

논문 2009-46TC-9-2

# Ad-hoc Multihop Cellular Network 에서의 방향성 Route Discovery 프로토콜

( A Directional Route Discovery Protocol in Ad Hoc Multi-Hop Cellular  
Networks )

박 용 석\*

( Yongsuk Park )

## 요 약

전통적인 한 홉 (Single-hop) 셀룰라 네트워크가 지난 몇 년 동안 통신망의 기능을 잘 제공해 왔으나, 높은 전송 파워가 4세대 시스템의 높은 데이터 전송을 그리고 멀티미디어 서비스에서는 요구 되어 이 네트워크가 더 이상 경제성을 갖기는 어려워진다. 반면에 멀티홉 (Multi-hop) 셀룰라 네트워크는 기존의 셀룰라 네트워크의 인프라에 애드 혹 네트워크를 동반하여, 전송 파워의 큰 감소를 가져와 총 전송 파워 절약이 가능해진다. 이러한 성능 향상과 4G 서비스들을 가능하게 하기 위하여, 효과적인 라우팅 프로토콜이 멀티 홉 셀룰라 네트워크 (MCN)를 위하여 필요하다. 이 논문에서 우리는 기지국 (base station)의 방향성 정보를 이용한 반응형 (reactive) 라우팅 디스커버리 프로토콜을 제시한다. 우리의 분석과 실험은 제안된 프로토콜이 플러딩 (flooding) 오버헤드를 줄이는 것을 보인다. 또한, 다양한 4G 서비스를 한 모바일터미널이 기지국에 요구하게 되므로, 이에 관한 이슈들을 MCN 상황에서 논의하고 제안된 프로토콜의 응용을 제시한다.

## Abstract

Although traditional single-hop cellular networks had been serving well in past years, they are no longer economically feasible in supporting high data-rate, multimedia services of 4<sup>th</sup> Generation (4G) communications due to the requirement of high transmission power. By contrast, multi-hop cellular networks (MCN) are capable of dramatically saving the transmission power by overlaying the capability of ad hoc networking among mobile terminals on the cellular network infrastructure. To achieve this performance gain as well as enable 4G services, an efficient routing protocol needs to be designed for MCN. In this paper, we propose a reactive route discovery protocol for MCN that uses directional information to the base station in the route discovery process. Our analysis/simulation results have demonstrated that the proposed protocol significantly reduces flooding overheads. In addition, we consider issues for 4G services in MCN and applications of the proposed protocol.

**Keywords :** Multi-hop, Cellular, Routing, 4G Services

## I. 서 론

4세대 통신에서는 높은 데이터 전송율이 필요한 멀티미디어 서비스(multimedia services)가 보편화 될 것

으로 예상된다. 그러한 광대역 서비스를 가능하게 하려면 액세스 포인트(Access Point) 또는 기지국(Base Station)의 전송 파워(transmission power)를 높이거나 전송 범위(transmission range)를 줄여야한다. 왜냐하면 높은 데이터 전송율을 얻기 위해서 단말기의 수신 전파 수신감도(signal strength)가 커져야 하기 때문이다. 그러나 이러한 방법은 낮은 경제성으로 인하여 통상적인 한 홉 셀룰라 네트워크(single-hop cellular network)

\* 정희원, 삼성전자 DMC 연구소 Convergence Solution Team

(DMC R&D Center, Samsung Electronics)

접수일자: 2009년2월12일, 수정완료일: 2009년9월14일

즉, 기지국 (Base Station)과 모바일 터미널 (Mobile Terminal)이 한 홉으로 통신하는 네트워크에서는 가능하여 보이지 않는다.<sup>[1]</sup> 다른 가능한 대책으로 멀티 홉 셀룰라 네트워크 (Multihop Cellular Network, MCN)<sup>[1~2]</sup> 즉, 셀룰라 인프라스트럭처 (Cellular Infrastructure)와 애드 혹 네트워크의 조합 (integration)된 것이 제시된다. MCN에서는 모바일 터미널이 기지국과 통신을 여러 홉으로 하나 또는 그이상의 모바일 터미널을 이용하여 기지국과 통신하게 된다. 이러한 방법은 전송 범위를 줄여주고 따라서 전송 파워가 적어지게 되고 높은 데이터 전송율을 제공할 수 있게 된다.

MCN은 애드혹과 셀룰라 네트워크의 특징을 함께 갖는다. 전통적인 2G, 3G 셀룰라 네트워크에서는 한 모바일 터미널이 기지국과 직접 통신한다. 반면에 MCN에서는 한 모바일 터미널이 다른 모바일 터미널 또는 릴레이 디바이스에게 데이터를 전송할 수 있고 전송받은 모바일 터미널 또는 릴레이 디바이스가 기지국에게 전송할 수 있다. 논문들 [3~10]에서 알린 바와 같이, 4G 기술 발전과 더불어 셀룰라 네트워크가 MCN으로 진화할 수 있다. MCN의 라우팅은 기존의 애드 혹 라우팅과 몇 가지 차이점을 갖는다. 애드혹은 임의의 두 노드 사이의 라우팅을 찾는다면 MCN 라우팅은 모바일 터미널과 기지국간의 라우트를 찾는다. 또한 4G 서비스는 전화 서비스 포함한 VoIP, 멀티미디어등의 다른 특성 및 QoS를 갖는 여러 종류의 서비스가 기대되기 때문에 라우팅 디스커버리에 이러한 다양한 서비스에 대한 적응성 (flexibility)이 요구 된다. 따라서 라우팅에 관한 연구로 MCN에서 보다 간단하고 효과적인 프로토콜 개발이 이루어져 왔다.<sup>[4~7, 9~10]</sup>

UCAN (Unified Cellular and ad-hoc Network)<sup>[4]</sup>에서는 모바일 터미널이 셀룰라와 WLAN 두개의 인터페이스를 갖고, 모바일 터미널로부터 기지국까지의 라우트를 WLAN 연결로 플러딩을 통하여 찾는다. 따라서 모바일 터미널은 데이터 패킷을 다른 모바일 터미널에게 전송하고 기지국에 가까운 proxy 모바일 터미널은 셀룰라 인터페이스를 통하여 기지국과 통신하게 된다. 이러한 방법의 문제인 RREQ (Route REQuest) 플러딩 문제를 해결하기 위하여 DST (Distributed Spanning Tree)<sup>[5]</sup>가 제안되었다. DST는 proactive 라우팅 방법으로 셀내의 모바일터미널들의 트리 구조 구성을 채택하였다. 트리 구조가 모바일 터미널들로 구성되며 그 구조를 유지하기 위하여 일정 시간을 두고 제어 메시지

(control message)를 주고 받는다. 특정 모바일 터미널이 라우트 디스커버리를 원하면 이 구성된 트리의 루트 노드 즉 기지국까지의 경로가 라우트로 사용된다. 또 다른 방법은 중앙 (centralized) 라우팅 알고리즘에 근간으로 둔 프로토콜이 제시되었다.<sup>[2]</sup> 기지국은 일정 시간마다 셀내의 각 모바일 터미널들의 위치 정보를 수집하고 그 위치정보를 이용하여 모바일 터미널들의 토폴로지 정보를 기지국에서 관리한다. 모바일 터미널이 라우트를 요청을 하면 기지국은 가지고 있는 주기적으로 위치 정보 수집을 통한 업데이트 되는 토폴로지와 shortest path 알고리즘 (예, Dijkstra's shortest path algorithm)을 이용하여 라우팅 패스를 찾아서 모바일 터미널에게 RREP (RouteREPLY)를 전달한다. 후자의 두 가지 방법들은 모바일 터미널의 트리구성이나 토폴로지 구성을 하고 업데이트하는 데 로드가 걸리게 된다.

이 논문에서 반응형 (reactive) 방법에 초점을 두고 연구한다. 한 가지 flooding-based 프로토콜의 단점은 제어 메시지 (Control Message)의 오버헤드에 있으며 이는 불필요한 bandwidth 와 에너지 사용을 야기시킨다. 이 논문에서는 MCN 상에서 반응형 라우팅 디스커버리할때 기지국에 방향성 정보를 이용하여 플러딩의 양을 줄이는 연구를 논한다. 실험결과 제안하는 프로토콜은 라우팅의 오버헤드를 줄인다.

또한, MCN에서 4G service를 위하여 우리는 제안된 프로토콜의 4G 서비스에서의 응용을 제시한다. 4G향 시스템 (예, IEEE 802.16e)에서는 하나의 모바일 터미널이 여러 종류의 서비스, 가령 VoIP 와 멀티미디어등을 기지국으로부터 협력을 통한 허락을 받고 수행한다. 또한 이 수행의 라우트는 기지국으로부터 모바일 터미널까지는 단 하나의 라우트만 존재하므로 기지국으로부터 모바일 터미널까지의 직접 패스 (direct path)가 된다. 하지만, MCN에서는 모바일터미널에서 기지국까지 여러 라우트가 존재하므로 라우트에 대한 선정도 기지국이 해주어한다. 이 논문은 이 라우트 선정 대하여 논의한다. 더불어 MCN은 셀 커버리지내의 많은 모바일 터미널들이 릴레이에 참여하여야 그 성능에 효과를 볼 수 있다.<sup>[13~14]</sup> 따라서, 이에 따른 라우트 선정에 대한 논의도 함께한다. 끝으로 이러한 논의들을 위하여 제시된 프로토콜의 적용을 보인다.

## II. 본 론

### 1. MCN

MCN이 비교적 새로운 개념이어서 간단한 소개를 한다. MCN에서의 셀룰라와 애드혹 기능의 합체된 기본적인 개념은 Lin과 Hue<sup>[2]</sup>에 의하여 소개되어지기 시작하였고 서두에서 밝힌바와 같이 모바일 터미널이 릴레이 기능을 가지고 데이터 전송을 할 수 있게 된다. 이는 다음과 같은 주요 장점을 갖는다. 첫째 데이터가 기지국까지 전달되는 데 있어서 적은 총 전송 파워이다. 그림과 수식 (1)에서 보듯이 한 홉으로 전송 할 때와 여러 홉 (multi-hop)으로 전송 될 때의 기본 전송 파워 차이를 볼 수 있다.<sup>[11]</sup> 모바일 터미널 A로부터 B로의 전송을 위한 전송 파워,  $P_{direct, A \rightarrow B}$ 는 K를 도통 (path loss) 상수로 하고  $\gamma$ 를 도통 지수 (path loss exponent) 그리고  $P_r$ 을 각 노드의 데이터 전송을 받는데 필요한 파워라고 했을 때

$$\begin{aligned}
 P_{direct, A \rightarrow B} &= Kd_{AB}^\gamma P_r = \\
 &= \frac{K(\sqrt{d_{AC}^2 + d_{CB}^2 - 2d_{AC}d_{CB}\cos\theta})^\gamma P_r}{K(d_{AC}^\gamma + d_{CB}^\gamma)P_r} \\
 &> P_{relay A \rightarrow C} + P_{relay C \rightarrow A}
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

이다. ( $\theta$ 가 예각이면 (1)이 성립한다.) 따라서, 한 홉 전송 파워,  $P_{direct, A \rightarrow B}$ 는 두 홉 전송에 필요한 파워,  $P_{A \rightarrow C} + P_{C \rightarrow B}$  보다 크다. 따라서 총 전송 파워의

감소를 가져온다. 둘째, 모바일 터미널이 기지국과 데이터를 주고 받는 데 있어서의 높은 전송 데이터 전송률이다. 일반적인 셀룰라 시스템에서는 기지국에 가까울 수록 높은 데이터 전송률을 가지나, 기지국으로부터 멀리 떨어져있는 가령 기지국커버리 끝에 가깝게 위치한 경우에는 낮은 데이터 전송율을 가지게 된다. 반면에 MCN에서는 다른 모바일 터미널의 릴레이를 통하여 높은 전송률을 가질수 있으며, 더욱이 릴레이 통신은 셀룰라 통신이 아닌 IEEE 802.11, 블루투스 (Bluetooth) 또는 Ultra-WideBand (UWB) 등의 기술로 수행될 수 있으므로 더욱 더 높은 데이터 전송률을 가지게 될 수 있다.

이 밖에도 구현 방법에 따라, 시스템 용량 (capacity)의 증가나, 시스템 커버리지 증가등을 가져올 수 있다. 하지만, 릴레이로 인한 전송지연의 증가, 많은 모바일 터미널 사용자의 릴레이에 대한 참여도를 증가 시키는

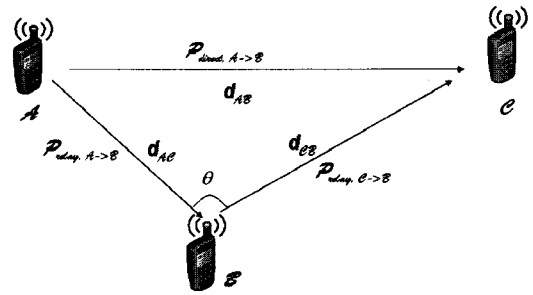


그림 1. 싱글 홉과 멀티 홉의 파워 사용  
Fig. 1. Power Consumption of single hop and multi-hop.

것 등은 단점이며 풀어야할 숙제들도 남아 있다.<sup>[11]</sup>

### 2. 제안된 프로토콜 원리 (Principle)

제안된 프로토콜은 기본적으로 여러 라우팅 경로를 찾고 기지국이 이들 중 하나를 선택하게 된다. 즉, 모바일 터미널은 응용 서비스의 특성을 RREQ (Route REQuest)에 실어서 보내고, 여러 개의 라우트 경로를 찾아가면서, 모바일 터미널과 RREQ가 기지국으로의 방향성을 찾아 불필요한 RREQ를 스스로 결정하고 드롭게 된다. 기지국은 최적의 경로를 QoS metrics와 응용 서비스를 고려하여 선택하게 된다. 참고로 IEEE 802.16e 과 같은 4G향 시스템에서는 응용 서비스 (application service)가 여러 종류이므로 이를 서비스 허락 (service QoS admission)을 받기 위하여 그리고 대역폭 (bandwidth allocation)을 할당 받기 위하여 기지국에 보내도록 규정 되어 있다.

이 논문에서 방향성 (gradient)을 찾는 데 기지국으로부터 모바일 터미널으로의 전파수신감도 (Signal Strength)를 사용 한다. 하지만, 방향성을 얻을 때는 여러 가지 파라미터를 사용하는 방법이 있을 수 있다. C/I (carrier to interface) ratio, C/N (carrier to noise), C(I+N), BER(bit error rate), FER (frame error rate)등이 사용 될 수 있다. 또한 성능 척도 (performance metrics)는 홉 수로 프로토콜을 설명하기로 한다. 하지만, 성능 척도는 배터리 정도 (모바일 터미널에 남은 배터리의 양 또는 전체 배터리 사용), 릴레이 모바일 터미널의 타입, CPU 활용상태, 지원하고 있는 세션의 개수 등이 될 수 있다.

### 3. 프로토콜 설명

이 절에서는 제안하는 프로토콜을 설명한다. 이후로

는 제안하는 프로토콜을 DRDP (Directional Routing Discovery Protocol)로 그리고 AODV (Ad hoc On-Demand vector) 같은 보편적인 프로토콜을 CRP (conventional routing protocol) 라 칭한다.

알고리즘 1에서 보이듯이, 라우트 디스커버리를 시작하기 위하여, 소스 노드가 RREQ 메시지를 전송 (broadcasting) 하고, RREQ는 소스노드의 방향성 (gradient)와 성능 척도 (예 홉 수)를 동반한다. 이웃 노드가 RREQ를 받으면 가지고 있는 방향성 기울기 와 성능 척도와 RREQ가 가지고 있는 값들과 비교한다. 만약, 가지고 있는 값들이 크면, 네이버 노드는 자신의 값을 RREQ에 쓰게 (rewrite) 되고 RREQ를 재전송한다. 그렇지 않은 경우는 RREQ를 드롭 (drop) 하여 필요하지 않은 전송(forwarding)을 안하게 된다. 이 과정은 RREQ가 기지국에 다다를 때 까지 연속하여 진행된다.

Algorithm 2에 볼 수 있듯이, 기지국이 RREQ를 받으면 일정 시간 동안 같은 소스노드로 부터 전송되는 다른 RREQ들을 기다리게 된다. 그 후, 성능 척도 (가령 홉 수)에 따라 기지국은 최적의 라우트를 선택하고 소스 노드에게 RREP (Route REPLY)를 전송하게 된다.

DRDP에서 각 노드는 기지국으로부터의 전파 수신 감도 정보를 유지한다. 비록 전파수신 감도가 기본적으로는 기지국으로부터 얼마나 떨어져있는가를 말해 주지만, 꼭 물리적인 거리가 떨어져있는 가만 보여 주는 것은 아니다. 가령 기지국으로 부터 가까운 거리에 있는 노드도 장애물로 인하여 약한 전파수신감도를 가질 수 있다. 따라서 강한 전파수신감도는 노드가 얼마나 좋은 커뮤니케이션을 기지국과 가지고 있는 가를 보여 준다.

Fig 2는 노드 H가 소스노드로 DRDP의 기본적 작동 방법을 설명한다. 그림에서 각 노드의 전파수신감도가 괄호 안에 적혀 있다. 우선 H가 RREQ를 이웃 노드들에게 브로드 캐스팅한다. 전송 시 노드 H의 전파 수신 감도를 포함하여 전송한다. 노드 E, F, G, I, J, K가 RREQ를 받게 되고 RREQ에 포함되어있는 홉 수와 전파 수신 감도를 각 노드에 있는 전파 수신 감도와 홉 수와 비교한다. 노드 I, J 그리고 K는 RREQ를 더 이상 전송하지 않고 드롭한다. 왜냐하면 RREQ의 점파수신 감도가 레벨 4이고 네이버 노드들의 전파 수신 감도는 이들보다 작기 때문이다. 반면에 노드 E, H, G는 받은 RREQ에 다가 각각의 전파수신 레벨인 5, 6, 6을 적고 재전송한다. 이는 RREQ의 레벨 보다 더 크기 때문이

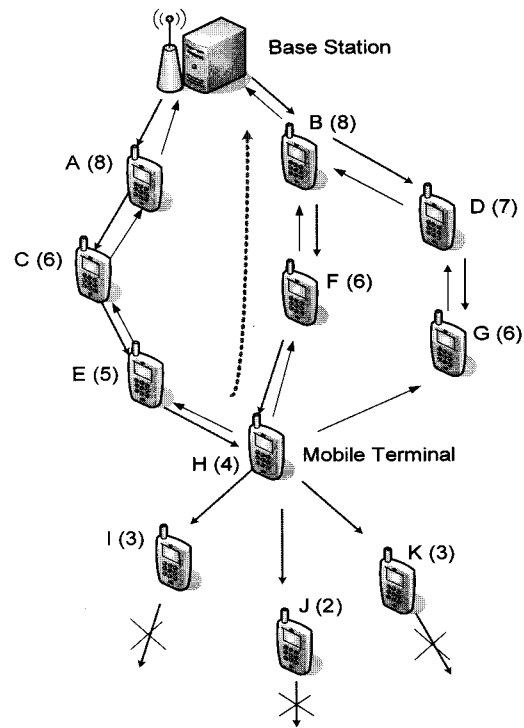


그림 2. 라우트 디스커버리  
Fig. 2. Route Discovery.

다. 노드 E, H, G 로 부터 RREQ를 받은 노드 C와 D도 그와 같은 방법으로 RREQ를 처리한다. 노드 A, B는 RREQ에 다가 그들의 전파 수신감도 레벨 8을 RREQ에다가 적고 전송한다. 기지국은 predefined 된 시간 동안 RREQ를 기다렸다가 이중 하나를 서비스 타입에 적합한 성능 척도 가령 홉수가 작은 것을 선택하고 예에 따라 RREP를 노드 B에 전송하고 B는 F에게 F는 H에게 전송하여, 결국 노드 H는 기지국으로부터 RREP를 받게 된다.

**Algorithm 1: RREQ forwarding at neighbor nodes**

- 1: Each mobile terminal keeps signal strength ( $S_i$ )
- 2: A mobile terminal broadcasts RREQ to its neighbors
  - 2.1: RREQ includes its signal strength ( $S_s$ ) & current hop count
    - // RREQ format: source address, previous node address, hop count, signal strength
- 3: Upon the RREQ arrival, neighbor node checks if another RREQ from the same source has already arrived.
  - 3.1: If  $hop\_count\_old > hop\_count\_new$  &  $S_i > S_s$ , where  $S_i$  is a signal strength of node  $i$  and the initial value of  $hop\_count\_old$  is infinite
    - 3.1.1: If yes, store  $hop\_count\_new$  as  $hop\_count\_old$  & re-broadcast RREQ
    - 3.1.2: Otherwise drop RREQ.
  - 3.2: Before sending RREQ, it increases the hop count & updates the signal strength in RREQ

---

**Algorithm 2:** Path set-up operations at the BS and intermediate nodes
 

---

- 1: When the BS receives RREQs, it waits for RREQs from the same source for a pre-defined RREQ\_waitingtime
  - 2: It selects the best route based on weighting factors (e.g. hop count), updates its routing table, and sends an RREP
  - 3: When an intermediate node receives the RREP, it updates its routing table
- // RREP format: destination address, previous node address
- 3.1: Before forwarding RREP, it replaces the previous node address by the current node address
- 

### III. Evaluation Results

이 장에서는 DRDP 와 CRP의 비교 실험을 보여준다. 실험을 위하여 NS-2가 사용 되어 두 프로토콜의 성능을 비교한다. 50개의 노드가 1000x1000m의 평면 (flat)한 지역에 임의로 위치하고 기지국이 그 지역 중앙에 놓여진다. 열 번의 다른 랜덤 시나리오가 고려되었고 각각의 시나리오에서 임의로 선택된 노드들이 라우트 디스커버리를 시작하여 (initiate) 기지국까지의 라우트를 찾는다. 모든 Simulation 결과의 각 시나리오의 30번 런(run)을 통하여 얻는다. 라우트 디스커버리에 전송된 총 RREQ 이의 숫자를 측정한다. Fig 3가 그 실험 결과를 보여준다.

모든 임의의 시나리오에서 DRDP는 CRP보다 좋은 결과를 보여준다. CRP에서 평균적으로 전송된 RREQ 수는 약 45에서 57 나타낸다. 일반적으로 RREQ가 모든 노드들에 전송 된다. 따라서 네트워크에 노드가 50개이므로 CRP에 의한 전송 RREQ 숫자는 대략 50개이고 재전송으로 인하여 50 보다 약간 넘거나, 충돌로 인하여 RREQ를 못 듣게 되는 노드들은 RREQ를 전송 못하

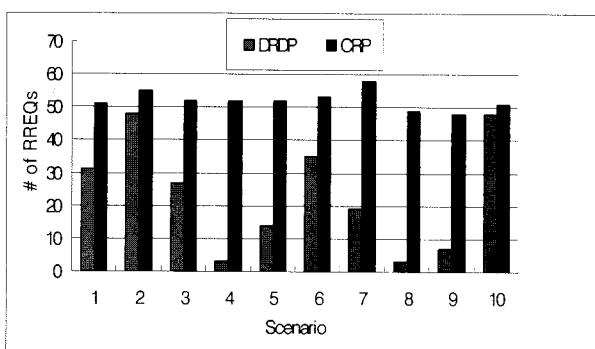


그림 3. DRDP와 CRP에서 전송된 RREQs  
Fig. 3. The number of transmitted RREQs in DRDP is significantly less than that in CRP.

게 되어 약간 50 보다 적은 숫자의 전송이 이루어진다.

DRDP는 모든 노드들이 RREQ 메시지를 전송하는 것이 아니므로, CRP의 RREQ 전송 숫자보다 적은 RREQ 메시지를 전송하게 된다. 감소 된 숫자는 Fig 3 가 보여 주듯이 다양하게 나타난다. 어떤 시나리오 (시나리오 2, 4, 10)에서는 CRP와 DRDP가 비슷한 성능을 보인다. 이는 소스 노드의 위치와 상관되는데, 만약 소스 노드의 위치가 네트워크 에지 (edge)에 가까이 위치 한다면, 대부분의 인근 노드들은 소스 노드보다 큰 전파 수신 감도를 가지게 되어 RREQ를 전송하게 된다. 예를 들어 노드 Fig 2의 노드 J는 라우트 디스커버리를 시작(initiate) 하고 노드 J의 주위에 있는 네이버 노드들은 대부분 노드 J 보다 전파 수신 감도를 크게 가지고 있으므로 플러딩은 계속 된다. 반면에 기지국에 소스 노드가 가까이 있으면 DRDP의 효과는 좋아진다. 가령 Fig 2에서 노드 A 와 B는 기지국 근처에 있고 그 주위에 있는 노드들은 전파 수신 감도가 노드 A와 B가 가지고 있는 값보다 작으므로 RREQ를 전송 하지 않게 되고 기지국이 직접 노드 A 와 B의 RREQ를 전달 받는다.

### IV. MCN에서의 4G 서비스

이절에서는 MCN에서의 4G 서비스의 고려점과 이슈들을 제안하는 프로토콜의 간단한 수정을 통한 대응 방법을 논한다.

#### 1. 다른 서비스에 다른 Route을 제공

4G 서비스에서는 모바일 터미널이 음성 서비스외에 VoIP, 멀티미디어, 게이밍 서비스등 다른 서비스들을 제공한다. 싱글 홉 셀룰라 네트워크 (SCN), 가령 802.16e에서는 한 홉 전송을 기지국과 하기 때문에 서비스는 bandwidth 와 QoS 만 기지국과 협의하여 할당을 받지만, MCN에서는 기지국으로부터 라우트 정보도 얻어야한다. 왜냐하면 MCN에서는 모바일 터미널에서 기지국까지 여러 라우트들이 존재하고, 모바일 터미널은 여러 서비스를 동시에 수행할 수 있는데, 모든 서비스에 한 라우트를 제공할 수도 있고 아닐 수도 있기 때문이다. 우리는 MCN에서 하나의 모바일 터미널에서 수행하는 서비스일 지라도 이러한 서비스들을 위하여 다른 라우트를 제공해야 한다고 제안한다. 왜냐하면, 이러한 서비스들은 전송지연제약이나 파워 사용등 다른

특성들을 가지기 때문이다. 또한, 이러한 서비스들의 주체가 이동 사업자들이기 때문에 되도록 이동 사업자가 각기 다른 서비스와 연계하여 다른 라우트를 제공할 수 있도록 하여야한다.

제안된 프로토콜은 RREQ에 서비스 타입과 임계치(threshold)를 포함시키고 알고리즘의 일부 과정을 수정하여 통신사업자가 원하는 방식으로 라우트를 제공하게 만든다. 통신사업자는 성능 척도와 임계치들 서비스에 따라 정한다. 가령 VoIP는 전송지연을 임계치로 정한다. 왜냐하면 VoIP는 여러대의 모바일터미널의 홉핑(hopping)으로 인한 전송지연을 많이 격게 되고 임계치 보다 기대 전송 지연이 높아지면 더 이상 라우트 디스커버리를 할 필요성이 없어진다. 따라서 시작 단계(initial stage)에서 정해진 임계치를 RREQ에 소스노드에 의하여 전송되고 이를 받은 이웃노드는 성능 측정값을 조정하고(전송지연의 경우 노드가 경험 되어온 평균 전송지연을 더한다) 임계값과 비교 하여 만족시키지 않으면 RREQ를 드롭시킨다. 알고리즘 1은 다음과 같이 바뀌게 된다.

3.1: Weight > threshold && hop\_count\_old > hop\_count\_new && Si > Ss

예를 들어 VoIP 서비스를 위하여 허용되는 전송 지연 임계치와 VoIP 서비스 타입을 포함시켜서 소스 노드는 RREQ를 전송 하게 된다. 앞에서 밝힌바와 같이 사실상 3xG 시스템 중에 하나인 IEEE802.16e는 모바일 터미널이 기지국으로 부터 서비스 세션 허락(Session Admission)을 받기 위하여 서비스 타입을 세션 셋업 과정에서 요청 패킷(Request Packet)에 실도록 규정 되어있다. 따라서 이를 이용한 것이므로 이 때문에 생기는 로드는 새로 생기지 않는다. 각 모바일 터미널에서의 기대되는 전송 지연을 측정하여 기대 전송 지연을 계속 더해가고 각 노드는 임계치보다 기대 지연치가 커지면 더 이상 RREQ를 전송 시키지 않는다.

이를 통하여 기지국은 여러 종류의 서비스에 한 가지 라우트만 제공하지 않고 각 서비스 당 만족하는 라우트를 제공하고 이 라우트 선정에서 생길 수 있는 플러딩도 줄일 수 있게 된다.

## 2. 서비스 구분

MCN 소개에서 알렸듯이 MCN의 사용에 있어 큰 관

심사이며 단점 중에 하나는 더 많은 모바일 사용자가 자신의 모바일 터미널이 릴레이에 사용 하게 하느냐이다. 적은 숫자의 모바일 터미널 사용자만 릴레이에 참여하게 되면 극단적으로는 모바일 터미널과 한 홉 통신만 존재하게 된다. 이에 알려진 방법은 모바일 사용자에게 무료 사용시간 같은 인센티브(incentive)를 주는 것이다.<sup>[11, 13-14]</sup>

하지만, 이는 모든 사용자가 릴레이를 시키는 나 마느냐의 판단으로만 제한되어 정확한 모바일 디바이스 사용자의 의도에 대한 만족을 못 줄 수 있고 또한 릴레이 전송 참여가 부족해질 수 있다. 또한 모바일 디바이스 사용자는 다른 사용자의 데이터의 전송을 위하여 배터리 사용 또는 보안등을 이유로 자신의 모바일 터미널의 사용제한을 원할 수 있다. 따라서 우리는 모바일 사업자가 사용자가 가입 시 그들이 원하는 사용 용도와 이에 따른 릴레이 목적을 정하는 방법을 제시한다.

사업자는 서비스 그룹 표를 제시하고 가입자는 자신이 허용하는 서비스만 다른 사용자를 위하여 전송하게 선택 할 수 있게 된다. 이를 위하여 표 1 은 사업자가 제시할 수 있는 허용 서비스 그룹을 보인다. 이 그룹 중 가입자는 자신이 제공 받길 원하고 릴레이가 허용 되는 서비스를 선택한다. 제안된 프로토콜은 이를 위하여 Algorithm 1의 step 3.1의 수정을 한다. RREQ가 소스노드에 의하여 전송하게 되고 네이버 노드에 전달되면, 네이버 노드는 Algorithm 3.1의 조건만 확인 할뿐 아니라 허용된 서비스 타입인 지를 확인하고 허용된 것이 아니면 드롭 한다.

3.1: If hop\_count\_old > hop\_count\_new && Si > Ss && the requested service belongs to service group

예를 들어 사용자가 서비스 그룹 1, 2, 5를 전송 허락으로 설정하고 RREQ에 명시된 서비스그룹이 2 이면, 네이버노드는 RREQ를 받고 네이버 노드도 2를 허용 하였으면, 전송하고 그렇지 않으면 드롭한다.

이렇게 하면 가입자는 선택하지 않은 서비스에 대한 릴레이를 하지 않아도 되고 라우트 디스커버리 단계에서는 이 정보를 이용 하여 플러딩을 줄일 수 있다. 가령, VoIP 서비스 원하는 사람은 다른 서비스 가령 게임 서비스에 대한 릴레이를 할 필요가 없어진다. 따라서, 방법으로 라우트 디스커버리시 RREQ를 줄이고 더 많은 사용자가 릴레이에 참여 하도록 만든다.

표 1. 서비스 그룹의 예제

Table 1. Service Grouping (Example).

	Usage
Service group 1:	emergency use
Service group 2:	VoIP
Service group 3:	FTP
Service group 4:	Multimedia
Service group 5:	gamming

#### IV. 결 론

이 논문에서 우리는 멀티 홉 셀룰라 네트워크(MCN)에서의 플러딩에 관하여 논의하였다. 제안된 프로토콜, DRDP는 기지국에 방향성을 가지고 플러딩하고 4G 시스템에서 예상 되는 여러 종류의 서비스를 원활하게 할 수 있도록 한다.

실험결과는 라우트 제어 메시지의 감소를 보여주고 이는 각 노드들 즉 모바일 터미널들의 메시지 전송의 횟수를 줄여 주므로 모바일 터미널의 파워 사용의 감소도 가져온다.

또한, MCN에서 4G 서비스의 특성을 고려하여 여러 라우트를 기지국에서 제공해야하는 문제와 모바일 터미널 사용자의 릴레이 참여에 관한 문제를 고찰하였다. 서두에서 밝혔듯이 MCN은 릴레이 참여율이 높아져야 하고 릴레이로 인한 전송 지연이 문제인데, QoS 입장과 사업자 입장에서 제안된 프로토콜이 어떻게 사용 될 수 있는가와 사용자의 릴레이 참여를 유도 하는 방법을 제안하였다. 결과적으로 다양한 서비스에 다른 라우트를 제공하고 이에 따라 디스커버리에 필요한 플러딩의 감소의 응용을 제시하였다.

제한된 프로토콜과 응용은 어느 한 목적에 의해 사용되기 보다는 실제로 사용되게 되는 응용에 따라 최적화 및 병합된 사용이 필요하다. 따라서 향후 이에 대한 지속적인 연구가 지속 되어야 할 것이다. 저자들은 기지국에서 멀리 떨어져 있는 노드들에게도 플러딩에 감소 효과를 높일 수 있게 RREQ 수명(life time)홉 수 한계에 관한 연구를 하고 있다.

#### 참 고 문 헌

- [1] Peter Chong et al, "Technologies on Multihop Cellular Networks," IEEE Communications magazine, pp 64 -65, September, 2007.
- [2] Y.-D. Lin and Y.-C. Hsu, "Multihop Cellular: a New Architecture for Wireless Communications," In Proceedings of the 19th Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies (IEEE INFOCOM), 2000.
- [3] ITU-R M.2074, "Radio aspects for the terrestrial component of IMT-2000 and systems beyond IMT-2000," 2005.
- [4] H. Luo et al., "UCAN: a unified cellular and ad-hoc network architecture," In Proceedings of the 9th MOBICOM, pp 353-367, ACM Press, 2003.
- [5] I. Ioannidis and B. Carbutar, "Scalable routing in hybrid cellular and ad-hoc networks." Proceedings of IEEE INFOCOM, 2004.
- [6] H. Wu et al. "iCar: Integrated Cellular and Ad-hoc Relay System, IEEE Journal on Selected areas in Communications," vol 19, no. 10, October 2001.
- [7] J. Zhu and Y. Yang, "PARCeLS: Pervasive Ad-hoc Relaying for Cellular Systems," In Proc. of Med-Hoc-Net, Sardegna, Italy, Sep 2002.
- [8] Long Le and Ekram Hossain, "Multihop Cellular Networks: Potential Gains, research Challenges, and a resource allocation framework," IEEE Communication Magazine, Sep 2007.
- [9] M. Lott et al, "HCMN: Hierarchical Cellular Multi-hop Networks," EPMCC, 2003.
- [10] B. Manoj, et al, "On the use of Multihops in Next Generation Wireless Systems," Wireless Networks 12, pp. 199-221, 2006.
- [11] X. Li, B. Seet, and P. Chong, "Multihop cellular networks: Technology and economics," Computer Networks, vol 52, Issue 9, pp. 1825-1837, June 2008.
- [12] IEEE Std 802.16-2004 IEEE Standard for Local and metropolitan area networks Part 16: Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems, October 2004.
- [13] M. Jakobsson, J. P. Hubaux and L. Buttyan, "A micro-payment scheme encouraging collaboration in multi-hop cellular networks," in Financial Crypto, Gosier, Guadeloupe, 2003.
- [14] M.H. Lin, and CC Lo, "A location-based incentive pricing scheme for tree-based relaying in multi-hop cellular networks," 9th IFIP/IEEE International Symposium on Integrated Network Management, 2005. IM 2005.

---

저 자 소 개

---



박 용 석(정회원)

1988년 서강대학교 학사

1992년 뉴욕 폴리텍테크닉 석사

1998년 뉴욕 폴리텍테크닉 박사

1995년~1996년 Teaching Staff,  
City University of New  
York

1999년~2003년 MTS, AT&T Labs, NJ, USA

2003년~2005년 Research Staff, City University  
of New York

2005년~2007년 삼성종합기술원, 수석연구원

2007년~현재 삼성전자 DMC 연구소, 수석연구원

<주관심분야 : Wireless Networks, Mobile  
Solutions, IT Service Design>