율적 네트워킹을 제공하는 기술로써, 다양한 유형의 애플리케이션을 위한 범용 인프라 구조를 제시한다. 핵심 구조는 전통적인 클라이언트-서버 기반 네트워크 구조와 매우 다르며 서버의 개념이 없다. 네트워크 링크의 고정된 연결이 없기 때문에 네트워크 관리도 전통적인 것과 완전히 다르다. 네트워크 노드 간 융통성 있는 링크 설정이 가능하여 연결에 소요되는 비용을 절감할 수 있다. 따라서 P2P 네트워크는 경량의 저비용으로 구축 가능하며, 특정 애플리케이션 영역 및 응용 분야에서는 효율적으로 편리하게 동작한다.

초기에는 Napster 및 Gnutella 의 파일 공유, Skype 의 통신 등 제공서비스에 특화된 구조로 P2P 플랫폼 개발이 시작되었다. 본 방식은 응용서비스에 최적화된 솔루션을 제공한다는 장점을 가진다. 그러나 서비스 마다 고유의 플랫폼 구축에 따라 플랫폼 간 호환성이 결여되고 이로 인하여 구축 및 관리 비용 증가하는 단점이 발생되었다.

이에 따라 공유 자원 및 제공서비스에 독립적인 범용 개방형 구조로 발전이 진행되고 있다. 이러한 예로써, JXTA[3~5]와 PUCC[7]를 들 수 있으며 유비쿼터스 환경 구축을 위한 기반 플랫폼으로 적용되고 있다.

1. JXTA

JXTA는 2001년 선마이크로시스템즈에 의해서 시작된 산업체 주도형 오픈 소스 기반의 P2P 플랫폼으로써, 학계, 연구소 및 산업계 전문가에 의해서 규격화가 진행되고 있다.

JXTA 프로토콜은 인터넷 위에 VON를 구축하여 각 기기들이 네트워크 연결 구성, 방화벽 및 NAT 등의 도메인 토폴로지에 무관하게 직접 연동하고 자율 구성할 수 있게 한다. 애드혹 형태를 가지는 다수의 VON이 하나의 물리적 네트워크에 동적으로 맵핑되어 풍부한 다차원의 가상 네트워크 세계를 가능하게 한다. JXTA는 수십억 개의 네트워크 서비스가 네트워크상에서 모두 접근 가능한 상태로 여러 개의 VON 구성을 통하여 애드혹 및 분산 형태로 서로 발견하고 연동 가능한 환경을 추구한다.

JXTA는 P2P 기반 VON을 구축하기 위한 공통 프로토콜 집합을 표준화하고 있다. JXTA 프로토콜은 기기가 VON을 구축하고 참여하기 위해 요구되는 최소한의 네트워크 기능을 정의하고 있다. 복수개의 애드혹 형태의 VON이 단일 물리적 네트워크상에 생성되어 동적으로 맵핑이 가능하다. JXTA는 각 기기가 소프트웨어 및 하드웨어 플랫폼에 무관하게 다수의 VON 구성을 통하여 수백만의 다른 기기에 연결되어 수익을 창출하게 하는 목표를 지향하고 있다. JXTA는 프로그래밍 언어, 시스템 플랫폼, 서비스 및 네트워크 프로토콜에 무관하게 설계되었으며, 센서, 가전 기기, 스마트폰, 네트워크 라우터, 데스크탑 PC, 데이터 센터 서버, 스토리지 시스템 등 네트워크에 연결된 모든 기기에 구현될 수 있도록 설계되었다.

2001년 4월에 JXTA 1.0의 초기 참조 구현 모델이, 2003년에는 네트워크 성능 및 확장성을 향상시키기 위한 새로운 기능들이 추가된 JXTA 2.0 참조 구현 모델[6]이 각각 배포되었다.

2. PUCC

PUCC (Peer-to-Peer Universal Computing Consortium)는 홈네트워크 응용을 포함한 유비쿼터스 네트워킹 환경에서 다양한 기기들의 통신 능력을 향상

시키는 개방형 P2P 오버레이 통신 플랫폼을 구현하기 위하여 일본 NTT를 중심으로 2005년 설립되었으며, 2010년 현재 총 30여 개 산학연 기관이 참여하고 있다.

PUCC의 목적은 이종 네트워크상에 존재하는 다양한 디지털 기기를 상호 연결하기 위하여 다양한 분야에 적용 가능한 P2P 네트워킹 표준을 개발하는 것이다. 제안된 구조에서는 P2P 노드라고 불리는 양방향 통신 엔티티가 그들 사이에 P2P 통신 연결을 설정하기 위하여 P2P 네트워크를 구축한다. P2P 노드는 P2P 연결을 통하여 상대와 통신하게 된다.

다양한 유무선 네트워킹 기술의 발달로 현재 네트워크 환경에는 서로 다른 전송 매체 및 프로토콜로 장착된 다수 기기 들이 존재한다. PUCC는 이러한 기기의 사용을 극대화하여 새로운 애플리케이션을 개발할 수 있는 발판을 제공하는 것을 목표로 하며 이를 달성하기 위하여 P2P/오버레이 네트워크 기술을 적용한다.

3. 구현사례 분석

JXTA와 PUCC는 일반적인 네트워크 모델을 대상으로 하여 설계되었다. 그러나 홈네트워크는 일반적인 네트워크와는 네트워크 구성 형태, 기기 특성 및 구성 측면에서 차이가 있으며 다양한 서비스 프로토콜이 존재한다. 따라서 기존 P2P 플랫폼이 홈네트워크에 적용되기 위해서는 다음과 같은 사항이 추가적으로 고려되어야 한다.

- 홈네트워크에는 사용자가 추가적인 기능을 탑재하거나 변경을 할 수 없는 세탁기, 냉장고, 보일러, 전등 등 레가시 기기가 다수 존재한다. 이러한 기기에는 P2P 프로토콜의 탑재가 불가하므로, P2P 플랫폼 상에서 본 기기와 협업 방법을 제공해야 한다.

- 홈네트워크에는 IP 뿐 아니라 IEEE1394, PLC, 블루투스 등 다양한 non-IP 전송 프로토콜이 혼재한다. 따라서 이종의 전송 매체 간 투명한 P2P 네트위킹을 보장하기 위한 망연동 방법 및 장치를 제공해야 한다.

- 기존 홈네트워크에 존재하는 UPnP, Jini 등 다양한 서비스 프로토콜과 P2P 프로토콜 간 연동 방법을 제공해야 한다.

- JXTA의 경우, P2P 플랫폼 구축을 위해 특별한 기능을 담당하는 랑데부 피어, 릴레이 피어 등 슈퍼 피어가 정의된다. 따라서 홈네트워크에 P2P 플랫폼 구축을 위해서는 JXTA의 슈퍼 피어 기능을 홈게이트웨이 등 기존 홈네트워크에 존재하는 물리적 구성 요소에 맵핑하여야 한다.

- 홈네트워크는 개인적인 프라이버시 및 보안이 매우 중요한 공간이므로 허용되지 않는 기기가 접근할 수 없도록 해야 한다. P2P 플랫폼 구축 시 이에 필요한 사용자 인증 및 서비스 보안 등 적절한 체계가 제시되어야 한다.

Ⅲ. 유비쿼터스홈 네트워킹 모델

본 장에서는 유무선 홈네트워킹 기술의 보급에 따른 향후 홈네트워크의 진화 구조를 살펴보고, 이에 적절한 유비쿼터스홈 네트워킹 모델 제시 및 구성 요소를 정의한다. 이어서 본 모델의 핵심 기술인 VON의 구성 방법에 대해서 살펴보고, 본 VON상에서 홈기기 간 지원의 광고 및 검색, 애플리케이션 간 연동, 보안통신 방법에 대해서 기술한다.

1. 요구사항

전통적으로 홈네트워크 구조는 단일 홈게이트웨이[8]를 중심으로 댁내 정보가전 기기가 연결되는 집중형 구조를 채택하고 있다. 본 구조는 홈기기 개수가 10~20개 정도로 비교적 적고 기기의 이동이 적은 소규모의 고정적(Static) 형상을 가지는 네트워크에 매우 효율적이다.

그러나 WLAN, 블루투스, UWB, ZigBee 등 근거리 무선 네트워크 기술이 댁내에 보급되어 기기의 이동이 자유로워짐에 따라 네트워크 토폴로지가 동적으로 변하는 특성을 보이고 있다. 또한, 서비스 고도화를 위하여 센서 등의 새로운 기기가 댁내에 추가됨에 따라 전체 기기의 개수가 지속적으로 증가하고 있다.

이와 같은 상황에서 향후 홈네트워크에 전통적 방식에 따라 제반 홈기기가 단일 홈게이트웨이에 연결될 경우, 전체 네트워크 토폴로지가 복잡해지며 홈게이트웨이가 모든 전송 인터페이스를 가져야 하므로 결과적으로 홈게이트웨이의 제작비용이 증가하는 문제점이 발생한다. 또한 제반 홈서비스가 홈게이트웨이에 집중되어 있어 홈게이트웨이에 고장 발생 시 전체 홈서비스가 영향을 받게 되므로 서비스 안정성 측면에서도 취약점을 가지고 있다.

따라서 향후 홈네트워크에는 홈게이트웨이의 도움 없이 홈기기 간 자율적으로 네트워크를 구성할 수 있고 상호 협업이 가능한 P2P 네트워킹 기술을 적용하는 것이 바람직하다.

JXTA 프로토콜은 다른 P2P 프로토콜에 비하여 기능 규격의 완성도가 가장 우수하고 오픈 프로젝트 형태로 추진되어 관련 규격 및 소스의 접근이 유리하여 유비쿼터스홈 네트워킹 모델에서의 P2P 프로토콜로 적용한다.

2. 모델 구조 및 구성 요소

그림 2는 본 논문에서 제안되는 유비쿼터스홈 네트워킹 모델의 구조를 나타내며 P2P 네트워킹 적용으로 분산 구조를 가진다.

본 네트워킹 모델에서 IP JXTA 코어 네트워크는 유비쿼터스홈 네트워크의 중심으로 설정된다. 본 네트워크 내 홈기기 간 네트워크 구성 및 서비스 제어를 위한 기본 프로토콜로써 JXTA 프로토콜을 사용한다. 각 기기는 JXTA 프로토콜을 이용하여 기기 스스로 원하는 자원를 검색/발견하고 액세스 한다.

기존 홈네트워크 미들웨어를 기반으로 하는 레가시 네트워크 또는 non-IP 네트워크는 홈게이트웨이 또는 연동 게이트웨이 (Inter-Working Gateway, IWG)를 통하여 IP JXTA 코어 네트워크로 연결된다. 이때 홈게이트웨이와 IWG는 이종 네트워크 기기 간 서비스 연동에 필요한 제반 기능을 수행함으로써, 본 네트워킹 모델에서 이종 기기 간 상호연동성 제공을 위한 핵심 역할을 담당한다.

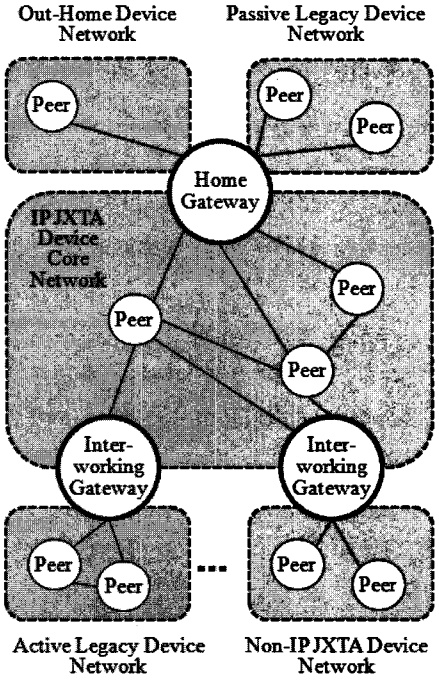


그림 2. 유비쿼터스홈 네트워킹 모델
Fig. 2. Ubiquitous Home Networking Model.

3. 가상 오버레이 네트워크(VON) 구성

본 네트워킹 모델에서는 JXTA 프로토콜을 이용하여 댁내외의 기존 물리적 네트워크 인프라 위에 논리적인 VON을 생성한다. 본 VON에서 각 메시지는 방화벽 또는 NAT를 통과하여 다양한 전송 프로토콜을 이용하여 투명하게 라우팅되어 수신 기기로 도착된다. 본 네트워크에서 각 기기는 복잡하고 가변적인 물리적 네트워크 토폴로지에 대한 파악 또는 관리할 필요 없이, 특히 모바일 기기는 지역을 이동하더라도 투명하게 상호 통신이 가능하다. 또한, 기기 간 상호 발견, 기기 그룹의 자율적 생성, 기기 자원의 발견, 상호 통신 등이 지원된다.

본 모델에서는 VON을 구축하기 위하여 JXTA 프로토콜에서 제공되는 다음과 같은 6 가지의 네트워크 추상화 기술을 적용한다.

가. 논리적 어드레싱

본 어드레싱은 모든 기기에 동일하게 적용되며 위치에 독립적인 논리적 어드레싱 모델에 기반한다.

그림 3.에서와 같이 VON상에서 각 기기는 물리적 주소와 무관하게 어드레싱이 될 수 있도록 고유의 피어 (peer) ID로 식별된다. 예를 들어, DHCP를 통하여 부팅된 노트북의 경우는 시간상으로 각기 다른 여러 개의 IP 주소를 갖게 되지만, VON상에서는 항상 동일한 피어 ID를 갖는다. 마찬가지로 이더넷, 또는 Wi-Fi 등 여러 개의 네트워크 인터페이스를 지원하는 기기도 사용되는 인터페이스에 무관하게 단일 기기로 어드레싱된다. 피어 ID는 각 기기가 자신의 ID를 스스로 생성할

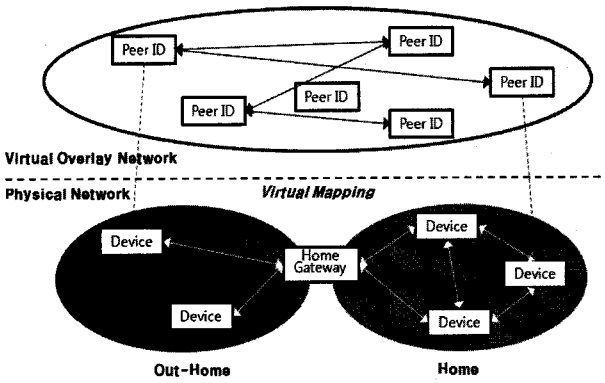


그림 3. 가상 오버레이 네트워크에서의 논리적 어드레싱
Fig. 3. Logical Addressing in Virtual Overlay Network.

수 있도록 128 비트 임의의 UUID(Universally Unique Identifiers) 구조를 갖는 JXTA ID를 이용한다.

나. 자원의 광고(Advertisement)

VON상에서의 모든 자원은 광고에 의해서 표현된다. 광고는 XML을 이용하여 언어 독립적인 메타 데이터 구조로 자원을 표시한다. 본 모델에서는 JXTA에서 표준화한 자원 광고 규격을 이용하며, 광고의 대상이 되는 자원으로는 기기, 기기 그룹, 서비스, 라우트, 콘텐츠, 랑데부, 피어 엔드 포인트, 전송 대역폭 등 기기 간 공유가 가능한 모든 자원이 해당된다.

각 기기는 원하는 자원의 검색·발견을 위하여 광고를 발행, 교환, 캐싱을 한다. 기기는 관련된 광고를 검색함으로써 원하는 자원을 발견할 수 있다. 모든 광고는 네트워크 내에서 해당 광고의 존재 기간을 명시하는 라이프 타임을 가지고 발생된다. 따라서 광고는 라이프 타임이 만료되기 전에 라이프 타임의 연장을 위하여 언제라도 재 발행될 수 있다.

다. 홈 자원의 레졸루션(Resolution)

VON 내에서 필요한 모든 레졸루션 과정을 수행하기 위하여 JXTA에서 제공하는 범용 자원 바인딩 메커니즘인 리졸버(Resolver)를 사용한다. 리졸버를 이용하여 기기 이름을 IP 주소로 변환, 포트에 소켓을 바인딩, 서비스나 콘텐츠의 위치를 찾아낼 수 있다.

JXTA에서 모든 레졸루션 과정은 1개 또는 그 이상의 광고를 발견하는 것으로 이루어진다. JXTA에서는 개발자가 해당 애플리케이션 분야의 요구사항에 맞도록 분산, 집중 또는 하이브리드 구조를 사용하여 적절한 리졸버를 구현하도록 권고하고 있다. 본 VON에서는 그림 4와 같이 홈게이트웨이 및 IWG에 탑재된 랑데부 피어를 이용한 하이브리드 구조를 적용한다.

단일 LAN에 존재하는 기기는 랑데부 피어에 의존하지 않는 직접 발견 방법을 이용한다. 본 방법에서는 기기가 네트워크 전송 매체 상에 브로드캐스팅 또는 멀티캐스팅을 사용하여 질의 메시지를 LAN 내 모든 기기로 전송한다. 본 질의에 부합되는 기기는 요청한 기기로 직접 응답 메시지를 송출한다. 본 VON에서 직접 발견 방법은 IP 기반 JXTA 코어 네트워크 내 기기 간, non-IP 기반 JXTA 기기 간에 적용된다.

LAN 외부에 위치한 기기에 대한 광고 발견은 랑데부 피어를 통한 간접 발견 방법을 사용한다. 예를 들어,

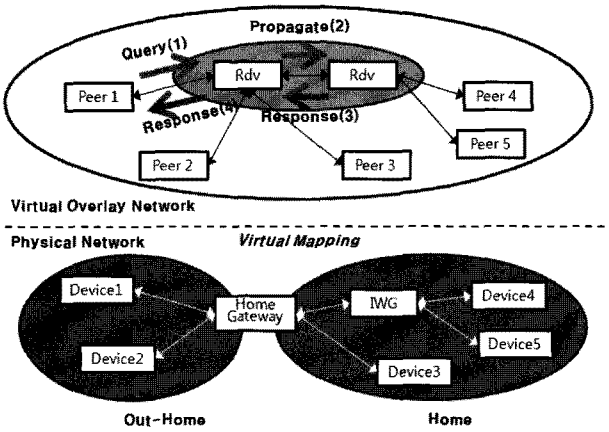


그림 4. 가상 오버레이 네트워크에서 레졸루션 처리
Fig. 4. Resolution Process in Virtual Overlay Network.

이종 네트워크 간 광고 발견에는 간접 발견 방법이 적용된다. 본 방법에서는 기기 대신 발견 처리를 수행하는 랑데부 피어를 이용한다.

랑데부 피어는 광고를 찾는데 다음과 같은 2가지 방법을 제공한다.

- 전파(Propagation): 랑데부 피어는 광고·질의 메시지를 자신이 알고 있는 네트워크상 기기 및 랑데부 피어로 전달한다. 메시지를 받은 랑데부 같은 방법으로 메시지를 전달한다.

- 광고 캐싱(Cached Advertisement): 랑데부 피어는 광고 메시지를 광고 캐쉬에 저장하며 질의 메시지에 대한 응답에 광고 캐쉬를 사용한다.

라. 댁내외 기기 연동

IPv4의 주소 부족 문제 해결을 위하여 일반적으로 홈네트워크는 사설망을 구축하여 각 댁내 기기에 사설

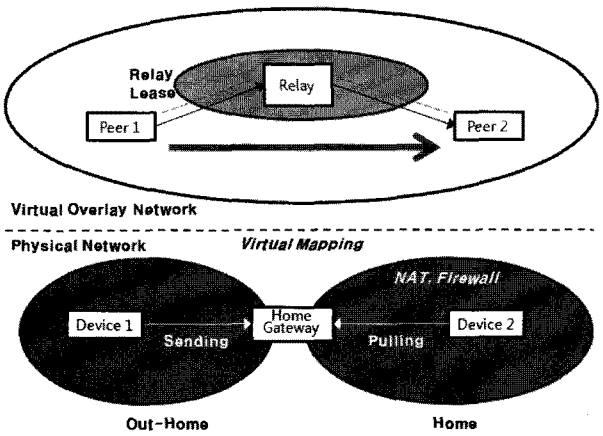


그림 5. 가상 오버레이 네트워크에서 릴레이 피어
Fig. 5. Relay Peer in Virtual Overlay Network.

IP 주소를 할당된다. 댁내 기기가 댁외로 통신할 경우, 외부 주소와 사설 주소 간 변환을 위한 NAT가 설치된다. 또한 홈네트워크 보안을 위하여 외부 기기의 접근을 차단하는 방화벽이 설치될 수 있다. 본 VON에서는 방화벽 또는 NAT로 인하여 직접 경로를 가지지 못하는 홈기기 간의 통신 연결을 위하여 JXTA에서 정의한 릴레이 피어(Relay Peer)를 적용한다.

릴레이 피어는 안정성 및 성능(대역폭, 직접 연결성, CPU 성능)이 보장되는 플랫폼에서 동작해야 함에 따라, 그림 5와 같이 홈게이트웨이가 릴레이 피어로 동작하여 댁외 기기와 NAT 뒤에 위치한 댁내 기기 간 통신 연결을 담당한다.

릴레이 피어를 통한 루트의 결정은 VON 내에서 투명하고 동적으로 이루어진다. 애플리케이션은 피어 ID를 통하여 상대 기기를 지정하며, VON상의 릴레이 피어 기반의 인프라 구조에 무관하게 동작한다.

댁내 기기는 1개의 릴레이 피어(홈게이트웨이)에 연결을 가지고 있으며, 할당된 메시지 큐로부터 수신된 메시지를 검색한다. 홈기기와 릴레이 피어 간 연결은 일정 기간 만 유지된다. 따라서 홈기기는 주기적으로 릴레이 피어와의 연결을 재설정하여야 한다.

마. 홈기기 그룹핑

VON은 홈기기 간에 자율적으로 그룹을 형성할 수 있도록 지원한다. 홈기기 그룹은 공통된 목적 또는 특성을 갖는 기기의 동적 집합을 나타내며 멤버쉽과 콘텐츠 공유 등 동일한 서비스 정책을 갖는다.

홈네트워크에서는 가족 구성원 기기 간의 그룹핑을 형성하여 그룹외 기기와의 서비스 연동 또는 콘텐츠 공유를 제한함으로써 홈 보안 및 가족 구성원 간 프라이버시를 보호한다. 예를 들어, 어버지 소유 기기들 간에 그룹을 형성하고 아들 소유 기기가 본 그룹에 참여를 제한함으로써 아버지 기기에 저장된 콘텐츠를 아들이 볼 수 없게 할 수 있다.

홈기기 간 그룹핑을 위하여 JXTA 프로토콜에서 제공하는 피어그룹(PeerGroup) 기능을 이용한다. JXTA에서는 피어그룹의 생성, 광고, 발견 방법을 정의하고 있다. 사용자, 서비스 개발자 및 네트워크 관리자는 기기 간 연동 범위 설정을 위하여 동적으로 피어그룹을 생성할 수 있다.

그림 6과 같이 각 기기는 동시에 여러 개의 피어그룹에 속할 수 있다. 모든 홈기기는 처음 시동 시 네트피어

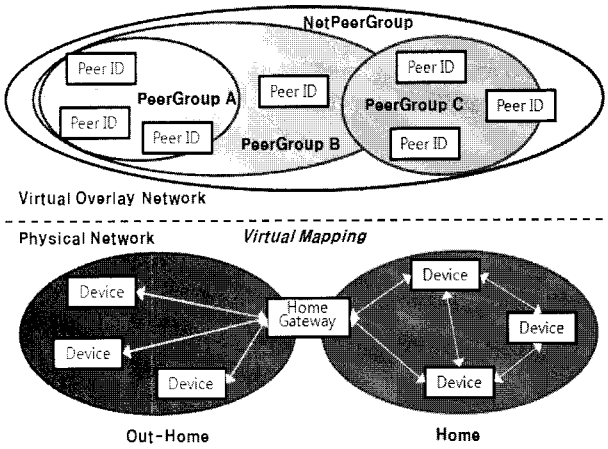


그림 6. 가상 오버레이 네트워크에서 홈기기 그룹핑
Fig. 6. Grouping of Home Devices in Virtual Overlay Network.

그룹(NetPeerGroup)에 자동적으로 속하게 된다. 네트피어그룹은 모든 홈기기가 초기에 소속되는 루트 피어그룹으로 동작한다.

바. 애플리케이션 간 통신

VON에서는 서비스 또는 애플리케이션 간 메시지의 송수신을 위하여 JXTA에서 제공하는 가상 통신 채널인 파이프(Pipe)를 사용한다.

파이프는 기기 종단 간 연결을 추상화하며, 이를 위하여 홈기기의 물리적 위치 및 하부 네트워크 구성에 구애받지 않는 가상의 입출력 메일 박스를 제공한다. 파이프는 하나 또는 그 이상의 홈기기에 연결될 수 있다. 그림 7과 같이 파이프 종단은 입력 파이프(수신단)

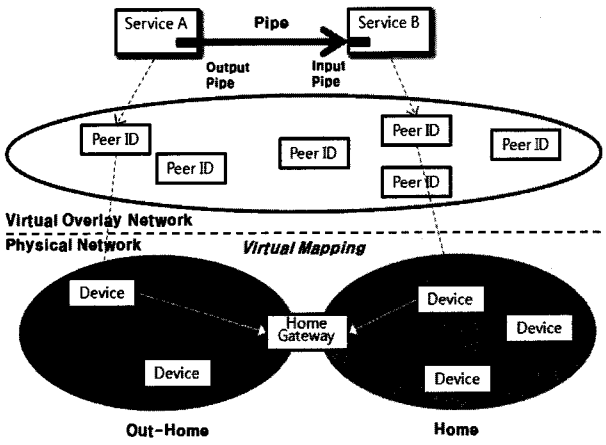


그림 7. 가상 오버레이 네트워크에서 파이프를 이용한 애플리케이션 통신
Fig. 7. Application Communication over Pipe in Virtual Overlay Network.

과 출력 파이프(송신단)로 명칭된다.

파이프는 파이프 광고를 통하여 공지 및 발견되며, 파이프 ID에 의하여 식별된다. 파이프 종단은 리졸버 프로세스에 의하여 홈기기와 동적으로 바인딩 된다. 파이프 추상화를 통하여 애플리케이션 및 서비스가 종단 경로 상의 네트워크 및 기기 장애에 영향을 받지 않도록 할 수 있다.

Ⅳ. 실험 및 평가

제안된 유비쿼터스홈 네트워킹 모델의 동작성 검증을 위하여 프로토타입을 제작하였다. 응용서비스로써 IP 기기를 이용한 블루투스 기기 제어 서비스를 구현하였다. 본 서비스에서 사용자는 IP 기반의 PDA 또는 노트북을 이용하여 블루투스 기반의 전자액자, 프린터, 헤드셋을 제어하여 이미지 디스플레이 및 인쇄, 음악 재생을 할 수 있다. 또한 블루투스 기반 PDA와 IP 기기 간 콘텐츠 공유 및 메시지 통신 등이 가능하다.

구축된 테스트베드는 그림 8에 나타나있다. 블루투스 네트워크에 위치한 전자액자, 프린터 및 헤드셋은 소프트웨어의 추가가 불가하여 JXTA 프로토콜이 탑재되지 않은 레가시 기기이며, PDA는 JXTA 프로토콜이 탑재된 non-IP 기반 JXTA 기기이다. IWG는 레가시 기기와 non-IP 기반 JXTA 기기가 IP 기반 JXTA 기기와 연동하도록 지원한다. IP 기반 JXTA 기기인 PDA와 노트북에는 JXTA 프로토콜 및 협업 애플리케이션이 탑재된다. 본 테스트베드에서는 JXTA 오픈 프로젝트에서 배포한 JXTA-C 2.5.2 버전, 블루투스 기기의 IP 네트워크용 NAP(Network Access Point) 구현을 위하여 PAN 프로파일[9] 0.95 버전을 각각 사용한다.

그림 9는 IP 기반 PDA에서 블루투스 전자액자로 이

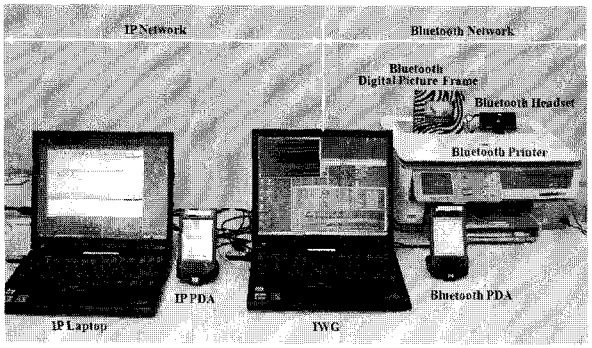


그림 8. 테스트베드 구성
Fig. 8. Experimental Test-bed Configuration.

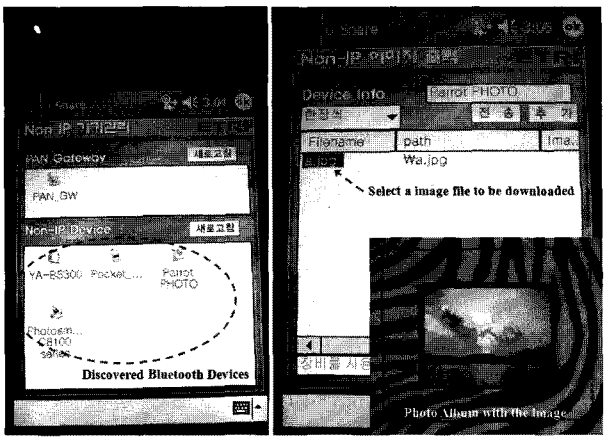


그림 9. IP PDA의 블루투스 전자액자 제어 화면
Fig. 9. Screens of IP PDA to collaborate with Bluetooth Digital Picture Frame.

미지를 다운로드 하는 화면을 보여주고 있다. 왼쪽 그림은 IP 기반 PDA에서 JXTA를 이용하여 주변 기기를 검색하는 화면이다. 검색 결과로써, IWG에 연결된 블루투스 기기 목록을 보여준다. 오른쪽 그림에서와 같이 이미지 다운로드 애플리케이션을 이용하여 IP PDA에 저장된 이미지 파일을 전자액자로 다운로드한다. 오른쪽 하단 그림은 전자액자에 해당 이미지가 디스플레이 되는 모습을 보인다.

그림 10은 블루투스 PDA를 이용하여 IP 기반 노트북과의 메시지 통신 서비스 과정이 나타나 있다. 상단 왼쪽 그림은 블루투스 PDA에서 검색된 기기 리스트,

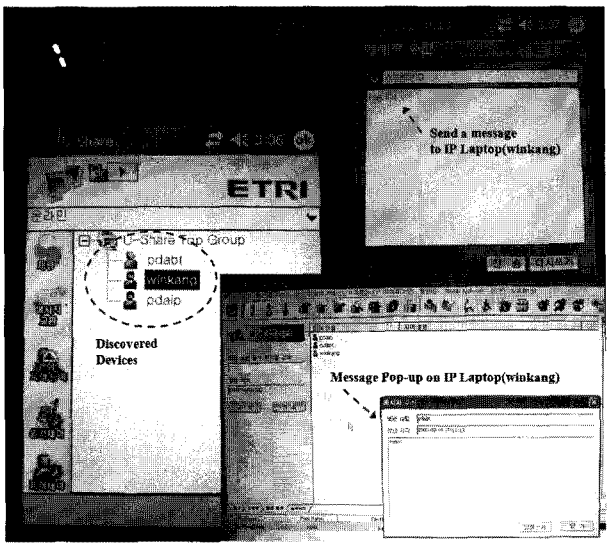


그림 10. 블루투스 PDA와 IP 노트북 간 메시지 통신 화면
Fig. 10. Message Communication between Bluetooth PDA and IP Laptop.

상단 오른쪽 그림은 블루투스 기기에서 IP 기반 노트북으로 메시지를 송출, 하단 그림은 IP 기반 노트북에 해당 메시지가 출력된 화면을 각각 보인다.

본 프로토타입의 시험 결과를 통하여, 제안된 모델이 P2P 프로토콜의 탑재가 불가한 레가시 기기를 수용할 수 있고 댁내 IP와 non-IP 네트워크 간 투명한 P2P 네트워킹을 기반으로 이종 기기 간 서비스 협업을 가능하게 함을 검증하였다. 결과적으로, 제안된 모델이 홈네트워크 환경에 적용 시 요구되는 주요 요구조건에 대한 만족시킴으로써 향후 유비쿼터스홈의 네트워킹 구조로 적용이 가능함을 확인한다.

V. 결 론

최근 홈네트워크는 무선 네트워킹 기술의 보급에 따라 다수의 기기가 동적으로 네트워킹되고 기기의 고성능화에 따라 서버와 클라이언트의 구분이 없어지는 추세를 보이고 있다. 이에 따라 소수의 기기가 정적으로 연결되는 집중형 구조를 기반으로 하는 기존 홈네트워크는 본 추세에 적절한 대응이 어렵다.

본 논문에서는 가상 오버레이 네트워크를 기반으로 하는 유비쿼터스홈 네트워킹 모델을 통하여 홈네트워크 추세에 적절히 대처하고자 한다. 제안된 모델은 프로타입 구현을 통하여 동작성이 입증되었으며, 상용화 과정을 거쳐 유비쿼터스홈을 위한 네트워킹 모델로 적용이 가능하다.

최근 개인 콘텐츠의 공유가 친척, 이웃 및 동호회 구성 간으로 확대되고 있다. 이에 따라 본 모델을 단일 홈뿐 아니라 홈과 홈 간 콘텐츠 공유를 위한 플랫폼으로 확장 적용이 필요하다. 이 경우, 참여되는 기기 및 콘텐츠의 개수가 상대적으로 증가하게 되어 효율적인 자원 검색이 요구된다. 최근 네트워크 트래픽 부하를 최소화하고 신속한 검색 결과를 얻을 수 있는 분산 인덱스 기반 다양한 검색 알고리즘들이 제시되고 있어 이에 대한 검토 및 적용에 대한 후속 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

[1] K. Egevang, P. Francis, "The IP Network Address Translator (NAT)," IETF RFC 1631, May 1994.

[2] B. Ford, P. Srisuresh, and D. Kegel, "Peer-to-Peer Communication across Network Address Translators," Proc. of USENIX '05 Annual Technical Conference, pp 179-192, 2005.

[3] JXTA Community Projects, "JXTA protocol specifications," https://jxta-spec.dev.java.net/, Apr. 2010.

[4] Brendon J. Wilson, JXTA, New Riders Publishing, 2004..

[5] N. Maibaum, T. Mundt, "JXTA: A Technology Facilitating Mobile Peer-to-Peer Networks," Proc. of the International Mobility and Wireless Access Workshop(MobiWac '02), pp 7-13, 2002.

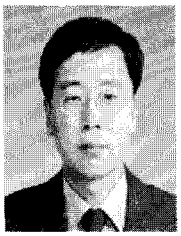
[6] B. Traversat, A. Arora, and M. Abdelaziz, "Project JXTA 2.0 Super-Peer Virtual Networks," Technical White Paper, SUN Microsystems, May 2003

[7] N. Ishikawa, T. Kato, S. Murakami, and J. Hjelm, "PUCC architecture, protocols and applications,"Proc. of Consumer Comm. and Networking Conf., pp. 788-792, Jan. 2007.

[8] W. Park, S. Nam, Y. Jeong, and K. Park, "An implementation of FTTH-based home gateway supporting various services," IEEE Trans. on Consumer Electronics, vol. 52, no. 1, pp. 110 - 115, Feb. 2006.

[9] Bluetooth Special Interest Group, Bluetooth Personal Area Networking Profiles, Specification of the Bluetooth System, Ver. 0.95, May 2001.

저 자 소 개



박 호 진(정회원)

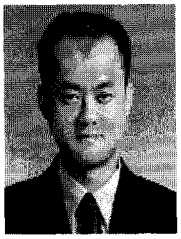
1981년 연세대학교 전자공학과 학사 졸업.
1983년 연세대학교 전자공학과 석사 졸업.
1982년～현재 한국전자통신연구원 책임연구원

<주관심분야 : 홈네트워크, 개방형 서비스 플랫폼>

김 남(정회원)

1981년 연세대학교 전자공학과 학사 졸업.
1983년 연세대학교 전자공학과 석사 졸업.
1988년 연세대학교 전자공학과 박사 졸업.
1989년～현재 충북대학교 전기전자컴퓨터공학부 교수
2005년～현재 충북 BIT 연구중심대학 육성사업단장
2008년～현재 방송통신위원회 국가표준심의회 위원

<주관심분야 : 유비쿼터스 컴퓨팅, 광통신>



박 준 희(정회원)

1995년 충남대학교 전자공학과 학사 졸업.
1997년 충남대학교 전자공학과 석사 졸업.
2004년 충남대학교 전자공학과 박사 졸업.
1997년～현재 한국전자통신연구원 책임연구원/팀장

<주관심분야 : 홈네트워크, 그린컴퓨팅 미들웨어>