

# Ad-Hoc 네트워크에서 보조헤더를 이용한 개선된 클러스터 기반의 라우팅 프로토콜

## An Improved CBRP using Secondary Header in Ad-Hoc network

허 태 성\*

Hur Tai-Sung\*

### 요 약

Ad-Hoc 네트워크는 군사적인 목적으로 시작되었으며, 네트워크 인프라 구조가 없거나, 네트워크 인프라의 설치가 용이하지 않거나, 전쟁 및 분쟁지역, 재해나 재난에 의해 통신 시설을 설치하기 어려운 지역에서 비상 통신 수단으로 사용되고 있다. 그러나 Ad-Hoc 네트워크는 기존의 유선망과 비교하여 대역폭이 좁고 신호간의 간섭이 상대적으로 심하여 망 형상이 수시로 변경될 수 있다. 따라서 기존의 라우팅 알고리즘을 적용할 수 없으며, 새로운 라우팅 알고리즘 연구가 활발히 이루어지고 있다. 본 연구는 기존에 제안된 라우팅 알고리즘 중 클러스터에 헤더(주헤더)를 두어 관리하는 클러스터 기반의 라우팅 프로토콜(CBRP)에서 클러스터 내의 주헤더 노드를 제외한 모든 노드가 주헤더 통신을 의존함으로써 발생하는 주헤더 이상시의 문제점을 최소화하기 위해 클러스터 내에 보조헤더를 두어 클러스터 및 클러스터내의 모든 노드를 관리하는 방안(ACBRP)을 제안한다. 보조헤더 역할은 주헤더가 비정상적으로 되어 노드들 간의 송수신에 더 이상 참가할 수 없을 경우, 별도의 주헤더 재선출 과정 없이 보조헤더가 즉시 주헤더로 교체되어 기존의 주헤더 역할을 담당한다. 이는 CBRP에서 클러스터 주헤더 노드가 클러스터 밖으로 이동하거나, 비정상적인 상태가 되어 다른 주헤더 노드를 선출해야 하는 부담을 효과적으로 줄이고, 이 때 통신 중인 모든 노드는 통신의 중단 없이 계속적으로 라우팅을 유지할 수 있다. 따라서 본 연구가 기존의 CBRP에 비해 효율적인 통신을 할 수 있으며, 모의실험을 통해 ACBRP의 성능 평가를 위한 주헤더 재선출을 위한 비용 계산을 위해 필요한 데이터 값들을 측정하고, 기존의 CBRP와 비교 평가하여, 타당성을 확인하였다.

### Abstract

Ad-Hoc network is a network architecture which has no backbone network and is deployed temporarily and rapidly in emergency or war without fixed mobile infrastructures. All communications between network entities are carried in ad-hoc networks over the wireless medium. Due to the radio communications being extremely vulnerable to propagation impairments, connectivity between network nodes is not guaranteed. Therefore, many new algorithms have been studied recently. This study proposes the secondary header approach to the cluster based routing protocol (CBRP). The primary header becomes abnormal status so that the primary header can not participate in the communications between network entities, the secondary header immediately replaces the primary header without selecting process of the new primary header. This improves the routing interruption problem that occurs when a header is moving out from a cluster or in the abnormal status. The performances of proposed algorithm ACBRP(Advanced Cluster Based Routing Protocol) are compared with CBRP. The cost of the primary header reelection of ACBRP is simulated. And results are presented in order to show the effectiveness of the algorithm.

**Keywords** : Ad-Hoc network, routing, CBRP, and secondary header

### 1. 서 론

\* 인하공업전문대학 컴퓨터정보과

논문 번호 : 2007-4-6      접수 일자 : 2007. 8. 24

심사 완료 : 2007. 11. 20

\* 본 연구는 인하공업전문대학 교내 연구비 지원에 의해 수행되었음

Ad-Hoc 네트워크는 1970년대 초에 군사적인 목적으로 시작되었으며, 기존의 이동 통신 서비스와는 다르게 기지

국과 같은 고정 장치나 중앙 집중식 제어 없이 특수한 상황 즉 전시나 천재지변으로 인한 긴급사태, 또는 기존의 이동 통신 기반 구조가 존재하지 않는 지역에서 노드 간에 일시적으로 통신망이 형성되는 방식이다. Ad-Hoc 네트워크의 특징으로는 노드가 노트북이나 PDA와 같은 배터리를 이용한 장비로 무선으로 이용하여 서로 통신하고, 노드 자체가 원시 혹은 목적 노드가 될 수도 있지만 라우터로서 중간 노드의 역할을 수행한다. 또한 노드는 자유롭게 이동이 가능하기 때문에 이 때 노드들 사이에는 무선으로 패킷을 송수신 한다. 그러나 노드들의 무선 전송은 제한된 영역을 가지므로 송신 노드의 전파 영역 밖에 있는 노드에 패킷을 전송하려면 송신 노드와 수신 노드사이에서 패킷을 전달하는 또 다른 노드가 존재하여야 한다[1,2]. Ad-Hoc 네트워크는 기존의 유선망과 비교하여 대역폭이 좁고 신호간의 간섭이 상대적으로 심하여 망 형상(topology)이 수시로 변경될 수 있다. 또한 Ad-Hoc 네트워크에서 사용되는 노드는 소모 전력량이 제한적이므로 빈번한 제어 및 상태 정보 전달이 어렵다 [3]. 따라서 기존 유선망에서 사용되는 경로 설정 프로토콜은 Ad-Hoc 네트워크에서는 적용될 수 없으며 이에 대한 많은 라우팅 알고리즘이 연구되고 있다. 대표적인 연구로는 거리 벡터(Distance Vector) 알고리즘의 변형, 동적 소스 라우팅(Dynamic Source Routing), 클러스터 기반 알고리즘(CBRP: Cluster Based Routing Protocol) 등이 있다[1,2,3].

이 중 특히 클러스터 기반의 알고리즘은 클러스터를 이용하여 효과적인 라우팅을 제안하고 있다[4,5]. 클러스터 기반의 라우팅 알고리즘에서는 경로 설정 및 라우팅에 클러스터 헤더가 전적으로 제어한다. 따라서 효율적인 헤더 선출 및 관리가 중요한 문제로 대두된다[4]. 또한 헤더에 고장이 발생하였을 경우 클러스터들의 모든 노드들은 새로운 헤더가 선출될 때까지 수행을 멈추게 되어 전체 네트워크의 성능을 저해하는 요소가 된다. 특히 Ad-Hoc 네트워크에서는 유선망과는 달리 각 노드들의 이동성으로 인해 헤더 재선출이 빈번하게 발생하며, 이로 인한 부하가 헤더를 이용한 라우팅 알고리즘 성능의 중요한 부분이 된다[5]. 따라서 헤더가 존재하는 클러스터 기반의 라우팅 알고리즘 중 헤더가 클러스터 밖으로 이동을 하거나 비정상적인 상태가 되어 더 이상 주헤더의 역할을 수행할 수 없을 경우, 이에 대한 빠른 대처를 위해 헤더 선출 시 주헤더와 보조헤더를 같이 선출하며, 보조헤더는 주헤더의 이상으로 주헤더가 더 이상 주헤더의 역할을 수행할 수 없을 경우, 즉시 주헤더의 역할을 수행함으로써 주헤더의 고장으로 인하여 라우팅 중단의 문제점을 최소화하고자한 알고리즘을 제안하였으며[6], 본 연구는 이러한 알고리즘의 확장으로 여러 개의 클러스터를 통해 원시 노드가 목적 노드까지 메시지 전송을 하기 위한 경로 발견, 경로 삭제, 경로 유지에 대한 절차와 이때 보조헤더의 역할을 제시하였으며, 모의실험을 통해 주헤더 재선출을 위한 비용 계산을 위해 필요한 데이터 값을

을 측정하고, 기존의 CBRP와 비교 평가하여, 타당성을 확인하였다.

## II. 클러스터 기반의 라우팅 프로토콜

Ad-Hoc 네트워크에서 경로설정에 관한 많은 알고리즘이 제안되고 있다[1,2,3]. 이러한 알고리즘들은 각 노드가 라우팅 테이블을 생성하고 유지하는 방법상에서 차이를 보이고 있다. 가장 대표적인 라우팅 알고리즘으로 분산 벨만-포드 알고리즘을 사용해 순환 루프를 제거한 거리 벡터(Distance Vector)[7]의 변형, 동적소스 라우팅 알고리즘(DSR)[8], 클러스터 기반 알고리즘(CBRP) 등이 있다.

이 중 CBRP는 Ad-Hoc 네트워크 환경에 맞도록 설계된 라우팅 프로토콜로 네트워크를 구성하는 노드들을 분포에 따라 중복되거나, 분리된 여러 개의 클러스터로 나누어 관리한다[4,5]. 그리고 하나의 클러스터에 클러스터 헤더 노드가 존재하여 클러스터에 속한 다른 노드들의 정보를 관리한다.

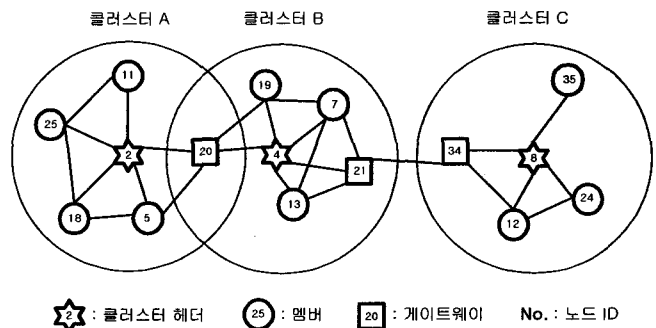


그림 1. 클러스터 기반의 라우팅 프로토콜(CBRP)의 예  
Fig. 1. Example of CBRP

그림 1은 3개의 클러스터를 갖는 CBRP를 위한 예이다. 그림 1에서 보는 바와 같이 클러스터 A, B는 중복되어 있으며, 클러스터 B, C는 분리된 형태의 클러스터이다. 클러스터 A에는 6개의 노드가 있으며, 이 중 노드 ID가 최소인 노드 2가 클러스터 A의 헤더노드 이다. 클러스터 A의 헤더인 노드 2는 클러스터 A에 존재하는 노드 5, 11, 18, 20, 25에 대한 모든 정보를 수집하여 클러스터를 관리한다. 이 때 노드 20은 클러스터 A와 클러스터 B를 연결하기 위한 게이트웨이 노드이다.

CBRP는 클러스터 노드들을 동일 그룹으로 관리함으로써 경로 설정 절차시 모든 노드들은 자신이 속한 클러스터 헤더노드와의 통신만으로 경로를 발견하여 트래픽의 양을 효과적으로 줄이며, 속도를 향상시킨다. 그러나 CBRP는 Ad-Hoc 네트워크의 다른 라우팅 알고리즘과는 달리 클러스터를 관리 운용함으로써 클러스터를 형성하고, 유지하는 부담이 있다. 또한, 모든 경로가 클러스터 헤더노드에 의존하게 되어 헤더노드가 클러스터 밖으로 이동하거나 비정상적인 상태가 되어 헤더의 역할을 수행

하지 못 할 경우, 새로운 헤더가 선출될 때까지 수행을 멈추게 되어, 전체 네트워크의 성능을 저해하는 요소가 된다. 특히, Ad-Hoc 네트워크에서는 유선 네트워크와는 달리 각 노드들의 이동성으로 인한 헤더 재 선출이 빈번히 발생하며, 이로 인한 부하가 헤더를 이용한 클러스터 기반의 라우팅 프로토콜 성능 저하에 중요한 부분이 된다.

따라서 본 논문에서는 이러한 CBRP의 단점을 보완하기 위해 기존의 클러스터 내에 하나만 존재하는 헤더를 주헤더와 보조헤더를 두어 보조헤더가 항상 주헤더의 상태를 파악하고, 만약 주헤더의 이상 발견시 즉시 주헤더의 역할을 대신하는 ACBRP(Advanced Cluster Based Routing Protocol)을 제안한다.

ACBRP는 클러스터 내에 헤더를 주헤더와 보조헤더 2개를 운영하며, 주헤더가 클러스터 밖으로 이동하거나, 비정상적인 상태가 되어 더 이상 주헤더의 역할을 수행할 수 없는 경우 보조헤더가 즉시 주헤더가 되어 현재 진행 중인 모든 라우팅을 대신함으로써 클러스터내의 모든 노드는 중단 없이 현재의 통신을 계속하게 되며, 주헤더 부재로 인한 기존 CBRP의 단점을 보완하고자 한다.

### III. 보조헤더를 이용한 클러스터 기반의 라우팅 프로토콜

ACBRP(Advanced Cluster Based Routing Protocol)는 Ad-Hoc 네트워크를 구성하는 노드들을 분포에 따라 여러 개의 중복되거나 분리된 클러스터로 나누어 관리한다. 그리고 하나의 클러스터에 클러스터 주헤더(Hp: primary head)와 보조헤더(Hs: secondary Head)를 두어 클러스터에 속한 노드들의 정보를 관리한다. 클러스터 사이의 라우팅은 각 클러스터의 주헤더가 가지고 있는 정보들을 이용하여 동적으로 이루어진다.

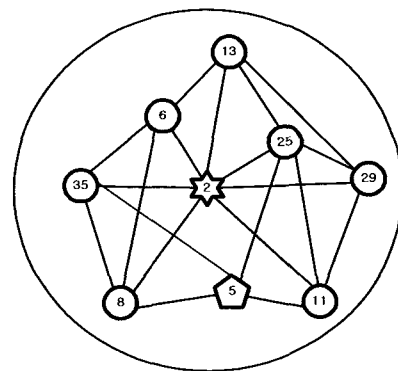
#### 3.1 ACBRP의 구성

ACBRP에서 각 노드는 인접한 이웃 노드들과의 연결 상태를 감지하기 위해 HELLO\_INTERVAL시간에 한번씩 HELLO 메시지를 방송(broadcast)한다. HELLO 메시지를 받은 이웃 노드는 이를 이용하여 자신이 어느 이웃 노드와 연결 상태에 있는지를 감지하고, 자신의 이웃 테이블(neighbor table)에 이웃 노드들의 정보를 저장한다. 또한 각 노드는 자신의 이웃 테이블을 HELLO 메시지에 포함하여 HELLO\_INTERVAL 시간 간격으로 방송한다.

각 노드는 자신의 이웃 테이블의 모든 항목을 HELLO\_INTERVAL 시간에 의해 관리된다. 이웃 테이블에 있는 노드로부터 HELLO\_INTERVAL 시간동안 새로운 HELLO 메시지를 수신하지 못하면 자신이 관리하는 테이블로부터 해당 항목을 삭제한다. 이웃 노드들의 위상이 변하지 않을 때, 각 노드는 자신과 한 홉(hop)으로 연

결된 모든 노드들의 정보를 가지게 된다. 이러한 이웃 테이블의 정보는 클러스터 정보와 라우팅을 위한 정보로 이용된다.

ACBRP의 클러스터 형성 알고리즘은 주헤더와 보조헤더의 선출을 포함하여 노드 각자가 클러스터 내의 역할을 결정하는 과정이다. 본 연구에서는 자신과 한 홉으로 연결된 노드 중에서 최소값의 ID를 갖는 노드를 클러스터 헤더로 선출하는 최저 ID 헤더 알고리즘을 이용한다. 따라서 각 노드들은 HELLO 메시지로부터 얻은 이웃 노드들의 정보를 보관하는 이웃 테이블에서 자신이 주헤더인지 보조헤더 인지를 결정하게 된다. 만약 자신이 클러스터의 주헤더일 경우, 자신의 HELLO 메시지에 자신을 Hp로 기입한 후 방송한다. 또한 자신이 클러스터의 보조헤더 일 경우, 자신의 HELLO 메시지에 Hs로 기입한 후 방송한다. 그러나 만약 자신이 주헤더 또는 보조헤더가 아닐 때 자신을 클러스터의 멤버로 인식한다. 따라서 그림 2에서 보는바와 같이 클러스터 내의 모든 노드는 자신이 클러스터 내에서 어떠한 역할을 담당하게 될 것 인지를 알게 된다.



☆ : 클러스터 주헤더      ○ : 멤버  
 ☆ : 클러스터 보조헤더      No. : 노드 ID

그림 2. 클러스터 형성

Fig. 2. Clustering in the ACBRP

#### 3.2 ACBRP에서의 라우팅

##### 3.2.1 경로 발견

경로 발견은 패킷을 보내고자 하는 원시노드 S에서 목적노드 D로의 경로를 찾는 것이다. ACBRP는 다른 Ad-Hoc 네트워크의 라우팅 프로토콜들처럼 노드 S가 노드 D로의 경로를 찾는 방법에 플러딩 기법을 이용하지만, 다른 프로토콜에 비해 모든 노드를 대상으로 하지 않으므로 노드들의 부담이 적다. 노드 S는 노드 D로의 경로를 발견하기 위해 처음에 자신의 주소만 기록된 원시 경로 리스트가 담긴 경로 요청 패킷(RREQ:Routing Request Packet)를 자신의 클러스터 주헤더에게 전송한다.

주헤더는 자신의 클러스터에 노드 D가 존재하는지를 먼저 찾아보고, 없을 경우 자신의 주소를 RREQ에 추가하여 이웃 클러스터 주헤더에게 플러딩 한다. 이러한 과정을 통해 노드 D를 찾으면 경로가 설정되고 노드 D는 경로 응답 패킷(RRP: Routing Reply Packet)이 원시 경로 리스트에 있는 역순으로 노드 S에게 패킷을 전달된다. 예를 들어 그림 3에서 보는 바와 같이 노드 18이 노드 24와 통신을 원할 경우, 원시 노드 18은 항상 클러스터 주헤더인 노드 2에게 경로 요청 패킷을 전송한다. 클러스터의 주헤더 노드 2는 자신의 클러스터에 노드 24가 있는지를 먼저 찾으며, 만약 없을 경우 자신의 주소를 경로 요청 패킷에 추가하여 게이트웨이 노드 20에 전달한다. 경로 요청 패킷을 받은 게이트웨이 노드 20은 자신의 주소를 경로 요청 패킷에 추가한 후 클러스터 B의 주헤더인 노드 4에게 전달한다. 경로 요청 패킷을 수신한 각 클러스터 주헤더는 클러스터 A의 주헤더 노드 2와 같이, 자신의 클러스터에 목적 노드가 있는지 먼저 찾은 후 없으면 노드 2와 같이 원시 경로 리스트에 나타나지 않은 이웃 노드로 게이트웨이를 통해 RREQ를 포워딩한다. 이러한 절차는 목적노드까지 반복된다.

경로 요청의 목적 노드 24가 경로 요청 패킷을 수신하면, 노드 24는 발견된 경로를 경로 응답 패킷에 복사하여, 경로를 요청한 원시노드 18에게 경로 요청 패킷에 기록된 소스 경로 리스트의 역 순서로 전송한다. 이소스 경로 리스트에는 원시 노드 18이 목적 노드 24로 패킷을 전달하기 위해 거쳐야 하는 노드들의 순서를 가지고 있다.

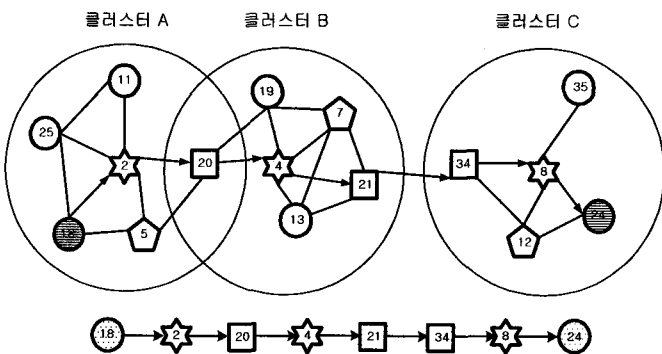


그림 3. 경로 요청 패킷의 흐름  
Fig. 3. Routing request packet flow

### 3.2.2 경로 삭제

그림 3에서 원시노드와 목적노드 사이의 위상이 변하여 더 이상 이 경로를 사용할 수 없을 때 경로는 삭제된다. 그러나 원시노드가 여전히 목적 노드와 통신을 하고 싶을 경우 새로운 경로를 찾기 위해 경로 발견 절차를 다시 시작한다.

### 3.2.3 설정된 경로 유지

ACBRP 알고리즘에서는 설정된 경로를 유지하기 위해서 데이터 전송이 이루어지는 모든 중간 노드는 해당 패킷을 송신한 후에 송신한 패킷이 다음 중간노드에 무사히 도착되었는지 아니면 전송도중에 손실되거나 잘못 전송된 경우에 재전송해야 하는지 여부를 확인하는 홉-대-홉 확인 방식을 사용하기 위하여 수신 노드로부터 응답 패킷을 받아야 한다. 그러나 무선 이동 통신 환경에서 대역폭의 문제는 매우 중요하므로 별도의 응답 패킷을 만들어 전송하는 것은 좋지 않다. ACBRP 알고리즘에서는 이를 위하여 그림 4과 같이 별도의 응답 패킷 없이, 수신한 노드가 다음 노드에 데이터 패킷을 송신할 때도 방송 방식에 의해서 송신하므로 조금 전 패킷을 송신한 노드도 다음 노드에서 방송한 패킷을 수신할 수 있다. ACBRP에서는 이러한 특성을 이용하여 다음 중간노드에서 재전송되는 패킷을 데이터 패킷 전송에 대한 응답 패킷으로 사용한다. 모든 중간노드는 데이터 패킷을 방송한 후, <원시노드, 목적노드, Request-ID, 중간노드 정보>가 동일한 데이터 패킷을 다시 수신한다. 데이터 패킷 전송 후 시간이 지나도록 재전송되는 데이터 패킷을 수신하지 못하면 패킷 전송에 장애가 발생한 것으로 판단하여 재전송한다.

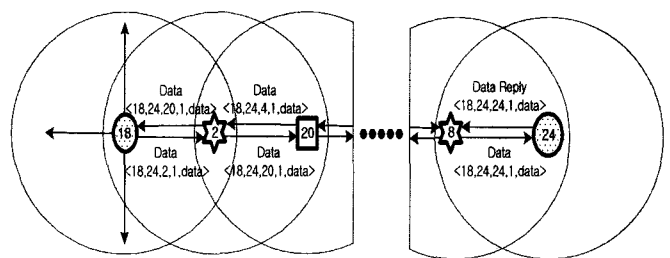


그림 4. 데이터 송신 및 응답 처리  
Fig. 4. Response processing of data transmit

최종 목적노드는 데이터 패킷을 수신만 하고, 재전송하지 않으므로 최종 목적노드 직전의 중간노드는 재전송 여부를 기다리다 전송한 데이터 패킷을 재전송하는 문제가 발생할 수 있다. 이를 방지하기 위해 최종 노드에서만 목적 노드 응답 패킷을 만들어 방송하고, 이를 수신한 중간노드는 데이터 패킷이 정상적으로 전송된 것으로 간주한다.

## IV. 모의실험 및 평가

본 장에서는 3장에서 제안한 ACBRP 알고리즘의 모델을 설정하여, 모의실험을 실시한다. 모의실험을 통해 ACBRP의 성능 평가를 위한 주헤더 재전송을 위한 비용 계산을 위해 필요한 데이터 값들을 측정하고, 기존의 CBRP와 비교 평가한다.

## 4.1 모의실험 환경

### 4.1.1 노드의 이동성 모델

이동 통신 환경에서의 이동성 모델은 이동 단말에 의한 사용자 이동성 정보를 포함하고 있으며 셀 내에서 이동통신 사용자가 어떻게 분포하고 있으며, 어떻게 이동할 수 있는지를 정의하는 모델이다[9].

가장 기본적인 이동성 모델은 [10]에 의해서 제시된 모델로서 노드는 셀 내에 균등하게 분포하고, 이동 중 방향이 바뀌지 않으며 정해진 속도 내에서 움직인다고 가정한다. 이러한 가정 하에 셀 내에서 노드의 이동 속도 및 이에 따른 클러스터의 형성, 라우팅을 위한 클러스터 내의 주헤더 재선출을 위한 비용에 대한 성능 평가 값을 측정하였다. 이 외에 본 논문에서는 ACBRP의 성능을 평가하기 위해 [11]에서 제시한 제한적인 2차원에서의 운동성 모델에서 제한적인 사용자 이동방향을 모든 방향으로 하여 방향 제한을 없앤 모델을 사용한다. 이는 Ad-Hoc 네트워크에서 사용자는 균등하게 분포되어 있으며, 어떤 제한된 방향성을 가진 공간보다는 사용자가 아무 방향이나 자유로이 움직일 수 있는 개방된 환경에서 동작한다고 가정한 것이다.

### 4.1.2 노드 이동속도

이동성 모델에서 속도에 대한 패턴은 [12]에서 제시된 바와 같이, 불균등(non-uniform) 속도 분포 모델이 있으며, 이 모델은 속도 패턴을 고속과 저속인 두 가지 형태로 분리한 모델이다. Ad-Hoc 네트워크는 전쟁이나, 천재지변과 같은 상황에서의 환경인만큼 주로 사람에 의해 노드가 움직이게 된다. 노드를 움직이는 사람의 속도에는 한계가 있으며, 주어진 상황 하에서 움직임이 결정된다. 따라서 본 실험에서는 단위 시간당 최대 이동 속도를 설정하여, 모든 노드는 단위 시간당 최대 이동 속도 범위 내에서 모든 방향으로 움직이도록 하였다.

### 4.1.3 노드 이동방향

이동포스트의 이동성에 영향을 주는 요소는 속도와 방향이다. 본 실험에서 노드의 이동 방향은 [10]에서 제시된 모델에서 노드는 가급적 기존의 진행방향을 유지한다는 가정을 없애고, 모든 노드의 방향이 변화될 때 기존에 진행하던 방향과는 아무런 영향이 없으며, 모든 방향으로 움직일 수 있도록 하였다.

그림 5는 실험 환경에서 노드의 단위시간당 이동거리와 이동방향에 대한 관계를 나타낸 것이다. 그림 5에서는 현재 위치에서 노드 진행 방향이며, 노드는 정해진 방향에 따라 정해진 속도로 단위시간 동안 이동하게 된다. 이

시간이 지나면 노드는 다시 새로운 이동 방향을 결정하게 된다.

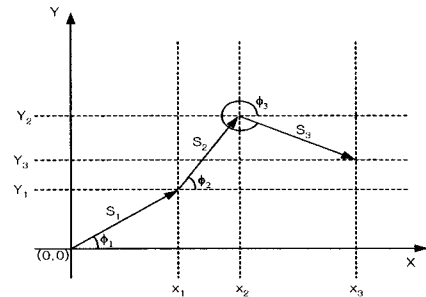


그림 5. 노드의 이동 방향 결정

Fig. 5. Decision of moving direction of a node

그림 5에서  $S_i$ 는 단위시간당 이동거리이며, 본 실험에서는 단위시간당 이동거리를 0km와 1km사이의 값을 난수를 이용하여 노드의 움직임을 측정하였다. 이때 노드가 일정시간 동안 이동한 새로운 좌표는 식(1)과 식(2)에 의해 결정된다.

$$X_i = X_{i-1} + S_{i-1} \times \cos\theta_i \quad \text{여기서 } i=1,2,3,\dots \quad (1)$$

$$Y_i = Y_{i-1} + S_{i-1} \times \sin\theta_i \quad \text{여기서 } i=1,2,3,\dots \quad (2)$$

### 4.1.4 일반 환경

ACBRP 알고리즘의 성능을 분석하기 위한 시뮬레이션 환경 표 1과 같이 실험 공간은 10km X 10km의 정방형 공간으로 하였으며, 이 공간에 노드의 수를 100으로 하여 노드의 분포에 따른 클러스터의 형성과 관련된 값들의 변화를 측정하였다. 이때 노드들의 단위시간당 최대 이동거리는 1km를 넘지 않도록 하였으며, 각 노드의 전파 전송 반경을 2.5km로 하였다. 또한 시험 공간에서 각 노드는 경계선에 완전 탄성 출동하는 것으로 가정하여, 항상 실험 공간에 노드의 수를 일정하게 유지하였다.

표 1. 모의 실험 파라미터

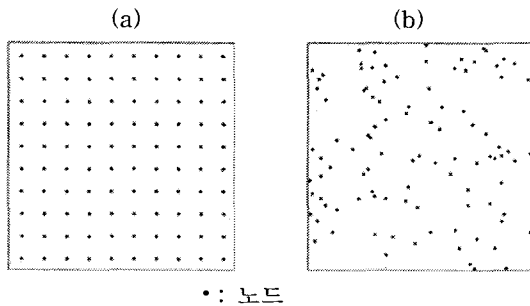
Table 1. Simulation parameters

파라미터	실험 값
실험 공간	10km X 10km
노드 수	100개
노드의 단위시간당 최대 이동 거리	1km
노드의 전파 전송 범위	2.5km
노드의 이동 방향	$0^\circ \leq \theta \leq 360^\circ$
실험 공간 경계에서 노드의 이동 방향	경계선에 완전 탄성 출동

## 4.2 ACBRP의 모의실험 평가

### 4.2.1 시간 변화에 따른 노드 이동

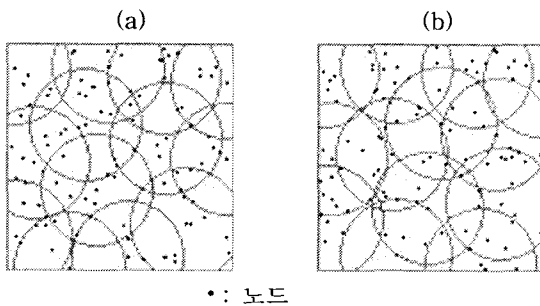
실험공간에서 노드들은 이동 특성에 따라 변화 한다. 시간 변화에 따른 노드의 움직임을 그림 6으로 나타내었다. 이 때 실험 공간에서 노드의 수는 100개로 한다.



(a) 실험공간에서 이동호스트들의 초기 위치  
 (b) 3t시간 경과 후 이동호스트들의 위치  
 그림 6. 시간 변화에 따른 이동호스트의 위치  
 Fig. 6. Mobile host's position according to the time variation

그림 6에서 보는 바와 같이 실험 공간에서 노드는 균등분포에 의하여 초기 위치가 결정되며, 이 후 단위시간(t)이 경과함에 따라 그림 6과 같이 각 노드의 이동성에 따라 이동하는 과정을 나타내고 있다.

이러한 측정값을 토대로 본 논문에서 제안한 ACBRP의 라우팅 성능을 측정하기 위해 클러스터의 반경은 노드의 전파 전송 반경을 2.5km로 하여 그림 7로 표현하였다.



(a) 5t시간 경과 후 클러스터의 구성  
 (b) 7t시간 경과 후 클러스터의 구성  
 그림 7. 시간 변화에 따른 클러스터 구성의 예  
 Fig. 7. Example of clustering according to the time variation

### 4.2.2 노드 이동에 따른 클러스터의 변화

그림 7에서 보는 바와 같이 실험 공간에서 단위시간 경과에 따른 클러스터의 수는 그림 8로 표현하였다.

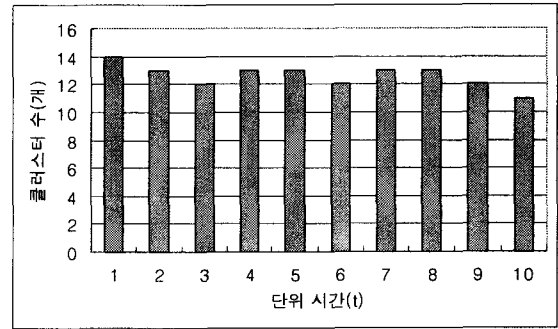


그림 8. 단위시간 경과에 따른 클러스터 수의 변화  
 Fig. 8. Number of clusters according to the time variation

그림 8에서 보는 바와 같이 실험 공간은 한정된 공간이며, 노드 수가 일정하므로 시간 경과에 따른 클러스터의 수는 평균 12.6개로 매 단위 시간별 변화가 거의 없는 것으로 나타났다.

표 2와 그림 9는 시간 변화에 따른 클러스터 내의 노드 수의 최대값 및 최소값 그리고 평균값을 표현하였다. 이때 클러스터 내의 노드 수가 하나 존재하여 보조헤더를 구성하지 못하는 경우거나, 또는 주헤더를 제외한 모든 노드가 이웃 클러스터와의 게이트웨이로써 보조헤더가 될 수 없는 경우는 본 실험에서는 제외하였다.

표 2. 시간 변화에 따른 클러스터 내의 노드 수  
 Table 2. Number of mobile hosts in the cluster according to the time variation

단위시간	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	평균
이동호스트수											
최대값	18	19	20	21	23	23	22	18	24	24	21.3
최소값	8	7	6	8	7	8	9	8	12	7	8
평균값	14.9	14.1	14	15.2	14.0	14.3	15.1	14.8	14.6	15.3	14.7

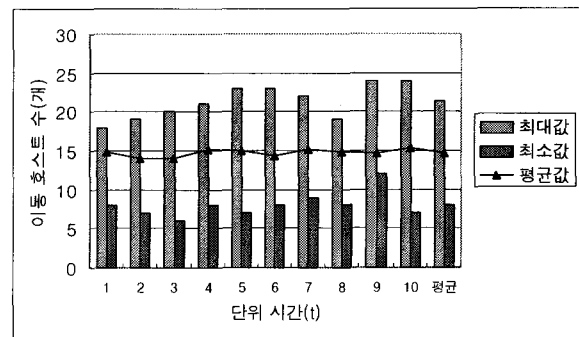


그림 9. 시간 변화에 따른 클러스터 내의 이동호스트 수  
 Fig. 9. Number of mobile hosts in the cluster according to the time variation

### 4.2.3 주헤더 재선출 비용에 대한 성능 평가

4.2.2에서 살펴본 실험 결과를 이용하여 본 논문에서

제안한 ACBRP와 기존의 CBRP의 클러스터 주헤더 이상으로 인한 주헤더 재선출을 위한 패킷 발생 수는 표 3, 표 4와 같으며, 그림 10으로 표현하였다.

표 3. ACBRP에서 주헤더 재선출을 위한 발생 패킷수  
Table 3. Number of packets for reelection of primary header in ACBRP

단위시간	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	평균
발생 패킷수											
최대값	7.0	9.0	8.0	9.0	9.0	8.0	8.0	9.0	9.0	10.0	8.6
최소값	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
평균값	5.8	6.1	5.8	6.1	6.6	6.2	6.0	6.0	6.9	7.0	6.3

표 4. CBRP에서 주헤더 재선출을 위한 발생 패킷수  
Table 4. Number of packets for reelection of primary header in CBRP

단위시간	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	평균
발생 패킷수											
최대값	18	19	20	21	23	23	22	18	24	24	21.3
최소값	8	7	6	8	7	8	9	8	12	7	8
평균값	14.9	14.1	14	15.2	14.0	14.3	15.1	14.8	14.6	15.3	14.7

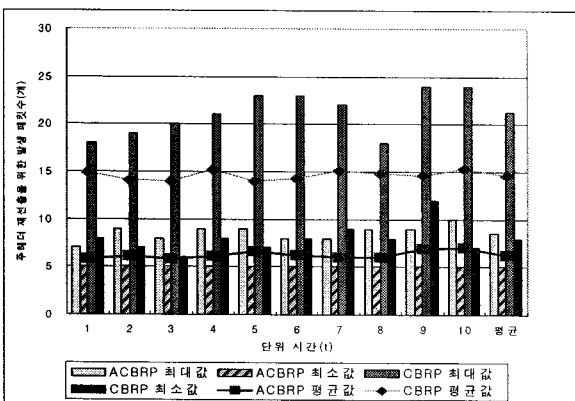


그림 10. 시간 경과에 따른 주헤더 재선출을 위한 발생 패킷수  
Fig. 10. Number of packets for reelection of primary header

표 3, 표 4와 그림 10에서 보는바와 같이 CBRP에 비해 ACBRP에서 주헤더 재선출을 위한 발생 패킷 수가 현저히 줄어들음을 확인하였다. 특히 ACBRP에서 보조헤더 관리를 위한 패킷을 제외한다면, 주헤더와 보조헤더가 클러스터 내의 모든 노드를 포함하고 있어 주헤더에 이상이 발생할 경우 보조헤더가 아무런 변화 없이 단지 자신이 주헤더가 되었다는 사실을 클러스터 내의 모든 노드들에게 방송하면 된다.

이를 비용 측면에서 계산하면 다음과 같다. 단, 이 때 한 개의 패킷 발생 비용 k는

$$k = (\text{패킷을 정의하는 비용}) +$$

$$(\text{이웃 노드에게 브로드캐스트 하는 비용}) + (\text{수신된 패킷을 처리하는 비용}) \text{ 이다.}$$

따라서 모든 노드에서의 패킷 한 개를 처리하는 비용 k를 모든 노드에서 같다고 가정하고, 단위 처리 비용 k를 1로 하고, 단위 시간당 ACBRP와 CBRP에서의 주헤더 재선출을 위한 비용을 확인할 수 있다. 이들의 평균값을 기존의 CBRP에 대해 본 논문에서 제안한 ACBRP의 백분율을 계산하여 그림 11로 표현하였다.

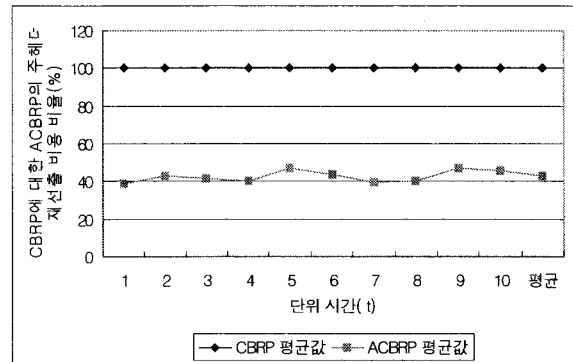


그림 11. CBRP에 대한 ACBRP의 주헤더 재선출 비용  
Fig. 11. The reelection cost of the primary header of ACBRP for the CBRP

그림 11에서 보는바와 같이 기존의 CBRP와 본 논문에서 제안한 ACBRP에서 클러스터의 주헤더에 이상이 발생한 경우 주헤더 재선출을 위한 비용이 평균 57.2% 절감되어 라우팅의 성능이 향상됨을 확인하였다. 이는 물론 경로 상에 참여한 클러스터의 주헤더에 이상이 발생하여 주헤더 재선출을 위한 발생 패킷을 기준으로 산정한 것이다.

## V. 결 론

본 연구는 새로운 라우팅 알고리즘 중 클러스터 기반의 라우팅 프로토콜(CBRP)에서 클러스터 주헤더 효율적인 관리를 위해 보조헤더를 두어 클러스터 주헤더의 부재시 주헤더 재선출할 때까지의 부담을 줄이고자 ACBRP를 제안하였다. 보조헤더는 보조헤더 선출로 인한 부담을 줄이기 위해 주헤더가 알고 있는 정보로 주헤더 선출 알고리즘을 이용하여 선출한다. 이 때 선출된 보조헤더는 주헤더가 클러스터의 모든 이동 호스트들에 대한 관리 및 라우팅의 제어를 담당하고 있을 경우에는 다른 멤버와 같이 동작한다. 그러나 만약 주헤더가 클러스터 밖으로 이동하거나 비정상적인 상태가 되어 더 이상 주헤더의 역할을 할 수 없을 경우, 보조헤더가 즉시 주헤더의 역할을 대신하여 현재 진행중인 통신에 관여함으로써 주헤더 재선출로 인한 통신 중단 시간을 최소화함으로써 라우팅의 성능을 향상하였다.

ACBRP의 성능을 평가하기 위해 주헤더 이상발생시 주헤더 재선출에 대한 비용과 경로 재설정에 대한 비용

산정을 위한 값들을 모의실험을 통해 측정하였다. 또한 본 논문의 타당성을 확인하기 위해 기존의 CBRP에서의 헤더 재선출 비용 및 경로 재설정 비용 산정을 위한 값들과 비교평가 하였다. 평가 결과 본 논문에서 제안한 ACBRP는 기존의 CBRP에 비해 주헤더 재선출 비용이 평균 57.2% 절감되어 라우팅의 성능이 향상됨을 확인하였다. 따라서 CBRP의 가장 치명적인 문제점인 주헤더 이상이 발생한 경우 주헤더 재선출을 위한 많은 제어 패킷의 발생이 본 논문에서 제안한 ACBRP는 거의 완벽하게 보완되었으며, 이는 ACBRP의 성능이 기존의 CBRP에 비해 현저히 개선되었음을 확인하였다.

### 참고문헌

- [1] Charles E. Perkins, Ad Hoc Networking, Addison-Wesley, 2001
- [2] M. Ilyas, The Handbook of Ad Hoc Wireless Networks, CRC Press, 2003
- [3] C. S. Basagni, M. Conti, S. Giordano, and I. Stojmenovic (Eds.), Mobile Ad Hoc Networking, IEEE/Wiley, 2004
- [4] K. Tutschku and P. Tran-Gia, "Spatial Traffic Estimation and Characterization for Mobile Communication Network Design", IEEE Journal of Selected Areas Communications, Vol. 16, pp. 804-811, June, 1998.
- [5] J. Haas and M.R. Perlman, "The Zone Routing Protocol(ZRP) for Ad Hoc Networks," Internet Draft, IETF, Mar., 2000
- [6] 허태성, "CBRP에서 보조헤더를 이용한 효율적인 클러스터 관리", 대한전자공학회 논문지, 제40권 TE편 제4권, pp334~344, Dec., 2003
- [7] C.E. Perkins, E. Belding-Royer, and S. Das, "Ad Hoc On-Demand Distance Vector(AODV) Routing," RFC 3561, IETF, Jul., 2003
- [8] D.B. Johnson, D.A. Maltz, and Y.C. Hu, "The Dynamic Source Routing Protocol for Mobile Ad Hoc Networks(DSR)," IETF, draft-ietf-manet-dsr-10.txt, July, 2004
- [9] M. Jiang, J. Li, and Y. C. Tay, "Cluster Based Routing Protocol(CBRP) Function Specification." Internet Draft draft-ietf-manet-cbrp-spec-00.txt, August, 1998.
- [10] Hong, D. and Rappaport, S. S. "Traffic Model and Performance Analysis for Cellular Mobile Radio Telephone Systems with Prioritized and No-Protection Handoff Procedure", IEEE Transactions on Vehicular Technology, VT-35(3), August 1986.
- [11] S. A. El-Dolil, W. C. Wong and R. Steele, "Teletraffic performance of Highway Microcells

with Overlay Macrocell", IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. 35(3), pp.77-92, August 1986.

- [12] M. Inoue, H. Morikawa and M. Mizumachi, "Performance Analysis of Microcellular Mobile Communication systems," in Proceedings of IEEE Vehicular Technology Conference (VTC'94), pp.135-139, Stockholm, Sweden, June, 1994.



허태성(Hur, TaiSung)

1984년 인하대학교 전자계산학과  
졸업(이학사)

1987년 숭실대학교 대학원 전자계산공학과  
졸업(공학석사)

2002년 인하대학교 대학원 전자계산공학과  
졸업(공학박사)

1984년~1991년 인하대학교 전자계산소 근무

1991년~ 현 재 인하공업전문대학 컴퓨터정보과 교수

\* 관심분야 : USN, 보안, U-DB