

계층적 도메인 멀티캐스트 에이전트 시스템 개발에 관한 연구

*윤민우 , *이상영 , *임형진 , **정태명
* ** 성균관대학교 정보통신 공학부
* {mwoon, sylee, hjlim}@imtl.skku.ac.kr
** tmchung@ece.skku.ac.kr

A study on Development for Hierarchical Domain Multicast Agent System

Min-Woo Yoon, Sang-Young Lee, Hyung-Jin Lim, Tai-Myung Chung
School of Information & Communication Engineering, Sungkyunkwan University

요 약

오늘날 인터넷은 가능한 모든 서비스와 콘텐츠가 단일한 인터페이스를 통해 제공되는 통합 어플리케이션의 시대를 맞이하고 있다. 그리고 고 품질의 멀티미디어 콘텐츠의 쌍방향/실시간 통신까지 요구되고 있다. 최근의 이러한 요구는 기존 유니캐스트 통신 방식으로 제공하기에 한계가 있기 때문에, 멀티캐스트 통신 방식으로의 전환이 필요하다. 하지만 기존 유니캐스트 기반구조의 비대화는 멀티캐스트 기반구조로의 전환에 걸림돌이 되고 있다. 따라서 본 논문에서는 기존 유니캐스트 기반구조에 멀티캐스트를 안전하게 이식할 수 있는 계층적 도메인 기반의 멀티캐스트 에이전트 시스템을 제안하고자 한다.

1. 서론

오늘날 인터넷은 TCP/IP로 불리는 유니캐스트 서비스의 요구사항에 대응해 가며 급속히 성장해 왔고, 이것은 인터넷의 구조를 유니캐스트에 알맞도록 만들어 놓았다. 반면, 멀티캐스트는 20년간의 연구 개발에도 불구하고 아직 인터넷 땅에 보급되지 못하고 있다. 그에 대한 근본적인 이유는 '멀티캐스트 수익 모델 부재'에서 찾을 수 있다. 다시 말하면, 멀티캐스트가 응용 서비스 사업자(ASP)나 인터넷 망 사업자(ISP)입장에서 초기 투자에 대한 매력을 느낄 수 없는 사업으로 여겨졌다는 것이다. 이것은 유니캐스트에 알맞도록 이미 토폴로지가 구성된 인터넷 구조에 멀티캐스트 기술을 오버레이 시켜야만 하는 이유가 되었다. 하지만, 현재 인터넷에 멀티캐스트 기술을 이식시키는 것은 쉬운 일이 아니다. 유니캐스트와 멀티캐스트는 라우팅을 위한 알고리즘의 기본 개념부터 상반된다. 최근 멀티캐스트 기술 동향들은 이런 오버레이 기술의 한계를 극복하기 위한 다양한 방안들이 제시되고 있다 [1,2,3].

본 논문은 기존의 멀티캐스트 라우팅 프로토콜의 확장성 문제와 주소 할당 문제를 해결하면서, 오버

레이의 기반구조를 제공할 수 있는 "계층적 도메인 멀티캐스트 에이전트 시스템(Hierarchical Domain Multicast Agent System, DMAS)"을 제안한다. DMAS는 멀티캐스트 세션 관리 정보를 에이전트의 데이터베이스에서 관리함으로써 '중간 관리'계층을 통해 능동적으로 멀티캐스트를 제어하기 위한 기반 구조 시스템이다.

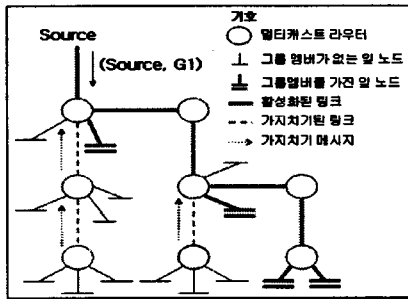
논문의 순서는 다음과 같다. 2장에서는 기존 멀티캐스트 기술의 고찰을 통해, 기존 기술의 한계와 그에 따르는 요구사항을 분석한다. 3장에서는 DMAS의 기본 구조와 동작 과정을 설명하고, 4장에서는 기존 멀티캐스트 기술과 DMAS를 비교 분석한다. 5장에서는 결론과 향후 연구 계획을 기술한다.

2. 멀티캐스트 라우팅 프로토콜 분석

2.1 기본 개념(broadcasting and prune)

멀티캐스트 패킷 전달(forwarding)의 기본 개념은 브로드캐스팅과 가지치기(broadcasting and prune)이다. 멀티캐스트 패킷을 보내기 위해서는 송신자로부터 다수의 수신자에 이르는 전송 경로가 미리 생성되어 있어야 한다. 이것을 전송 트리(delivery tree)라고 하며, 멀티캐스트 라우팅 알고리즘은 브로드캐스팅과 가지치기를 사용해서 최단경로의 전송 트리를 생성한다. [그림 1]은 이와 같은

본 논문은 보건복지부 보건정보기술진흥사업의 지원에 의하여 이루어진 것임. (02-PJ3-PG6-EV08-0001)



[그림 1] RPM 동작 과정

방식으로 트리를 생성하는 RPM(Reverse Path Multicast)의 동작 과정을 보여준다. 그림에서 소스는 그룹 주소 G1로 패킷을 보낸다. 자신의 서브 네트워크 안에 그룹의 멤버인 호스트를 가지고 있는 일 노드는 멀티캐스트 패킷을 받아들여 링크를 활성화시킨다. 그리고 서브 네트워크에 멤버를 가지고 있지 않은 일 노드는 가지치기 메시지를 부모노드를 통해 전달함으로써 링크를 비 활성화시킨다 [4,5].

2.2 멀티캐스트 라우팅 프로토콜 분석

멀티캐스트 라우팅 프로토콜은 RPM, Dijkstra 알고리즘, SPT 등의 패킷 포워딩 알고리즘을 사용하여 전송 트리를 생성한다. 멀티캐스트 전송 트리를 만드는 방식은 두 가지로 분류된다. 하나는 소스를 루트로 하여 전송 트리를 생성하는 SBT(Source-Based Tree)방식이고 다른 하나는 하나의 공유 트리를 생성하는 CBT(Core-Based Tree)방식이다. 멀티캐스트 라우팅 프로토콜로는 아래와 같은 것이 있다.

- | |
|---------------------------------|
| ① SBT 방식 : DVMRP, MOSPF, PIM-DM |
| ② CBT 방식 : CBT, PIM-SM |

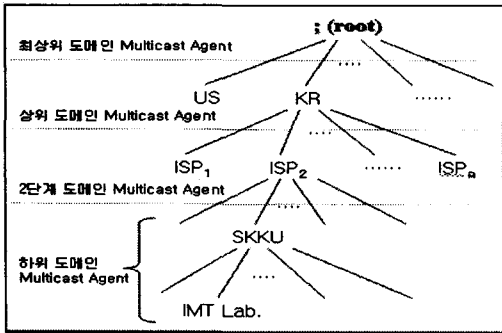
이 중 SBT 방식은 공히 심각한 확장성의 문제를 갖는다. SBT는 계층적 패킷 전달 알고리즘을 사용하기 때문에 모든 라우터들은 서브 네트워크에 대한 상세한 정보를 유지해야 하고, 주기적으로 링크 상태 정보를 부모 노드를 통해 네트워크 전체에 전달해야만 한다. 이러한 이유로 서브 네트워크의 수가 늘어나면 교환하는 라우팅 정보의 수가 기하급수적으로 늘어나게 된다. 확장성 문제의 대안으로는 계층적 멀티캐스트 라우팅이 논의되고 있다. 본 논문에서는 계층적 도메인 시스템을 통한 확장성 문제의 대안을 제시한다. SBT 방식의 또 다른 문제는 소스가 하나 이상이 될 때 발생하는 규모성의 문제이다. SBT에서는 소스가 하나 이상 일 때, 같은 그룹이라도 소스마다 다른 전송 트리가 생성 되어 하는 규모

성의 문제를 갖는다. 이것은 SBT 방식을 소스가 하나인(1-대-N)방식의 멀티캐스트 서비스로 국한시킨다. SBT의 규모성 문제는 CBT 방식을 사용함으로써 해결 가능하다. SBT 방식이 $O(S \times G)$ 의 규모성을 갖는 반면, CBT 방식은 하나의 공유 트리를 사용하기 때문에, 소스의 수와 관계없이 $O(G)$ 의 규모성을 갖는다. CBT 방식은 센터(Core 혹은 RP(Rendezvous Point, PIM-SM))를 선정하고 각 소스는 Center를 통해 각 멤버에 이르는 전송경로를 구한다. CBT는 SBT의 규모성뿐만 아니라 확장성의 문제까지 어느 정도 해결한다. 특히 PIM-SM(PIM-Sparse Mode)방식은 이름에서도 알 수 있듯이 광범위하게 분포된 멤버간의 멀티캐스트 통신 지원을 위해 개발되었다. 하지만, 최초 세션 개설 시 RP를 선택하는 과정에서 과도한 트래픽이 발생하는 문제로 인해 이것 역시 확장성의 제한을 받는다. CBT 및 PIM-SM에서는 소위 <bootstrap>메커니즘을 통해 코어 혹은 RP 라우터를 선정한다. 즉, BSR(bootstrap router)은 도메인 내의 모든 코어 후보지 정보를 수집하며, 주기적으로 도메인 내에 <candidate core router>리스트 정보를 브로드캐스트 한다. 이러한 제어 트래픽으로 인해 네트워크에 과부하가 걸릴 수 있기 때문에, 이러한 관리 정보 트래픽을 감소시키고, 제어하는 것은 멀티캐스트 현실화에 중요한 요구사항이 된다 [2,3,6,7].

2.3 멀티캐스트 주소 할당 메커니즘 요구사항

멀티캐스트 라우팅과 관련되어서 또 하나 이슈가 되는 것은, 멀티캐스트 주소 할당 문제이다. 중복된 멀티캐스트 사용으로 인한 혼란을 극복하는 것이 문제의 핵심이다. 최근 연구되는 관리 범위 IP 멀티캐스팅(administratively scoped IP multicasting)에서는 멀티캐스트 주소를 지역적으로 한정시키는 방안이 대두된다. IPv6에서 역시 멀티캐스트 주소를 고정된 범위와 가변 범위 주소로 나누어 정의하고 있다. 이러한 움직임은 멀티캐스트 주소를 효율적으로 사용하고 관리하기 위함인데 이것은 멀티캐스트 주소를 사용함에 있어 각 사용자와 어플리케이션에게 최대한의 자유를 보장하는 장점이 있지만, 명확한 주소 할당이 이루어지지 않음으로서 혼란이 야기될 수 있는 잠재적 불안 요소를 내재한다. 이로서 명확하고 유일하게 구분 될 수 있는 주소 할당 체계가 요구되며, 사용자에게 친숙하고 멀티캐스트 응용 프로그램의 특성을 나타내 줄 수 있는 네이밍 시스템 역시 추가적으로 요구될 수 있다 [8]-[9].

다음은 위와 같은 기존 멀티캐스트 문제점을 해결 할 수 있는 DMAS를 제안한다.



[그림 2] Hierarchical DMAS

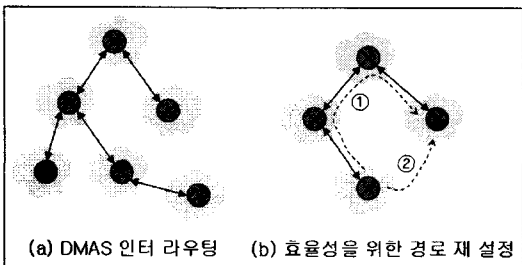
3. DMAS

3.1 시스템 개요

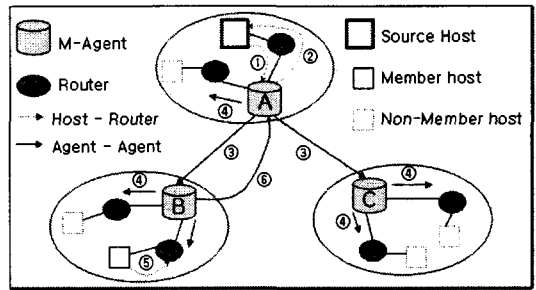
도메인 멀티캐스트 에이전트 시스템은 [그림 2]에서 보듯이 계층적으로 관리되는 에이전트들의 집합이다. DMAS는 DNS 시스템의 계층 구조를 사용한다. 모든 에이전트는 자신이 담당하는 도메인에 대하여 일부 또는 모든 멀티캐스트 서비스 관리 권한을 위임받는다. 이를 통해 각 도메인은 에이전트의 담당 범위로 한정되는 독자적인 멀티캐스트 서비스를 구현/관리 할 수 있고, 계층적 또는 수평적 관계에서 전세계 모든 인터넷 멀티캐스트 도메인과 연동하는 광범위한 멀티캐스트 서비스를 구현할 수 있다 [10].

3.2 DMAS 라우팅 동작 과정

DMAS에서 멀티캐스트 라우팅은 인트라 도메인과 인터 도메인, 두 가지로 명확히 구분된다. 인트라 도메인에서 멀티캐스트 라우팅은 모든 권한이 해당 에이전트에 있고, 에이전트의 관리 정책에 따라, 모든 멀티캐스트 라우팅 프로토콜이 서비스 될 수 있다. 인터 도메인에서 라우팅은 철저히 에이전트를 통해 이루어진다. [그림 3]의 (a)는 DMAS의 인터 라우팅 개념을 잘 나타낸다. 계층적 트리 라우팅과 더불어 효율성을 위한 다양한 방법들을 사용할 수 있다. 여기서 효율성을 위한 방법이란, [그림 3]의 (b)에서 ①과 같이 계층적 트리 라우팅으로 인해 라우팅 경로가 링크 비용 측면에서 비효율 적일 경우



[그림 3] DMAS 라우팅



[그림 4] DMAS 인터 라우팅 초기화 과정 (에이전트 B, C는 A의 하위 에이전트 임)

상위 도메인에 의한 경로 재 설정 (redirection) 유도를 통해 ②의 경로를 선택하는 방법이다.

[그림 4]는 DMAS에서 인터 도메인 라우팅 동작 과정을 잘 보여준다. 다음은 [그림 4]의 라우팅 초기화 과정을 세부적으로 설명한 것이다.

- ① 소스 호스트는 자신이 속한 도메인의 에이전트 A에게 멀티캐스트 세션 개설 신청을 한다. (이때 명확한 세션의 속성 정보를 함께 보낸다)
- ② 에이전트 A는 멀티캐스트 세션의 속성을 검사해서 해당 도메인과 하위 도메인을 범위로 하는 멀티캐스트 주소를 할당하고 세션 개설 승인 메시지를 소스 호스트에게 보낸다.
- ③ 에이전트 A는 자신의 하위 에이전트 B와 C에게 개설된 세션의 관리 정보를 보낸다. 기본적인 세션의 관리 정보로는 멀티캐스트 주소와 세션 광고 메시지 등이 있을 수 있다.
- ④ 세션 관리 정보를 받은 각 에이전트들은 자신의 도메인 내부에 세션 광고 메시지를 브로드캐스팅하고 각 라우터는 이를 받아 자신의 서브 넷에 IGMP 호스트 발견 메시지를 보내 해당 멀티캐스트에 관심이 있는 호스트를 찾는다.
- ⑤ 에이전트 B가 관리하는 도메인 내에 그룹에 참여하고자 하는 호스트는 IGMP 호스트 그룹 참여 메시지를 자신이 속한 서브 넷의 라우터로 보낸다. 라우터는 이를 에이전트 보내서 그룹 멤버의 존재를 알린다.
- ⑥ 마지막으로 에이전트 B는 에이전트 A에게 그룹 참여 메시지를 보내고 에이전트 A와 멀티캐스트 통신을 시작한다.

인터 도메인에서 하나의 멀티캐스트 그룹 통신은 에이전트 사이에서 이루어지고, 에이전트 내부에서는 에이전트를 루트로 하는 트리를 구성하여 라우팅을 수행한다. 도메인 내의 모든 멀티캐스트 패킷은 에이전트에게 보내진다. 세션 관리 정보를 에이전트가 데이터베이스 내에 관리한다. 그러므로 도메인 내에서 에이전트는 주기적인 세션 광고 메시지를

전송하지 않고, 세션에 대한 질의가 있을 때 해당 세션에 대한 광고 메시지를 질의자에게만 보낸다. 도메인 내에서 새로운 멀티캐스트 그룹 가입자가 생겼을 때, 만약 도메인의 에이전트가 멀티캐스트 세션에 가입해서 멀티캐스트 통신 중이면 경로 설정 후 세션을 연결시킨다. 반대로, 에이전트가 세션에 가입이 되어 있지 않다면, 에이전트는 상위 에이전트로 가입 메시지를 보내 세션에 가입 한 뒤 호스트로 경로 설정 후 세션을 연결한다. 세션 초기화 과정 ②에서 주소를 할당하는 메커니즘은 다음과 같다. DMAS는 멀티캐스트 주소를 도메인 단계별로 분류하고 해당 도메인에 할당되는 멀티캐스트 주소에 대해 모든 관리 권한을 해당 도메인 에이전트에 위임한다. 사용자나 어플리케이션은 이용하고자 하는 멀티캐스트의 서비스 특성(서비스 범위 등)에 맞는 주소를 해당 에이전트로부터 할당받아 이용할 수 있다. 또한, DMAS에서는 모든 멀티캐스트 주소를 (임시적 할당/장기적 할당/영구적 할당)으로 분류하여 임대 형식으로 관리함으로써 보다 체계적이고 명확한 주소관리 시스템을 구축할 수 있다.

4. DMAS 분석

이번 장에서는 PIM-SM과 MAS를 비교 분석한다. [표 1]은 두 가지 프로토콜을 분석하여 정리한 것이고, 각 항목은 기존 멀티캐스트 프로토콜의 문제점에 대한 요구사항이다.

분석 항목	PIM-SM	DMAS	비고
계층적 네트워크 분할	x	0	DMAS는 계층적 네트워크 분할을 통해 인터넷 도메인 라우팅시의 네트워크 트래픽 부하를 줄여 확장성을 크게 향상시킨다.
멀티캐스트 트래픽의 기간 네트워크 유입 방지	△	0	기존 멀티캐스트 프로토콜은 관리 범위 프로토콜을 사용 서비스 범위를 관리 범위 안으로 통제하였지만 범위의 안팎의 경계가 불명확한 관계로 완전한 통제가 이루어지지 않았지만, DMAS는 에이전트를 통해 의부로 유출되는 모든 트래픽에 대해 완전한 통제를 이루어 낸다.
트래픽 제어	x	0	도메인 내에서 모든 멀티캐스트는 에이전트의 승인을 얻어야 주소를 할당받고 세션을 개설할 수 있으므로, 에이전트는 관리망의 트래픽 상태를 점검하여 세션 개설 수를 직접 통제한다.
동적 주소 할당	x	0	기존 멀티캐스트는 인터넷 전체에서 유일한 멀티캐스트 주소를 할당하기 위해 IANA의 문서 형식의 승인을 얻어야 하지만, DMAS는 전체 멀티캐스트 주소가 분산 데이터베이스에 의해 관리되고, 명확하게 구분된 범위 내에서 중복사용을 허용하므로 동적인 Globally unique 멀티캐스트 주소 할당이 가능하다.

[표 1] 기존 멀티캐스트와 DMAS 비교

DMAS은 보는 바와 같이 기존 멀티캐스트 라우팅과 주소 할당의 문제점을 해결할 수 있는 모든 요구사항을 충족한다. 특히 동적 주소 할당의 경우 기존 DNS 시스템과 연계하면, 멀티캐스트 콘텐츠 마다 도메인 네임을 부여하는 것이 가능해 사용자 입장에서 다루기 쉬운 사용자 중심 멀티캐스트 서비스를 제공할 수 있을 것이다.

5. 결론 및 향후 연구 계획

기존 멀티캐스트의 확장성 및 그에 따르는 과도한 트래픽 발생 문제 해결과, 동적 멀티캐스트 주소 할당을 위해 DMAS를 제안하였다. DMAS는 인터넷에 멀티캐스트를 제어할 수 있는 '중간 관리자'를 돕는 유닉캐스트 맞춤형 인터넷 토폴로지 상에 멀티캐스트의 이식성을 높이는 기반 구조를 제공한다. 이번 연구 향후에는 멀티캐스트 신뢰전송과 세션관리 계층의 프로토콜에 대한 분석, 그리고 그것의 DMAS 이식 방안에 대한 연구가 이어져야 할 것이다. 또한, 제시된 알고리즘에 대한 명확한 프로토콜 스택 개발을 통해 DMAS에 대한 명확한 성능 분석이 이루어져야 한다. 그리고 최근 이슈가 되고 있는 무선 환경에서의 멀티캐스트에 대한 연구를 진행하여, All-IP 기반의 유무선 통합 네트워크에 적용할 수 있는 기술을 만들고자 한다.

참고문헌

[1] Yunxi Sherlia Shi, "Design of Overlay Network for Internet Multicast", <http://cse.seas.wustl.edu/techreportfiles/getreport.asp?215>, August, 2002.

[2] 고석주, "인터넷 멀티캐스트 신기술 동향", http://kidbs.itfind.or.kr:8888/WZIN/techtrnd/16-2_001_009.pdf, April, 2001.

[3] 고석주, "인터넷 멀티캐스트 라우팅 프로토콜 분석", <http://kidbs.itfind.or.kr:8888/WZIN/techtrnd/14-5-9.pdf>, December, 1999.

[4] Thomas A. Maufer, "Deploying IP Multicast in the Enterprise", *Prentis Hall PTR*, 1998.

[5] S. Deering, "Host Extensions for IP Multicasting", RFC [1112].

[6] Christian Huitema, "Routing in the Internet", Prentice Hall PTR, 1995.

[7] Hrishikesh Gossain, "Multicast: Wired to Wireless", *IEEE Communication Magazine*, pp 116~123. June. 2002.

[8] D. Meyer, "Administratively Scoped IP Multicast", RFC [2365].

[9] R. Hiden S. Deering, "IP Version 6 Addressing Architecture", RFC [2373].

[10] 김승영, "Powered by DNS", *홍릉 과학 출판사*, August, 1999.