

## 빠른 경로 복구를 고려한 오버레이 멀티캐스트

구명모<sup>1</sup>, 김봉기<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>경남과학기술대학교 컴퓨터정보센터, <sup>2</sup>경남과학기술대학교 컴퓨터공학과

## Overlay Multicast considering Fast Path Recovery

Myeong-Mo Gu<sup>1</sup>, Bong-Gi Kim<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Computer Information Center, Gyeongnam National University of Science and Technology

<sup>2</sup>Department of Computer Science & Engineering, Gyeongnam National University of Science and Technology

**요약** 오버레이 멀티캐스트를 이용하는 응용에서는 노드들의 잦은 탈퇴로 인하여 발생하는 전송 경로의 빠른 재구성이 필요하다. 이를 위해 많은 연구들이 진행되어 왔지만 빠른 경로 복구를 위한 연구는 지속적으로 요구된다. 본 논문에서는 오버레이 멀티캐스트에서 부모노드의 탈퇴로 발생하는 전송 경로 재구성 시간을 개선하고 안정적인 경로를 유지하기 위하여 새로운 빠른 경로 복구 방법을 제안한다. 제안 방법에서는 빠른 경로 복구를 위하여 가상 전송 경로와 후보 부모 노드를 이용한다. 모든 노드들은 전송 경로 상 자신과 비슷한 깊이에 존재하는 노드 및 인접한 노드와 주기적으로 RTT(Round Trip Time)정보를 교환한다. 모든 노드들은 후보 부모 노드 리스트를 가지고 있고 각 노드는 이 교환된 RTT 정보를 리스트에 저장한다. 각 노드들은 경로 복구 시간을 줄이기 위하여 저장된 RTT 정보 순으로 후보 부모 노드들을 결정하고 가상 전송 경로를 구성한다. 구성된 가상 전송 경로를 이용하여 부모 노드의 탈퇴 시 빠르게 전송 경로를 복구할 수 있다. 시뮬레이션 결과는 제안 방법의 복구 시간이 일반적인 방법보다 평균 30%로 더 빨랐음을 보여준다.

**Abstract** The rapid reconstruction of a transfer path is caused by frequent secession of nodes in many applications using overlay multicast. For this, however, many studies have been proposed, but a study of fast path recovery is required. This paper proposes a new method for fast path recovery to improve the path reconstruction time and for stable path maintain caused by the sudden secession of the parent node on overlay multicast. The proposed method uses the virtual transfer path and the candidate parent node for the fast path recovery. All nodes exchange periodically the RTT (Round Trip Time) information between the other nodes of similar position itself and neighboring node. All nodes have a candidate parent node list, and each node stores the exchanged RTT information on the list. Each node constructs the virtual transfer path to reduce the recovery time after deciding a candidate parent node that is one of them by the RTT order. In this way, when the parent node is seceded, all nodes can recover the transfer path quickly using the virtual transfer path. The simulation result showed that the recovery time of the proposed method is an average 30% faster than the known method.

**Keywords** : Candidate Parent, Fast Path Recovery, IP Multicast, Overlay Multicast, RTT

### 1. 서론

일반적인 인터넷 방송 등 멀티미디어 전송 환경에서

는 멀티캐스트 전송이 효율적이다. 멀티캐스트 전송에는 IP 멀티캐스트와 오버레이 멀티캐스트로 구분할 수 있다. IP 멀티캐스트 전송은 송신자가 한 번의 패킷 전송으

본 논문은 2015년도 경남과학기술대학교 연구비 지원에 의하여 연구되었음.

\*Corresponding Author : Bong-Gi Kim(GNTECH)

Tel: +82-55-751-3326 email: bgkim@gntech.ac.kr

Received February 11, 2016

Accepted March 3, 2016

Revised (1st February 23, 2016, 2nd March 2, 2016)

Published March 31, 2016

로 같은 네트워크 그룹에 있는 수신자들에게 복제된 패킷을 수 개의 채널을 통하여 전달 할 수 있다[1][8]. 그러나 IP 멀티캐스트 전송은 효율적이나 멀티캐스트를 사용하기 위한 라우터 설정과 교체에 따른 비용 등 지원 장비와 주소체계로 인하여 지역 네트워크 외 적용하지 못하고 있다. 또한 IP 멀티캐스트 전송에서는 라우터에서 라우팅과 포워딩 테이블이 각 멀티캐스트 그룹에 연계되어 유지되어야 한다. 이는 라우터의 복잡성이나 오버헤드를 증가시키고 멀티캐스트 위에서 신뢰성이나 흐름 제어와 같은 추가적인 매커니즘은 지원하기 어렵다. 반면 오버레이 멀티캐스트는 각 수신자들 간의 유니캐스트 전송을 기반으로 두고 있기 때문에 하나의 수신자가 또 다른 다수의 수신자들에게 전송해야 할 경우에는 동일한 패킷이 중복으로 전송되어 가용 대역폭의 사용 효율성이 많이 저하되는 단점이 있다. 이로 인하여 오버레이 멀티캐스트로 전송할 경우 전송 트리 구성 시 하위 노드의 수를 제한적으로 구성할 수 있다. 오버레이 멀티캐스트 환경을 구현하기 위해서는 루트노드부터 하위노드까지 계층적으로 전송 경로를 구성한다[2-7][9]. 노드들의 수가 많을 경우에는 네트워크의 사이즈에 따른 복잡성이 증가하고 오버레이 멀티캐스트에서 유니캐스트 전송을 담당하는 노드의 탈퇴나 시스템의 문제로 인하여 전송 경로에서 빠지게 되는 경우에는 전송 경로를 재구성해야 하고 하위 경로에 있는 노드로 패킷을 전달하지 못하는 문제가 발생한다.

본 논문에서는 이러한 문제를 개선하기 위하여 노드 간 지연시간을 적용하여 전송 경로를 구성한다. 이 후 지속적인 노드의 추가 또는 탈퇴를 고려하여 모든 노드들은 가상의 전송 경로를 구성할 수 있으며 현재 전송 경로에서 비슷한 노드 깊이에 존재하는 노드와 이웃한 노드들 중 낮은 RTT순으로 후보 부모 노드로 결정하여 후보 부모 노드 리스트에 저장한다. 현재 전송 경로에서 부모 노드를 두고 있는 모든 노드들이 후보 부모 노드를 저장하도록 하였다. 이 리스트 정보를 바탕으로 상위 노드가 추가 되거나 탈퇴 시 경로를 재구성할 필요가 없이 바로 적용할 수 있다. 이렇게 함으로써 경로 재구성에 따른 오버헤드 감소와 지연시간을 줄일 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에는 오버레이 멀티캐스트 전송에 관련된 연구에 대하여 살펴보고, 3장에는 본 논문에서 제안하는 빠른 경로 복구를 위한 방법에 대하여 기술한다. 4장에는 시뮬레이션을 통한 결과를 살

펴보고 5장에는 결론을 내린다.

## 2. 관련연구

오버레이 멀티캐스트 트리 구성에는 AOM(Active Overlay Multicast) 트리 프로토콜이 있다[2]. 이 프로토콜은 신뢰성 있고 안정적인 중단 간 지연을 유지하기 위하여 적절히 트리를 변경할 수 있고 낮은 오버헤드로 효율적 적용을 할 수 있도록 한다. 또 다른 프로토콜은 HMTP(Host Multicast Tree Protocol)가 있다[2][10]. 이 프로토콜에서는 트리 구성을 두 노드 사이의 RTT를 사용하고 새로운 노드가 추가된다면 RTT에 따라 ROOT를 시작으로 경로를 구성할 수 있다. Fig. 1(a)에서, A와 B는 이미 그룹에 있다고 가정하면 B는 A의 자식 노드이다. 노드 C가 A의 자식 노드로 추가되어 있다. 이 때 그림에서  $RTT_{CA} > RTT_{CB}$ ,  $RTT_{CA} > RTT_{BA}$ 인 상황이기 때문에 Fig. 1(b)와 같이 HMTP에서 노드 C는 노드 B의 자식 노드로 이동한다. Fig. 1(c)의 AOM에서는  $RTT_{CA}(100)$ 이  $RTT_{ABC}(180)$ 보다 작은 값을 가지기 때문에 노드 C는 노드 A의 자식노드로 추가된다.

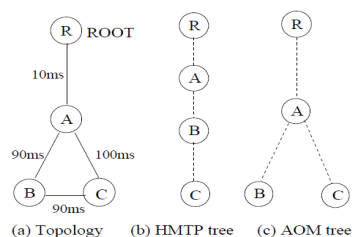


Fig. 1. Example of parent selection metric

Fig. 2는 기본적인 오버레이 멀티캐스트 전송 방식인 Overcast에 대하여 나타내었다[3].

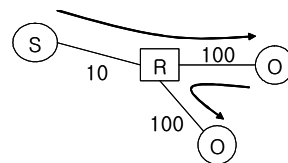


Fig. 2. Overcast transmission

이 방식에서도 중단 노드 지연시간과 가용대역폭을

고려하여 모든 중단 노드를 위한 부모 노드의 대역폭을 최대한으로 사용할 수 있도록 한다[3-5]. Overcast에서는 오버레이 멀티캐스트 전송 경로 구성에 있어서 노드의 가용 대역폭을 낭비하지 않고 노드 간 링크의 대역폭을 효율적으로 이용할 수 있다. 가용 대역폭의 여분이 많으면 노드 간 패킷 지연시간이 낮아지는 것을 이용한 방법이다. 그림에서 송신자(S)는 가장 지연시간이 적고 충분한 가용 대역폭을 가지는 호스트로 패킷을 유니캐스트로 전송하고, 송신자로부터 패킷을 전송 받은 오버캐스트 전송을 위한 호스트(O)는 다음 호스트에게 오버캐스트 전송한다. 여기부터 논문을 작성한다.

### 3. 빠른 경로 복구(Fast Path Recovery)

지연시간 및 가용 대역폭은 네트워크 상황에 따라 변하기 때문에 최적의 경로 구성에 어려움이 있다. AOM이나 HMTP 등 대부분 오버레이 멀티캐스트에서 전송 트리 최적화 시 발생하는 경로 구성에서의 지연시간을 줄이기 위하여 후보 부모 노드를 이용한 빠른 경로 복구를 제안한다. 제안 방법에서는 신규 노드 추가 및 기본적인 전송 트리 구성은 RTT를 고려한 AOM방식을 따르도록 하고 전송 지연을 고려한 전송 경로의 재구성 부분만 고려하도록 한다. 기본 시나리오 구성은 Fig. 3과 같다.

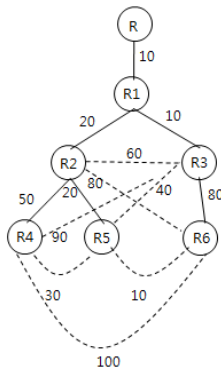


Fig. 3. Scenario of path construction

접선은 실제 전송 경로 외 저장하고 있는 노드의 Mesh RTT를 나타낸다. 그림에서 R<sub>0</sub>은 Root노드를 나타내고 R<sub>1</sub> ~ R<sub>6</sub>을 자식 노드로 전송 경로를 구성하였다. 모든 노드들은 그림과 같이 모든 노드의 지연 정보를 가

지고 있으며 이 정보를 이용하여 가상의 전송 경로를 구성한다. 노드를 R<sub>i</sub>, 노드 수를 N, {1 ≤ i ≤ N}, 전송 경로를 R<sub>d</sub>, d는 경로 트리에서의 깊이로 정의한다. 본 논문에서는 가상의 전송 경로 구성을 고려하여 후보 부모 노드 대상 탐색은 R<sub>d</sub>, R<sub>d-1</sub>, R<sub>d-2</sub>,..., R<sub>1</sub>순으로 정한다. 그림에서 노드R<sub>1</sub>과 비슷한 깊이의 노드가 존재하지 않기 때문에 상위에 존재하는 R<sub>0</sub>이 후보 부모 노드로 결정된다. R<sub>0</sub>의 IP주소 및 RTT 등 기본적인 정보를 리스트에 저장한다. 계속해서 R<sub>2</sub>는 {R<sub>1</sub>, R<sub>3</sub>}, R<sub>3</sub>은 {R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>}, R<sub>4</sub>는 {R<sub>2</sub>, R<sub>5</sub>, R<sub>6</sub>, R<sub>3</sub>} 등으로 후보 부모 노드를 결정하고 이들 중 최소의 RTT순에 의하여 향후 부모 노드가 된다. 만약 Root노드를 제외한 후보 부모 노드가 없다면 Root노드를 부모 노드로 결정한다. 이렇게 모든 노드들은 자신의 후보 부모 노드 정보를 가지고 있기 때문에 자연스럽게 가상 전송 경로가 설정된다. 부모 노드의 탈퇴로 인한 전송 경로의 변경 시 해당 자식 노드는 자신의 부모 노드를 빠르게 결정할 수 있기 때문에 전체 전송 경로의 변경이 필요하지 않는다.

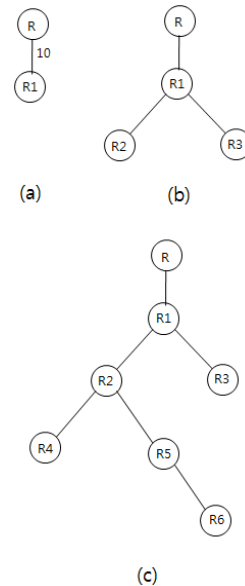


Fig. 4. Process of path construction

Fig. 4는 각 노드가 결정한 후보 부모 노드 값을 통하여 만들어 질 수 있는 전송 경로 구성 과정을 나타내었다. Fig. 4(a)는 R<sub>1</sub>{R<sub>0</sub>}에 대한 부모 노드 결정 후 경로 설정을 나타내었고, Fig. 4(b)와 같이 R<sub>2</sub>{R<sub>1</sub>, R<sub>3</sub>}와

R3 {R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>}는 각각 R1을 부모로 경로를 구성한다. Fig. 4(c)는 R4 {R<sub>2</sub>, R<sub>5</sub>, R<sub>6</sub>, R<sub>3</sub>}, R5 {R<sub>2</sub>, R<sub>4</sub>, R<sub>3</sub>, R<sub>6</sub>}, R6 {R<sub>5</sub>, R<sub>4</sub>, R<sub>3</sub>, R<sub>2</sub>}를 바탕으로 완성된 전송 경로이다. 여기서 R5와 R6의 후보 부모 노드 결정에서는 상호 RTT가 가장 낮지만 상호 부모 노드가 될 수 없기 때문에 상위 레벨에서 결정한다.

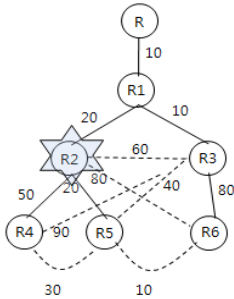


Fig. 5. Example of node secession(R2)

Fig. 5는 Fig. 4(c)에서 R2가 탈퇴를 가정하였을 경우 경로 구성 정보를 나타낸다. R2의 탈퇴로 이를 부모 노드로 두고 있던 R5와 R4는 새로운 부모 노드를 탐색하여야 하는데 제안방법에서는 가상의 전송 경로 상 새로운 부모 노드가 결정되어 있다. 따라서 해당 부모 노드와 상호 정보 교환을 하면 빠르게 경로 복구가 완성될 수 있다. R5는 가장 낮은 RTT를 가지는 R3을 부모 노드로 R4는 R5를 부모 노드로 설정하면 Fig. 6과 같이 경로 복구를 완성할 수 있다.

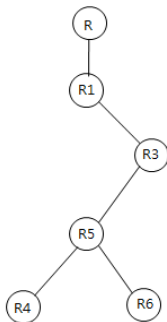


Fig. 6. Result of path recovery

모든 탈퇴 상황에 대한 후보 부모 노드의 선정 및 가

상의 전송 경로 구성을 통하여 실제 탈퇴 시에도 재구성 없이 빠르게 경로를 복구함으로써 전 경로 재구성의 지연 시간의 개선과 더불어 안정적으로 패킷을 보낼 수 있다.

Fig. 7은 부모 노드의 탈퇴로 인한 경로 재구성을 위한 빠른 경로 복구 알고리즘을 나타내었다.

```

Procedure recoverypath
// start loop
CurrentNode ← GetParentInList(Rd{i...Count-1})
if CurrentNode ∈ DropNode then Continue
else
    if NextNode had a Parent then
        SetParent ← CurrentNode
        CurrentNode ← RequestPacket
        CurrentNode ← RequestChild
        d ← Level(CurrentNode) - 1
    else SelectionParent each other
// end loop
if RequestChild then // event
    SetChild ← RequestNodeInfo
    Construction Path
End of Procedure
    
```

Fig. 7. Algorithm for fast path recovery

## 4. 시뮬레이션

Table 1은 시뮬레이션을 위한 환경에 대하여 나타내었다.

Table 1. Environment for simulation

network	local network
node number(N)	N = 100
child node(C)	C ≤ 3
bandwidth	100Mbps
RTT	5 ≤ RTT ≤ 100
test	path recovery time
event check point	one minute
simulation time	ten minutes

제안 방법의 시뮬레이션은 Table 1과 같이 로컬 네트워크 상에서 진행되었으며 패킷의 RTT는 각 노드별로 범위 내 임의의 값을 발생시키도록 하였다. 부모 노드는 전송 부하를 고려하여 3노드 이내로 제한한다. 먼저 구성된 트리에서 탈퇴 시 만 고려하여 1분 단위로 반복시켜 10분간 진행하여 전송 트리 재구성 지연시간과 가상 트리 구성 후 전송 트리 구성에 대한 지연시간을 측정하

였다.

Fig. 8은 탈퇴 노드 수에 따른 경로 복구 시간 비교를 나타낸다. 일반적인 복구 방법을 적용한 복구 시간과 제안 방법을 적용한 복구 시간 비교를 나타내었다.

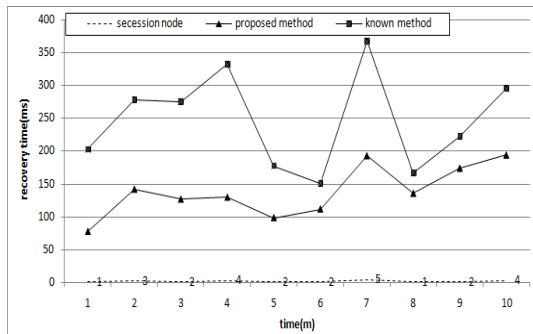


Fig. 8. Comparison of recovery time

Fig. 8에서 나타난 결과를 판단해 볼 때 일반적인 복구 방법은 시뮬레이션에 사용된 노드 수가 많지 않아 비교적 빠른 시간에 복구가 된 것으로 볼 수 있지만 탈퇴 노드 수에 비례해서 복구 시간이 영향을 받았음을 알 수 있다. 그리고 거대 네트워크상에서 갑작스러운 부모 노드의 가입과 탈퇴가 발생한다면 복구시간은 더 많이 걸릴 것으로 볼 수 있다. 이 경우 노드의 탈퇴로 인하여 트리 재구성을 완료하기까지는 하위 노드에게 패킷을 전송할 수 없고 하위 노드는 전송 경로를 복구할 때까지 전송 지연이 발생하였음을 알 수 있다. 반면 제안 방법에서는 탈퇴를 대비해 후보 부모 노드를 선정하였기 때문에 그림에서 탈퇴 노드 수 5일 때는 47%, 평균 30%로 빠른 경로 복구시간으로 나타났다. 또한 자식 노드는 후보 부모 노드로부터 안정적으로 패킷을 수신할 수 있었음을 알 수 있었다.

## 5. 결론

본 논문에서는 부모 노드의 갑작스러운 탈퇴로 인하여 발생할 수 있는 전송 경로를 빠르게 복구할 수 있도록 제안하였다. 시뮬레이션 결과를 볼 때 상위 노드의 빈번한 추가 또는 탈퇴로 발생하는 전송 지연이나 경로 재구성 시간을 후보 부모 노드를 선택함으로써 평균 30%로 경로 복구 시간을 개선하였다. 제안 방법은 빠른 경로

복구를 위하여 해당 노드에서만 처리하였지만 전체적인 노드를 대상으로 경로의 최적화를 위한 방법의 개선을 위하여 별도의 그룹 구성이나 이중 경로 구성이 필요할 것으로 판단되며 이는 향후에 지속적인 연구 과제로 남긴다.

## References

- [1] Arjan Duresi and Raj Jain, "Source Adaptive Network Driven Layered Multicast", Invited submission to Computer Communications, pp. 15, June 2003.
- [2] Shuju Wu and Banerjee, S., "Improving the Performance of Overlay Multicast with Dynamic Adaptation", Consumer Communications and Networking Conference, First IEEE, pp.152-157, CCNC 2004.
- [3] J. Jannotti, D. K. Gifford, K. L. Johnson, M. F. Kaashoek, and J. W. O'Toole Jr, "Overcast: Reliable Multicasting with an Overlay Network," In Proceedings of the Fourth Symposium on Operating System Design and Implementation(OSDI), pp. 197-212, October 2000.
- [4] Z. Li and P. Mohapatra, "Hostcast: A new overlay multicasting protocol", in Proceeding of IEEE International Conference on Communications, 2003.
- [5] De Nian Yang, and Wanjiun Liao, "On Bandwidth Efficient Overlay Multicast," IEEE Trans on PDS, Vol. 18 No. 11, 2007.
- [6] L. Ramaswamy, B. Gedik and Ling Liu, "A Distributed Approach to Node Clustering in Decentralized Peer-to-Peer Networks", IEEE Trans on PDS, Vol. 16 No. 9, 2005.
- [7] Hemant Gupta, and Rashmi Sharma, "Improvement in the arrangement of Overlay Multicast Networks in terms of Financially", International Journal of Application or Innovation in Engineering & Management (IJAIEEM), Volume 1, Issue 1, September 2012.
- [8] K.-T. Rho, J.-J. Kang, "Route Optimization Scheme in Nested NEMO Environment based on Prefix Delegation," *The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication (IIBC)*, vol. 8, no. 5, pp. 95-103, 2008.
- [9] J.-H. Lee, J.-W. Cho, J.-Y. Lee, H.-S. Lee, S.-K. Park, "Performance Comparison of Mobile Ad Hoc Multicast Routing Protocols," *The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication (IIBC)*, vol. 8, no. 5, pp. 173-179, 2008.
- [10] Le The Dung, Beongku An, "A Mesh Scheme for Efficient Multicast Service in Mobile Ad-hoc Networks," *The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication (IIBC)*, vol. 11, no. 3, pp. 31-39, 2011.

---

구 명 모(Myeong-Mo Gu)

[정회원]



- 2001년 8월 : 경상대학교 대학원 컴퓨터학과 (공학석사)
- 2006년 2월 : 경상대학교 대학원 컴퓨터학과 (공학박사)
- 2006년 3월 ~ 2011년 2월 : 경남과학기술대학교 컴퓨터공학과 겸임 교수
- 2011년 3월 ~ 2013년 2월 : 거제대학교 조선기술과 초빙교수
- 2013년 3월 ~ 현재 : 경남과학기술대학교 컴퓨터정보센터 연구원

<관심분야>

컴퓨터네트워크, 멀티캐스트, 시스템설계

---

김 봉 기(Gong-Gi Kim)

[정회원]



- 1989년 2월 : 숭실대학교 대학원 전자계산학과 (공학석사)
- 1999년 2월 : 숭실대학교 대학원 전자계산학과 (공학박사)
- 1994년 3월 ~ 1999년 2월 : 한림성심대학 컴퓨터응용과 조교수
- 1999년 3월 ~ 현재 : 경남과학기술대학교 컴퓨터공학과 교수
- 2006년 2월 ~ 2007년 1월 : 캐나다 UBC 교환교수

<관심분야>

정보통신, 빅데이터, 데이터베이스