

# 신뢰성있는 멀티캐스트 제공을 위한 ALH 와 RAH 성능분석

이진우<sup>0\*</sup> 최덕규<sup>\*\*</sup>  
<sup>\*</sup>아주대학교 정보통신전문대학원  
<sup>\*\*</sup>아주대학교 정보 및 컴퓨터공학과  
(jinushun, dkchoi)@madang.ajou.ac.kr

## A performance analysis of two type multicast scheme for providing reliability

Jin-Woo Lee<sup>0\*</sup> Duk-Kyoo Choi<sup>\*\*</sup>  
<sup>\*</sup>Graduate School of Information and Communications, Ajou University  
<sup>\*\*</sup>Dept. of Information and Computer Engineering, Ajou University

### 요 약

신뢰성 있는 멀티캐스트의 확장성을 얻기위해 사용할 수 있는 한 가지 방법은 계층구조를 이용하는 것이다. 계층구조는 라우터가 가진 정보를 이용하는 RAH(Router Assistance Hierarchy) 와 라우터가 가진 정보를 이용하지 않는 ALH(Application Level Hierarchy) 를 사용해서 구성될 수 있다. 라우터는 하부 네트워크의 구성 정보를 가지고 있으므로 RAH 가 더 좋은 성능을 내리라 예측할 수 있다. 본 논문은 이러한 가정아래 Router Assisted Hierarchy 와 Non Router Assisted Hierarchy 를 비교한다. 본 논문의 네트워크 모델 구현시 router assistance 를 제공하는데 필요한 cost 와 hierarchy 를 구성하는데 필요한 overhead 는 고려치 않았다.

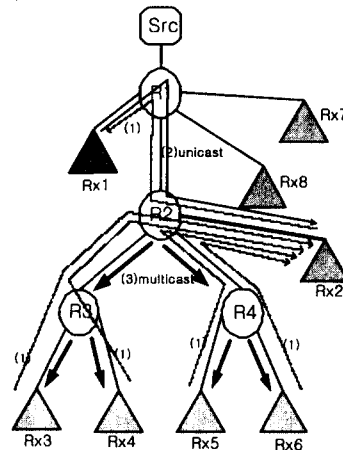
### 1. 서 론

Reliable Multicast(RM) 는 최근 많이 연구되고 그 중요성이 더욱 높아지고 있다.[1] RM 디자인에서 가장 중요한 것은 데이터 손실의 복구이다. RM 에 있어 문제되는 두 가지는 implosion과 exposure를 들 수 있다. Implosion 은 데이터 손실 발생시에 수신자들에서 송신자로 전송되는 NACK의 범람에 의해 발생한다. Exposure는 데이터 손실이 일어나지 않은 수신자에게 재전송이 일어날 때 발생하는 문제이다. RM의 또 다른 연구분야는 재전송 지연을 들 수 있다. 지연은 응용프로그램과 재전송에 요구되는 buffer 의 크기에 중대한 영향을 미친다. 하나의 일반적인 해결책은 계층적인 데이터 복구를 이용하는 것이다. 그 중 예로 들 수 있는 것이 계층구조를 구성하고 유지하는 것을 응용계층 측면(Application Level Hierarchy : ALH) 에서 수행하는 Reliable Multicast Transport Protocol (RMTP)[2]를 들 수 있다. 또 다른 해결책은 라우터 정보의 지원(Router Assistance Hierarchy:RAH)을 받는 (LMS)[3]를 들 수 있다. 본 논문에서는 RAH 와 ALH 의 성능 분석을 하였다. 이는 LMS와 RMTP를 비교함으로써 알아 볼 수 있다. 성능 분석 시 데이터 복구지연, exposure, 데이터 전송 overhead, 제어 전송 네트워크 오버헤드를 고려하였다. 성능 분석결과 RAH 가 월등한 성능을 낼 것이라는 처음의 생각과는 달리 ALH는 RAH에 견줄만한 결과값이 나왔다.

### 2. 신뢰성 있는 멀티캐스트 프로토콜

#### 2.1. 단말의 지원을 받는 계층구조 방식

ALH 방식은 단말 대 단말 구성을 사용하여 계층구조를 생성하고 유지한다. RMTP 는 ALH 방식의 한 예이며 본 논문의 ALH 모델이다. RMTP 는 데이터 복구를 위해 ACK 와 NACK 를 이용한다. 본 논문의 초점은 프로토콜의 모델링이 아니기 때문에 완전하게 RMTP를 구성하진 않았으며 NACK 의 사용만을 가정하였다.



[그림1. ALH 작동방식]

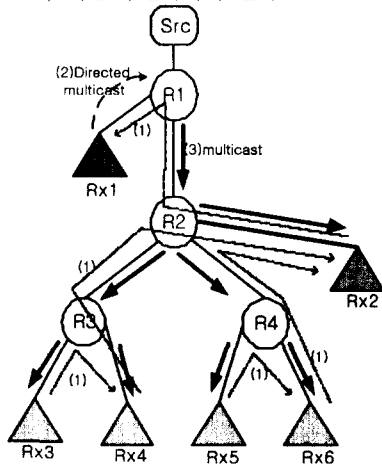
그림1 에서 Rx1은 Rx2, Rx7, Rx8의 부모 이고, Rx2는 Rx3, Rx4, Rx5, Rx6 의 부모이다. 만약 링크 R1-R2에서 손실이 발생되면 자식들은 그들의

부모에게 NACK를 유니캐스트 한다. (Rx3,4,5,6→Rx2)  
 만약 부모가 손실이 난 데이터를 가지고 있으면 유니캐스트 또는 멀티캐스트로 자식들에게 보낸다. NACK의 수가 자식 수의 50% 이상이면 멀티캐스트하고, 그렇지 않으면 유니캐스트 한다. 만약 부모가 손실이 난 데이터를 가지고 있지 않으면 상위 부모에게 NACK를 보내게 된다. 각각의 부모들이 데이터를 수신하면 해당하는 자식들에게로 손실된 데이터를 보내준다.

2.2. 라우터의 지원을 받는 계층구조 방식

RAH는 계층 구조 유지에 단말 대 단말 구성의 복잡하고 높은 비용을 제거하였다. 본 논문에서는 RAH 방식의 한 예로 LMS를 택하였다. LMS는 동적 계층구조를 생성하기 위해 라우터의 지원을 받는다. LMS는 다음 세 가지의 새로운 라우터 서비스를 추가한다.

- 응답자 선택 : 각각의 라우터는 모든 라우팅 엔트리에 대한 응답 링크를 선택한다. 예외적으로 라우터가 오직 하나의 하향 링크만을 가질 때 상향 링크를 응답 링크로 선택한다. 상향이나 하향 링크 정보는 멀티캐스트 라우팅 프로토콜(DVMRP, CBT [4] 등등)에 의해 유지된다. 응답자 선택의 목적은 수신자들이 멀티캐스트 그룹에 참여할 때 라우터에게 이를 알리고, 해당 수신자들의 책임자 역할을 한다.
- NACK 전달 : LMS 라우터는 다음의 규칙에 따라 NACK를 hop-by-hop으로 전달한다 : 1) 응답자의 NACK는 상향링크로 전달, 2) 응답자가 아닌 단말의 NACK는 그 단말의 응답자로 전달. 응답자로 NACK를 포워딩 하는 라우터를 전환점(turning point)이라 한다.
- 직접 멀티캐스트(Directed Multicast: DMCAST가 전송되어 데이터의 복구가 이루어 지게 된다) : DMCAST는 응답자에 의해 사용된다. 응답자는 손실 데이터와 수신자들의 주소를 포함한 멀티캐스트 패킷을 생성한다. 멀티캐스트 패킷은 유니캐스트 패킷으로 인코딩되고 전환점으로 보내진다. 전환점에서 그 패킷을 수신하면 패킷은 디코딩되어 해당 수신자에게 멀티캐스트된다.



[그림2. RAH 작동방식]

그림2에서 Rx3, Rx5의 응답자는 각각 Rx4, Rx6이다.

또한 Rx4, Rx6의 응답자는 Rx2가 된다. 만약 R1-R2에서 손실이 발생하면 Rx2의 응답자인 Rx1에서 전환점 R1으로 DMCAST가 전송되어 데이터의 복구가 이루어 지게 된다

2.3. 성능분석 측정 인자

- 데이터 복구 지연 시간 : 복구지연이 작은 값은 손실 데이터를 복구 하는데 적은 시간이 걸림을 의미한다. 복구 지연을 계산하기 위해 모든 수신자들과 모든 링크의 손실에 대한 평균값을 계산하였다.

$$NormLat = \frac{\sum receivers(r) \sum links(l) \frac{Lat(r,l)}{RTT(r)}}{NumberOfLossRcv}$$

Lat(r,l) : 링크 l에서 데이터 손실이 발생했을 때 수신자 r의 복구 지연

RTT(r) : 수신자 r에서 트리의 루트까지의 round-trip time

NumberOfLossRcv : 네트워크 수신자의 총 수

- 네트워크 데이터 전송량 : 데이터 전송량은 재전송에 사용되는 네트워크 자원의 비율로 정의된다.

$$NormDataOverhead = \frac{\sum links(l) \frac{Data(l)}{Subtree(l)}}{NumberOfLinks}$$

Data(l) : 링크 l에서 손실 발생시 생성되는 데이터의 총량

Subtree(l) : 링크 l의 하향 링크 중 데이터를 받지 못한 링크의 수(링크 l 포함)

NumberOfLinks : 네트워크 링크의 총수

- 네트워크 제어 정보 전송량 : 네트워크 제어 정보 전송량은 네트워크 데이터 전송량과 유사하게 제어 정보(NACK)에 의해 사용되는 네트워크 자원의 비율로 정의된다.

$$NormControlOverhead = \frac{\sum links(l) \frac{Control(l)}{Subtree(l)}}{NumberOfLinks}$$

Control(l) : 링크 l의 손실 발생시 생성되는 제어 정보의 총량

2.4. ALH와 RAH의 성능 측정

그림1에서 다섯개의 수신자가 그들의 부모로 NACK를 보낸다. 이때의 제어정보 전송량은 15/8=1.875이다. 데이터 전송량은 (3+7)/8=1.25가 된다. 데이터 복구 지연은 각 링크의 RTT를 2라고 가정했을 때 Rx2의 RTT는 6, Rx3,4,5,6의 RTT는 8이 된다. 만약 source가 Rx1에서 2홉 떨어진 곳에 있으면 평균 데이터 복구 지연은

$\{(6/8)+(4*8/10)\}/5=0.79$ 가 된다. 그림2의 RAH 방식에서 위와같이 구해 보면 복구지연, 데이터 전송량, 제어 정보 전송량은 각각 0.63, 0.125, 1.625 가 된다

3. K-ary 트리구조의 RAH와 ALH의 성능분석

ALH와 RAH의 확장성에 따른 성능 분석을 위해 K-ary 트리를 분석하였다. 이를 위해 트리의 root는 전송자로 가정하고, 트리의 모든 노드는 수신자로 가정했다. 따라서 깊이가 L인 K-ary 트리의 수신자는  $k^L$ 이 된다. 성능 분석 결과 복구지연, 데이터 전송량이 그림3,4에 나타나 있다.

4. 관련 연구

현재 신뢰성 있는 멀티캐스트에 대한 연구는 많이 진행되어 있다. 본 논문에서는 신뢰성 있는 멀티캐스트를 위해 계층구조를 생성하는 방법을 크게 두 가지로 나누어 살펴 보았다. ALH의 예로 들 수 있는 것으로 SRM[5]이 있다. SRM에서는 복구메시지(재전송 요청, 응답)가 그룹 전체로 멀티캐스트 된다. 그러면 같은 메시지를 못 받은 다른 수신자는 복구 요청 메시지를 보내지 않음으로써 메시지의 폭주를 방지한다. 또 다른 것으로는 Tree-based Multicast Transport Protocol(TMTP)[6]라는 것이 있다. TMTP에서는 새로운 멤버가 확장된 링 검색을 통해 부모를 찾는다. 이외에도 LGMP[7], TRAM[8] 등 많은 방식들이 있다. 라우터의 지원을 받는 방식들로는 Addressable Internet Multicast(AIM)[9]이 있는데 이는 멀티캐스트 그룹에 참여한 모든 라우터에게 라벨을 부여한다. AIM은 이 라벨을 이용하여 가장 가까운 상향 멤버에게 복구 요청 메시지를 전달한다. Active Error Recovery(AER)[10]은 본 논문에서 RAH 모델로 적용한 LMS와 매우 흡사하다.

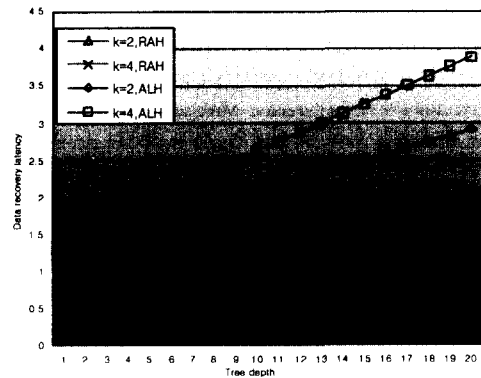
5. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 신뢰성 있는 멀티 캐스트 프로토콜을 크게 두 가지로 나누었다. : 라우터의 지원을 받는가? 받지 않는가?. 성능 분석 결과 몇 가지 흥미로운 발견이 있었다. 직관적으로 라우터의 지원을 받는 RAH가 ALH에 비해 나은 성능을 내리란 것을 알고 있었으나 ALH역시 RAH에 비교 될만한 성능을 나타내었다. 성능 분석할 모델 구현에는 동적인 계층구조에 필요한 비용이나 복잡도는 고려치 않았으며 exposure는 없는 것으로 가정하였다. 향후 과제로는 성능 분석을 뒷받침할만한 시뮬레이션과 멀티캐스트 네트워크 구성시 조금 더 현실적인 상황을 고려한 모델링이 필요하다.

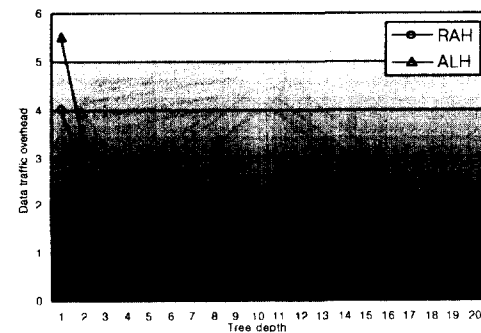
참고문헌

[1] Whetten, B.Taskale, G, "AN overview of reliable multicast transport protocol II" IEEE Networ  
 [2] J.Lin, S.Palul, " Areliable Multicast Transport Protocol" In Proceedings of the IEEE Infocom' 96 pages 1414-1424, San Francisco, USA, March 1996  
 [3] Christos Papadopoulos, Guru Parulkar, George Varghese,

" An Error Control Scheme for Large-Scale Multicast Applications" In Proceedings of the IEEE Infocom' 98,  
 [4] William R, Parkhurst, CCIE#2969, " Cisco Multicast Routing & Switching" McGraw-Hill,1999  
 [5] Floyd, S, Jacobson, V.McCanne, " A Reliable Multicast Framework for Light-weight Sessions and Application Level Framing" ,Proc. Of ACM Sigcomm' 95  
 [6] Rajendra Yavatkar, James Griffioen, Madhu Sudan, " A Reliable Dissemination Protocol for Interactive Collaborative Applications" IN proceedings of the Third International Conference on Multimedia' 95, San Francisco, Ca, USA, November 1995  
 [7] M.Hofmann, Home page of the Local Group Concept(LGC).http://www.telematik.informatik.unikarlsruhe.de/~hofmann/lgc  
 [8] D.Chiu, S.Hurst, M.Kadansky, J.Wesley, " TRAM :A Tree-based Reliable Multicast Protocol" , Technical Report Sun Technical Report SML TR-98-66, Sun Microsystems, July 1998  
 [9] B.Levine, J.J.Garcia-Luna-Aceves, " Improving Internet Multicast with Routing Labels" , In Proceedings of the 5th IEEE International Conference on Network Protocols(ICNP' 97)  
 [10] Sneha K. Kasera, Supratik Nhattacharyya, " Scalable Fair Reliable Multicast Using Active Services" , IEEE Network Magazine, January/February 2000



[그림3. Average data recovery latency]



[그림4. Average network data overhead]