

FLOWER: 지리정보를 활용한 이동성 지원 오버레이 네트워크 프로토콜

이종수*, 박건우*, 조호식*, 권태경*, 최양희*, 이승윤**, 유태완**

*서울대학교 컴퓨터 공학부, **한국전자통신연구원

{jslee, kwpark, hscho, tk, yhchoi}@mmlab.snu.ac.kr, **{syl, twyou}@etri.re.kr

FLOWER: Proximity based Mobility Support Protocol in Overlay Networks

Jongsoo Lee*, Kunwoo Park*, Hosik Cho*, Taekyoung Kwon*, Yanghee Choi*, Seungyun Lee**, Taewan You**

*School of Computer Science and Engineering, Seoul National University

**Electronics and Telecommunications Research Institute

요약

현재 인터넷은 무선 구간의 일반화와 디바이스들의 소형화, 지능화로 이동성 지원이 매우 중요한 문제로 부각되고 있으며 인프라스트럭처의 구축 없이 Peer-to-Peer 기술을 이용하여 다양한 서비스를 제공하는 연구가 이루어지고 있다. 본 논문에서는 지리정보를 활용하여 효율적인 오버레이 네트워크를 구성하여 이동성을 지원하는 FLOWER 프로토콜을 제시한다. FLOWER는 Autonomous System을 활용하여 효율적인 오버레이 네트워크를 구성하여 기존의 오버레이 네트워크에 비하여 향상된 성능을 보여준다. Identifier와 Locator를 분리하고 이들 간의 맵핑정보를 DHT를 통해서 저장검색하는 기능을 제공한다. 오버레이 네트워크에 참여하는 유선 노드를 Base Node를 Indirection point로 사용하여 노드의 이동성을 지원한다.

1. 서론

현재 인터넷은 IPv4(Internet Protocol version 4)의 32비트 주소 체계를 사용하고 있다. 하지만 세계적으로 인터넷이 빠르게 보급되고 홈 네트워크 등의 발전으로 다양한 기기가 인터넷에 연결되면서 IP주소의 고갈문제는 매우 심각한 상태이다. 이러한 주소 공간의 부족 문제를 근본적으로 해결하기 위하여 128비트 주소 체계 기반의 IPv6(Internet Protocol version 6)의 도입이 절실하게 되었다. 머지않아 IPv6가 전 세계적으로 사용될 것에 대비하여 IPv6 기반의 응용 서비스에 대하여 활발한 연구와 개발이 필요하다 [1].

현재의 인터넷의 핵심 요소인 IP 주소는 글로벌한 인터넷 공간상에서 사용되며 네트워크에 연결되어 있는 어떤 디바이스의 인터페이스에 대한 유일한 식별자(Endpoint identifier)와 네트워크상에 디바이스의 위치를 나타내는 식별자(Location identifier)의 두 가지 의미를 중첩되게 내포하고 있다. 현재 인터넷은 무선 구간의 일반화와 더불어 디바이스들의 소형화, 지능화로 이동성 지원은 매우 중요한 문제로 부각되고 있다. 이동하는 단말의 위치와 상관없이 단말의 식별이 가능하여야 하며 이동 중에도 통신 세션은 유지되어야 한다. 그러나 현재의 IP주소는

단말을 인식하는 Identifier와 단말의 위치를 나타내는 Locator의 의미가 중첩되어 사용되기 때문에 연속적인 서비스를 제공이 매우 어렵다. 이동성 및 멀티호밍을 지원하기 위하여 단말의 Identifier와 Locator를 분리하는 기술에 대하여 많은 연구가 이루어지고 있다.

본 논문에서는 IPv6 환경에서 이동성을 지원하는 오버레이 네트워크 프로토콜인 FLOWER을 제시하고자 한다. 이후 2장에서는 기존에 연구되었던 오버레이 네트워크, 이동성 지원 프로토콜과 ID와 Locator 분리 기술 동향을 살펴보고 3장에서는 개발된 프로토콜의 개요 및 작동원리에 대해서 알아본다. 4장에서는 개발된 프로토콜의 성능 분석 및 기대 효과를 추측해 보고 5장에서는 본 논문의 결론을 제시한다.

2. 기존에 연구된 알고리즘

오버레이 Peer-to-Peer 네트워크는 Peer-to-Peer 기술을 이용하여 인터넷과 같은 기존의 네트워크를 기반으로 구축한 가상의 네트워크이다. Peer-to-Peer 기술은 어플리케이션 레벨의 프로토콜로 사용자 간의 통신이나 자원분배 및 교환 등을 지원한다. 이 중에서 대표적인 오

* 본 논문은 2005년도 한국전자통신연구원(ETRI)과 두뇌한국21의 지원을 받아 수행되었음.

버레이 Peer-to-Peer 알고리즘인 CHORD에 대해서 알아보겠다.

CHORD [2] 는 데이터를 효율적으로 저장 및 검색하기 위하여 만들어진 분산 검색 프로토콜이다. CHORD는 오버레이 네트워크를 구성하고 유지하는 방법과 오버레이 네트워크상에 데이터 아이템을 저장하고 검색하는 방법을 정의한다. CHORD는 consistent hash function을 이용하여 데이터아이템을 오버레이 네트워크상의 이름공간으로 매칭시킨다. CHORD는 노드의 join과 leave 동작에 효율적으로 대처하여 오버레이 네트워크의 구성이 지속적으로 변화하는 상태에서도 안정되게 기능을 수행할 수 있다. Finger를 사용하여 N개의 노드에 대해서 Log(N)번의 전달로 전송이 가능하다.

IP주소의 문제점을 해결하고 이동성을 지원하기 위하여 Identifier와 Locator를 분리하는 다양한 기술이 연구 개발되고 있다. 이들은 기존의 계층 구조에 새로운 계층을 추가하여 새로운 이름공간을 제공하고 이것이 기존의 인터넷 주소와 매핑이 되도록 만들어졌다. 이 중에서 LINA, HIP, L3Shim에 대해서 간단히 알아보겠다.

LINA [3] 는 IP계층을 Identifier계층과 Delivery계층으로 나누어 상위의 Identifier와 하위의 Locator의 매핑을 담당하게 하였다. Locator는 기존의 IPv6주소를 사용하며 Identifier는 Embedded address를 사용하여 64bit LIN6 ID와 IPv6 주소의 64bit prefix가 포함되는 LIN6 address를 사용한다 [4]. HIP [5] 는 이동성 및 멀티호밍, 그리고 보안성까지 지원하는 프로토콜로 Transport계층과 Network계층 사이에 Identifier와 Locator를 매핑시키는 Identity계층을 추가하였다. Identifier는 공개키와 해쉬를 사용하여 만든다. L3Shim [6] 은 기본적인 개념은 HIP와 동일하지만 IPv6 멀티호밍만을 지원하기 위한 방법으로 기존의 VIP, LINA, HIP 프로토콜의 단점을 보완하며 기존의 IP주소를 사용하여 기존 단말들과의 호환성을 보장한다.

3. 이동성 지원 오버레이 네트워크 알고리즘

FLOWER는 기본적으로 두 가지 부분으로 구성되어 있다. 첫 번째는 오버레이 네트워크를 구성하는 부분으로 Autonomous System Number(ASN)를 이용하여 지리정보가 반영된 CHORD 오버레이 네트워크를 구성하여 유지한다. 각 노드의 Identifier는 Distributed Hash Table(이하 DHT)을 이용하여 오버레이 네트워크상에 분산 저장한다. 또한 검색 기능을 사용하여 Identifier와 Locator의 매핑 기능을 제공한다. 두 번째는 노드 간의 연결을 생성 유지하는 기능이다. 모든 노드는 Indirection 기능을 제공하는 Base Node(이하 BN)을 가지고 있으며 모든 노드 간의 통신은 BN을 통해서 이루어진다. BN은 연결대상의 Identifier의 맵핑정보를 검색하여 Source Node와 Destination Node 사이의 연결을 구성하고 Indirection point로 동작하여 이동성을 지원한다.

3.1. 네트워크 지리정보 기반의 Key 할당

FLOWER의 모든 노드는 유일한 Identifier를 가진다. Identifier는

해쉬함수를 통하여 Location Key와 Item Key의 두 가지 키값을 생성한다. Location Key는 노드의 위치정보를 포함한 ASN값을 앞부분으로 Identifier를 해쉬함수에 입력하여 얻은 값을 뒷부분으로 합쳐서 만들어지며 그 결과 실제 네트워크상의 노드의 위치를 고려하여 오버레이 네트워크상에서 노드의 위치를 결정한다. Item Key는 Location Key와 동일한 길이를 가지고 Identifier를 해쉬함수에 입력하여 얻은 값만으로 생성되므로 노드의 현재 IP주소와는 상관없이 고정된 값을 가지며 서로 다른 노드의 Item Key는 중복된 값을 가지지 않으며 전체 오버레이 네트워크 공간에 고르게 분포하게 된다. Item Key는 Identifier와 Locator의 매핑 정보를 오버레이 네트워크상에 분산하여 저장하고 이를 검색하기 위하여 사용한다. 그림 1은 Location key와 Item key의 구조를 보여준다.

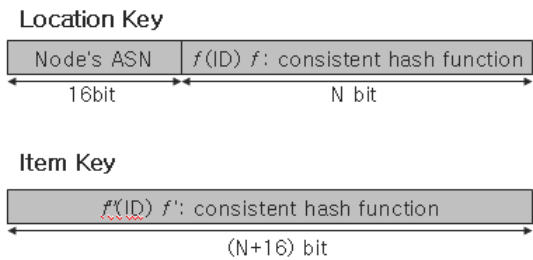


그림 1. Location key와 Item key의 구조

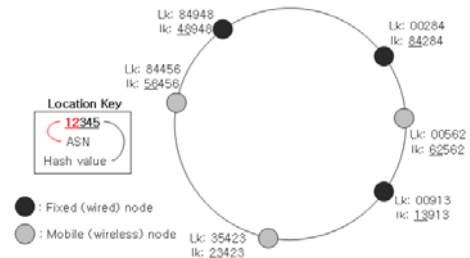


그림 2. 오버레이 네트워크 구성과 Key의 분포

3.2. 오버레이 노드

오버레이 노드는 DHT를 이용한다. 각각의 노드에 있는 DHT에는 Item Key와 IP주소의 Locator의 맵핑정보가 적절히 들어있다. 자신이 갖고 있는 맵핑정보에 대한 검색 요청이 들어오면 해당 맵핑정보의 Locator를 반환하게 된다. 노드는 유선 또는 무선 노드가 될 수 있으며 유선 노드는 BN으로 동작을 한다. BN은 노드 간의 통신의 Indirection point의 역할을 하며 오버레이 네트워크상의 모든 노드는 최소한 1개 이상의 BN의 목록을 유지한다.

Notation	Definition
finger[k].start	$(n + 2k - 1) \bmod 2m, 1 \leq k \leq m$
.interval	$[finger[k].start, finger[k+1].start]$
.node	finger[k].start보다 큰 identifier를 가지는 첫 노드
successor	오버레이 네트워크상의 다음 노드; finger[1].node
predecessor	오버레이 네트워크상의 이전 노드
base node	base node의 목록

표 1. FLOWER 노드가 유지하는 정보

* 본 논문은 2005년도 한국전자통신연구원(ETRI)과 두뇌한국21의 지원을 받아 수행되었음.

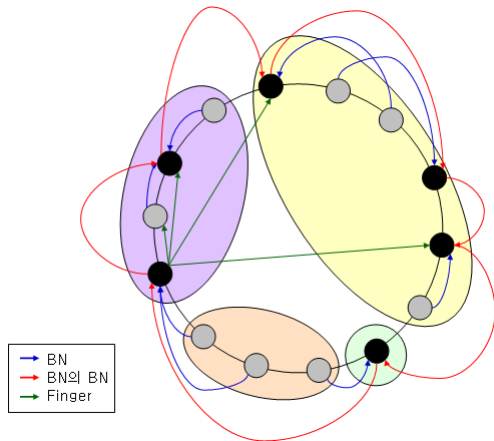


그림 3. Base node와 Finger의 구성

3.3. 오버레이 네트워크의 구성

모든 노드는 자신의 Location Key를 사용하여 오버레이 네트워크에 참여한다. Location Key는 ASN의 정보를 포함하고 있다. 동일 AS에 속하는 노드들은 동일한 ASN을 자신의 Location Key의 앞부분으로 사용하므로 오버레이 네트워크상에서 인접하게 위치하게 된다. 새로 참여하는 노드는 이미 오버레이 네트워크에 참여하고 있는 임의의 노드를 Bootstrap node로 사용할 수 있다. 새로 참여하는 노드는 Bootstrap node로 자신의 Location Key를 보내어 자신의 Successor와 Predecessor의 맵핑정보를 얻어 Successor와 Predecessor의 사이로 오버레이 네트워크에 참여하고 좌우방향으로 BN을 검색하여 가까운 BN의 목록을 구성한다. 노드가 다른 AS로 이동하는 경우 해당 AS의 ASN으로 Location Key를 생성하여 오버레이 네트워크에 다시 참여를 한다. 이 때 동일한 AS에 위치하는 BN이 존재한다면 이들 노드로 BN의 목록을 갱신한다. 효율적인 라우팅과 검색을 위해서 오버레이 네트워크에 N개의 노드가 참여하는 경우에 각 노드들은 $\log(N)$ 개의 Finger를 유지한다. Finger는 일종의 지름길 기능을 함으로써 오버레이 네트워크의 크기가 N일 때 $\log(N)$ 번 이내의 전달로 검색을 가능하게 한다. 그림 3은 완성된 오버레이 네트워크의 AS에 따른 Base node와 Finger의 예를 보여준다. 그림 4는 새로운 노드가 오버레이 네트워크에 참여하는 경우의 메시지 흐름을 보여준다.

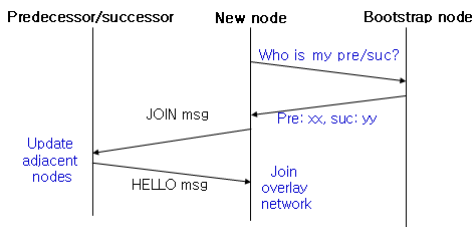


그림 4. 새로운 노드의 Join하는 경우의 메시지 흐름

3.4. Base Node의 구성

오버레이 네트워크에 새로 참여하는 노드는 Successor와 Predecessor로부터 BN의 목록을 받아서 이를 이용하여 BN의 목록을

구성한다. BN의 목록은 BN의 맵핑정보와 BN의 RTT 정보를 가지고 있으며 Soft State로 관리가 된다. 오버레이 네트워크상의 유선노드들은 BN으로 동작을 하며 일정 시간 간격으로 자신의 좌우 노드에게 자신의 맵핑정보를 보내고 이는 다른 BN에 도착할 때까지 오버레이 네트워크를 통해서 전달된다. BN의 맵핑정보를 수신한 노드들은 자신이 가진 BN의 목록과 비교하여 갱신을 하고 자신이 BN이 아닌 경우에 수신 방향과 반대 방향으로 전달을 한다. 그림 5는 노드 간의 새로운 연결을 생성하는 경우의 메시지 흐름을 보여준다.

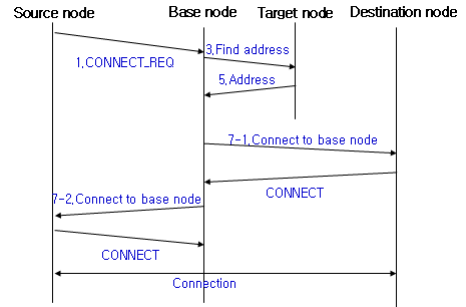


그림 5. 새로운 연결을 생성하는 경우의 메시지 흐름

3.5. 노드 간 연결의 생성과 유지

노드 간의 통신은 항상 Base Node를 통해서 이루어진다. Source는 Destination의 Identifier로부터 Item Key를 생성하여 자신의 BN으로 보내어 연결을 요청한다. 연결 요청을 수신한 BN은 DHT로부터 맵핑정보를 얻어서 Destination으로 연결을 시도하여 연결의 성공여부를 Source에게 통보한다. 성공적으로 연결을 생성한 경우 Source와 Destination은 BN를 통한 연결을 이용하여 데이터를 주고받을 수 있다. 그림 6은 노드 A가 자신의 BN인 B를 통하여 D와 통신하는 구조를 보여준다.

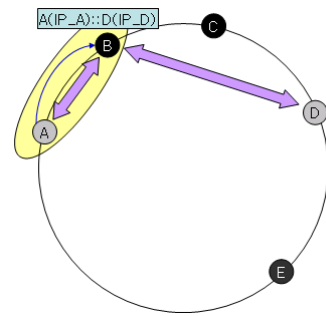


그림 6. 노드 A가 BN B를 통하여 D와 통신하고 있다.

3.6. 노드의 이동성 지원

모든 노드는 일정 시간마다 자신의 맵핑정보를 DHT에 등록하므로 노드가 이동을 하여 새로운 IP 주소로 바뀌는 경우에 새로운 맵핑정보를 재등록한다. 노드의 IP주소가 변경되거나 소속된 AS가 변경되는 경우에도 노드의 Item Key는 항상 동일한 값을 가지므로 DHT를 통하여 노드의 Locator 정보를 얻을 수 있으므로 노드가 이동을 하는 경우에도

* 본 논문은 2005년도 한국전자통신연구원(ETRI)과 두뇌한국21의 지원을 받아 수행되었음.

Identifier 정보만 있다면 연결을 생성하는 것이 가능하다.

두 노드 간의 연결이 생성된 상태에서 Source 또는 Destination의 이동이 발생하는 경우에는 이동 노드는 Base Node로 Binding update를 보내어 BN의 맵핑정보를 갱신하고 연결을 유지한다. BN은 이동 노드와 연결을 재설정하는 동안 이동 노드로 전달될 데이터를 버퍼링하며 재설정이 완료되면 버퍼링된 데이터를 이동 노드로 전달한다. 그림 7은 노드의 이동이 발생하는 경우의 예를 보여준다.

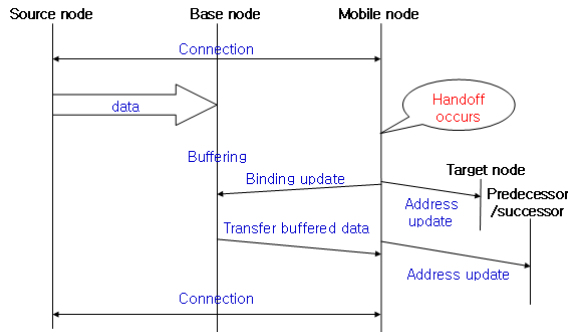


그림 7. 노드가 이동하는 경우의 메시지 흐름

3.7. 오버레이 네트워크의 안정성 향상

오버레이 네트워크의 안정된 동작을 위하여 각 노드는 1개 이상의 Successor의 목록을 유지한다. 비정상적으로 종료된 노드가 발생하는 경우에 Successor 목록을 활용하여 오버레이 네트워크를 복구한다.

연결을 구성하고 있던 BN이 비정상적으로 종료된 경우에 대비하여 관리하는 연결의 정보를 자신의 BN에 백업하고 백업 BN를 연결의 양 단말노드에게 알려준다. 단말노드는 BN으로의 연결이 끊어진 경우에 백업 BN으로 연결을 맺어서 연결을 복구한다.

4. 프로토콜 구현

본 논문에서 제시한 프로토콜을 윈도우용 응용 프로그램으로 IPv6망 환경에서 동작하도록 구현하였다. Location Key는 16bit의 ASN과 이메일 주소를 Identifier로 SHA-1 [7] 함수에 입력하여 얻은 160bit 해쉬값을 사용하였다. Item Key는 160bit 해쉬값과 해쉬값의 마지막 16bit를 사용하였다.

4. 성능분석과 기대효과

FLOWER는 ASN을 활용하여 오버레이 네트워크를 구성한다. 모든 노드 간의 통신 데이터는 항상 BN을 통하여 전달되기 때문에 항상 삼각 라우팅이 이루어진다. 그러나 BN이 항상 Source와 동일한 AS에 위치하기 때문에 삼각 라우팅의 경우에도 직접 통신하는 경우에 비하여 매우 적은 딜레이만 발생하게 된다. 이동성을 가진 무선 노드에 대해서 AS내의 유선 구간의 딜레이는 무선 구간에 비하여 매우 적은 비율을 차지한다. 또한 실제 네트워크에서 인접한 노드들이 오버레이 네트워크상에서도 인접하게 되므로 오버레이 네트워크의 전반적인 성능의 향상을 보여

준다.

MobileIP는 고정된 Home Agent(이하 HA)가 Mobile Node의 정보를 관리한다. 이에 비해서 FLOWER는 Consistent hash function을 사용하여 DHT를 구성하므로 맵핑정보가 노드의 개수에 영향을 받지 않고 모든 노드에 균등하게 분포하게 되어 HA가 담당하던 부하를 분산시키는 효과를 얻을 수 있다.

5. 결론

현재 인터넷은 무선 구간의 일반화와 더불어 디바이스들의 소형화, 지능화로 이동성 지원은 매우 중요한 문제로 부각되고 있다. 이동성을 지원하기 위한 다양한 방법이 제시되고 있으나 기존의 대부분의 알고리즘들은 서비스 제공을 위해서 인프라스트럭처의 사전 구성과 유지가 필요하다. FLOWER는 오버레이 Peer-to-Peer 구조를 사용하여 사전 인프라스트럭처의 투자 없이 완전한 분산구조의 서비스를 제공한다. 또한 지리정보를 이용하여 기존의 오버레이 네트워크에 비하여 전반적으로 향상된 성능을 보여주며 삼각 라우팅 문제를 해결하였다.

현재 MobileIP는 Routing Optimization과 같은 최적화 기법을 사용하여 딜레이를 감소시키면서 성능을 향상하고 있다. 향후 과제로 이러한 최적화 기법을 FLOWER에 적용하여 성능을 향상시키는 연구가 계속될 예정이며 멀티호밍 기능을 제공할 수 있도록 확장할 예정이다.

참고 문헌

- [1] 신명기, 김용진, "IPv6 도입을 위한 기술개발 동향", IPv6 포럼 코리아 기술 문서 2000-002, <http://www.ipv6.or.kr>
- [2] Ion Stoica, Robert Morris, David Liben-Nowell, David R. Karger, M. Frans Kaashoek, Frank Dabek, Hari Balakrishnan, "Chord: A Scalable Peer-to-peer Lookup Protocol for Internet Applications", IEEE/ACM Transactions on Networking, Vol. 11, No. 1, pp. 17-32, February 2003
- [3] M. Kunishi, M. Ishiyama, K. Uehara, H. Esaki, and F. Teraoka. LINA: A New Approach to Mobility Support in Wide Area Network. IEICE Transactions on Communication, E84-B(8), August 2001.
- [4] Mitsunobu Kunishi, Masahiro Ishiyama, Keisuke Uehara, Hiroshi Esaki, and Fumio Teraoka. LING: A New Approach to Mobility Support in IPv6. In Proceedings of the Third International Symposium on Wireless Personal Multimedia Communications, November 2000.
- [5] R. Moskowitz and P. Nikander. Host Identity Protocol Architecture. Internet Draft, work in progress, Nov. 2003
- [6] G. Huston. Architectural Commentary on Site Multi-homing using a Level 3 Shim. Internet Draft, work in progress, Jul. 2005
- [7] FIPS 180-1. Secure Hash Standard. U. S. Department of Commerce/NIST, National Technical Information Service, Springfield, VA, Apr. 1995

* 본 논문은 2005년도 한국전자통신연구원(ETRI)과 두뇌한국21의 지원을 받아 수행되었음.