

# P2P 기술 동향 및 홈네트워크 응용

P2P Technology Trend and Application to Home Network

디지털 홈 특집

박호진 (H.J. Park)

P2P네트워킹연구팀 팀장

박광로 (K.R. Park)

홈네트워크그룹 그룹장

## 목 차

- .....
- I. 서론
  - II. 정의 및 특징
  - III. 기술 동향
  - IV. 응용 서비스 동향
  - V. P2P 기반 유비쿼터스홈 모델
  - VI. 향후 발전 전망
  - VII. 결론

향후 인터넷 기반 애플리케이션에는 확장성, 보안 및 신뢰성, 새로운 서비스에 대한 유연성 및 QoS 등의 요구사항이 제시된다. 기존 클라이언트-서버 방식에서 이러한 요구사항의 만족을 위해서는 복잡성 및 고비용 문제가 제기된다. 반면, 모든 형태의 분산 자원 접근이 가능한 P2P 통신 방식에서는 보다 간단한 해결방안을 제시함으로써 인터넷 기반 애플리케이션에 새로운 가능성을 제시하고 있다. 본 고에서는 P2P 기술에 대한 연구 개발 및 응용 서비스 동향에 대하여 소개한다. 또한 유비쿼터스 환경에서 P2P 기술의 역할 및 해결되어야 할 문제점에 대해서 정리하고, 실제 P2P를 이용한 유비쿼터스홈 구축 모델을 제시한다. 마지막으로 향후 P2P 요소 기술 및 응용서비스 발전 전망에 대해 간략히 살펴본다.

## I. 서론

1999년 5월 파일 공유를 위한 Napster 소개로 시작된 Peer-to-Peer(이하 P2P) 네트워킹 기술은 분산 컴퓨팅, 인터넷 전화(Skype)[1]에 성공적으로 적용됨에 따라, 현재 가장 관심 있는 인터넷상 새로운 통신방식으로 떠오르고 있다. P2P 응용에 대한 사용 증가세는 WWW 보다도 빠른 성장을 보이고 있다. 본 기술은 모든 형태의 분산 자원 접근에 사용될 수 있으며 인터넷 기반 응용에 새로운 가능성을 제시하고 있다. 인터넷 서비스 사업자 보고에 따르면 인터넷 트래픽의 50% 이상(때로는 75% 이상)이 P2P 응용에 의하여 발생된다고 한다.

미래의 인터넷 기반 애플리케이션에는 다음과 같은 3가지 요구사항이 대두된다.

- 확장성: 다수 사용자로부터 대역폭, 저장 및 프로세싱 능력 등 자원 요구에 대한 유연한 대처 필요
- 보안 및 신뢰성: 집중화 구조 기반 시스템에 대한 악의적 공격(denial-of-service) 대처, 익명성 보장 및 해킹 대처 능력 요구
- 유연성 및 QoS: 새로운 서비스에 대한 신속하고 용이한 대응 능력

기존 클라이언트-서버 기반 응용에서는 상기 요구사항을 더 이상 충분히 만족시킬 수 없음이 밝혀지고 있다. 예를 들어 집중화된 구조에서는 자원 병목 현상 및 악의적 공격에 대한 대처가 어려우며, 기존 구조 하에서 이를 보완하기 위해서는 복잡성 및 고비용의 문제가 제기된다. 반면, P2P 네트워킹 및

컴퓨팅에서는 분산 및 자율 구성(self-organizing) 구조라는 근본적인 패러다임 변화를 통하여 상기 요구사항에 대한 보다 간단한 해결 방안을 제시함으로써, 장래의 애플리케이션 및 시스템 요소, 인프라 서비스의 주된 설계 패턴으로 떠오르고 있다.

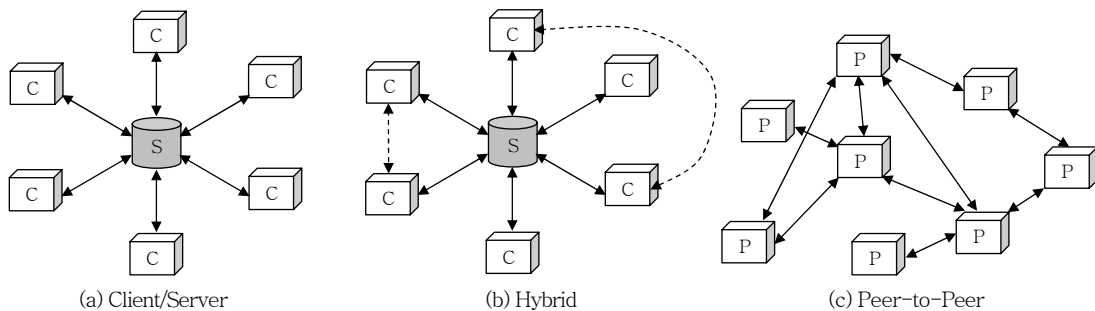
본 고에서는 P2P 기술의 정의 및 특징, 연구 개발 및 응용 서비스 동향에 대하여 소개한다. 또한 유비쿼터스 환경에서 P2P 기술의 역할 및 해결되어야 할 문제점에 대해서 정리하고, 실제 P2P를 응용한 유비쿼터스 홈 모델을 제시한다. 마지막으로 P2P 기술 및 응용서비스 발전 전망에 대해 살펴본다.

## II. 정의 및 특징

P2P 시스템은 네트워크 환경에서 집중화된 서비스 개념 없이 분산 자원의 공유를 목적으로 동등한 자격을 가진 자율적(autonomous) 객체(피어)로 이루어진 자율 구성 시스템으로 정의된다(그림 1) 참조). 이러한 기본 개념을 통하여 P2P는 수동적 협조에서 능동적 협동, 집중화에서 분산화, 제어적에서 동기유발적으로의 패러다임 변화를 주도하고 있다.

P2P 시스템의 주요 특성은 다음과 같다.

- 분산 자원 공유 측면
  - 관심 대상 자원은 분산된 형태로 이용되며 피어에 가까운 네트워크 종단에 위치한다.
  - 피어 집합 내 각 피어는 상대 피어가 제공하는 자원을 이용하며, 대상 자원은 오디오/비디오 데이터, 애플리케이션, 컴퓨팅 파워, 연



(그림 1) 시스템의 구조적 분류

결성 및 presence 정보 등이다.

- 피어는 네트워크로 상호 연결되며, 지구상 전역으로 분산 가능하다.
- 이동성을 기반으로 하는 유비쿼터스 환경에서 각 피어는 해당 주소가 동적으로 변화하며 상시 네트워크에 연결된다는 보장도 없다. 따라서 주소를 기반으로 하는 데이터 어드레싱은 더 이상 유효하지 않다. 이에 대한 대안으로 P2P 시스템은 콘텐츠 기반 라우팅 기능을 제공한다.

• 분산 자율 조직 측면

- 공유 자원 이용을 위하여 별도의 중앙 집중형 제어 또는 중재 없이 피어간 직접 상호 작용한다. 따라서 집중화 구조의 병목 현상은 피하지만 클라이언트-서버 구조에 비하여 종단 시스템의 가용도 감소에 대비해야 한다.
- 성능 측면에서 완전 분산 개념의 P2P 시스템에 집중화 요소를 도입해야 할 경우가 있으며, 이를 하이브리드 P2P 시스템이라 한다 ((그림 1b) 참조).
- P2P 시스템에서 각 피어는 클라이언트와 서

버 역할을 겸함으로써 기능 가용성 측면에서 유연성을 제공한다.

- 각 피어는 기능적 역할 측면에서 동등 자격을 갖는다. 각 피어가 보유한 자원의 공유 여부는 피어의 자율적 결정에 따른다.
- 시스템은 자율 조직 또는 ad-hoc 방식으로 제어된다.

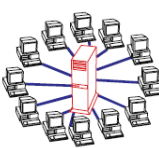
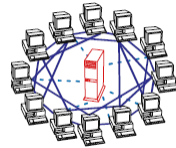

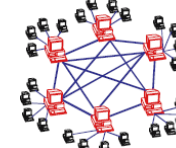
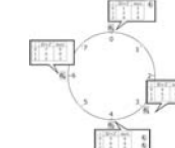
### Ⅲ. 기술 동향

집중화 구조 없이 분산시스템의 자율 구성을 목표로 하는 P2P 시스템에서 원하는 데이터를 쉽게 검색하여 찾고 관리하는 것이 가장 큰 문제점이다. 이러한 문제점을 해결하기 위한 방식으로 <표 1>에 정리된 바와 같이 2가지 접근 방식, unstructured와 structured P2P가 있다.

#### 1. Unstructured P2P

본 방식은 피어와 자원 간 연관성 설정이 없는 구조로써, 중앙 서버 또는 인접 피어로 검색 쿼리

<표 1> Client-Server, P2P 모델간 특징 비교

Client-Server	Peer-to-Peer			
	Unstructured P2P		Structured P2P	
	1세대	2세대		
	Centralized P2P	Pure P2P	Hybrid P2P	DHT-Based
	1. 자원은 피어 간에 공유된다. 2. 자원은 다른 피어로부터 직접 접근 가능하다. 3. 피어는 제공자이며 요구자이다.(Servant 개념)			
1. Central Entity 형태 서버가 서비스 및 콘텐츠의 유일한 제공자	1. P2P의 모든 서비스 포함	1. P2P의 모든 서비스 포함	1. P2P의 모든 서비스 포함	1. P2P의 모든 서비스 포함
2. 고성능 시스템의 서버 필요	2. 서비스 제공을 위한 Central Entity 필요	2. 모든 터미널이 기능 손실 없이 제거 가능	2. 모든 터미널이 기능 손실 없이 제거 가능	2. 모든 터미널이 기능 손실 없이 제거 가능
3. 클라이언트는 상대적으로 저성능 시스템	3. Central Entity는 인덱스/그룹 데이터베이스 역할	3. Central Entity 없음	3. 동적 Central Entity 필요	3. Central Entity 없음
				4. Overlay 상 피어간 연결이 고정됨
WWW	Napster	Gnutella 0.4, Freenet	Gnutella 0.6, JXTA	Chord, CAN
				

flooding을 이용하여 자원 및 피어를 탐색한다.

P2P 네트워킹 초기 모델은 자원을 보유한 피어의 IP 주소를 중앙 서버에 의해서 관리하는 집중화된 형태로 시작되었다. 본 모델은 Napster에 의해서 널리 알려졌으나 공유 파일의 저작권에 따른 법적인 문제, 중앙 서버에 의한 확장성 제한 등으로 사용이 제한되었다. 이에 대한 대안으로, 원하는 자원이나 피어를 찾을 때까지 중앙 장치 없이 인접 피어로 검색 쿼리를 flooding 시키는 방식인 Pure P2P 모델이 널리 사용되었다. 그러나 본 모델은 flooding에 따른 신호 트래픽이 과다 발생하는 문제점이 제기되었다. 이를 보완하기 위해 제안된 하이브리드 P2P 모델에서는 시스템을 여러 개의 슈퍼 피어를 이용한 계층적 구조를 구성하고 자원 검색 쿼리를 슈퍼 피어 간에 효율적으로 flooding함으로써 신호 트래픽을 감소시킨다.

## 2. Structured P2P

본 방식에서는 분산 인덱싱을 제공하는 분산 해시 테이블(DHT)로 콘텐츠와 피어 정보들을 공통의 단일 주소 공간으로 매핑하여 콘텐츠 저장 및 검색이 이루어지는 분산 구조의 콘텐츠-어드레싱 기반 데이터 저장 기법을 제시하고 있다. 본 기법에서 최대 검색 횟수  $O(\log N)$ 으로 데이터 검색이 가능하기 때문에, 검색 효율에 영향 없이 피어 개수를 임의로 증가시킬 수 있다( $N$ 은 피어 개수).

또한, 각각의 노드에서 검색을 위해 필요한 정보의 양이 기존의 중앙 서버 기반의 P2P보다 적고, 검색을 위한 통신 오버헤드가 flooding 기반의 P2P 방식보다 적다. 따라서 unstructured P2P에 비하여 상대적으로 대규모 네트워크에 적용이 가능하다. 그러나 unstructured P2P에서 다양한 데이터의 속성 값을 이용하여 복잡한 쿼리가 가능했던 반면에, 분산 해시 테이블을 사용함으로써 쿼리가 단순화되는 단점이 있다.

DHT를 이용한 검색 기법이나 DHT 관리 기법에 따라 여러 가지 응용 사례가 존재한다. Pastry[2], Tapestry[3], Chord[4] 등의 ring 기반 접근 방식에서는 이진 배열  $B^*$ -tree와 유사한 검색 알고리즘을 사용한다. 그 이외에도,  $n$ -차원의 주소 공간 균등 분할 방식을 사용하는 CAN[5]과, 기존 Chord의 ring 형태 주소 공간을 계층적으로 구성하는 계층적 ring 구조 방식의 Viceroy[6]가 있다.

## IV. 응용 서비스 동향

P2P는 다양한 응용 분야에서 자원(presence 정보, 파일, 대역폭, 저장소 및 프로세서 사이클 등)을 관리하는 대안을 제시하고 있다. 본 장에서는 각 분야에서 접근 방식을 간략히 소개한다.

### 1. 정보 공유 분야

#### 가. Presence 정보

P2P 기반 자율 구성 조직 내에서 피어 및 자원의 존재 여부 정보(presence information) 제공은 P2P의 기본 기능이다. 이를 통하여 다른 피어와 직접 연락하고 필요한 자원(웹 서비스, 정보, 스토리지, 프로세서 사이클 등)에 대해서 문의가 가능하다. P2P 기반 인스턴트 메시징 시스템은 본 기능을 활용한 대표적인 서비스이다.

Skype는 중앙 국설 교환기 없이 presence 서비스를 이용하여 자신의 buddy list에 등록된 피어 간 인터넷 전화 서비스를 제공하고 있다.

#### 나. 문서 관리

통계적으로 조직 내 문서의 대부분은 중앙 서버에 의한 일괄 관리보다는 각 개인 PC에 분산된 경우가 많다. 이를 고려하여 NextPage-NXT 4 플랫폼[7]은 P2P 네트워킹을 이용하여 각 피어에 분산된 로컬 데이터를 통합 연결하는 리포지터리 생성 기능

을 제공한다.

P2P 기술은 분산된 데이터 자원의 연결뿐 아니라 정보의 통합 및 자율 조직형 P2P 지식 네트워크 구성 서비스에도 활용 가능하다. Opencola[8]는 별도 중앙장치 없이 자율적인 네트워킹 구성으로 망 내 분산된 사용자의 관심 지식 분야에 대한 정보를 모아주는 첫번째 응용 사례이다.

#### 다. 협업

클라이언트-서버 기반 그룹웨어와 달리 P2P에서는 별도의 중앙 관리 체계 없이 구성원간 협업(collaboration) 서비스를 제공한다. Groove Virtual Office[9]는 대표적인 협업 서비스 응용으로써, ad-hoc 기반 가상팀을 위한 공유 작업 환경(인스턴트 메시징, 파일 공유, 통지, 공동 브라우징, 화이트보드, 음성 회의 및 실시간 동기 데이터베이스)을 지원한다.

## 2. 파일 공유 분야

파일 공유는 가장 대표적인 P2P 응용 서비스이다. 인터넷 트래픽의 70% 이상이 파일 교환으로 발생된다고 추정된다. P2P 환경에서 파일을 다운로드 받은 클라이언트 피어는 다른 피어에게도 해당 파일을 제공함으로써 서버 역할을 겸하게 된다.

P2P 파일 공유 서비스는 원하는 파일을 검색하

는 방식에 따라, flooded 요구 모델(Gnutella), 중앙 디렉토리 모델(Napster), 문서 라우팅 모델(Freenet) 등으로 분류된다.

Gnutella[10],[11]에서는 인접 피어로 검색요구를 flooding시켜 원하는 파일을 찾는 방법으로써, 사전에 피어 검색 범위를 정의함으로써 검색요구 메시지의 flooding이 제한된다. 본 모델에서는 검색 피어 범위에 따라 검색 메시지가 지수 함수적으로 증가하므로 큰 규모의 망에서는 비효율적이다. 이를 보완하는 다양한 모델이 시도되고 있으며, 그 중 대표적인 것이 FastTrack[12]으로써 중앙 슈퍼 노드를 이용하여 검색요구를 최적화한다.

Napster[13]는 중앙 서버에 의하여 인덱스 서비스가 제공되는 하이브리드 P2P 시스템이다. 피어가 Napster 망에 접속 시 해당 피어가 제공 가능한 파일이 중앙 서버에 등록된다. 따라서 검색 요구 시 중앙 서버는 해당 파일을 보유한 피어 리스트를 제공한다.

Freenet[14],[15]에서는 파일이 의도적으로 별도의 피어에 저장되어 익명에 의하여 파일이 저장되고 접근된다는 점에서 앞서의 서비스 모델과 근본적인 차이점을 갖는다. 각 파일과 피어에는 고유 식별자가 할당되고, 파일 생성시 해당 파일 식별자와 산술적으로 가장 근접한 식별자를 가진 피어에 파일이 저장된다. 따라서 파일 검색 방법은 해당 파일 식별자와 산술적으로 가장 근접한 식별자를 가진 피어를 찾는 과정으로 이루어진다. 본 방법은 대규모의 망에 적용 가능하나, 앞서 제시된 모델에 비하여 검색 과정이 상대적으로 복잡하다는 단점이 있다.

## 3. 대역폭 효율화 분야

기존 클라이언트-서버 형태의 중앙 구조에서는 서버로 트래픽 집중으로 인한 병목 현상 및 queuing 지연 문제점을 내포하지만, P2P 구조에서는 각 피어로 분산된 트래픽 루트를 이용 가능하게 함으로써 효율적인 부하 분산이 가능하다.

### ● 용 어 해 설 ●

**클라이언트-서버 구조:** 서비스 사용자 혹은 단말기를 의미하는 다수의 클라이언트가 서비스를 제공하는 대용량 서버에 연결된 집중화 구조를 의미한다. 대표적인 예로는 월드 와이드 웹(WWW)으로써, 웹사이트의 웹 서버가 서버 역할을 하고, 사용자가 쓰는 웹 브라우저가 클라이언트이다.

**Ad Hoc:** 중앙제어 노드없이 흩어져 있는 노드들끼리 서로 통신(일반적으로 무선)을 하는 네트워크 구조이다. 본 네트워크에 참여하는 각 노드들은 라우터, 서버 역할을 모두 수행할 수 있어야 한다. 긴박한 상황이나 지속적인 망 연결이 필요 없는 환경에 적용된다.

### 가. 부하 분산

다수의 피어에 파일이 복제된 상태에서 P2P 방식으로 효율적인 부하 분산을 이용하는 개념은 미디어 스트리밍 및 VoD 분야에 많이 적용된다. 예로써, PeerCast[16], Peer-to-Peer-Radio[17], SCVI.net[18] 등이 있다. 유사한 개념의 Kontiki network[19]는 사내 eLearning 교재 배포, antivirus 데이터 갱신, 컴퓨터 게임 업그레이드 등에 활용되고 있다.

### 나. 다운로드 속도 개선

BitTorrent[20]는 대용량 파일을 다수의 작은 블록으로 분할하여 다수 피어로부터 동시에 수신하고 수신된 블록을 조합하여 원래 파일을 구성하게 함으로써, 소스 피어로의 대역폭을 다수의 피어가 공유할 수 있게 하여 다운로드 속도를 향상시킬 수 있다.

## 4. 데이터 스토리지 분야

망 내 컴퓨터 클러스터로 구성된 P2P 저장 네트워크를 이용하여 각 컴퓨터에서 제공 가능한 저장 공간을 사용함으로써, 기존 저장 시스템에 비해 저장 공간 활용 및 관리 측면에서 효율화가 가능하다. 이를 이용한 시스템으로는 PAST[21], Pasta[22], OceanStore[23], CFS[24], Farsite[25] 및 In-termemory[26] 등이 있다. 데이터 저장 및 탐색 방법은 앞서 설명된 문서 라우팅 모델(Freenet)과 동일하다.

## 5. 컴퓨팅 파워 공유 분야

P2P를 이용하여 각 컴퓨터에 분산된 여러 프로세서 사이클을 묶음으로써 현존하는 최고 성능의 슈퍼 컴퓨터가 제공하기 힘든 컴퓨팅 파워를 제공할 수 있다. 이와 같이 P2P 기반으로 가상 조직 내 분산된 컴퓨팅 자원을 공유하는 기술이 그리드 컴퓨팅(grid computing)이며, 이를 응용한 최초의 프로젝

트가 SETI@home[27]이다.

현재 그리드 컴퓨팅은 컴퓨팅 자원의 제공뿐 아니라 노드 간 가용한 자원을 상호 이용하게 하는 형태로 발전되고 있으며, 이를 위한 표준화된 미들웨어 개발을 위한 Globus 프로젝트[28]가 IBM, Microsoft, Sun, HP 및 NEC 등의 지원 하에 진행되고 있다.

## V. P2P 기반 유비쿼터스 홈 모델

### 1. P2P의 유비쿼터스 환경 응용

유비쿼터스 컴퓨팅 환경에서는 센서 및 사용자 기기 등 자율적 기기가 다수 존재하며 지역적으로 도처에 분산된다. 각 기기는 다른 기기 및 서비스, 응용에 필요한 자원을 제공함으로써 다른 기기에 중요한 기능성을 가지며 기능의 완전함을 위하여 다른 기기가 제공하는 정보에 의존한다. 또한 기기 이동, 통신 영역 제한, 배터리 절약을 위한 전원 차단 등으로 인하여 각 기기는 다른 기기와 연속적 연결이 제한되는 특성을 보인다.

이러한 유비쿼터스 애플리케이션의 전형적인 특징은 P2P 네트워크 및 시스템이 기반으로 하는 원칙, 즉 자율 조직 구성, 자원 공유, 독립 기기간 협업을 통한 보다 큰 시스템 구축 등과 일치한다. 따라서 P2P 기술은 유비쿼터스 컴퓨팅 애플리케이션을 위한 미들웨어로 활용이 가능하며, 주요 응용 분야는 통신 인프라 구축이다.

그러나 P2P 네트워크 구성을 위해서는 다수의 신호 메시지 교환이 필요하여 저전력 기반 유비쿼터스 기기에서는 많은 전력 소모를 요구한다. 또한 IP 기반 고 대역폭을 가진 PC를 대상으로 하므로, 다양한 통신장애 유형으로 불안정한 네트워크 연결과 초당 수 비트의 낮은 무선전송속도를 가진 유비쿼터스 센서 등에는 적용하기 어렵다. 따라서 유비쿼터스 환경의 역동성 및 불확실성에 적절히 대처하도록 전통적인 P2P 솔루션에 수정이 필요하며, 이에 대한

연구 프로젝트 Sahara[29], Mundo[30] 및 Oxygen[31]이 진행되고 있다.

유비쿼터스 P2P 인프라 구축을 위하여 기존 P2P 기술이 해결해야 할 주요 문제점 분야는 다음과 같다.

- 저속 저전력 기기에서 고성능 서버 등 다양한 기기 플랫폼 환경, 네트워크 접속 및 가용 대역폭이 불확실한 무선 네트워킹 환경에 적합하도록 응용 및 통신 절차의 최적화
- 자원이 부족한 기기를 위하여 자원 및 서비스 탐색 등 제한 알고리즘에 대한 성능 개선
- 익명의 기기간 상호 인증, 통신 보안 및 프라이버시 보장을 위한 메커니즘 구축
- 백만 또는 수억 개의 대규모 기기로 구성된 유비쿼터스 인프라에 대처를 위한 시스템 확장성

## 2. P2P 기반 유비쿼터스홈 구축

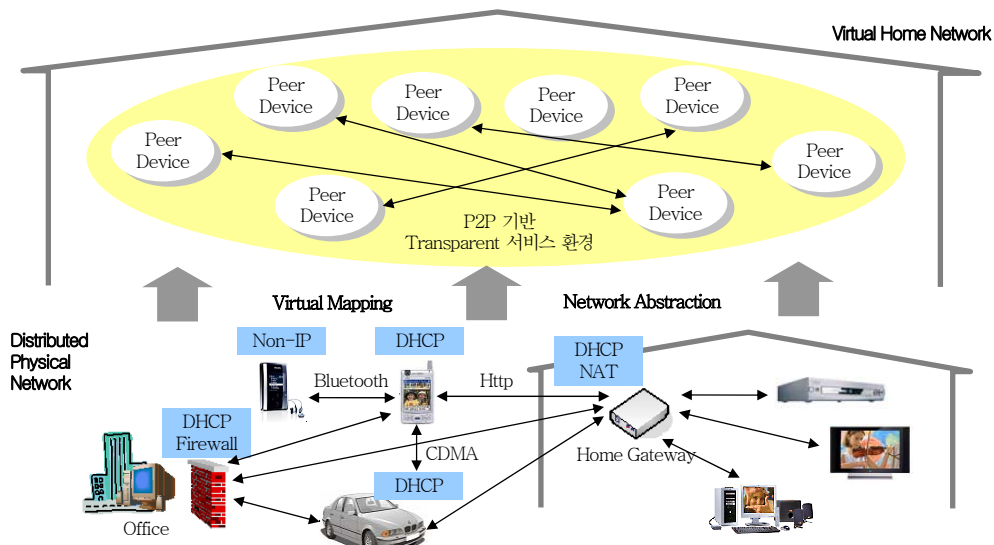
다양한 개인 단말기기(휴대폰, PDA, PMP, 자동차 텔레매틱스 단말, 센서 등) 보급이 가속화됨에 따라 홈내 서비스와 콘텐츠의 지역적 분산 및 동적 변화가 가속화되고 있다. 또한, 단말기기의 고성능화에 따라 각 단말은 자원의 소비뿐 아니라 제공이 가

능해짐에 따라 서버와 클라이언트의 역할을 겸하게 된다. 홈-to-홈에서도 개인형 서비스 및 콘텐츠 제공이 증가함에 따라 서비스와 콘텐츠를 용이하게 광고 및 검색하는 방법이 요구되고 있다.

이러한 상황에 대처를 위하여 (그림 2)와 같이 맥 내외에 분산된 개인기기 및 홈-to-홈 간 seamless 연결을 제공하는 가상 오버레이 네트워크를 구성하고, 본 네트워크 상에서 P2P 방식으로 단말 간 자유로운 자원 공유 및 협업을 제공하는 유비쿼터스홈 모델이 제시되고 있다. 현재 정보통신부 출연 기술 개발 과제(P2P 기반 가상홈 플랫폼 기술 개발, 2006.3.~2009.2.)를 통하여 본 모델 구현에 필요한 요소기술 개발이 진행되고 있다.

## VI. 향후 발전 전망

1990년 말부터 모바일 기술 분야에서는 자율 조직 네트워크인 MANET[32],[33]에 대한 연구가 활발히 진행중이다. 향후 P2P 네트워킹의 응용 분야로써 모바일 네트워크와 연계된 자율 조직 협업 환경, 상황 및 위치 기반 서비스가 주를 이룰 것으로 예상되고, 추가적으로 P2P 미디어 스트리밍 네트워

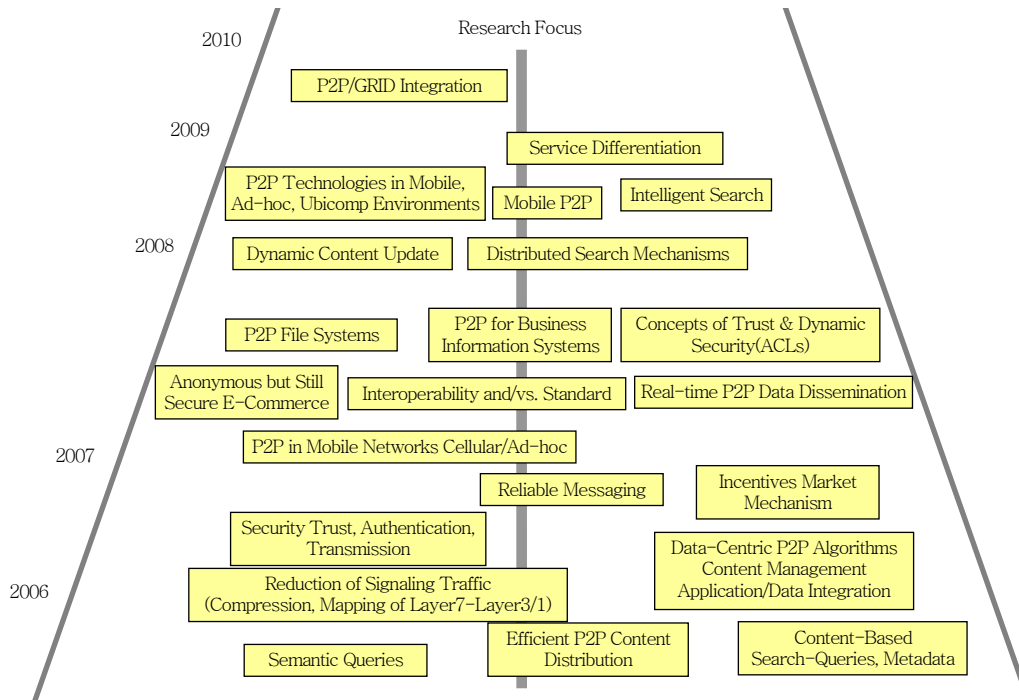


(그림 2) P2P 기반 유비쿼터스홈 개념도

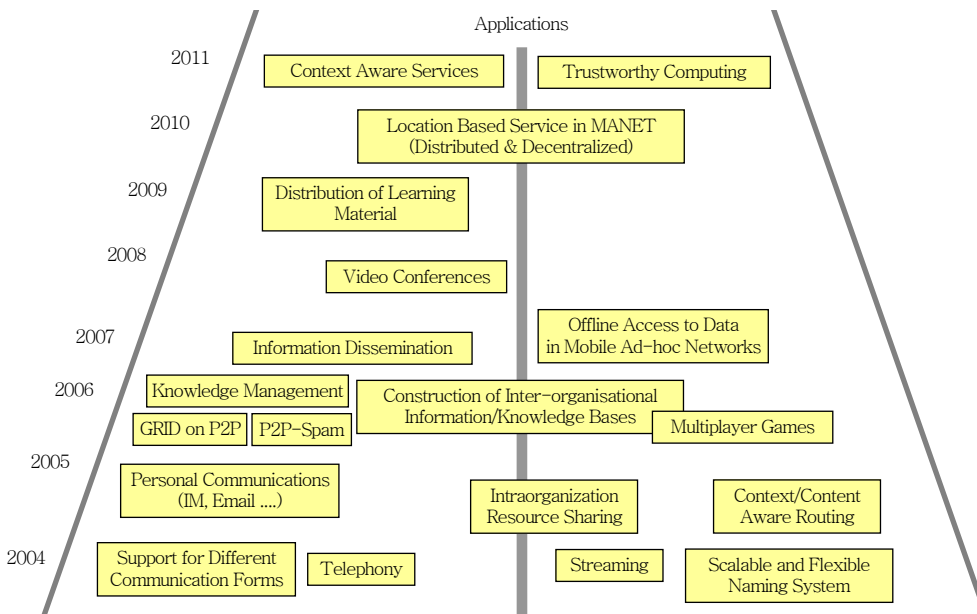
크도 고려된다(그림 3) 참조.

이러한 서비스 모델의 사업화를 위한 보안 및 인증, 접근 제어 및 과금에 대한 기술 개발이 필요하

다. 또한 신뢰성, 가용도, 부하 분산 및 QoS, 특히 모바일 환경에서 계층간 통신 등이 해결되어야 할 과제로 제시된다(그림 4) 참조.



(그림 3) P2P 요소기술 발전 전망



(그림 4) P2P 응용서비스 발전 전망



## VII. 결론

인터넷의 전통적인 클라이언트-서버 패러다임과는 달리 완전 분산 및 자율 조직 특성을 가진 P2P 개념은 확장성 및 신뢰성 측면에서 장래의 애플리케이션, 시스템 요소, 인프라 서비스를 위한 기본 설계 지침으로 제시되고 있다. 또한 유비쿼터스 환경의 전형적인 특징인 역동성 및 불확실성은 P2P의 자율 조직 구성, 자원 공유, 독립 기기간 협업을 통하여 효율적으로 대처할 수 있어 P2P 기술은 유비쿼터스 컴퓨팅 애플리케이션을 위한 인프라 미들웨어로 활용될 예정이다. 따라서 P2P 기술은 아직 초기 연구 상태이지만 차세대 네트워크의 핵심 역할을 담당할 것으로 기대된다.

## 약어 정리

DHT	Distributed Hash Table
MANET	Mobile Ad-hoc Network
P2P	Peer-to-Peer
QoS	Quality of Service
SETI	Search for Extraterrestrial Intelligence
VoD	Video on Demand

## 참고 문헌

- [1] Skype, "Skype Homepage," <http://www.skype.com/>, 2004.
- [2] A. Rowstron and P. Druschel, "Pastry: Scalable, Distributed Object Location and Routing for Large-Scale Peer-to-Peer Systems," *In IFIP/ACM Int'l Conf. on Distributed Systems Platforms(Middleware)*, Heidelberg, Germany, Springer, Nov. 2001, pp.329-350.
- [3] B.Y. Zhao, L. Huang, J. Stribling, S.C. Rhea, A.D. Joseph, and J. Kubiatowicz, "Tapestry: A Resilient Global-scale Overlay for Service Deployment," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, Vol.22, No.1, 2004, pp.41-53.
- [4] Chord, <http://www.pdos.lcs.mit.edu/chord/>, Project Homepage.
- [5] D. Malkhi, M. Naor, and D. Ratajczak, "Viceroy: A Scalable and Dynamic Emulation of the Butterfly," *In PODC'02: Proc. of the Twenty-first Annual Symp. on Principles of Distributed Computing*, ACM Press, 2002, pp.183-192.
- [6] S. Ratnasamy, P. Francis, M. Handley, and R. Karp, "A Scalable Content-Addressable Network," *In Proc. of SIGCOMM'01*, 2001.
- [7] Next Page Inc, [http://www.nextpage.com/pdfs/col-lateral/wp/nxt4\\_build\\_wp090903lo.pdf](http://www.nextpage.com/pdfs/col-lateral/wp/nxt4_build_wp090903lo.pdf), 2004.
- [8] Groove Networks, <http://www.groove.net>, 2004.
- [9] B. Leuf, *Peer-to-Peer. Collaboration and Sharing over the Internet*, Addison-Wesley, Boston, 2002.
- [10] M. Ripeanu, I. Foster, and A. Iamnitchi, "Mapping the Gnutella Network: Properties of Large-Scale Peer-to-Peer Systems and Implications for System Design," *IEEE Internet Computing Journal*, Vol.6, No.1, 2002.
- [11] M. Ripeanu, "Peer-to-Peer Architecture Case Study: Gnutella Network," *In Proc. of IEEE 1st Int'l Conf. on Peer-to-Peer Computing*, 2001.
- [12] FastTrack, <http://en.wikipedia.org/wiki/FastTrack>
- [13] Napster, "Napster Messages," <http://opennap.sourceforge.net/napster.txt>, 2000.
- [14] I. Clarke, S.G. Miller, T.W. Hong, O. Sandberg, and B. Wiley, "Protecting Free Expression Online with Freenet," *IEEE Internet Computing*, Vol.6, No.1, 2002, pp.40-49.
- [15] I. Clarke, "Freenet's Next Generation Routing Protocol," <http://freenet.sourceforge.net/index.php?page=ngrouting>, 2003.
- [16] PeerCast, <http://www.peercast.org/>, 2004.
- [17] P2P-Radio, <http://p2p-radio.sourceforge.net/>, 2004.
- [18] SCVI, <http://www.scvi.net/>, 2004.
- [19] Kontiki, <http://kontiki.com/>, 2004.
- [20] B. Cohen, "Incentives to Build Robustness in BitTorrent," <http://bitconjurer.org/BitTorrent/bittorrent-tecon.pdf>, 2004.
- [21] A. Rowstron and P. Druschel, "Storage Management and Caching in PAST, a Large-scale, Persistent Peer-to-Peer Storage Utility," *In 18th ACM SOS'01*, Lake Louise, Alberta, Canada, 2001.
- [22] T. Moreton, I. Pratt, and T. Harris, "Storage, Mutability and Naming in Pasta," <http://www.cl.cam.ac.uk/users/tlh20/papers/mp-h-pasta.pdf>, 2002.

- [23] J. Kubiawicz, D. Bindel, Y. Chen, S. Czerwinski, P. Eaton, D. Geels, R. Gummadi, S. Rhea, H. Weather-  
spoon, C. Wells, and B. Zhao, "OceanStore: an Ar-  
chitecture for Global-scale Persistent Storage," *In  
Proc. of the 9th Int'l Conf. on Architectural Support  
for Programming Languages and Operating Sys-  
tems*, ACM Press, 2000, pp.190-201.
- [24] F. Dabek, M.F. Kasshoek, D. Karger, R. Morris, and  
I. Stoica, "Wide-area Cooperative Storage with CFS,"  
*In Proc. of the 18th ACM Symp. on Operating Sys-  
tems Principles*, 2001, pp.202-215.
- [25] A. Adya, W.J. Bolosky, M. Castro, G. Cermak, R.  
Chaiken, and J.R. Douceur, "FARSITE: Federated,  
Available, and Reliable Storage for an Incompletely  
Trusted Environment," [http://research.microsoft.com/  
sn/Farsite/OSDI2002.pdf](http://research.microsoft.com/sn/Farsite/OSDI2002.pdf), 2002.
- [26] A. Goldberg and P. Yianilos, "Towards an Archival  
Intermemory," *In Proc. of the IEEE Int'l Forum on  
Research and Technology Advances in Digital Li-  
braries*, Santa Barbara, 1998, pp.147-156.
- [27] D. Anderson, *SETI@home*, chapter 5, O'Reilly, Se-  
bastopol, 2001, pp.67-76.
- [28] The Globus Alliance, <http://www.globus.org/>, 2004.
- [29] B. Raman, S. Agarwal, Y. Chen, M. Caesar, W. Cui,  
P. Johansson, K. Lai, T. Lavian, S. Machiraju, Z.M.  
Mao, G. Porter, T. Roscoe, M. Seshadri, J. Shih, K.  
Sklower, L. Subramanian, T. Suzuki, S. Zhuang, A.D.  
Joseph, R.H. Katz, and I. Stoica, "The SAHARA  
Model for Service Composition Across Multiple  
Providers," *In Proc. of Pervasive Computing*, Zurich,  
Switzerland, 2002.
- [30] A. Hartl, E. Aitenbichler, G. Austaller, A. Heine-  
mann, T. Limberger, E. Braun, and M. M"uhlh"  
auser, "Engineering Multimedia-Aware Personal-  
ized Ubiquitous Services," *In Proc. of IEEE Multi-  
media Software Engineering*, Newport Beach, CA,  
2002.
- [31] Oxygen, "Oxygen Project Web Site," [http://oxygen.  
lcs.mit.edu](http://oxygen.lcs.mit.edu).
- [32] C.E. Perkins, *Ad Hoc Networking*, Addison-Wesley,  
2000.
- [33] R. Schollmeier, I. Gruber, and F. Niethammer, "Pro-  
tocol for Peer-to-Peer Networking in Mobile Envi-  
ronments," *In Int'l Conf. on Computer Communica-  
tions(ICCCN03)*, 2003.