

## 디지털 홈 커뮤니티 환경에서 콘텐츠 공유를 위한 P2P 오버레이 네트워크<sup>†</sup>

광주과학기술원 이현룡 · LeHai Dao · 김남곤\* · 김종원\*\*

### 1. 요약

홈 네트워크가 다양하고 풍부한 콘텐츠를 보유하고 있는 엔터테인먼트 네트워크로 발전함에 따라 향후에는 사용자들이 UCC(user created contents) P2P(peer-to-peer) 파일공유 응용의 사례와 유사하게 자신들의 관심 정보에 기초하여 콘텐츠를 홈 네트워크들 간의 커뮤니티를 예상하면서 이를 디지털 홈 커뮤니티(DHC: digital home community)로 명명한다. DHC 환경에서 효율적으로 콘텐츠를 공유하려면 계층적인 P2P 기반 오버레이(overlay) 네트워킹에 의한 연결성 및 검색 기법, QOS 및 보안을 안정적으로 지원하는 P2P 기반 콘텐츠 분배 기법, 그리고 이에 수반되는 각종 미디어 지원 홈 네트워크 기기들의 자원 관리 및 구성 기법 등의 다양한 사항들이 만족되어야 한다. 따라서 본 논문에서는 DHC 환경에 적합한 특성을 지니는 오버레이 기반 콘텐츠 검색 및 전송 기법들에 대한 고찰을 시도해 본다.

### 2. 서론

네트워킹 기술들이 집 안에서 일상적인 목적으로 사용되는 각종 기기들에 적용되고 이러한 기기들이 연결됨에 따라 홈 네트워크가 형성되고 있다[1]. 이러한 홈 네트워크는 향후의 디지털 리빙(digital living)이 요구하는 응용 서비스의 유형(category)에 따라 크게 데이터 홈 네트워크, 자동화/제어 홈 네트워크, 엔터테인먼트 홈 네트워크로 분류된다. 먼저 데이터 홈 네트워크는 현재까지 가장 일반적인 형태로써 인터넷 접속, 파일 공유, 멀티미디어 게임, 주변기기 연결을 지원하는 PC 중심의 홈 네트워크를 지칭한다. 또한 홈 자동화/제어 네트워크는 보안, 안전, 전기/가스/수도 자동

검침, 에너지 사용 최적화 등을 위해 활용되는 네트워크이다. 하지만 점차적으로 엔터테인먼트 또는 에듀테인먼트(edutainment) 서비스에 대한 관심이 증대되면서, 각종 음악, 비디오 콘텐츠를 가정 내의 정보가전 기기 간에 공유하고 사용자들이 시간/장소에 구애받지 않고 편리하게 이용하도록 하는 엔터테인먼트 홈 네트워크의 중요성이 점점증하고 있는 실정이다.[2][3]

세 가지 유형의 홈 네트워크 중에서 향후에는 네트워크를 지원하는 디지털 미디어 기기의 보급이 획기적으로 증가하면서 엔터테인먼트 홈 네트워크가 가장 많은 비중을 차지할 것으로 예상되며, 이에 관련한 각종 네트워킹 기술에 대한 연구가 활발히 진행 중이다. 일례로 홈 네트워크 내에서의 미디어 기기의 발견 및 제어를 통해 사용자들이 원하는 콘텐츠를 편리하게 즐기게 하는 프로토콜로 UPnP(universal plug and play)[5], HAVi (home audio video interoperability)[6], Jini [7] 등이 제시되고 있다. 앞으로 이들 프로토콜에 기초한 정보가전 기기들의 제작과 보급은 가정 내에 풍부한 미디어 콘텐츠의 편리한 제공 및 사용을 유도할 것으로 예상된다. 또한 홈 네트워크 프로토콜들 간의 과도한 표준화 경쟁 및 호환성 문제를 해결하기 위해 형성된 DLNA(digital living network alliance)[8]를 통해 발표되는 호환성 기술 가이드라인은 서로 다른 제조사의 기기들 간에도 미디어 콘텐츠를 서로 공유하게 하여 엔터테인먼트 홈 네트워크의 보급을 가속화시킬 전망이다.

이와 같이 엔터테인먼트 홈 네트워크의 보급이 가속화되어 조만간 각각의 홈 네트워크들은 방대한 분량의 콘텐츠를 분산하여 보유하게 될 것으로 보인다. 특히 최근에 주목받고 있는 디지털 카메라, 캠코더 등의 보급과 함께 사용자에게 의해서 제작되어, 블로그(blog), 동영상 포털 등을 통해 활발하게 보급되고 있는 UCC (user created contents)는 이러한 추세를 가속화하고 있다. 또한 엔터테인먼트 홈 네트워크의 발전으로

<sup>†</sup> 본 논문은 한국학술진흥재단(KRF-2004-041-D00463)의 지원을 받음. 논문 작성에 도움을 주신 허혜선 박사님께 감사드립니다.

\* 학생회원

\*\* 종신회원

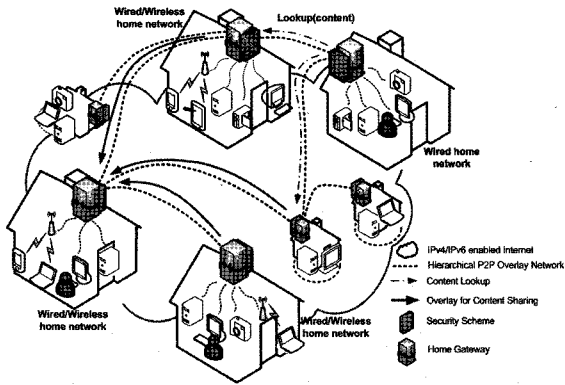


그림 1 디지털 홈 커뮤니티 환경에서 콘텐츠 공유를 위한 기술 구성 요소 및 환경

정보가전 기기들이 진술한 프로토콜들을 내장해서 지원하게 되면, 사용자들이 제작한 콘텐츠를 홈 네트워크로 연결시키는 일이 더욱 간편해질 것이다. 이미 TiVo[10], MSN TV[23], Replay TV[24] 등과 같은 서비스의 보급을 통해서 사용자들이 홈 네트워크 내의 TV 또는 PC를 중심으로 자신이 원하는 콘텐츠를 녹화/저장할 수 있는 환경이 제공되고 있는 상태이다.

따라서 가까운 장래에 홈 네트워크 사용자들은 현재 P2P(peer-to-peer) 응용처럼 자신들의 공통된 관심에 기초하여 서로 다른 홈 네트워크(즉 다른 홈 네트워크에 존재하는 각종 미디어 기기)들과 콘텐츠를 공유하고자 할 것으로 예상된다. 이를 위하여 사용자들의 공통의 관심을 기반으로 가상의 커뮤니티가 형성될 것이며, 본 논문에서는 이를 디지털 홈 커뮤니티(DHC: digital home community)라고 지칭하도록 한다. 그림 1에 DHC 환경에 대한 전반적인 개념도를 제시했으며, 이를 통해 유/무선 네트워크 지원을 통해 연결된 각 가정의 홈 네트워크가 P2P적인 상호 연결을 통해 일종의 커뮤니티로 구성되는 예를 보여준다. DHC 환경에서는 각 홈 네트워크들을 대표하는 홈 게이트웨이(HG: home gateway)들 간에 계층적인 성격을 지니는 P2P 지향의 오버레이(overlay) 네트워크를 구성하여 커뮤니티를 위한 연결성을 제공한다. DHC는 P2P 파일공유 커뮤니티를 홈 네트워크 환경으로 확장하여 적용한 것으로 볼 수도 있다. 하지만 DHC에서의 콘텐츠 공유는 홈 네트워크들로 구성된 커뮤니티라는 특성상 기존의 P2P 환경과는 다른 요구사항 및 특징을 지니고 있다고 판단된다.

따라서 본 논문에서는 이러한 DHC 환경에 효과적으로 적용할 수 있는 콘텐츠 공유를 위해 해소되어야 할 기술적인 요소들을 고찰해 본다. 먼저 DHC 환경에서 홈 네트워크의 특성을 반영하는 콘텐츠 공유를 위해 만족되어야 할 요구 사항을 분석한다. 이어서 DHC 환경

에 적합한 특성을 지니는 오버레이 기반 콘텐츠 검색 및 전송 기법들을 소개한다. 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 DHC 환경에서 콘텐츠 공유를 위해 요구되는 사항들에 대해서 살펴본다. 3절에서는 콘텐츠 검색을 위해 제안된 관련 연구 및 다양한 구성의 DHC 환경에서 콘텐츠 검색을 위해 사용될 수 있는 기법들을 논의한다. 4절에서 전송 측면에 주목하여 홈네트워크 프로토콜과 연계한 콘텐츠 공유 기법을 논한 후에, 마지막으로 5절에서 논문을 마무리한다.

### 3. 디지털 홈 커뮤니티 환경에서의 콘텐츠 공유를 위한 요구사항

본 절에서는 DHC 환경에서의 효율적인 콘텐츠 공유를 위해 지원되어야 하는 각종 요구사항들을 다음과 같이 정리한다.

#### • 계층적인 P2P 오버레이 네트워크 구성

DHC의 기본 개념은 홈 네트워크들을 P2P 오버레이를 통해 연결하는 것이다. 따라서 DHC를 효과적으로 지원하려면 HG를 기준으로 홈 네트워크들을 서로 연결하는 부분과 홈 네트워크 내의 각종 기기들을 연결하는 부분으로 분리하여 지원하는 계층적인(hierarchical) 형태의 P2P 오버레이 구성이 필요하다. 즉 개별 홈 네트워크를 대표하는 HG들 간의 P2P 오버레이를 구성하는 상위 계층과 단일 홈 네트워크 내에서 HG를 중심으로 한 하위 계층을 각각 형성하여 계층적인 P2P 오버레이를 구성하는 것이다. 이와 같은 계층적인 구조를 통해서 DHC 개념을 보다 효과적으로 반영할 수 있는 방안이 용이하게 강구될 것으로 보인다. 이러한 계층적인 P2P 오버레이 네트워크는 DHC에서의 자원(즉 콘텐츠) 검색과 공유, 그리고 추가적으로 보안에 관련된 문제들을 체계적으로 접근하기 위해서 활용될 핵심적인 기반 네트워크로 이해할 수 있다.

#### • 홈 네트워크 내의 자동적인 콘텐츠/기기 발견 및 설정 지원, 그리고 투명한 서비스로의 확장

DHC를 구성하는 P2P 오버레이 네트워크는 홈 네트워크의 특징을 반영함과 동시에 DHC 내에서의 서비스를 위해 요구되는 콘텐츠 및 기기의 자동적인 발견 및 설정을 효과적으로 지원해야 한다. 이를 위해 홈 네트워크 내에 존재하는 다양한 형태의 콘텐츠/기기들을 효과적으로 검색하고 관리할 수 있도록 하는 콘텐츠 개체확인(identification) 및 설정(configuration) 등이 자동적으로 가능하도록 설계한다. 또한 자동적인 검색 및 설정의 지원은 기존에 제안된 홈 네트워크 표준들과의 호환성을 유지하면서 진행되는 것이 매우 중

요하다. 그리하여 사용자 입장에서 P2P 오버레이 네트워크를 통해 다른 홈 네트워크에 존재하는 콘텐츠를 이용하더라도 마치 자신의 홈 네트워크 내의 콘텐츠를 이용하는 것처럼 투명한 서비스가 되도록 확장해야 한다.

- 안정적인 콘텐츠 공유를 위한 동적인 P2P 노드의 속성에 대응

P2P 오버레이 네트워크의 성능에 영향을 미치는 주요 원인 중의 하나는 노드들의 동적인 가입 및 탈퇴이다. 이와 유사하게 DHC를 위해 구성되는 P2P 오버레이 네트워크도 참여 홈 네트워크들의 동적인 특성에 적절히 대응하여, 견고하고 신뢰성 있는 서비스를 지원해야 한다. 특히 시간 지연이 성능에 크게 영향을 미치는 실시간 스트리밍 형태의 콘텐츠 공유를 목적으로 하는 경우에는 QoS 보장을 위한 사전설비(provisioning)가 중요하다. 뿐만 아니라 사용되는 네트워크의 전송 품질이나 기기들이 이질적이어서(heterogeneous) 발생하는 성능 저하를 완화하는 기법도 함께 요구된다. 예를 들어 홈 네트워크 안에는 강력한 성능을 지닌 PC 뿐만 아니라, 저성능의 휴대용 기기나 간단한 네트워크 기능만을 지원하는 기기들도 함께 존재할 수 있기 때문이다.

- 안심할 수 있는 사용자 지향 콘텐츠 공유를 위한 보안성 지원

DHC에서의 안전한 콘텐츠 공유 지원을 위해 요구되는 중요한 기능 중 하나는 보안(security)이다. 사용자 인증, 권한 부여, 비밀성, 무결성 등을 제공하여 사용자가 안심하면서 원하는 콘텐츠를 공유하고 이와 연계된 각종 커뮤니티 서비스를 이용할 수 있도록 지원해야 한다. 또한 사용자의 프라이버시를 효과적으로 존중할 수 있도록 하는 기법의 적용 또한 매우 중요하다.

- 홈 네트워크 내의 다수 사용자의 관심을 반영할 수 있는 유연성

홈 네트워크 내에는 다양한 관심을 가지고 있는 다수의 사용자들이 존재한다. 콘텐츠를 공유하는 사용자들의 다양하고 복잡한 관심을 효과적으로 반영하면서도 시스템의 복잡도를 일정 수준 내에 유지할 수 있도록, 사용자 관심을 유연성 있게 반영할 수 있는 콘텐츠 공유 시스템의 구조를 제안하여 이용해야 한다.

콘텐츠 공유를 위해서는 사용자가 원하는 콘텐츠를 찾는 콘텐츠 검색과 검색한 콘텐츠를 전달하는 콘텐츠 전송이 가장 근간이 된다. 따라서 본 논문에서는 전술한 많은 고려 사항들 중에서 효율적인 콘텐츠 공유를 위한 검색 및 전송 방안에 관해서 다음에 나열한 사항

들을 집중적으로 논의할 예정이다. 또한 이 과정에서 DHC 환경에 부합하는 계층적인 오버레이 네트워크 구성에 대한 고찰도 함께 진행할 예정이다.

- 무선 기기들을 포함한 홈 네트워크 내에서의 효과적인 콘텐츠 검색
- 홈 네트워크 내에 존재하는 다양한 사용자의 관심을 반영한 콘텐츠 검색
- IPv6 환경에서의 효과적인 콘텐츠 검색
- UPnP에 기반한 홈 네트워크 간의 콘텐츠 공유

다시 부연하면, 본 논문에서는 홈 네트워크의 구성에서 중심적인 역할을 하는 HG에 주목해서 계층적인 속성을 가지는 오버레이를 구성하고, 이를 다양한 측면에서 활용하면서 콘텐츠 검색과 전송을 지원하는 방법들을 검토한다. 세부적으로는 HG를 통해 홈 네트워크 내부의 기기들을 발견하고 제어하여 이들 간의 네트워크를 구성하고, 이렇게 구성된 하위 네트워크로부터 수집된 정보를 HG들 사이의 상위 네트워크를 통해 주고받는 계층적인 오버레이 네트워크를 구성함으로써 효율적으로 콘텐츠를 공유할 수 있는 환경을 제공하는 방식들 몇 가지를 선별하여 검토해 보는 것이다. 이후에 3절에서는 무선 환경, 사용자 관심 정보, IPv6 환경에 각각 주목하여 계층적인 오버레이를 활용하면서 콘텐츠를 검색하는 방안을 살펴본다. 이어서 4절에서는 표준에 부합하는 홈 네트워크 사이의 콘텐츠 전송을 소개하는 측면에서 UPnP 기반의 분산 스트리밍 기법을 DHC 환경에 적용하는 방안을 살펴본다.

#### 4. 디지털 홈 커뮤니티 환경에서 콘텐츠 검색을 위한 방안

DHC 환경과 매우 유사하게 홈 네트워크들 간의 콘텐츠 공유에 관한 기존의 대표적인 연구로는 Share it! [9] 프로젝트와 TiVo [10] 서비스가 있다. Share it! 프로젝트에서는 각 가정에 있는 셋탑 박스를 JXTA에 기반한 P2P 오버레이 네트워크를 통해 연결하고, 이를 통해 콘텐츠를 검색하고 공유하는 시스템을 개발하였다. TiVo 서비스는 TiVo 프로그램을 설치함으로써, 다른 홈 네트워크에 존재하는 TiVo 서비스를 지원하는 기기들로부터 사용자의 입력에 기초하여 사용자들이 원하는 콘텐츠를 자동적으로 찾고, 자신의 TiVo 박스에 저장하는 기능을 제공한다. 앞서 제시했던 그림 1은 본 논문에서 고려하는 DHC 환경을 보여준다. DHC 환경에서 홈 네트워크는 유선 및 무선 네트워크를 지원하며, 무선 네트워크 및 무선기기들의 비중이 점차 증가할 것이다. 또한 IPv4 지원은 점차적

으로 IPv6로 대체될 것이다. 따라서 본 논문에서 주목하는 DHC 환경에서는 HG를 중심으로 구성되는 홈 네트워크 자체의 특징을 고려하는 것과 동시에 IPv6와 무선 기기의 특징 또한 고려해야 한다. 아울러 다양한 관심사를 가진 다수의 사용자가 함께 존재하는 홈 네트워크의 특징을 반영하여 콘텐츠를 검색하는 부분도 살펴본다. [주요 P2P 기법의 콘텐츠 검색에 따른 분류에 대해서는 Box #1 참조 요망]

Box #1-콘텐츠 검색 측면에서의 주요 P2P 기법 구분: 주요 P2P 기법들은 크게 콘텐츠 위치를 검색하고 검색 결과를 이용하여 콘텐츠를 공유하는 방법에 따라 다양하게 구분될 수 있다. 첫째로, 콘텐츠의 위치 검색을 위해 중앙 서버를 이용하는 Napster[29], OpenNAP[30] 등은 참여 노드들이 보유하고 있는 콘텐츠 정보를 중앙 서버를 통해 관리한다. 중앙 서버와의 통신을 통해 콘텐츠의 위치를 확인하고 노드 간의 직접적인 P2P 연결을 통해 콘텐츠를 공유한다. 이 방식에서 콘텐츠 검색은 효과적이거나 확장성/견고성에 문제가 있다. 둘째로, 콘텐츠의 검색/공유를 모두 P2P 연결로 해결하는 Gnutella[32], KaZaA[33], Freenet[34] 등의 방법이 있다. 참여 노드들은 일부 근접한 노드들의 정보만을 관리하는 분산화의 장점과 플러딩(flooding) 방식의 검색에 따른 네트워크 부하 문제가 동시에 나타난다. 셋째로, 변형된 형태의 중앙 서버를 이용하는 BitTorrent[26] 등에서는 중앙 서버와 유사한 역할을 하는 트래커(tracker)가 존재하는 모든 콘텐츠가 아닌 특정 콘텐츠에 대한 정보만 유지하며, 분산화된 P2P 전송을 이용하여 전송 시간을 단축한다. 마지막으로 CAN[35], Chord[13], Tapestry[36], Pastry[31]와 같은 DHT(distributed hash table) 기반의 기법들은 참여노드들이 분산하여 공유정보를 관리하여 안정적이고 빠른 콘텐츠 공유를 지원한다. DHT 기반의 구조적인 규칙성을 활용하여 검색 시간에 대한 보장이 가능하다. 이외에도 ICN[25]은 2계층의 계층적인 구조를 사용한다. 먼저 드브루인(de Bruijn)[14] 그래프의 사용을 통하여 관심그룹 간의 효과적이며 빠른 검색을 지원하며, 콘텐츠 캐싱(caching) 기능을 추가한 Freenet 방식을 통하여 관심그룹 내에서의 콘텐츠 공유를 지원한다.

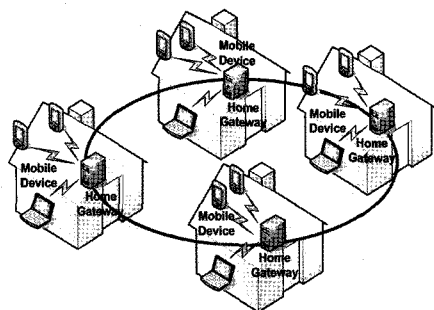


그림 2 무선기기를 포함하는 홈 네트워크들 간의 연결

#### 4.1 무선 홈 네트워크 환경에서의 콘텐츠 검색을 위한 P2P 오버레이

그림 2 무선기기를 포함하는 홈 네트워크들 간의 연결. 무선 기기가 홈 네트워크에서 차지하는 비중이 커짐에 따라, 홈 네트워크 간 콘텐츠 검색을 지원하기 위해서는 무선 기기들이 갖는 특성을 반영할 수 있는 콘텐츠 검색 방안이 요구된다. 그림 2는 본 절에서 고려하는 환경을 무선 기기에 중점을 두고 표현한 것이다. 각 홈 네트워크를 대표하는 HG들은 Chord 오버레이 네트워크를 통해 연결이 되며, HG는 홈 네트워크에서 자신을 중심으로 한 계층적인 오버레이 네트워크를 각각 구성한다. [Chord에 관한 세부적인 내용은 Box #2 참조 요망]

Box #2 DHT 기반 P2P 프로토콜의 대표주자 Chord: Chord [13]는 MIT에서 제안한 DHT 기반 P2P 프로토콜로 해쉬 함수를 이용한 데이터의 삽입과 탐색을 수행한다. 다수 노드의 참가 및 탈퇴를 안정적으로 지원하는 장점을 가지고 있으며, 동작 원리는 다음과 같다. 2k 크기의 원형 식별자 공간인 Chord 링을 사용한다. 각 노드의 IP 주소를 consistent hashing 기법[22]을 사용하여 노드의 ID값을 구하며, 이 ID값에 기초하여 Chord 링 상에 위치한다. 데이터의 위치 정보는 (key, value) 쌍으로 표현되며 데이터가 저장될 노드의 위치는 key를 해쉬하여 사용한다. 각노드는 후계자와 전임자의 정보를 유지하여 링을 형성한다. 또한 노드가 실패했을 때 시스템을 복원하기 위해 후계자 목록을 유지한다. Key를 해쉬한 값을 식별자 공간에 대응시킬 때는 Chord 링에서 해쉬된 키 값과 같은 nodeID를 가지는 노드에 저장하거나 같은 nodeID를 가진 노드가 없을 때에는 링 상에서 뒤에 오는 노드에 저장한다. 각 노드는 전체 노드들에 대한 정보를 분산된 동적 환경에서 효과적으로 만족시키기 위해 핑거(finger) 테이블을 유지한다. 핑거 테이블은 데이터를 삽입하거나 데이터를 관리하는 노드를 찾기 위해 검색 메시지를 해당 노드에게 전달하기 위해 이용된다.

상기한 홈 네트워크에서 HG는 각종 기기들에 주소를 할당하기 위한 DHCP 서버 기능과 저성능 단말 기기의 참여/탈퇴, 데이터 검색, 무선 기기들과의 통신을 지원하는 역할을 담당한다. 또한 그림 3과 같이 HG는 다른 HG들과 연결한 Chord 오버레이를 위한 라우팅 테이블을 유지하면서, 자신의 홈 네트워크 내에서의 검색을 위해 요구되는 단일 하위계층 라우팅 테이블을 별도로 형성하고 관리한다. 일례로 하위 계층을 구성하는 홈 네트워크 내의 무선 기기들은 상태에 따라 active, sleep, idle 상태로 표현될 수 있다. 콘텐츠 검색

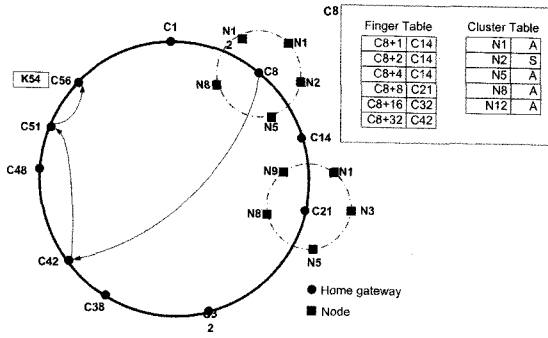


그림 3 Chord를 기초한 무선 지원 홈 네트워크 간의 계층적인 오버레이 형성

색 및 요청은 active 상태에서만 가능하며, sleep 상태에서는 콘텐츠 검색을 요청할 수도 요청받을 수도 없다. 따라서 무선 기기를 통한 콘텐츠 검색을 위해서 홈 게이트웨이는 주기적으로 wake-up 함수를 통해 active 상태로 변환시켜 주어야 한다. 시스템의 효율을 위해서 wake-up 함수는 한 노드 당 3번 이상 수행하지 않으며, wake-up 함수를 통해서도 active 상태로 변환되지 않으면 HG는 해당 기기를 idle 상태로 인식하게 된다. 음과 같다. 첫째, 홈 네트워크 내의 DHCP 서버에서 할당된 IP를 사용하는 무선 기기는 HG를 통하여 외부와 단절 없이 데이터 검색을 위한 질의를 보내고 받을 수 있다. 둘째로, 홈 네트워크 내의 모든 기기들은 HG를 중심으로 하나의 단일 하위계층으로 묶일 수 있고, HG는 노드의 참여, 탈퇴를 지원함으로써 자기 구성(self configuration) 기능을 제공한다. 마지막으로 단일 하위계층의 기기들은 HG가 기기들의 상태 정보를 유지하고 wake-up 함수를 통해 기기들의 상태를 제어함으로써, 무선 환경에서 효과적인 콘텐츠 검색을 지원한다.

본 절에서는 하나의 홈 네트워크를 하나의 단일 하위계층으로 구성하는 경우를 가정하였다. 하지만 하위계층 구성 및 관리의 효율성, 콘텐츠 검색의 용이함과 관련한 세부적인 이슈들에 대해서는 실제 홈 네트워크 상에 존재하는 각종 기기들에 따른 다양성을 포괄하는 체계적인 접근이 요망될 것이다.

#### 4.2 사용자 관심 기반 콘텐츠 검색을 위한 P2P 오버레이

DHC에서는 각각의 홈 네트워크 사용자들의 관심을 적절하게 반영하면서도 적은 시스템 자원을 소모하면서 빠른 응답 시간을 지원하는 기법이 중요하다. 이러한 측면의 요구를 반영하기 위해서 제안된 IGN (interest-based grouping network)[12] 은 DHC

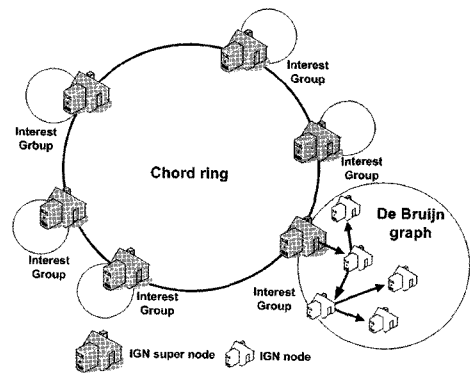


그림 4 Chord와 드브루인 그래프를 활용한 IGN 구조도

내에서 사용자의 관심을 반영하는 효과적인 콘텐츠 검색을 지원하기 위해 Chord[13]와 드브루인(de Bruijn)[14] 그래프를 이용하여 2계층의 계층적인 구조를 형성한다.

그림 4처럼 IGN은 동일한 관심을 공유하는 사용자들로 형성된 관심그룹간의 신속하고 안정적인 검색 메시지의 전달을 위해 Chord를 이용하며, 관심그룹 내에서의 검색 메시지는 드브루인 그래프에 기초하여 전달된다. 각 홈 네트워크를 대표하는 HG는 IGN에 참여하는 하나의 노드가 되며, 사용자의 관심에 기초하여 특정 관심그룹에 속하게 된다. 각 관심그룹에서는 해당 그룹을 대표하는 노드가 존재하며, 대표노드를 중심으로 관심그룹 내에서는 드브루인 그래프에 기반하여 하위계층이 형성된다. 또한 각 그룹을 대표하는 대표노드들 간에는 Chord를 기반으로 하여 상위계층을 형성한다. IGN에서는 콘텐츠 검색을 위해 두 가지 키워드를 동시에 이용한다. 이들은 관심그룹을 찾거나 관심그룹 내에서의 메타데이터 기반의 세밀한 검색을 위해 각각 사용된다. 또한 최대 라우팅 홉 수를 보장하는 드브루인 그래프를 이용하여, 관심그룹 내에서 검색 시간이 보장된 세밀한 검색을 제공한다. 그림 5에서 단독으로 사용된 Chord와 IGN과의 성능 비교를 특정그룹 내에서의 성능만을 비교하면서 제시한다. 참여노드의 수가 K일 때 Chord의 경우 path length가 약  $(1/2) \log_2 K$ 이지만, IGN의 경우는 특정 값(여기서는 3)을 넘지 않는다. 이는 임의의 두 노드간 최대 홉수를 보장하는 드브루인 그래프에 기초해서 라우팅 트리가 구성되었기 때문이다.

2)  $G(m,n)$ 으로 표현되는 드브루인 그래프는 임의의 두 노드 사이에 최대 홉 수  $n$ 을 보장하며, 라우팅을 위해 각 노드가 유지해야 하는 라우팅 테이블 수의 최대값을  $m$ 으로 제한한다. 무엇보다 드브루인 그래프를 통해 형성된 라우팅 트리에서 트리 형성에 참여한 약 절반의 노드만 라우팅 테이블을 유지해도 라우팅이 가능하기 때문에 라우팅을 위해 요구되는 오버헤드를 줄일 수 있는 장점이 있다.

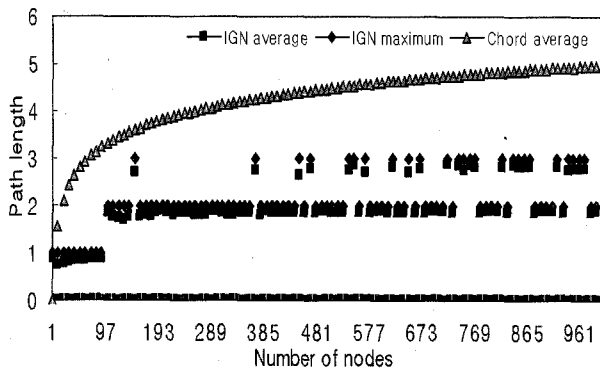


그림 5 IGN과 Chord의 path length 비교

하지만 본 절에서 소개한 IGN은 각각의 홈 네트워크마다 하나의 사용자 관심만 있다는 비현실적인 가정에 기초한 제한적인 버전이다. 따라서 IGN을 보다 현실적으로 만들기 위해서는 홈 네트워크 내에 다수의 관심을 반영할 수 있는 연구가 필요하다. 또한 그림 5에서 비교한 성능은 홉수에 기초한 성능이기에 실제 지연시간과 다를 수 있으며, 실제 지연시간을 줄이기 위해서 network proximity 개념을 이용하는 것도 한 방법이 될 것이다.

### 4.3 IPv6 네트워크에서 효율적인 콘텐츠 검색을 위한 P2P 오버레이

전술한 홈 네트워크 간 콘텐츠 공유를 위한 콘텐츠 검색 기법의 적용 범위는 지역적으로 제한

되는 것이 일반적이다. 하지만 그림 6과 같이 DHC에 기반한 콘텐츠 검색의 범위가 세계적인 규모로 확대된다면, 콘텐츠 검색을 위한 홉 수 뿐만 아니라 지연 시간을 동시에 줄이는 것이 중요해진다. 오버레이의 특성상 계층적인 구조의 상위계층이든 하위계층이든 오버레이가 기반하는 물리적인 네트워크의 특성을 적절히 반영하지 못하는 경우가 많다[17]. 문제 해결 방안으로 효과적인 콘텐츠 검색을 위한 물리적인 네트워크의 특징을 반영한 P2P 오버레이 구축 방법이 요구된다. 또한 IPv4 지원은 점차적으로 IPv6로 대체될 것이므로[16], IPv6 환경의 특징을 반영하는 P2P 오버레이 구성 방안에 대한 연구도 의미 있다고 판단된다. 따라서 본 절에서는 IPv6의 애니캐스트(anycast) 기능을 활용하여 Chord 오버레이 구성을 개선하는 AChord[27]라는 방법을 소개한다. Chord는 참여하는 노드들을 Chord 링에 위치시키기 위해 노드들의 ID 값을 사용하는데, 노드의 ID 값을 얻기 위해 노드의 IP 주소를 사용한다. 하지만 Chord는 노드의 IP 주소값만을 사용하여 노드의 ID 값을 생성하기 때문에

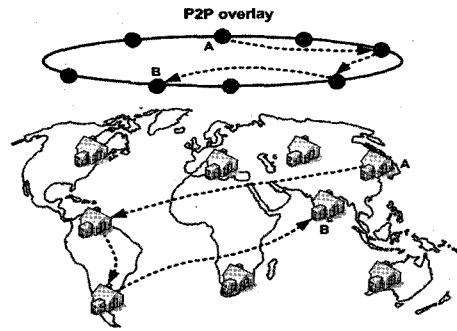


그림 6 콘텐츠 검색을 위한 오버레이의 효율성 문제

물리적인 네트워크의 특징을 반영하지 못한다. 이러한 접근 방법은 물리적인 네트워크에서의 라우팅 비효율성을 초래한다. 따라서 AChord에서는 두 가지 측면에서 Chord에 물리적인 네트워크의 특성을 반영하고자 한다. 첫째, 노드의 ID 값을 얻기 위해서 노드의 IP 주소 값을 사용하는 대신, 물리적인 네트워크의 특성을 반영할 수 있는 노드 간에 측정된 RTT(round trip time)와 같은 값을 사용한다. AChord는 IPv6의 애니캐스트 기능을 활용하여 AChord에 참여하는 새로운 노드에게 Chord 링 상에서 자신과 가장 물리적으로 가까운 노드와 연결을 제공하며, 해당 노드와 근접한 ID 값을 할당한다. 결과적으로 물리적인 네트워크 상에서 근접한 노드들은 Chord 링 상에서 근접하게 위치하게 된다. 둘째로, Chord에서 라우팅을 위해 사용하는 핑거 테이블에 추가로 접근성(proximity) 테이블을 정의한다. 접근성 테이블은 해당 노드와 실제 네트워크 상 근거리에 있는 제한된 숫자의 이웃 노드의 정보를 포함하고 있다. AChord는 라우팅을 위해 두 개의 테이블을 모두 사용한다. 핑거 테이블은 노드가 Chord 링 상에서 목적지 노드에 보다 근접한 노드의 검색을 지원하는 반면, 접근성 테이블은 실제 네트워크 상에서 목적지 노드에 근접한 노드의 검색을 지원한다. 그림 7은 접근성 테이블과 핑거 테이블에 기초한 라우팅의 과정을 보여준다.

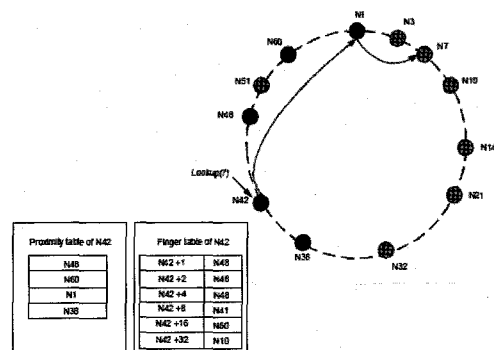


그림 7 접근성 테이블과 핑거 테이블에 기초한 라우팅 과정

표 1 관련 연구와 AChord와의 성능 비교

Chord versions	Average hop count	Average RDP
Original Chord	5.2073	5.0112
PChord	3.7739	2.6923
ChordPNS (with 8 fingers' successors)	4.8211	2.1253
AChord (with 8 proximity entries)	3.7296	1.9025

표 1은 본 절에서 소개한 AChord와 관련 연구와의 성능 비교결과를 보여준다. RDP(relative delay penalty)는 두 노드 사이의 오버레이 상에서의 지연 시간과 실제 네트워크에서의 지연 시간의 비율을 나타낸다. 위의 표에서 알 수 있듯이 AChord는 기타 다른 제안된 방법들보다 좋은 성능을 보여주는 것을 확인할 수 있다. 이와 같은 IPv6 애니캐스트 기법을 활용한 콘텐츠 검색 방법을 통해, 향후 널리 보급될 IPv6 환경에서 보다 빠른 콘텐츠 검색을 지원할 수 있을 것으로 예상된다.

### 5. 홈 네트워크 간 콘텐츠 전송을 위한 방안

지금까지 다양한 특징을 갖는 홈 네트워크로 구성되는 DHC 환경에서 효과적인 콘텐츠 검색을 어떻게 지원할 것인지에 대해 살펴보았다. 본 절에서는 이렇게 검색된 콘텐츠를 홈 네트워크 간에 서로 공유하기 위한 전송 방법에 대해 소개한다. 콘텐츠를 전송하는 방법은 크게 다운로드와 스트리밍 방식으로 구분할 수 있다. 콘텐츠 이동이 완료되기 전에는 재생이 불가능한 콘텐츠 다운로드와는 달리 스트리밍 기술은 전송과 동시에 재생이 가능한 장점이 있다. 사다운로드에 비해 콘텐츠 공유를 위한 주요 수단으로 자리잡고 있는 추세이므로 본 논문에서는 콘텐츠 스트리밍, 특히 P2P에 기반한 기법을 집중하여 살펴본다.

콘텐츠 스트리밍 지원을 위해서는 다음과 같은 사항들을 고려해야 한다. 첫째, 콘텐츠 스트리밍 시스템은 빠른 시간 내에 원하는 콘텐츠를 제공할 수 있어야 한다. 또한 노드 실패가 발생한 경우 콘텐츠를 수신하는 노드에 주는 영향을 최소화하면서 빠르게 복구해야 한다. 마지막으로 노드들 간에 전송을 위해 요구되는 메시지가 수가 적어야 한다. 이러한 요구사항을 만족시키기 위해 최근에는 콘텐츠를 전송하는 노드들뿐만 아니라 콘텐츠를 수신하는 노드들까지 콘텐츠 전송에 참여하는 형태인 P2P 기반의 분산 콘텐츠 스트리밍 기법들이 활발히 연구되고 있다. [P2P 기반 분산 콘텐츠 스트리밍에 대한 소개를 위해서는 Box #3를 참조]

P2P 기반의 분산 콘텐츠 스트리밍 기법: 분산 스트리밍 기법을 사용하여 콘텐츠를 전송하는 방법 중 대표적인 것으로는 SplitStream[15], GnuStream[28] 등이 있다. 먼저 SplitStream은 Pastry에 기반하여 구성된 고대역폭 콘텐츠 스트리밍을 지원한다. 종단 시스템 기반 멀티캐스트 환경에서 일부 단말 노드에 멀티캐스트를 위한 부하가 집중되지 않도록 참여하는 모든 노드에 분산시킨다. 이를 위해 콘텐츠를 다수의 조각(stripe)으로 나누고 각 조각들을 서로 다른 멀티캐스트 트리를 통해 전송한다. 이런 기법을 통해 SplitStream은 멀티캐스트 부하의 분산 뿐만 아니라 노드의 실패에 견고하며, 서로 다른 네트워크 대역폭을 가진 노드들 간에 효율적인 멀티캐스트 트리를 구성할 수 있도록 하였다. 또한 GnuStream은 다수의 노드들로부터 콘텐츠를 제공받는 수신자 지향(receiver-driven) P2P 스트리밍 시스템이다. 전송자 지향(sender-centric) 기법보다는 수신자 지향 기법을 사용함으로써 효과적인 콘텐츠의 검색 및 스트리밍을 지원한다. GnuStream에서 콘텐츠를 제공하는 각 노드들은 자신들의 가용 네트워크 대역폭에 기초하여 자신이 제공한 콘텐츠의 양을 할당받는다. GnuStream에서는 분산 스트리밍 환경에서의 끊임없는 콘텐츠의 재생을 위해 다수의 콘텐츠 제공 노드 및 이들간의 이질성을 고려하는 버퍼 관리 기법 또한 제안한다.

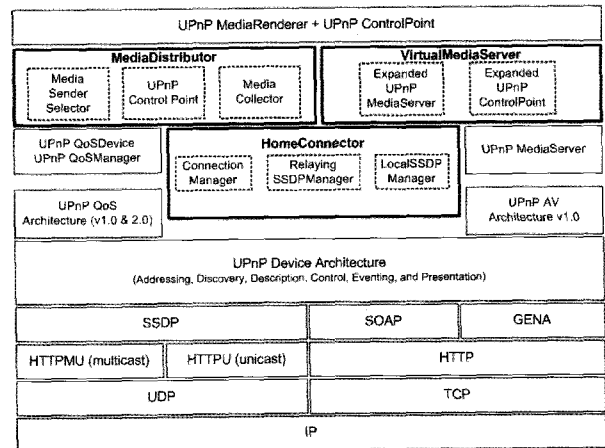


그림 8 SHARE 모듈과 UPnP와의 관계

본 절에서는 밉을 대표적인 홈 네트워크 프로토콜인 UPnP(5)와 연결하여 지원하는 방안을 모색하고자 한다. 즉, UPnP와 P2P 기반의 분산 콘텐츠 스트리밍 기법을 결합하여 홈 네트워크간 콘텐츠 전송을 지원하는 방안을 살펴볼 수 있는 일례로 SHARE[4] 기법을 소개한다.

SHARE는 3절에서 소개한 콘텐츠 검색을 위한 방법들에 기초하여 DHC 환경 내의 콘텐츠를 검색한 뒤, 홈 네트워크에서의 기기발견과 제어를 지원하는 미들웨어인 UPnP에 기반한 분산 스트리밍 기법을 사용하여 사용자들이 원하는 콘텐츠를 전송한다. 즉 SHARE는 PC에서 동작하는 응용 간의 연결 및 콘텐츠 전송

을 지원하기 보다는 이를 확장하여 서로 다른 홈 네트워크에 존재하는 UPnP를 지원하는 기기들 간의 연결성 및 콘텐츠 전송을 지원하는 것이다. 이와 같이 SHARE는 서로 다른 홈 네트워크에 존재하는 UPnP 기기들간의 콘텐츠 공유를 위해 이들 간의 연결성 및 추가적인 요구 사항들을 지원함으로써, UPnP 기기간의 효율적인 콘텐츠 전송이 이루어지도록 한다. 그림 8은 SHARE와 UPnP와의 관계를 나타낸다.

SHARE는 HomeConnector, VirtualMediaServer 그리고 MediaDistributor 로 구성되며, UPnP의 기능을 활용함으로써 서로 다른 UPnP 기반 홈 네트워크 간에 콘텐츠 전송을 가능하게 한다. 먼저 HG에 위치하는 HomeConnector는 자신이 속한 홈 네트워크와 공유하기를 원하는 콘텐츠를 보유하고 있는 홈 네트워크 사이에 UPnP 기기 제어에 요구되는 연결성을 제공하며, UPnP 기기의 발견 및 제어에 필요한 SSDP (simple service discovery protocol) 메시지의 전송을 통해 이와 같은 목적을 달성한다. VirtualMediaServer는 사용자들이 UPnP 기기를 통해 콘텐츠를 공유할 때, 사용자들이 자신이 원하는 콘텐츠가 다른 홈 네트워크에 있더라도 마치 자신의 홈 네트워크에 존재하는 것처럼 콘텐츠를 공유하도록 한다. MediaDistributor는 분산 스트리밍 방법을 활용하여 콘텐츠 공유 시 전달되는 콘텐츠의 품질을 보장하는 역할을 담당한다. MediaDistributor는 시스템과 네트워크 자원을 기준으로 어느 홈 네트워크로부터 사용자가 원하는 콘텐츠를 수신할 것인지 결정하고, 스트림 전송을 위해 활용될 HG의 자원을 할당한다. 이때 MediaDistributor는 UPnP QoS 서비스(21)를 통해 HG의 시스템 가용성 정보 획득과 스트림 전송을 위한 HG의 자원 할당을 처리한다. MediaDistributor는 이러한 일련의 작업을 통해 품질이 보장된 스트리밍 서비스를 제공하게 된다.

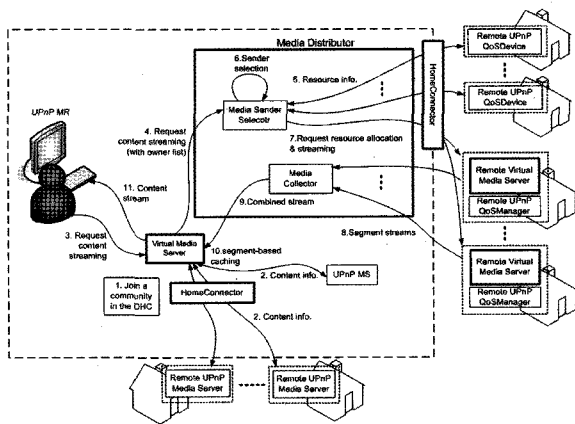


그림 9 SHARE 동작 및 컴포넌트들 간의 통신

그림 9는 제안한 SHARE의 구성 컴포넌트들 간의 통신 및 이를 통한 콘텐츠 공유의 과정을 보여주며, 자세한 시스템의 구현 결과는 [4]를 참조하기 바란다. 하지만 이 방법은 오버레이 환경에서 분산 스트리밍 재생 시 고려해야 하는 네트워크 상태 변화 및 동적인 P2P 노드의 속성을 고려하지 않았으며, 이를 감안한 향상된 분산 스트리밍 기법에 대한 연구가 요구된다.

## 6. 결론

엔터테인먼트 기반 홈 네트워크로의 발전으로 말미암아 홈 네트워크간의 콘텐츠 공유를 위한 디지털 홈 커뮤니티(DHC)가 점차적으로 형성될 것으로 예상된다. 본 논문에서는 DHC 환경에서 효과적으로 콘텐츠를 공유하기 위한 요구 사항과 콘텐츠 검색/전송에 적용 방안에 대해서 살펴보았다. 하지만 DHC에서의 원활한 콘텐츠 공유를 위해서는 고려되고 해결되어야 할 많은 사항들이 남아있으며, 지속적인 연구를 통한 발전이 기대된다.

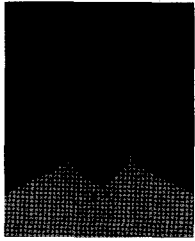
## 참고문헌

- [1] D. Bansal, J.Q. Bao, and W.C. Lee, "QoS-enabled residential gateway architecture," IEEE communications Magazine, vol. 41, April 2003.
- [2] 박용우, "Home networking technology trends and market forecast," 2004년 홈 네트워크 솔루션 및 전시회, 2004.
- [3] 이동환, "홈 네트워크 산업 현황 조사 연구 결과 보고," 2005 홈 네트워크 산업 현황과 전망 세미나, 2005.
- [4] H. Lee and J. Kim, "A proxy-based distributed approach for reliable content sharing among UPnP-enabled home networks," in Proc. of Pacific-rim Conference on Multimedia, Nov. 2005.
- [5] UPnP (Universal plug and play), <http://www.upnp.org/>
- [6] HAVi (Home audio video interoperability), <http://www.havi.org/>
- [7] Jini technology, <http://www.jini.org/>
- [8] DLNA (Digital living network alliance), <http://www.dlna.org/>.
- [9] J. Walker, O. J. Morris, and B. Marusic, "Share It! - The architecture of a rights-



- manage network of peer-to-peer set-top boxes," in Proc. of EUROCON, 2003.
- [10] TiVo, <http://www.tivo.com>
- [11] E. K. Lua, et al., "A survey and comparison of peer-to-peer overlay network schemes," IEEE Communications Surveys, vol.7, no.2, 2005.
- [12] 이현룡, 김종원, "디지털 홈 커뮤니티 환경에서 사용자 관심 기반 미디어 콘텐츠 검색을 위한 P2P 오버레이 네트워크 구성," 정보과학회 추계 학술발표회 논문집 vol. 32, no.2, 2005.
- [13] I. Stoica, et al., "Chord: A scalable peer-to-peer lookup protocol for Internet applications," IEEE/ACM transactions on Networking, vol. 11, no. 1, Feb. 2003.
- [14] K. N. Sivarajan. et al., "Lightwave networks based on de Bruijn graphs," IEEE/ACM transactions on Networking, vol. 2, no. 1, Feb. 1994.
- [15] M. Castro, P. Druschel, A-M. Kermer rec, A. Nandi, A. Rowstron, and A. Singh, "SplitStream: High-bandwidth multicast in a cooperative environment," in Proc. of ACM Symposium on Operating Systems Principles, Oct. 2003.
- [16] S. Deering and R. Hinden, "Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification," IETF Request For Comments 2460, 1998.
- [17] J. Han, D. Watson, and F. Jahanian, "Topology aware overlay networks," in Proc. of IEEE INFOCOM, 2005.
- [18] Y.Y. Goland, T. Cai, P. Leach, Y. Gu, and S. Albright, "Simple service discovery protocol v1.0," IETF Internet Draft (draft-cai-ssdp-v1-03.txt), Oct. 1999.
- [19] UPnP forum, "UPnP device architecture v1.0," Dec. 2003.
- [20] J. Ritchie, "UPnP media server device template version 1.01," UPnP forum, June 2002.
- [21] N. Gadiraju et al., "UPnP QoS architecture v2.0," UPnP forum, Dec. 2005.
- [22] D. R. Karger, E. Lehaman, F. Leighton, M, Levine, D. Lewin, and R. Panigrahy, "Consistent hashing and random trees: Distributed caching protocols for relieving hot SPOFs on the World Wide Web," in Proc. of ACM Symp. Theory of Computing, May 1997.
- [23] MSN TV, <http://www.webtv.com/>
- [24] Replay TV, <http://replaytv.com/>
- [25] X. Bai, S. Liu, P. Zhang, and R. Kantola, "ICN: Interest-based clustering network," in Proc. of International Conference on Peer-to-Peer Computing, 2004.
- [26] BitTorrent, <http://www.bittorrent.com/>
- [27] L. Dao and J. Kim, "AChord: Topology aware Chord in anycast-enabled network," in Proc. of International Workshop on Smart Home, Nov. 2006.
- [28] X. Jiang, Y. Dong, D. Xu, and B. Bhargava, "Gnustream: A P2P media streaming system prototype," in Proc. of International Workshop on Networked Group Communications (NGC), Oct. 2002.
- [29] Napster, <http://www.napster.com/>
- [30] OpenNAP, <http://opennap.sourceforge.net>
- [31] A. Rowstron and P. Cruschel, "Pastry: Scalable, distributed object location and routing for large-scale peer-to-peer systems," in Proc. of IFIP/ACM International Conference on Distributed Systems Platforms, 2001.
- [32] Gnutella, <http://www.gnutella.com/>
- [33] KaZaA, <http://www.kazaa.com/>
- [34] Freenet, <http://freenetproject.org/>
- [35] S. Ratnasamy, P. Francis, M. Hande ly, R. Karp, and S. Shenker, "A scalable content addressable network," in Proc. of ACM SIGCOMM, 2001.
- [36] K. Hildurm, J.D. Kubiatowicz, S. Rao, and B.T. Zhao, "Distributed object location in a dynamic network," in Proc. of ACM Symposium on Parallel Algorithm and Architectures, 2002.

이 현 룡



2003. 6. 전남대학교 정보통신공학부(학사)  
2005. 2. 광주과학기술원 정보통신공학과  
(석사)  
2005. 3~현재 광주과학기술원 정보기전  
공학부 박사과정  
관심분야: P2P overlay for content  
sharing, home network,  
UPnP  
E-mail : hrlee@nm.gist.ac.kr

김 남 곤



2004. 2. 전남대학교 정보통신공학부(학사)  
2006. 2. 광주과학기술원 정보통신공학과  
(석사)  
2006. 3~현재 광주과학기술원 정보기전  
공학부 박사과정  
관심분야: Collaborative environment,  
Overlay multicas  
E-mail : ngkim@nm.gist.ac.kr

LeHai Dao



1992 아주대학교 산업공학과(학사)  
1994 아주대학교 산업공학과(석사)  
1994~1996 ㈜동일씨.아이.엠 부설  
연구소 연구원  
1996~2005 대우정보시스템㈜  
기술연구소 차장  
2005~현재 대우정보시스템 전략기획실  
차장  
관심분야: SOA, BPM, 물류최적화  
E-mail : hyeoung@disc.co.kr

김 종 원



1987 서울대학교 제어계측공학과(학사)  
1989 서울대학교 제어계측공학과(석사)  
1994 서울대학교 제어계측공학과 박사  
1994. 3~1999. 7 공주대학교 전자공학과  
조교수  
1997. 8~2001. 7 University of  
Southern California 연구 조교수  
1999. 12~2000. 7 Technology  
Consultant for VProtect  
Systems Inc.  
2000. 7~2001. 6 Technology Consultant for Southern  
California Division of InterVideo Inc.  
2001. 9~현재 광주과학기술원 정보기전공학부 부교수  
관심분야: Networked Media Systems and Protocols  
focusing "Reliable and Flexible Delivery for  
Integrated Media over Wired/Wireless  
Networks"(네트워크미디어: <http://nm.gist.ac.kr>)  
E-mail : jongwon@nm.gist.ac.kr

• 제17회 통신정보 합동학술대회(JCCI2007) •

- 일 자 : 2007년 5월 2 ~ 4일
- 장 소 : 휘닉스파크
- 내 용 : 학술발표 등
- 주 최 : 정보통신연구회
- 상세안내 : <http://www.hj-kiss.or.kr/conf06>