

# 유무선 통합 환경에서 효과적인 멀티캐스트를 위한 라우팅 알고리즘

정희원 이재영\*, 권영애\*, 지홍일\*, 최승권\*\*, 조용환\*

## Efficient Multicast Routing Algorithm in the Wire/Wireless Integrated Environment

Jae-Young Lee\*, Young-Ae Kwon\*, Hong-IL Ji\*, Seung-Kwon Choi\*\*, Yong-Hwan Cho\*  
*Regular Members*

### 요 약

본 논문은 유무선 통합 환경에서 효과적인 멀티캐스트를 위한 라우팅 알고리즘을 제안한다. 새로운 알고리즘은 Agent내에 내장된 두 가지 버퍼(Storage\_Buffer 및 Provisional\_Buffer)를 이용하여 모바일 노드가 이동할 때 패킷의 손실을 방지할 수 있으며, JoinRequest메시지와 JoinAccept메시지를 이용하여 동적으로 멀티캐스트 트리 구조를 조절할 수 있다. 시뮬레이션 결과 새로운 알고리즘은 가장 절약된 대역폭으로 지연이 비교적 작은 멀티캐스트 트리를 구성할 수 있음을 증명하였다.

Key Words : QoS, Multicast routing algorithm, M\_AQDMR

### ABSTRACT

In this paper, we propose a efficient multicast routing algorithm in the wire/wireless integrated environment. Through simulations and comparing to another multicast algorithm, we reach a conclusion is that the routing algorithm can simply and dynamically adjusts the construction of multicast tree with little delay and the most reducible bandwidth resources.

### I. 서론

현재 정보통신은 비야호로 유무선 통합의 방향으로 나아가고 있으며, 유무선 통합을 위해서는 무선망 내에서 사용자 요구에 적절한 대역폭을 제공하고, 각 망이 가지는 서비스가 유연하게 통합될 수 있어야 하며, 사용자의 이동으로 인한 이음매 없는 이동성을 지원할 수 있어야 한다. 이 경우 유무선망의 유연한 통합이란 무선망에서 유선망 서비스를 이용하는 경우 유선망의 기술 및 망 요소에 가능한 한 구애를 받지 않는 가운데 유선망과 동등 수준의 서비스를 제공받는 것을 의미한다. 이는 무선망이

제공하는 요소 기능인 핸드오버나 로밍을 유연하게 제공하는 것과 관련이 되며, 특히 통합에 가장 걸림돌인 QoS 관리가 통합망 환경에서 제공되어야 한다.

### II. 효과적인 멀티캐스트를 위한 라우팅 알고리즘

#### 1. 핸드오프 과정

모바일 노드를 MN(Mobile Node)이라고 부르고, 통신 상대방 노드는 CN(Corresponding Node)이라고 부른다. 모바일 노드는 홈 주소HoA(Home Address)라고 불리는 고유한 IP주소를 갖는데, 이

\* 충북대학교 (yhcho@chungbuk.ac.kr)

\*\* 목원대학교

논문번호 : #040130-0220, 접수일자 : 2004 년 3 월 25 일

※ 이 논문은 2004년도 충북대학교 학술연구지원사업의 연구비 지원에 의하여 연구되었음.

주소는 모바일 노드의 현재 위치와 무관하다. HoA를 포함하는 서브네트워크를 그 모바일 노드의 홈 네트워크라고 하며, 홈 네트워크 안에 있는 라우터인 홈 에이전트HA(Home Agent)는 모바일 노드가 홈 네트워크를 떠나 있을 때 모바일 노드에게 보내진 패킷들을 전달하는 역할을 수행한다. 모바일 노드가 홈 네트워크에 위치할 때는 모바일 노드는 일반 노드와 전혀 차이가 없다. 모바일 노드가 홈 네트워크를 떠나 다른 곳에서 인터넷에 연결될 때, 접속 위치의 네트워크를 외지 네트워크, 외지 네트워크의 라우터를 외지 에이전트 FA(Foreign Agent), 외지 네트워크에서 임시로 부여받은 IP주소를 위탁 주소CoA(Care of Address)라고 부른다.

1) Mobile IP의 동작은 다음과 같다.

- ① HA와 FA는 주기적으로 자신의 정보를 광고로 알린다. 이때 Agent 광고라는 Mobile IP메시지를 사용한다.
- ② 이동노드는 이 Agent 광고메시지를 받아보고 자신이 어느 링크에 있는지를 판단한다. 자신이 Home 링크에 있으면 일반 IP프로토콜로 동작하고, Foreign 링크에 있는 경우만 아래의 순서로 Mobile IP를 실행한다.
- ③ Foreign 링크에 있는 이동노드는 먼저 CoA를 얻어야 한다. FA CoA를 얻는 경우는 단순히 FA가 보낸 Agent광고메시지 내에서 FA CoA를 읽어 사용하면 된다.
- ④ 이동노드는 위에서 얻은 CoA를 자신의 HA에 홈 등록하고 MN에 대해 검증한다.
- ⑤ 이동노드가 트리에 가입 신청할 때 HA주소를 이용해서 신청한다.
- ⑥ 다음에 이 이동노드에 오는 모든 패킷들이 HA를 경로해서 FA에게 전달한다.

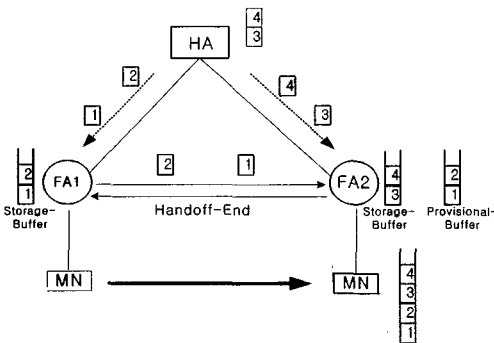


그림 1. 핸드오프 알고리즘 모형도

그림 1은 MN이 FA1에서 FA2로 위치를 이동했을 때 일어나는 상황을 그림으로 설명한 것이다

다음은 MN이 FA1에서 FA2로 이동한 뒤의 과정이다.

- ① MN은 FA1에서 FA2로 이동을 하고 FA1을 통해 MN에게 가던 1,2번 패킷은 FA1의 Storage-Buffer에 저장된다.
- ② HA에서 FA2를 통해 MN에게 보내지는 3,4번 패킷은 FA2의 Storage-Buffer에 저장된다.
- ③ FA1의 Storage-Buffer에 저장되어 있던 패킷들을 FA2의 Provisional-Buffer로 전송한다.
- ④ FA2는 FA1의 Storage-Buffer에 있던 1,2번 패킷이 FA2의 Provisional-Buffer로 전송이 완료되면 Handoff-End 메시지를 보내어 전송이 모두 완료되었음을 FA1에게 알려주고 FA1을 석방한다.
- ⑤ FA2는 먼저 FA2의 Provisional-Buffer에 저장되어 있던 1,2번 패킷을 MN에 전송하고, Storage-Buffer에 저장되어 있던 3,4번 패킷을 MN에게 전송한다.

2). Tree 의 생성

출발지로부터 트리상의 각 노드로의 지연은 쉽게 유지되기 때문에 M\_AQDMR 알고리즘은 간단한 지시함수  $I_D(\mu)$ 를 이용하여 표시할 수 있다.

$$I_D(\mu) = 1; \quad \text{if } \mu \in R$$

$$I_D(\mu) = \infty; \quad \text{if } \mu \notin R$$

다음은 M\_AQDMR 알고리즘을 이용한 트리의 생성 과정을 나타내었다.

- ① /\* Tree 의 구성 \*/
- ② if Bandwidth(max) < 요구된 대역폭 값  
/\* Bandwidth(max) : Link의 최대 대역폭 값 \*/
- ③ Return Failed /\* 실행할 수 있는 tree가 없다 \*/
- ④ Bandwidth ← 0 ; Delay(s) ← 0
- ⑤ u ≠ s 때 Bandwidth ← ∞ ; Delay(u) ← ∞
- ⑥ T ← ∅ , Q ← V /\* V: 모든 링크들의 집합 \*/
- ⑦ while Q ≠ ∅ and Min(Q) ≥ 요구된 대역폭 값  
do
- ⑧ u ← Min(Q) /\* next node를 선택한다 \*/
- ⑨ T ← T ∪ {u}

- ⑧ for each top  $v \in \text{Adj}[u]$  /\* for each 인접된 node \*/
- ⑨ if  $\text{Bandwidth}(u, v) \geq$  요구된 대역폭 값 and  $v \notin T$
- ⑩ if  $\text{Delay}[v] > I_D(u) \text{Delay}(u) + \text{Delay}(u, v)$  /\* node-v는 Tree에 속하지 않고 tree에 신청하고자한 node \*/
- ⑪  $\text{Delay}(v) \leftarrow I_D(u) \text{Delay}(u) + \text{Delay}(u, v)$
- ⑫ 부모 node  $\leftarrow u$  /\* u 는 부모 node가 된다 \*/

3) 동적 트리 유지 및 관리

트리에 가입할 때 기본 연산은 아래와 같다.

- JoinRequest(Group-id, NewMember-id, TTL):

자신의 id정보(IP Address, Port No.)와 TTL 정보를 이용하여 그룹에 참여

- JoinAccept (Group-id, LGroupHeader-id,

Receiver-id, TTL, (Parent-id, TTLp)) :

지역그룹대표자(LGroupHeader) 정보와 TTL 정보를 포함하며, 대표자의 부모 노드의 정보 (Parent-id, TTLp) 등을 제공하여 지역 Tree에 참여

새로운 노드가 그룹에 참여하고자 할 때는 자신의 지역 그룹 대표자를 찾기 위하여 TTL 값을 1부터 증가시키며 참여 요청 메시지를 멀티캐스트 한다. 이 때 그룹 대표자는 좀 더 멀리 떨어져 있고 이미 그룹에 참여한 일반 수신자가 해당 메시지를 수신했다면 해당 영역의 지역 그룹 대표자 정보(ip address, TTLig)를 송신한다. 새로운 노드는 송신받은 지역그룹 대표자 정보를 이용해 곧바로 유니캐스트 참여 요청을 한다. 만일 요청에 대해 여러 개의 지역 그룹 대표자에 대한 정보를 수신한다면 TTL 값이 가장 작은 대표자를 선택한다.

다음은 이 과정을 알고리즘으로 나타내었다.

```
A member want to join a active group
TTL= 1
while TTL <= 255 or receive JoinAccept
multicast JoinRequest
if a LGH receives it
if  $N(LG) < M_{\text{thresh}}$  //  $N(LG)$  :지역그룹 수신자수
send JoinAccept
if a Receiver receives it
send LGH_id, TTLig // LGH :지역그룹대표자
```

일반 수신자는 자신의 지역 그룹 대표자에 연결 하면 자신의 대표자 이 외에 그의 부모 노드에 대한 정보(IP주소, TTLp)를 저장한다. TTLp는 지역 대표자와 부모 대표자와의 TTL 값을 나타낸다

이 정보를 이용하여 자신의 대표자가 오류로 인하여 응답 불가 상태가 되었을 경우 새로운 대표자를 신속하게 선정할 수 있다. 아래의 알고리즘은 이 과정을 나타낸 것이다. 일단 자신의 대표자가 예고 없이 그룹에서 이탈한 것을 감지하면 수신자는 새로운 대표자를 찾기 위해 TTL값을 다시 1부터 ERS를 실행하는 것이 아니고 부모 노드에게 참여 요청을 하여 세션의 진행을 유지한다. 이 후 수신한 TTLp값을 이용하여 최소 TTL 값을 갖는 새로운 대표자를 선정한다.

$$TTL_{ig} = TTL_{ig} + TTL_p / 2$$

(TTLig : 이전 지역 그룹 대표자와의 TTL 정보)

이것은 초기 트리 형성 과정에서 자신과 최단 거리의 대표자를 선택하였기 때문에 네트워크 상황이 변화했을 지라도 일단 TTLig 범위보다 작은 범위에서 지역 그룹 대표자가 존재할 가능성이 적기 때문이다.

다음은 그룹 수신자가 LGH fail 감지 후 새로운 LGH 설정 과정을 보여준다.

```
A receiver detect failure of LGH
Report LGH_fail into its local group
send JoinRequest to parent_of_LGH
while TTL < TTLp
TTL =  $TTL_{ig} + TTL_p / 2$ 
// find if there is closer LGH than parent_of_LGH
multicast JoinRequest with new TTL
if receive any JoinAccept
make new connection with the new LGH
```

그룹이 동적으로 변화하는 과정에서 하나의 지역 그룹 대표자에게 소수의 수신자만이 연결되는 형태가 반복되어 깊이가 깊어지는 트리가 형성될 위험이 있다. 이 경우 트리의 깊이에 따른 부하가 증가하는 특성 때문에 비효율적인 그룹 관리가 될 수 있다. 그러므로 본 논문에서는 지정된 임계값  $M_{\text{thresh}}$ 를 이용하여 간단한 그룹 재조정을 동적으로 수행할 수 있도록 한다. 하나의 지역 그룹 대표자는 자신의  $M_{\text{thresh}}$ 값을 자신의 부모 노드에게 주기적으로 전송하고 초기 트리 형성 과정을 벗어나면 부모노드는

$M_{thresh}/n$  값 이하인 지역그룹을 통합한다. 다음은 불균형 Tree를 만들 여지가 있는 지역 노드간의 병합 과정을 나타낸 알고리즘이다.

**Local Group Tree Merge**

```

if  $N(LGi) < M_{thresh}/n$  and
    $N(LGj) < M_{thresh}/n //i \neq j,$ 
if tree level of i and j are the same
  LGHi becomes new LGH // LGHi :
  왼쪽 지역그룹대표자
  merge LGi and LGj
if i is a parent of j
  LGHi becomes new LGH
  merge LGi and LGj
    
```

이렇게 국소적으로 그룹을 통합하는 것을 궁극적으로는 전체 트리의 깊이가 깊어지는 것을 감소시킬 수 있게 되어 불균형 트리로 인해 발생하는 오버헤드를 줄일 수 있다[1][2][3].

**III. 실험 및 결과 분석**

**1. 실험 환경**

본 논문에서 제안한 M\_AQDMR 알고리즘의 성능을 평가하기 위해 이미 제안된 QDMR 알고리즘과 성능을 비교하였다. 성능비교는 목적지 노드수 증가에 따른 총 네트워크비용, 허용지연 증가에 따른 총 네트워크 비용, 링크 지연 변화에 따른 패킷 손실률을 분석하였으며 기존의 알고리즘과 제안한 M\_AQDMR 알고리즘을 비교하여 그래프로 나타내었다[4][5].

**2. 결과분석**

그림 2는 노드 개수가 50, 네트워크의 평균 연결도가 5이고, 허용지연  $\Delta=70$ 으로 동일하게 설정한 네트워크에 대해 목적지 노드 수를 증가시킬 때 기존의 멀티캐스트 알고리즘과 제안한 M\_AQDMR 알고리즘의 총 네트워크 비용을 비교한 것이다. 목적지노드 수가 증가할수록 두 알고리즘 모두 총 네트워크 비용은 증가하지만, M\_AQDMR 알고리즘이 효율적이라는 것을 알 수 있다.

그림 3은 허용지연의 증가에 따른 QDMR 알고리즘과 제안한 M\_AQDMR 알고리즘의 성능을 비교한 것이다. 전체 노드의 개수가 70개, 네트워크의 평

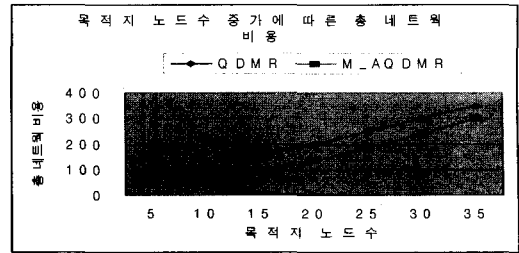


그림 2. 목적지 노드수 증가에 따른 총 네트워크 비용

균 연결도가 7로 이루어진 네트워크에서 목적지 노드의 개수가 15로 주어진 경우에 대한 실험 결과이다. 그림에서 보면 허용지연 값이 작을 경우에는 QDMR 알고리즘은 제안한 M\_AQDMR 알고리즘보다 더 작은 네트워크비용을 갖지만, 허용지연의 값이 증가하면 제안된 M\_AQDMR 알고리즘이 더 좋은 성능을 나타낸다.

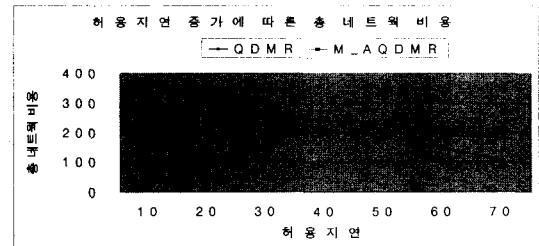


그림 3. 허용지연 증가에 따른 총 네트워크 비용

그림 4에서는 이동 단말의 속도가 10km/h에서 50km/h로 변화에 따른 패킷 손실률을 보여준다. 여기에서 패킷 손실률이란 송신측 단말이 송신한 패킷 중 이동 단말이 수신하면서 핸드오프로 인하여 손실된 패킷 개수를 송신측 단말이 보낸 총 패킷의 개수로 나눈 값이 된다. 무선 링크지연시간을 고정된 상태에서 유선 링크 지연시간을 50ms에서 기존의 알고리즘과 제안하는 알고리즘을 비교하고 있다.

결과와 같이 제안한 알고리즘은 기존의 알고리즘보다 속도에 따른 패킷 손실률의 측면에서 유선 링크 지연시간이 약 1%의 이득을 보인다. 이것은 기존의 알고리즘은 이동 단말이 새로운 셀에 들어온 뒤 IP할당 및 새로운 커넥션을 맺는 과정에서 이전의 경로로 오는 패킷은 모두 손실되지만 제안하는 알고리즘은 Agent 내에 내장된 두 가지 버퍼 (storage\_buffer 및 provisional\_buffer)를 이용함으로써 이동단말이 핸드오프 기간동안 발생할 수 있는

패킷 손실을 거의 줄일 수 있다. 또한 기존의 알고리즘은 유선 링크 지연시간이 길어짐에 따라 새로운 커넥션을 맺는 시간이 길어지므로 더 많은 패킷 손실이 생김을 보이고 있다.

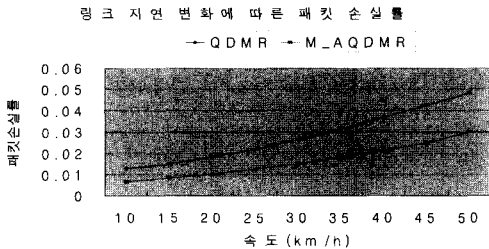


그림 4. 링크 지연 변화에 따른 패킷 손실률

#### IV. 결론

본 논문에서는 유무선 통합 환경에서 효과적인 멀티캐스터를 위한 M\_AQDMR 알고리즘을 제안하였다.

새로운 알고리즘은 유무선 통합 환경에서 멀티캐스터를 위한 효과적이 트리를 구축하여 멀티캐스트 라우팅을 실행할 수 있다. M\_AQDMR 알고리즘은 새로운 노드가 그룹에 참여할 때 지역 대표자 뿐만 아니라 지역 그룹 내에서 새로운 노드와 가장 가까운 일반 수신자들도 지역 대표자에 대한 정보를 전송해 줌으로써 그룹 내의 메시지 오버헤드를 줄일 수 있도록 하였다.

시뮬레이션 결과 M\_AQDMR 알고리즘은 가장 절약한 네트워크비용으로 지연이 비교적 작은 멀티캐스트 트리를 구성할 수 있어 대규모 유무선 통합네트워크에서 QoS를 향상시킬 수 있는 효과적인 멀티캐스트 라우팅 프로토콜임이 증명되었다.

#### 참고 문헌

[1] Liang Guo and Ibrahim Matta. "QDMR: An efficient QoS dependent multicast routing algorithm" Proc. Fifth IEEE Real-Time Technology and Applications Symposium.

[2] A.Shaikh and K.Shin. Destination-Driven Routing for Low-Cost Multicast. IEEE J. Select. Areas Commun., 15:373-381, April 1997.

[3] V.P.Kompella, J.C.Pasquale, and G.C.Polyzos.

Multicasting for Multimedia Applications. In Proc. IEEE INFOCOM'92, pages 2078 - 2085, 1992

[4] Q.Sun and H.Langendoerfer. An Efficient Delay constrained Multicast Routing Algorithm. Technical Report Internal Report, Institute of Operating System and Computer Networks, TU Braunschweig Bueltenweg 74/75,38106, Braunschweig, Germany, January 1997.

[5] R.Widyono. The Design and Evaluation of Routing Algorithms for Real-Time Channels. Technical Report ICSI TR-94-024, International Computer Science Institute, U.C. Berkeley, June 1994.

이재영(Lee Jae-Young) 정회원  
2000년 8월 : 세명대학교 교육대학원 교육학석사  
현재: 충북대학교 컴퓨터공학과 대학원(박사과정)  
<관심분야> 멀티미디어통신, 네트워크 보안

권영애(Kwon Young-Ae) 정회원  
2000년 8월 : 세명대학교 교육대학원 교육학석사  
현재: 충북대학교 컴퓨터공학과 대학원(박사과정)  
<관심분야> 멀티미디어통신, QoS, VPN

지홍일(Ji Hong-Il) 정회원  
2002년 2월: 충북대학교 컴퓨터공학과 대학원  
(공학석사)  
현재: 충북대학교 컴퓨터공학과 대학원(박사과정)  
<관심분야> 멀티미디어통신, 네트워크 보안

최승권(Choi Seung-Kwon) 정회원  
2001년 8월: 충북대학교 컴퓨터공학과 대학원  
(공학박사)  
현재: 목원대학교 겸임교수  
<관심분야> : 멀티미디어통신, 트래픽공학, ATM, 정보통신정책

조용환(Cho Yong-Hwan) 정회원  
한국통신학회 논문지 제 23권 9호 참조  
현재: 충북대학교 전기전자컴퓨터공학부 교수  
<관심분야> : Net Framework, 멀티미디어통신, 트래픽공학, Mobile PKI, 정보통신정책