

논문 2008-3-6

# 모바일 Ad-hoc 무선 센서 네트워크에서 안정된 경로의 Life-Time 을 지원하기 위한 협력 도움 라우팅 프로토콜

## A Cooperative-Aided Routing Protocol for Supporting Stable Route Life-Time in Mobile Ad-hoc Wireless Sensor Networks

이주상\*, 안병구\*\*, 공형윤\*\*\*, 안홍영\*

Joo-Sang Lee\*, Beongku An\*\*, Hyung-Yun Kong\*\*\*, Hongyoung Ahn\*

### 요 약

본 논문에서는 모바일 ad-hoc 무선 센서 네트워크[1]에서 안정된 경로의 설정 및 설정된 경로의 lifetime 을 효과적으로 지원하여 데이터 전송효율을 향상시키기 위한 협력 도움 라우팅 프로토콜(CARP: Cooperative Aided Routing Protocol) 을 제안한다. 제안된 라우팅 프로토콜의 기본 아이디어 및 특징은 다음과 같다. 첫째, 소스노드와 목적지 노드 사이의 안정된 라우팅 경로의 설정이다. 본 연구에서는 모바일 노드들의 이동성 정보를 이용한 엔트로피 기반의 안정된 경로 설정방법을 제안 사용한다. 둘째, 협력도움 전송 방법이다[3][4][5]. 설정된 경로 위로 데이터 패킷을 전송 할 때 경로 lifetime과 SNR의 효과적인 지원으로 데이터 전송률을 증가시키기 위해 이웃 노드들로부터 협력 도움을 받는다. 셋째, 기존의 센서 네트워크는 주로 고정된 노드 환경에서 많은 연구가 되어 왔지만, 본 연구에서는 노드들의 이동성을 고려한 환경에서 연구가 이루어진다. 제안된 CARP 의 성능평가는 OPNET(Optimized Network Engineering Tool)을 사용하여 이루어졌으며 성능평가를 통하여 제안한 프로토콜은 안정된 경로의 설정 및 데이터 전송효율을 효과적으로 증가 시킬 수 있음을 알 수 있다.

### Abstract

**Key words** : Ad-hoc and Sensor Networks, Cooperative Transmission, Power Saving, Route Lifetime, Location Technology

### 1. 서 론

모바일 ad-hoc 센서 네트워크[6]는 민간과 군사 응용을 위한 긴급한 통신망 설립을 허용하는 중요한 기술이다. 협동, 분산 모바일 컴퓨팅(센서,

회의, 교실 등) 에서부터 재난복구(홍수, 화재, 지진) 법집행(군중제어, 수색과 구조), 그리고 전술적인 통신(디지털 전장) 에까지 이른다. 기존의 네트워크에서 사용되고 있는 RIP(Routing Information Protocol) 또는 OSPF(Open Shortest Path First) 와 같은 인터넷 라우팅 프로토콜들이 이동성이 적은 안정된 네트워크 환경에서 주기적인 라우팅 테이블 관리로 동작하므로 주기적인

\*정회원, 홍익대학교 컴퓨터정보통신공학과

\*\*중신회원, 홍익대학교 컴퓨터정보통신공학과

\*\*\*정회원, 울산대학교 전기전자정보시스템공학부

접수일자 : 2008.4.15, 수정완료일자 : 2008.5.3

메시지의 교환이 요구되어 대역폭의 낭비가 심하고 네트워크의 동적인 변화에 빠르게 대응하지 못하므로 이를 그대로 모바일 ad-hoc 센서 네트워크에 적용하기에는 많은 오버헤드가 생기는 문제점이 있다. 본 논문은 다음처럼 구성되어 있다. II장에서는 관련연구를 III장에서는 그에 따른 제안된 라우팅 프로토콜 및 구조에 대해 설명하고, IV장에서는 엔트로피와 CARP의 이론적인 분석에 대하여 설명을 한다. V장에서는 시뮬레이션 환경과 결과 값에 대하여 설명하고 마지막으로 VI장에서는 본 논문의 결과와 향후과제에 대해 살펴보고 결론을 맺도록 한다.

## II. 관련 연구

본 장에서는 모바일 ad-hoc 무선 센서 네트워크와 AODV 라우팅 프로토콜 그리고 다이버시티와 미모기술에 대해 간략히 알아보고 그에 대한 문제점에 대해 설명한다.

모바일 ad-hoc 무선 센서 네트워크[7]에서 안정하게 데이터를 전송하기 위해서는 일정한 시간동안 경로가 안정되게 유지 되어야할 뿐만 아니라 그 경로 상에 있는 노드들은 충분한 전력을 유지하고 있어야 한다.

AODV[8]는 경로 설정을 할 때 사용자의 요청이 있을 시에만 경로 탐색을 한다. 이로 인해 불필요한 에너지 소비를 줄일 수 있으나 항상 경로를 유지하고 있는 것이 아니기 때문에 그에 따른 지연이 발생하는 문제점이 있다.

다이버시티와 미모 기술[9]은 다중 채널에 의한 페이딩 효과는 이동통신 환경에서의 고속 데이터 통신 실현의 난제이며, 이를 효과적으로 대처하기 위해 많은 연구가 수행되었다. 대표적인 방법이 다이버시티 기법으로, 이는 독립적인 페이딩 현상을 겪은 여러 개의 신호를 수신하여 결합 과정을 통해 페이딩 현상에 대처하게 된다. 이러한 다이버시티

에 의한 페이딩 대처 방법은 우수한 성능을 내는 것으로 알려져 있으며, 다양한 다이버시티 방법이 제안되고 현재 상용화 되고 있다. 다이버시티의 목적은 SNR을 높이는 데 있다. MIMO 기술은 송신기와 수신기에 다중의 안테나를 이용함으로써 전체 시스템이 사용하는 주파수 영역을 더 증가 시키지 않고도 고속의 데이터 전송을 가능하게 한다. 송신 다이버시티와 MIMO의 차이점은 송신 다이버시티는 다중의 송신 안테나에서 같은 데이터를 동시에 전송하여 보다 높은 전송 속도를 달성하게 된다.

## III. 제안된 협력도움 라우팅 프로토콜

모바일 ad-hoc 센서 네트워크에서 소스(source) 노드와 목적지(destination) 노드 사이에 여러 개의 경로가 존재할 때 경로 안정도(route stability)가 가장 높은 경로 즉, 가장 안정적인 lifetime을 가진 경로를 찾는데 모바일 노드의 이동성 정보를 이용한 엔트로피[2]기반 라우팅 방법을 제안 사용한다. 또한 설정된 경로위로 데이터를 전송할 때 경로 주위에 있는 노드들의 도움을 받는 협력통신[10,11,12,13]을 함께 사용함으로써 SNR과 경로의 lifetime을 증가 시키며 전송효율을 증가 시킬 수 있다.

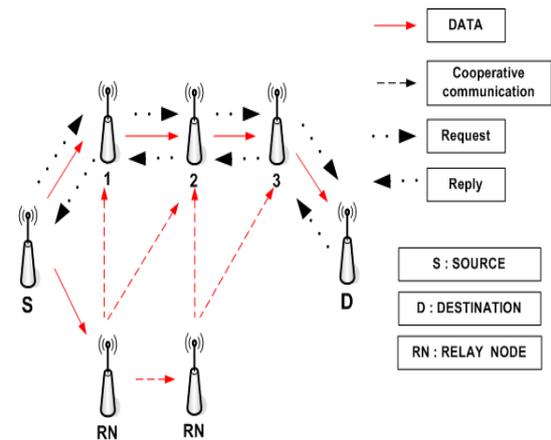


그림 1. 제안된 협력도움 라우팅 프로토콜 구조  
Fig. The proposed CARP structure

### 3.1 제안된 라우팅 프로토콜 : CARP

**step1** : 소스노드에서 REQUEST 메시지를 이웃노드로 브로드캐스트(broadcast) 한다. 이때 REQUEST 메시지는 소스노드 ID 및 이동성정보와 그리고 목적지노드 ID 정보를 저장하고 있다.

**step2** : 소스노드에서 보낸 REQUEST 메시지를 이웃노드가 받았을 때 REQUEST-TABLE(이하 REQ\_T) 을 만드는데 REQ\_T에는 이전노드 ID 및 이동성 정보와 자신의 ID 및 이동성정보를 저장하고 브로드캐스트 하게 되며 목적지 노드에 도착할 때까지 반복 수행 한다.

**step3** : 목적지 노드가 REQUEST 메시지를 수신하면 REPLY 메시지를 생성하고 이전노드로 전송 한다. REPLY 메시지 안에는 목적지 노드 ID 및 이동성정보 그리고 소스노드 ID 와 이동성정보를 저장 하고 있으며 REPLY message를 보내면서 식(4)에서 설명된 것처럼 엔트로피를 계산한다.

**step4** : 엔트로피 계산은 목적지 노드에서 REPLY 메시지를 브로드캐스트 하면 REPLY 메시지를 받은 노드가 소스노드의 이동성 정보와 자신의 이동성정보 그리고 REQ\_T 에 저장되어 있는 다음 노드의 이동성 정보를 가지고 식(4)에서처럼 엔트로피를 계산한다. 엔트로피 계산은 REPLY 메시지가 소스 노드에 도착할 때 까지 반복 수행한다. 엔트로피 계산방법은  $n$ 과  $m$  그리고  $p$  라는 세 노드가 탐색된 경로위에 노드  $m$  을 중심으로 서로 이웃하게 있을 때  $m$ 노드에 대한 엔트로피를 구하고 자할 때  $m$ 의 이웃노드인  $n$ 과  $p$  노드와의 상대 속도를 식(2)를 사용하여 구한다. 상대속도를 구하는 방법은  $m$ 과  $n$ 의 상대 속도, $m$ 과  $m$ 의 상대 속도,  $m$ 과  $p$ 의 상대 속도를 구한다. 세 노드의 이동 방향이 같다면 상대속도는 0이 되며, 각각 다른 방향으로 움직인다고 했을 때 같은 선상에서(즉,  $x$ 축 또는  $y$ 축)놓고 계산을 해야 하고 상대 속도가 나왔다면 step5를 수행한다.

**step5** : 경로의 안정도를 측정 하여 어느 경로가 가장 안정적인지를 정량적으로 측정 하는데 본 논

문 4이론적 분석의 4.1 엔트로피의 식(5) 와 식(6) 번을 사용한다. 식(5)는 각 노드마다 엔트로피를 계산하여 곱하여 1에 가까울수록 경로의 안정성이 좋은 것이고 0에 가까울수록 경로의 안정성이 떨어지는 것이다. 식(6)은 엔트로피를 계산 하였을 때 최소값 경로를 찾아 사용한다. 이러한 경로안정도의 정량적인 값은 각 노드의 REPLY-TABLE (REPT)에 저장된다. 어떤 노드에서 목적지 노드로 향하는 경로가 하나 이상 일 때 그 노드의 REPT 에 그 노드로부터 목적지 노드에 이르는 경로의 안정도에 대한 정량적인 값이 저장된다. 그리고 이 값들은 그 노드에서 경로의 설정에 사용된다.

**step6** : 경로설정이 끝난 후 소스노드는 데이터를 설정된 경로위로 목적지 노드를 향해 전송 한다. 이 데이터를 받은 이웃노드들은 설정된 경로의 노드들에게 협력통신을 하게 된다. 그로 인해 경로 및 네트워크의 lifetime과 SNR의 효과적인 향상으로 데이터 전송률이 증가 하게 된다.

## IV. 이론적 분석

### 4.1 이동성 정보를 이용한 엔트로피 기반의 경로 설정 방법

엔트로피[2] 기반 경로 안정성 모델에 대한 내용은 다음 논문[2]에 잘 설명되어 있다. 본 논문에서는 이러한 모델링을 이용한 라우팅 경로를 설정하는 과정에서 간략하게 설명한다. 모바일 ad-hoc 네트워크를 고려하고 모바일 노드  $m$ 의 인근 노드의 수  $M_m$  등으로 표현한다. 노드  $n$ 이 노드  $m$ 의 이웃이라고 나타내어진 다양한 특징의 집합  $S_m$  으로 각각 의 노드  $m$ 을 연관 지을 수 있다. 여기서, 두 개의 노드가 한 홉으로 도달할 경우 두 노드는 이웃한 노드로 간주한다. 그리고 이 특징은  $a_{m,n}$  은 두 노드 사이에 일정한 상대 속도를 나타낸다. 시스템의 변화는 일정 시간 동안( $\Delta_t$ ) 특정한 특징의 값의 변화로 나타낸다.

$$a_{m,n}(t) \rightarrow a_{m,n}(t + \Delta_t) \quad (1)$$

시간  $t$  에서 노드  $m$  의 속도는  $v(m,t)$  , 그리고 노드  $n$  의 속도는  $v(n,t)$  에 의해 표시 된다. 그리고  $v(n,t)$  는 속도와 방향을 나타내는 두 개의 파라미터를 가지고 있다. 시간  $t$  에서 노드  $m$  과  $n$  사이의 상대 속도  $v(m,n,t)$  는 아래와 같이 정의 된다.

$$v(m,n,t) = v(m,t) - v(n,t) \quad (2)$$

여기서, 어떤 시간간격 동안 두 노드( $m,n$ ) 사이에 노드의 상대속도는 상대적인 평균 속도로 정의된다. 앞에서 언급된 바와 같이 고려된 다양한 특정 값  $a_{(m,n)}$  은 두 노드 사이의 상대적인 이동성을 나타낸다.

$$a_{(m,n)} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |v(m,n,t_i)| \quad (3)$$

여기서,  $N$  은 시간 간격 내에 다른 인근 노드에 계 계산하여 전달될 수 있는 속도 정보 의 연속적인 시간의 수이다. 이를 바탕으로 일정 시간 간격 동안에 노드  $m$  에서 엔트로피  $Hm(t, \Delta_t)$  를 정의할 수 있다. 엔트로피는 노드  $m$  의 전체 이웃 범위 내 또는 인근 노드의 어떠한 부분집합으로 정의될 수 있다. 일반적으로 노드  $m$  에서 엔트로피  $Hm(t, \Delta_t)$  는 아래와 같이 계산 된다.

$$H_m(t, \Delta_t) = \frac{- \sum_{k \in F_m} p_k(t, \Delta_t) \log p_k(t, \Delta_t)}{\log C(F_m)} \quad (4)$$

where

$$P_k(t, \Delta_t) = \frac{a_m \cdot k}{\sum_{i \in F_m} a_m \cdot i}$$

노드  $m$  의 이웃 노드의 집합은  $F_m$  의해 정의할 수 있으며, 집합의 크기 정도는  $C(F_m)$  로 나타낼

수 있다. 노드  $m$  에 대한 네트워크 안정성을 산출하는 경우,  $F_m$  은 모바일 노드  $m$  의 이웃 노드를 포함한 집합을 포함하지만, 특정 경로의 부분의 안정성을 계산하기 위해서는  $F_m$  은 경로 상의 모바일 노드  $m$  의 이웃하는 두 노드로 표현된다. 앞에서 본바와 같은 관계로부터, 엔트로피  $Hm(t, \Delta_t)$  는  $0 \leq Hm(t, \Delta_t) \leq 1$  범위 내에서 정규화 된다. 다음은, 경로 안정도를 평가하기 위해 모델 프레임워크를 어떻게 적용할 것인지를 설명한다. 중간 노드간의 링크로 표시되는 지역적 경로에서  $Hm(t, \Delta_t)$  이 작으면 불안정하고, 반면에  $Hm(t, \Delta_t)$  가 크면 지역적 경로는 안정적이다. 그러나 모바일 ad-hoc 네트워크에서 일반적으로 근원지와 목적지 사이의 경로는 중간 노드(홉)을 경유 할 수 있다.

일정 시간 간격  $\Delta_t$  동안에 노드  $k$  와  $l$  사이의 경로 안정성  $r = RS_{k,l}(t, \Delta_t)$  을 보여 준다. 식 (5) 의  $r^1 = RS^1_{k,l}(t, \Delta_t)$  과 식 (6) 의  $r^2 = RS^2_{k,l}(t, \Delta_t)$  에 의해 정의되는

종단 간 (즉, 소스 노드와 목적지 노드 사이의) 경로 안정성을 산정함으로써 두 가지 다른 측면에서 경로 안정성을 평가하고 정의할 수 있다.

$$r^1 = RS^1_{k,l}(t, \Delta_t) = \prod_{l=1}^{N_r} [H_i(t, \Delta_t)] \quad (5)$$

$$r^2 = RS^2_{k,l}(t, \Delta_t) = \min [H_i(t, \Delta_t)] \quad (6)$$

여기서  $N_r$  은 두 개의 종단 노드 ( $k,l$ ) 사이 경로 상에 존재하는 중간 모바일 노드의 수를 의미한다. 파라미터는  $r^1(r^2)$  는 경로 가용성과 안정성을 측정하는 데 사용 될 수 있다. 즉 다시 말하면,  $r^1(r^2)$  이 클 경우 일정한 시간 간격  $\Delta_t$  동안에 존재하는 가용 경로는 안정적이며, 반면에  $r^1(r^2)$  이 작으면 하나의 가용 경로가 존재하여도 경로는 불안정하다.

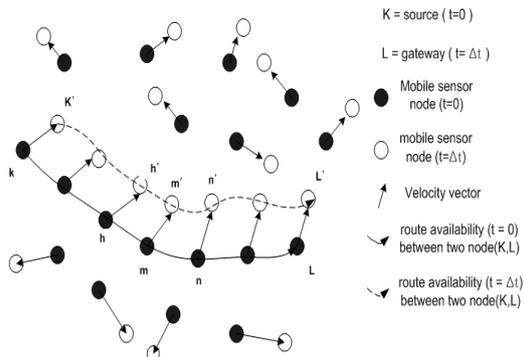


그림 2. 기본개념: 이동성 정보를 이용한 엔트로피 기반 경로 설정 방법  
 Fig.2 The basic concept: Entropy-based route construction method using mobility information

4.2 협력 통신 방법

본 논문에서 사용된 협력통신은 송신다이버시티의 개념을 사용한 방법이다. 그림5는 다이버시티 획득 방법을 그림으로 나타낸 것이다. 데이터  $x_1$  과  $x_2$ 를 부호화 과정을 거친 후, 각 안테나에 보내 게 된다. 이로부터 얻어지는 수신 신호는 아래와 같이 표시 할 수 있다.

$$r_1 = h_1x_1 + h_2x_2 + n_1$$

$$r_2 = -h_1x_2 + h_2x_1 + n_2$$

수신 안테나는 위와 같은 수신신호로부터 아래와 같은 decoding을 거쳐서 송신신호를 복원하게 된다.

$$\hat{x} = r_1h_1 + r_2h_2 = (|h_1|^2 + |h_2|^2) x_1 + n_1h_1 + n_2h_2$$

$$\hat{x} = r_1h_2 - r_2h_1 = (|h_1|^2 + |h_2|^2) x_2 + n_1h_2 - n_2h_1$$

위와 같은 decoding 과정을 거치고 나면 각 송신 데이터는 모두 채널  $h_1$  과  $h_2$ 를 거쳐서 수신된 신호를 결합한 형태를 띠게 되어 다이버시티를 획득 하게 된다.

설정된 경로 위로 데이터를 전송할 때 즉, 그림4

에서처럼 경로의 lifetime 과 SNR의 효과적으로 지원하기 위해 이웃 노드들로부터 송신 다이버시티 개념을 이용한 협력 도움을 받는다. 이로 인해 SNR과 pdr의 증가로 인해 전체 네트워크의 lifetime 이 향상되고 전송효율이 증가된다. 아래 그림4(a)에서 보는 것과 같이 S-A-C-F-D 의 경로가 설정되어있고 소스노드인 S가 데이터 메시지를 방송(broadcast)하면 S노드의 이웃 노드들이 데이터 메시지를 수신하여 A노드에게 S노드와 함께 B노드가 메시지를 전송하기 때문에 A노드의 SNR의 효과적인 지원으로 데이터 전송률을 증가시킴으로 lifetime을 증가시킬 수 있다. 만약 CARP를 하지 않고 기존에 나와 있는 라우팅 프로토콜을 사용했을 경우 A노드의 SNR이 격감함으로 데이터를 제대로 수신을 하지 못할 수 있으며 이로 인해 lifetime이 짧아지게 된다.

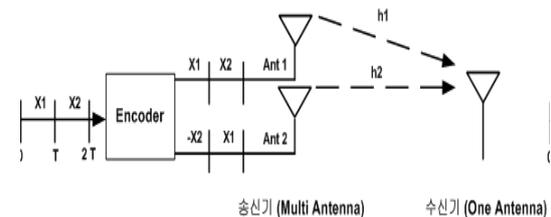


그림 3. 송신 다이버시티  
 Fig. 3 The transmit diversity

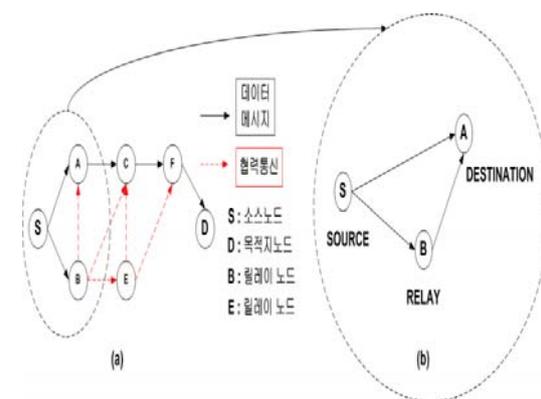


그림 4. 협력도움 라우팅  
 Fig. 4 The cooperative routing

## V. 성능 평가

### 5.1 시뮬레이션 환경 및 파라미터 값들

실험을 수행하기 위한 환경 및 파라미터 값들은 다음과 같다.

표 1. 시뮬레이션 파라미터  
Table 1. Simulation parameters

Rectangular Region	1 km x 1 km
Mobile Node Count	50
Random Mobility : Speed Range	0~80km/h
Random Time Interval	5sec
Direction Range	0,2 $\pi$
Radio Range	250m

### 5.2 시뮬레이션 결과

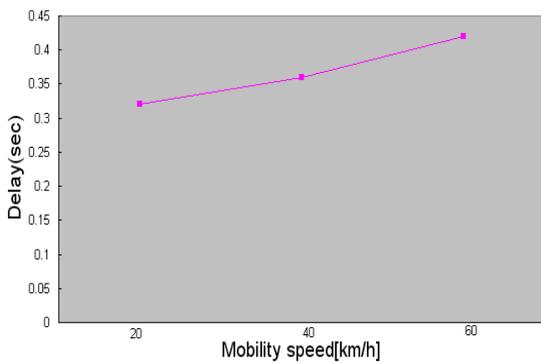


그림 5. 시간지연/경로설정  
Fig 5. delay/route\_setup

그림 5는, 경로 형성에 요구되는 지연 시간을 나타낸다. 경로를 형성할 때 노드들의 이동성이 증가함에 따라서 경로 형성을 위한 REQUEST, REPLY의 횟수가 증가함으로 경로 형성에 요구되는 지연시간이 증가함을 볼 수 있다.

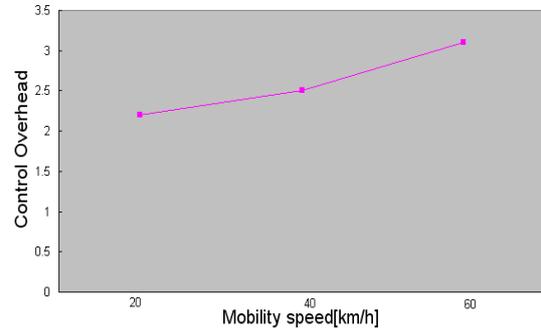


그림 6. 컨트롤 오버헤드/경로설정/노드  
Fig 6. Control overhead/route\_setup/node

그림 6은, 경로를 형성하기 위해서 요구되는 노드 당 컨트롤 오버헤드(Control overhead)를 나타내며 노드 이동성이 증가함에 따라서 REQUEST 및 REPLY의 횟수가 증가함으로 컨트롤 오버헤드가 증가함을 볼 수 있다.

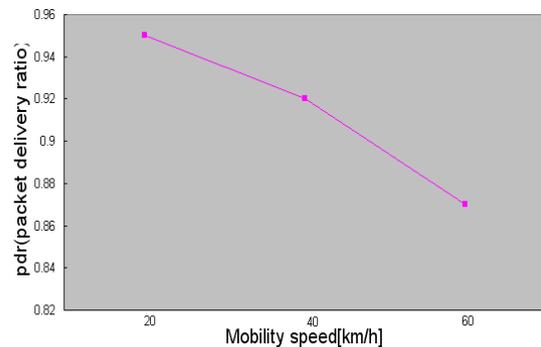


그림 7. 패킷전달 효율  
Fig 7. packet delivery ratio

그림 7은 데이터 전송률(pdr, packet delivery ratio)을 나타낸다. 그림 7에서 보는 것처럼 노드들의 이동성 정보를 사용하여 안정된 경로 위로 데이터를 전송함으로 랜덤 모빌리티(random mobility) 상에서 비교적 높은 전송률(pdr)을 나타내고 있음을 보여준다.

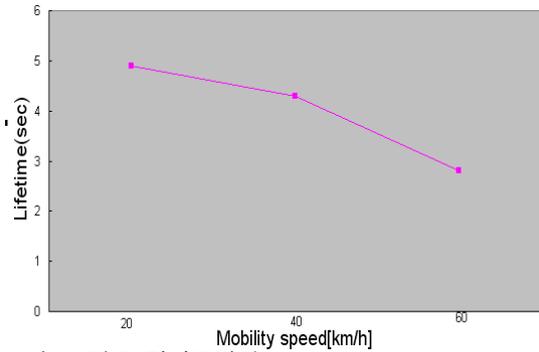


그림 8. 경로 라이프타임  
Fig 8. Route Lifetime

그림 8은 경로의 생존시간(Route Lifetime) 을 나타낸다. 그림 8에서 보는 것처럼 노드들의 이동성이 증가함에 따라 경로 생존시간 이 감소하는 것을 볼 수 있다.

마지막으로 그림 7과 8에서 보는 것처럼 그림 8에서 경로 lifetime 이 줄어들면서 그림7의 데이터 전송률이 감소하는 것을 볼 수 있다.

## VI. 결론

본 논문에서는 모바일 ad-hoc 무선 센서 네트워크에서 안정된 경로의 설정 및 설정된 경로의 lifetime 을 효과적으로 지원하여 데이터 전송효율을 향상시키기 위한 협력 도움 라우팅 프로토콜 (CARP) 을 제안한다. 제안된 라우팅 프로토콜의 기본 아이디어 및 특징은 다음과 같다. 첫째, 소스 노드와 목적지 노드 사이의 안정된 라우팅 경로의 설정이다. 본 연구에서는 모바일 노드들의 이동성 정보를 이용한 엔트로피 기반의 안정된 경로 설정 방법을 제안 사용한다. 둘째, 협력도움 전송 방법이다. 설정된 경로위로 데이터 패킷을 전송 할 때 경로 lifetime과 SNR의 효과적인 지원으로 데이터 전송률을 증가시키기 위해 이웃 노드들로부터 협력 도움을 받는다. 셋째, 기존의 센서 네트워크는 주로 고정된 노드 환경에서 많은 연구가 되어 왔지만,

본 연구에서는 노드들의 이동성을 고려한 환경에서 연구가 이루어진다. 제안된 CARP의 성능평가는 OPNET 을 사용하여 이루어졌으며 성능평가를 통하여 제안한 프로토콜은 안정된 경로의 설정 및 데이터 전송효율을 효과적으로 증가 시킬 수 있음을 알 수 있다.

현재까지 진행된 내용은 랜덤 이동성(random mobility)을 가진 노드들로 구성된 네트워크 환경에서 연구가 이루어 졌으나 실제적으로 본 논문에서 제안된 방법이 가장 효과적으로 응용 적용 될 수 있는 그룹 이동성(group mobility)를 가진 노드들로 구성된 네트워크에서의 연구가 현재 진행 중에 있으며, 그 결과는 랜덤 이동성 환경에서 보다 많은 향상이 있는 성능평가 결과를 기대한다.

## 참고문헌

- [1] Ian F. Akyildiz, Weilian Su, Yogesh Sankarasubramaniam, and Erdal Cayirci Gorgia Institute of Technology. "A Survey on Sensor Networks," IEEE Communication Magazine August 2002.
- [2] Beoungku An and Symeon Papavassiliou, "An Entropy-Based Model for Supporting and Evaluating Route Stability in mobile ad hoc Wireless Networks," IEEE Communication LETTERS, vol.6, no.8, August 2002.
- [3] 유병욱, 이규하, 김현도, 이충용, "Multi-hop Relay 기반 협력 통신 기술," 한국통신학회지 (정보와통신) 제 24권 제5호, 2007. 5.
- [4] 공형윤, 설동원, Ho Van Khuong, "Design of User-Cooperation Scheme with Cyclic Coding in Wireless Network," 한국통신학회지 (정보와통신) 제24권 제5호, 2007. 5.
- [5] 류현석, 강충구, "다중홉 릴레이 시스템에서의 협력 통신," 한국통신학회지 (정보와 통신) 제 24권 제5호, 2007. 5.
- [6] 서현곤, 김기형, "에드 혹 네트워크에서 AODV에 기반한 효율적인 경로 복구 기법,"

- 정보과학회 논문지, Journal of KISS: Information Networking. 정보통신 2004.
- [7] 최진혁, 김동균, 신재욱, 남상우, “AODV 라우팅 프로토콜에서의 에너지 사용량을 고려한 경로탐색 방법,” Copyright(C) 2005 NuriMedia Co. Ltd.
- [8] 김관웅, “배터리 용량을 고려한 개선된 AODV 라우팅 알고리즘,” 전자공학회 논문지 제43권 TC편 제4호, 22-30쪽.
- [9] 황근철, 박창순, 이광복, “Diversity와 MIMO 기술,” 텔레콤 제18권 2호, 3-15쪽.
- [10] Ivana Maric, Student and Roy D. Yates, “Cooperative Multicast for Maximum Network Lifetime,” IEEE Journal On Selected AREAS IN Communications, vol.23, no.1, January 2005.
- [11] J.Nicholas Laneman, David N. C. Tse, and Gregory W. Wornell, “Cooperative Diversity in Wireless Networks: Efficient Protocols and Outage Behavior,” IEEE Transactions ON Information THEORY, vol.50. no. 12, December 2004.
- [12] 김남수, 이예훈 “레이레이 페이딩 하에서 무선 ad-hoc 네트워크를 위한 전력 제한된 협동 다이버시티,” 한국통신학회 논문지 제31권 제 8A호.
- [12] Xiaohua Li, “Energy efficient wireless sensor networks with transmission diversity,” Electronics LETTERS 27th vol.39 no.24. November 2003.
- [13] 임창현, 권종만, “적응 MQAM을 이용한 선택적 송신 다이버시티 기술,” 한국통신학회 논문지 제27권 5A호 2002.5.

Acknowledgement : This work was supported by the Korea Science and Engineering Foundation Grant.(KOSEF-R01-2007-000-20400-0)

저 자 소 개



이주상(정희원)

- 2006년: 홍익대학교 컴퓨터정보통신 공학과 (학사)
- 2008년: 홍익대학교 전자전산공학과 (공학석사)
- 2008.3 ~ 현재: 홍익대학교 전자전산 공학과 재학 (박사과정)

<관심분야 : Ad-hoc Networks, Sensor Networks, Routing, Cooperative Communication>



공형윤(정희원)

- 1989년: (미)New York Institute of Technology (BS)
- 1991년: (미)Polytechnic University, Dept. of Electrical & Computer Eng. (MS)
- 1995년: (미)Polytechnic University, Dept. of Electrical & Computer Eng.(Ph.D)
- 1996.12 - 1998.2 LG 회장실 (전략사업개발단) 근무
- 1998.3 - 현재: 울산대학교, 전기전자정보시스템 공학부 교수

<주관심분야 : Wireless Communication, Detection & Estimation, Coding, Modulation, Cooperative Communication >



안병구(중신회원)

- 1988년: 경북대학교 전자공학 (BS),
  - 1996년:(미)Polytechnic Univ. Dept. of Electrical & Computer Eng.(MS),
  - 2002년:(미)New Jersey Institute of Technology(NJIT), Dept. of Electrical & Computer Eng. (Ph.D),
  - 1990년-1994년: 포항산업과학기술연구(RIST), 선임연구원,
  - 1998년-2002년: Lecturer, New Jersey Institute of Technology(NJIT). USA,
  - 2003년-현재: 홍익대학교 컴퓨터정보통신공학과 교수,
  - 2005-2008: Marquis Who's Who in Science and Engineering (세계과학기술 인명사전) 등재,
  - 2006-2008: Marquis Who's Who in the World (세계인명사전) 등재
- <관심분야: Wireless Networks, Ad-hoc & Sensor Networks, Multicast Routing Protocols, Cross-Layer Technology, QoS, Mobility Management, Location-Based Technology>



안홍영(정회원)

- 1975년: 서울대학교 전자공학과 (BS)
  - 1986년: (미) University of Florida (MS) Department of Electrical and Computer Engineering
  - 1991년: (미) University of Florida (Ph.D.) Department of Electrical and Computer Engineering
  - 1975년-1984년: 국방과학연구소(ADD) 선임연구원
  - 1984년-1991년: Research Assistant, University of Florida, USA
  - 1991년-1998년: 홍익대학교 전자전기컴퓨터공학부 조교수
  - 1998년-현재: 홍익대학교 전자전기컴퓨터공학부 부교수
- <관심분야: Wireless Networks, Ad-hoc Networks, Sensor Networks Wireless Internet, VoIP, 4세대 이동통신, BcN>