

# 무선 네트워크에서 효율적인 IP 멀티캐스트 그룹 관리 기법\*

이지훈<sup>○</sup> 서준호 권태경 최양희  
서울대학교 컴퓨터공학부

{jhlee, jhsuh}@mmlab.snu.ac.kr, {tkkwon, yhchoi}@snu.ac.kr

## An Efficient Mechanism for IP Multicast Group Management in Wireless Networks

Ji Hoon Lee<sup>○</sup> Junho Suh Ted “ Taekyoung” Kwon Yanghee Choi  
School of Computer Science and Engineering, Seoul National University

### 1. 서론

라스트 마일(last-mile)로서의 다양한 무선 네트워크의 등장은 [1][2], 인터넷 멀티캐스트 그룹 관리 프로토콜인 Internet Group Management Protocol Version 3 (IGMPv3) [3] 혹은 Multicast Listener Discovery Version 2 (MLDv2) [4]가 무선 상에서도 효과적이면서 효율적으로 동작하여야 함을 뜻한다. 하지만 불행히도 우리의 관찰에 의하면 IGMPv3/MLDv2는 무선상에서 Membership의 상태를 알아내고 유지하는데 필요한 시그널링이 빈번하고 [5], 이에 따라 무선 자원의 낭비가 심하며, 그럼에도 불구하고 여전히 그 정보를 신뢰하기 어려우며, 가입자의 수에 대해서도 확장성이 떨어지는 등의 큰 단점이 있다. 따라서 무선 네트워크의 링크 특성과 호스트의 이동성 등으로 인해 더 이상 효율적인 프로토콜이 아닌 것으로 판단된다. 본 논문에서는 기존의 IGMPv3/MLDv2의 IP 그룹 관리 기법을 그대로 유지하면서 (즉, 멀티캐스트 라우터와 호스트의 IGMPv3/MLDv2에는 아무런 수정 없이) 무선 네트워크에서 대역폭을 효율적으로 사용하고, 확장성도 크며, 신뢰성 또한 높일 수 있는 그룹 관리 기법을 제시하여 성능을 평가하였다.

### 2. 본론

본 논문에서는 무선 호스트 에이전트(Wireless Host Agent; WHA)를 도입하여 무선 링크 사이에서의 시그널링을 줄이고 그룹 관리의 효율성과 신뢰성을 높이는 기법을 소개한다. WHA는 Multicast Router (MR)과 호스트(Host) 사이에 배치되며, MR과 WHA 사이는 유선 링크로 가정하고, WHA와 Host는 무선 링크로 가정한다. 따라서 실제 WHA가 배치되기 적당한 물리적인 장치는 무선 기지국이 될 것이다.

WHA의 동작 목표는 IGMPv3/MLDv2가 갖는 하나의 그룹 레코드에 대해서 그 수신 호스트들 중에서 하나의 리더(leader)를 선출, 리더의 상태를 추적/관리하는 것이다. 즉, 리더를 제외한 다른 일반 호스트들의 상태는 관리하지 않고자 하는 것이며, 리더의 상태만으로 해당 무선 네트워크내의 멀티캐스트 전송 필요 여부를 판단하게 된다. IGMP/MLD 같은 그룹 관리 프로토콜들은 궁극적으로 실제 데이터를 전송하는데 관여하는 멀티캐스트 라우팅 프로토콜에게 해당 네트워크에 전송이 필요한지의 여부만을 알려주므로, 기존의 멀티캐스트 라우팅 방법은 수정할 필요 없이 그대로 유지된다.

#### 알고리즘 1. 리더 재선출

```
//TXN 가능한 TX rate의 개수
Tx_rate = highest
while Tx_rate ≥ lowest do
  Tx_rate로 Group-Specific Query를 멀티캐스트 전송
  [Maximum Query Response Time / TXN] 만큼 대기
  if a Report arrives then break
  else Tx_rate를 한단계 낮춤
end if
end while
```

\* 본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 IT산업원천기술개발사업[2007-F-038-03, 미래인터넷핵심기술연구]과 기초기술연구회의 지원으로 수행되었으며, 서울대학교 컴퓨터연구소로부터 연구 장비와 공간을 지원받았음.

리더를 선출하는 과정을 먼저 살펴보자. 최초에 WHA는 아무런 정보 없이 시작을 하지만, (1) 호스트 A로부터 최초의 Join을 받으면 해당 멀티캐스트 그룹 레코드에 대해 A를 그룹 리더로 지정하거나, 혹은 (2) MR로부터 첫 번째 Group-Specific Query가 도착하게 되면, 알고리즘 1을 실행하여 수신한 첫 번째 Membership Report로부터 리더를 선출한다. 이 과정은 먼저 해당 무선 접근 기술에서 가장 효율적인 전송 프로파일 (가장 높은 rate)을 선택하여 전송해 보고, 응답이 없으면 프로파일을 낮추어 전송하는 것으로, 비교적 채널 상태가 우수한 호스트가 리더가 될 수 있도록 한다. 이때 수신한 Report 메시지는 반드시 MR로 그대로 전달해서 MR이 올바른 상태를 유지할 수 있도록 한다.

MR로부터 Query 수신시, 리더가 존재하지 않으면, WHA는 아무런 추가적인 동작 없이 그대로 이를 무선 링크상으로 전달한다. 하지만 리더가 존재하면, Query의 목적지 멀티캐스트 주소를 리더의 유니캐스트 주소로 바꾸어 리더에게만 전송한다. 이 과정을 통해 (1) 시그널링의 신뢰성을 높이고 (유니캐스트 전송이 멀티캐스트 전송에 비하여 무선 링크 레이어 재전송 등으로 전송 성공 확률이 높다), (2) 주파수당 전송 효율을 높이며 (상태가 좋은 호스트가 리더가 될 확률이 높아지고, 또 리더의 채널 상태에 맞추어 가장 적합한 전송 속도, 혹은 변조/코딩방법 등이 결정되므로, 링크 상태에 적응적인 전송이 가능), (3) 다수가 동시에 리포팅하는 bulk reporting 문제를 방지하며 (리더만 응답을 할 것이므로), (4) Dormant 모드 단말을 방해하지 않도록 (리더 외의 다른 단말은 Query로 인해 더 이상 방해받지 않도록) 동작할 수 있다.

한편 상태의 변화를 포함하는 Join/Leave의 수신 시에는 이것이 리더가 보낸 것인지 아닌지에 따라 처리가 달라진다. 먼저 리더가 아닌 호스트가 보낸 Join/Leave등은 WHA가 무시한다. 허나 리더가 보낸 Leave는 리더가 떠나는 것을 의미하므로, 해당 그룹 레코드에서 리더를 삭제하고, MR로 전달한다. 추후 MR은 Group Specific Query를 보낼 것이므로, 이때 앞서 설명한 리더 선출 과정이 다시 시작된다. 이를 통해 Group Specific Query의 횟수도 크게 줄일 수 있으며, 리더 외의 호스트의 그룹 상태 변화로부터 영향을 받지 않게 된다.

N개의 호스트가 있을 때, TXN은 가능한 전송 프로파일의 개수,  $\tilde{N}$ 은 Group-Specific Query에 응답한 호스트의 평균 수, K는 N개 호스트중 리더로 선출된 호스트가 망을 먼저 떠난 횟수로서  $1 \leq K \leq N$ 과 같은 범위를 갖는다고 가정하고, IGMPv3/MLDv2메시지의 시그널링 비용과 WHA-기반 기법의 누적 비용을 비교하였다. N=100, RV=2, TXN=3,  $\tilde{N}=N/2$ 인 경우, 100개의 호스트가 Join 기간동안 하나씩 참여하고, General Query 기간 동안에 상태 변화 없이 Query와 Report를 수행하며, Leave and Group-Specific Query 기간 동안에는 하나씩 떠나는 시나리오에 동안에 발생한 비용을 비교하면, WHA가 IGMP/MLD 대비 최소 63%에서 최대 96%까지 시그널링 비용을 감소시켜, 현저히 낮은 비용으로 그룹 관리를 효율적으로 수행함을 알 수 있다.

### 3. 결론

다양한 무선 네트워크상에서 멀티미디어 멀티캐스트 서비스에 대한 기대가 날로 높아지고 있다. 이것은 무선상에서도 IP 멀티캐스트 그룹 관리가 효과적이면서 효율적으로 동작하여야 함을 가정하고 있는데, 기존의 IGMPv3/MLDv2 프로토콜을 그대로 사용하기에는 비효율적이라 판단된다. 따라서 본 논문에서는 무선 호스트 에이전트(Wireless Host Agent; WHA)를 도입하여 무선 링크 사이에서의 시그널링을 줄이고 그룹 관리의 효율성과 신뢰성을 높이는 기법을 소개하였다. 제안한 기법은 IGMP/MLD의 문제점들을 해소하거나 경감시키면서, 추가로 (1) 기존의 IGMPv3/MLDv2의 IP 그룹 관리 틀을 그대로 유지하였으며(호환되며), (2) 호스트 쪽의 구현은 수정할 필요가 없고, (3) 특정 무선 접근 기술에 종속적이지 않고, 쉽게 적용 가능한 장점이 있다.

### 참고문헌

- [1] M. Hauge and O. Kure, "Multicast in 3G Networks: Employment of Existing IP Multicast Protocols in UMTS," in *Proc. 5<sup>th</sup> ACM International Workshop Wireless Mobile Multimedia*, pp. 96-103, 2002.
- [2] J. She, F. Hou, P.-H. Ho, and L.-L. Xie, "IPTV over WiMAX: Key Success Factors, Challenges, and Solutions," *IEEE Communications Magazine*, vol. 45, no. 8, pp. 87-93, August 2007.
- [3] B. Cain, S. Deering, I. Kouvelas, B. Fenner, and A. Thyagarajan, "Internet Group Management Protocol, Version 3," RFC 3376, October 2002.
- [4] R. Vida and L. Costa, "Multicast Listener Discovery Version 2 (MLDv2) for IPv6," RFC 3810, June 2004.
- [5] P. Ji, Z. Ge, J. Kurose, and D. Towsley, "A Comparison of Hard-state and Soft-state Signaling Protocols," in *Proc. SIGCOMM*, pp. 251-262, August 2003.