

## 디지털 홈 커뮤니티 환경에서 사용자 관심 기반 미디어 콘텐츠 검색을 위한 P2P 오버레이 네트워크 구성

이현룡<sup>o</sup> 김종원  
광주과학기술원 네트워크미디어 실험실  
{hrlee<sup>o</sup>, jongwon}@netmedia.gist.ac.kr

An Approach for P2P Overlay Network to Provide  
Interest-based Media Content Discovery in the Digital Home Community

HyunRyong Lee<sup>o</sup> JongWon Kim  
Networked Media Lab, Dept. of Information & Communications  
Gwangju Institute of Science and Technology (GIST)

### 요 약

국내외적으로 홈 네트워크의 보급이 활발히 이루어지고 있으며, 이러한 홈 네트워크는 현재의 데이터 네트워크 및 제어 네트워크 중심에서 향후 다수의 미디어 콘텐츠를 보유하는 A/V 홈 네트워크로 발전될 전망이다. 이런 환경 하에서 사용자들은 현재 P2P 파일 공유 시스템에서 이루어지는 것처럼 자신들의 관심에 기초하여 다른 홈 네트워크에 있는 미디어 콘텐츠들을 공유할 것으로 보인다. 본 논문에서는 이처럼 예상되는 사용자들의 요구를 효율적으로 지원하기 위하여 사용자들의 관심 사항을 효과적으로 반영하며 보장된 응답시간 내에 미디어 콘텐츠 검색을 제공하기 위한 P2P 오버레이 네트워크 구성 방안인 IGN (Interest-based Grouping Network)을 제시한다. Chord와 드브루인 (de Bruijn) 그래프로 구성되는 IGN은 structured P2P의 세밀한 검색 지원에 대한 한계와 unstructured P2P의 보장되지 않은 최대 검색 시간의 문제점을 해결하며, 보장된 최대 검색 시간 내에 사용자들의 관심 사항을 세밀하게 반영하는 검색을 지원할 것으로 예상된다.

### 1. 서 론

점점 더 많은 수의 홈 네트워크들이 보급되고 있으며, 이들 홈 네트워크는 초고속 인터넷 망에 연결되고 있다. 현재의 홈 네트워크들은 단순한 인터넷 연결 및 기기 간의 연결을 지원하는 데이터 네트워크와 원격 제어 등의 기능을 지원하는 제어 네트워크의 수준에 머무르고 있다. 하지만 UPnP (universal plug and play), HAVI (home audio video interoperability), Jini와 같은 홈 네트워킹을 위한 프로토콜에 기초한 A/V (audio/video) 기기의 보급의 영향으로 홈 네트워크는 A/V 네트워크로 발전되고 있다[1]. A/V 홈 네트워크는 사용자들이 직접 제작한 미디어 콘텐츠 또는 홈 네트워크 내의 셋탑 박스 및 홈 게이트웨이에 방송 콘텐츠 등을 저장함으로써 많은 미디어 콘텐츠를 보유할 것으로 판단된다. 풍부하고 다양한 미디어 콘텐츠를 보유한 A/V 홈 네트워크의 사용자들은 현재 P2P 파일 공유 시스템에서와 같이 자신들의 관심에 기초하여 다른 홈 네트워크에 존재하는 미디어 콘텐츠들을 공유하기 원할 것으로 예상된다.

본 논문에서는 미디어 콘텐츠 공유를 위해 홈 네트워크들로 구성된 네트워크를 디지털 홈 커뮤니티라고 정의한다. <그림 1>은 디지털 홈 커뮤니티의 개념도를 나타낸다. 현재까지 P2P 환경 하에서 미디어 콘텐츠 검색을 위한 많은 방법들이 제시되었지만, 이들 방법들은 디지털 홈 커뮤니티의 환경에서의 서비스를 지원하는데 몇 가지 문제점들을 가지고 있다[2]. 특히 보장된 응답 시간을 제공하는 structured P2P 방법의 경우 세밀한 검색을 지원하지 못한다는 단점을 가지고 있으며, 세밀한 검색을 지원하는 unstructured P2P의 경우 최대 검색 시간을 보장하지 못하는 한계점을 가지고 있다. 따라서 기존의 방법이 가지는 한계점들을 해결하며, 디지털 홈 커뮤니티 환경 하에서 사용자들의 미디어 콘텐츠 검색을 효율적으로 지원하는 방안

대한 연구가 요구된다.

본 논문에서는 이러한 디지털 홈 커뮤니티의 환경 하에서 사용자들의 관심에 기초한 미디어 콘텐츠 검색을 효율적으로 지원하기 위한 오버레이 네트워크 구성 방안인 IGN (Interest-based Grouping Network)을 제시한다. 제안하는 IGN은 오버레이 네트워크 구성을 위해 Chord[3]와 드브루인 (de Bruijn) 그래프[4]를 이용한다. IGN은 이 두 방법의 조합을 통해 앞서 언급한 기존 접근의 한계점을 해결하며, 디지털 홈 커뮤니티 환경 하에서의 보장된 응답시간 내에 사용자 관심을 반영하는 미디어 콘텐츠 검색을 지원할 것으로 예상된다. 본 논문에서는 IGN의 디자인에 중점을 두었으며, 관련된 다른 연구와의 비교를 통해 IGN의 특징을 간단히 살펴본다.

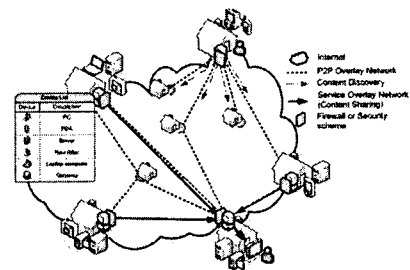


그림 1. 디지털 홈 커뮤니티의 개념도

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 본 논문에서 기초로 하는 Chord와 드브루인 그래프에 대해서 살펴본다. 3절에서는 본 논문에서 제시하는 IGN에 대해서 자세히 살펴본다, 다른 접근과의 비교를 통해 IGN의 특징을 살펴본다. 4절의 결론으로 본 논문을 마무리한다.

2. 관련 연구

Chord[3]는  $2^k$  크기의 원형 식별자 공간을 사용하며, 각 노드는 IP 주소를 SHA-1과 같은 해쉬 함수로 해쉬하여 nodeID를 구한 다음 원형 식별자 공간의 해당 nodeID에 위치하게 된다. 데이터의 위치 정보는 (key, value) 쌍으로 표현되며 데이터가 저장될 노드의 위치는 key를 해쉬한 값에 의해 정해진다. 원형 식별자 공간에서 각 노드는 successor와 predecessor의 정보를 유지하여 Chord 링을 형성하고 노드가 fail되었을 때 시스템을 복원하기 위해 successor 목록을 유지한다. Chord에서 key를 해쉬한 값을 식별자 공간에 대응시킬 때 원형 식별자 공간에서 해쉬된 키 값과 같은 nodeID를 가지는 노드에 저장하거나 같은 nodeID를 가진 노드가 없을 때에는 Chord 링 상에서 뒤에 오는 노드에 저장한다. 각 노드는 전체 네트워크 상의 노드에 대한 정보를 분산된 동적 환경에서 효과적으로 만족시키기 위해 finger 테이블을 유지한다. Finger 테이블은 데이터를 삽입하거나 데이터를 관리하는 노드를 찾기 위해 lookup 메시지를 해당 노드에게 전달하기 위해 이용된다.

이러한 Chord는 빠른 검색 시간과 각 노드가 유지해야 하는 라우팅 테이블 양이 적다는 장점을 가진다. 하지만 structured P2P 접근 방법이 가지는 가장 큰 문제점 중 하나는 사용자가 검색하기 원하는 데이터의 이름과 노드에 저장된 데이터의 이름이 정확하게 일치해야 한다는 것이다. 이러한 structured P2P의 요구 사항은 디지털 홈 커뮤니티에서 사용자들의 관심 사항을 정확히 반영하는데 한계를 드러낸다[2].

드브루인 (de Bruijn) 그래프[4]는  $G(m,n)$ 으로 표현이 된다. <그림 2>의 드브루인 그래프는  $G(2,3)$ 의 형태를 보여준다.  $G(m,n)$ 의 드브루인 그래프는  $m^n$ 의 노드 수를 가지며, 최대  $n$ 의 반경을 가진다.  $G(m,n)$ 의 드브루인 그래프에서 어느 두 노드 사이라도 라우팅 패스는  $n$  이하이며, 두 노드 사이에는  $m$ 개의 서로 다른 라우팅 패스가 존재한다. 이러한 드브루인 그래프의 장점은 라우팅이다. 어느 두 노드 사이라도 최대 라우팅 패스  $n$ 이 보장되며, 두 노드 사이에  $m-1$  개까지의 라우팅 패스가 끊어져도 무리없이 라우팅을 지원한다. 또한 드브루인 그래프를 통해 보장된 최대 시간 동안 모든 노드에 검색 메시지를 전달할 수 있다는 장점이 있다.

3. IGN (Interest-based Grouping Networking)

IGN은 디지털 홈 네트워크 환경에서 보장된 응답 시간과 사용자들의 관심을 반영하는 검색을 지원하기 위해 Chord와 드브루인 그래프를 함께 이용한다. IGN은 <그림 2>처럼 여러 개의 관심 그룹으로 형성이 된다. 관심 그룹은 동일한 관심을 공유하는 사용자들의 모임을 통해 형성된 그룹으로 관심 그룹 간의 검색 메시지 전달을 위해서는 Chord가 이용되며, 관심 그룹 내에서의 검색 메시지는 드브루인 그래프를 이용한다. 관심 그룹 간의 신속하고 안정적인 검색 메시지의 전달을 위해 Chord를 이용하였으며, 관심 그룹 내에서의 검색은 드브루인 그래프에 기초한 메타데이터 검색을 따른다. 메타데이터 기반의 세밀한 검색과 최대 라우팅 홉 수를 보장하는 드브루인 그래프를 이용하여, 관심 그룹 내의 세밀한 검색 및 보장된 검색 시간을 제공하고자 하였다. 본 논문에서는 본 연구를 위해 새로운 메타데이터를 제시하지 않고, 이미 제시된 메타데이터를 사용한다고 가정한다. 예를 들어, MPEG-7[5]가 사용할 수 있는 메타데이터의 한 방안이 될 수 있다.

IGN의 노드는 각 홈 네트워크를 대표하는 홈 게이트웨이가 되며, 이를 IGN 노드라고 한다. IGN 노드는 홈 네트워크 내부의 기기와의 통신 및 정보 검색, 관리 기능을 지원한다. IGN 노드의 내부 기기와의 통신, 검색, 관리에 대한 방법은 본 논문에서 제안하지 않는다. 참고적으로 IGN 노드는 UPnP 프로토

콜[6]을 이용하여 홈 네트워크 내의 기기를 발견, 제어함으로써 원하는 기능을 제공할 수 있을 것이다. IGN 노드는 자신이 속한 홈 네트워크 내에 존재하는 미디어 콘텐츠에 대한 메타데이터 정보를 보유한다. 또한 IGN에는 사용자의 관심을 반영하는 관심 그룹이 존재한다. IGN의 각 관심 그룹마다 그룹을 대표하는 IGN super 노드가 존재한다. IGN super 노드는 시스템 및 네트워크 자원 정보에 기초하여 관심 그룹의 IGN 노드 중에서 선택된다.

각 관심 그룹을 대표하는 IGN super 노드들은 Chord 링을 형성한다. 또한 각 관심 그룹의 IGN 노드는 IGN super 노드를 기준으로 드브루인 그래프를 형성한다. IGN super 노드는 Chord 링 형성에 필요한 정보와 해당 관심 그룹 내의 IGN 노드의 정보를 관리한다.

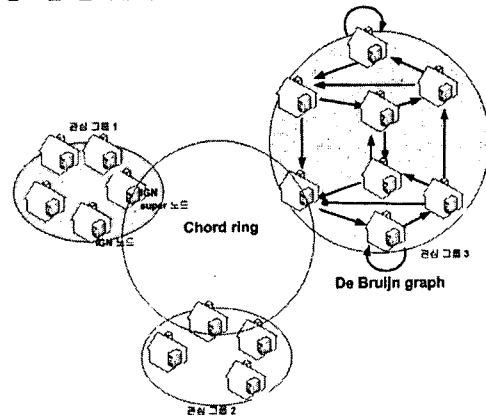


그림 2. Chord와 드브루인 그래프를 통한 IGN 구조도

3.1 IGN 관심 그룹 참여

각 IGN 노드는 관심 그룹 참여를 위해 사용자들의 관심을 기록한 프로파일을 보유한다. IGN 노드가 처음 관심 그룹에 참여하기 위해서 bootstrapping 노드에 접속한다. Bootstrapping 노드는 현재 존재하는 관심 그룹의 목록을 가지고 있으며, 관심 그룹 참여를 위해 접속한 IGN 노드의 프로파일에 기초하여 참여할 관심 그룹의 IGN super 노드의 정보를 반환하게 된다. Bootstrapping 노드를 통해 참여할 관심 그룹의 IGN super 노드를 발견한 후, IGN 노드는 IGN super 노드를 통해 관심 그룹에 참여하게 된다. 만약 자신이 참여하기 원하는 관심 그룹이 없다면, bootstrapping 노드에 관심 그룹 목록을 추가하여 자신이 생성되는 관심 그룹의 IGN super 노드가 된다.

3.2 관심 그룹 관리

관심 그룹을 대표하는 IGN super 노드는 관심 그룹에 참여한 IGN 노드 중에서 성능이 가장 좋은 것으로 선택된다. IGN 노드의 성능 평가의 기준은 CPU, 메모리와 같은 시스템 성능과 지원 가능한 네트워크 대역폭이 중요 기준이 된다. IGN super 노드가 fail하면, 관심 그룹 내의 IGN 노드 간의 성능 비교를 통해 새로운 IGN 노드를 선택하게 된다. IGN super 노드의 안정적인 교체를 위해 각 관심 그룹에는 실제 IGN super 노드와 후보 IGN super 노드가 존재하게 되어, 예상치 못한 IGN super 노드의 실패에도 문제없이 IGN super 노드의 재선택을 지원한다. 이를 위해, 후보 IGN super 노드는 IGN super 노드가 가지는 정보를 동일하게 보유한다. IGN super 노드는 해당 관심 그룹에 속한 모든 IGN 노드의 정보를 보유하며 관심 그룹 관리를 위한 동적인 드브루인 그래프 형성에 관여한

다. 각 관심 그룹의 IGN super 노드는 관심 그룹의 노드 정보에 기초하여 적은 라우팅 테이블 양을 요구하며 빠른 응답 시간을 보장할 수 있는 드브루인 그래프를 형성하며 관리한다.

3.3 IGN에서의 미디어 콘텐츠 검색

IGN에서는 미디어 콘텐츠 검색을 위해 두 가지 키워드를 이용한다. 예를 들어 미디어 콘텐츠 검색을 위한 키워드는 (축구, 박지성)과 같은 형태가 된다. 첫 번째 키워드 '축구'는 Chord 링을 통해 해당 관심 그룹으로 메시지 라우팅을 위해 사용된다. 두 번째 키워드 '박지성'은 해당 관심 그룹 내에서 메타데이터에 기반한 검색을 위해 사용된다. IGN 노드가 사용자로부터 검색 키워드를 통해 미디어 콘텐츠 검색을 요청 받았을 때, IGN 노드는 자신이 속한 관심 그룹의 IGN super 노드에 검색 메시지를 전달한다. IGN super 노드는 IGN 노드로부터 넘겨받은 키워드에 기초하여 Chord 링 상에 어느 IGN super 노드가 해당 관심 그룹을 관리하는지 알아낸다. 만약 동일 관심 그룹이라면 IGN super 노드는 이미 형성된 드브루인 그래프를 이용하여 메타데이터 기반의 검색을 시작한다. 검색된 미디어 콘텐츠는 검색을 요청한 IGN 노드로 반환된다. 만약 사용자가 요청한 미디어 콘텐츠가 다른 관심 그룹에 속한 것이라면 IGN super 노드는 IGN 노드로부터 수신한 검색 메시지를 Chord 링을 통해 해당 관심 그룹의 IGN super 노드로 전달한다. 검색 메시지를 수신한 IGN super 노드는 앞서 언급된 방법과 마찬가지로 드브루인 그래프를 통해 검색을 시작한다. 관심 그룹 내에서 드브루인 그래프를 통해 미디어 콘텐츠를 검색할 때, IGN 노드들은 검색 메시지가 모든 IGN 노드에 중복되지 않도록 검색 메시지를 이웃한 IGN 노드로 전달한다. 이를 위해 각 IGN 노드들은 형성된 드브루인 그래프에 기초하여 자신과 연결된 IGN 노드의 정보를 유지하며, 검색 메시지를 수신한 IGN 노드의 정보와 검색 메시지에 기록된 값에 기초하여 검색 메시지를 다음 이웃한 IGN 노드에 전달한다.

3.4 IGN의 특징 및 성능 비교

본 절에서는 본 논문에서 제안하는 IGN과 structured P2P 기법과의 비교를 통해 IGN을 특징에 대해서 살펴본다. <표 1>은 structured P2P의 대표적인 프로토콜인 CAN (content addressable network), Chord와 IGN의 특징 비교를 보여준다.

표 1. 관련 연구와 IGN의 특징 비교

Algorithm taxonomy	CAN	Chord	IGN
Architecture	Multi-dimensional ID coordinate space	Uni-directional and circular NodeID space	Group-based circular space and hierarchical network of super-peer and peers
Lookup protocol	(key, value) pairs to map a point P in the coordinate space using uniform hash function	Matching key and NodeID	Combine key/NodeID matching and metadata-based search
System parameters	M-number of peers in network and d-number of dimensions	N-number of peers in network	Ng-number of interest groups Nn-number of peers in each interest group
Routing performance	$O(d \cdot N^d)$	$O(\log N)$	$O(\log N) + c \cdot c$ is a small constant
Routing state	2d	$\log N$	IGN super peers: $\log N_g - N_n$ IGN peers: depend on forward de Bruijn graph

본 연구에서 제안한 IGN은 Chord와 드브루인 그래프를 사용하기 때문에 Chord가 가지는 기본적인 특징은 함께 지니게 된다. 뿐만 아니라 IGN은 관심 그룹의 형성으로 인한 IGN super 노드 기반의 계층적인 (hierarchical) 구조와 관심 그룹 내에서의 메타데이터 기반 검색 특징 또한 가진다. IGN의 성능과 관

련된 변수는 관심 그룹의 수 (Ng)와 각 관심 그룹 당 IGN 노드의 수 (Nn)이다. IGN의 라우팅 성능은 관심 그룹 내의 검색 메시지 라우팅에 해당하는  $O(\log Ng)$ 와 c의 합으로 표현할 수 있다. 상수 값인 'c'는 관심 그룹 내 형성된 드브루인 그래프에 따른 값이다. 다음 <표 2>는 Chord와 IGN의 라우팅 홉 수 비교를 보여준다. 비교에서 사용한 노드와 그룹 수는 [7]에서 권고하는 P2P 시스템에서 감당할 수 있어야 하는 노드와 그룹 수에 대한 권고안에 기초한 것이다.

표 2. Chord와 IGN의 라우팅 홉 수 비교

	P2P architecture	
	Chord	IGN
Node 수	$10^6$	$10^6$ , 그룹 수: $10^3$
요구 라우팅 홉 수	$(1/2) \log_2 N = (1/2) \log_2 10^6 = 10$ (9.9650)	$(1/2) \log_2 N + c = (1/2) \log_2 10^6 + 3 = 8$ (7.9828)

<표 2>에서 c는  $10^3$  개의 노드로 구성된 관심 그룹 내에서의 드브루인 그래프를 통한 검색 메시지 전달에 요구되는 홉 수이다. 여기서 드브루인 그래프는 G(10,3)형태로 구성이 되어 형성된 드브루인 그래프 내에서의 최대 라우팅 홉 수는 30이 된다. 이와 같이 검색 메시지 전달을 위해 요구되는 총 홉 수의 비교에서는 본 연구에서 제안하는 IGN이 Chord보다 더 좋은 성능을 보일 것으로 예상할 수 있다. 그러나 IGN은 검색 메시지의 라우팅의 성능 측면에서는 Chord보다 더 좋은 성능을 보이지만, 각 노드 당 유지해야 하는 라우팅 정보라든지 관심 그룹 내에서의 드브루인 그래프 재형성에 요구되는 시간 등은 해결 과제로 남아있다. 특히 IGN super 노드에 기반하는 hierarchical 구조를 지원하는 IGN의 특성상, IGN super 노드가 유지해야 하는 라우팅 정보는 관심 그룹에 속해있는 IGN 노드의 수에 비례하여 증가하기 때문에 이는 앞으로 해결해야 하는 문제 중 하나이다.

4. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 향후 형성될 것으로 예상되는 디지털 홈 커뮤니티의 환경에서 미디어 콘텐츠 검색 시 사용자들의 관심 사항을 반영하며, 보장된 검색 시간을 제공하는 IGN에 대해서 살펴 보았다. IGN과 structured P2P 기법과의 비교를 통하여 IGN이 지니는 특징에 대해서 살펴보았다. 향후 연구 주제로 라우팅 테이블 정보 관리 및 관심 그룹 내에서의 드브루인 그래프 형성에 요구되는 부하를 줄이는 연구를 진행하여 IGN의 성능을 향상시키며, IGN의 성능을 보다 기술적으로 검증하고자 한다.

감사의 글

본 연구는 KRF (korea research foundation - 한국학술진흥재단)의 KRF-2004-041-D00463를 통한 연구 지원에 의한 것입니다.

참고문헌

- [1] H. Lee and J. Kim, "A proxy-based distributed approach for reliable content sharing among UPnP-enabled home networks," Pacific-rim Conference on Multimedia, November 2005.
- [2] E. K. Lua, et al., "A survey and comparison of peer-to-peer overlay network schemes," IEEE Communications Surveys, second quarter, vol.7, no.2, 2005.
- [3] 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.
- [4] K. N. Sivarajan, et al., "Lightwave networks based on de Bruijn Graphs," IEEE/ACM transactions on Networking, vol.2, no.1, Feb. 1994.
- [5] Moving Picture Experts Group, <http://www.chiariglione.org/mpeg/>.
- [6] UPnP, [www.upnp.org/](http://www.upnp.org/).
- [7] Karan Bhatia, "Peer-to-Peer requirements on the open grid services architecture framework," OGSAP2P Research Group, July 2005.