

논문 2008-45CI-6-13

모바일 Ad-hoc 무선 센서 네트워크를 위한 엔트로피기반 협력도움 라우팅 프로토콜

(An Entropy-based Cooperative-Aided Routing Protocol for Mobile
Ad-hoc Wireless Sensor Networks)

안 병 구*, 이 주 상**

(Beongku An and Joo-Sang Lee)

요 약

본 논문에서는 모바일 ad-hoc 무선 센서 네트워크에서 엔트로피기반 협력도움 라우팅 프로토콜을 제안한다. 제안된 라우팅 프로토콜의 주요한 특징 및 기여도는 다음과 같다. 첫째, 노드들의 이동성 관점에서 안정된 경로의 설정을 위해서 엔트로피 기반의 라우팅 경로 설정 방법을 제안 사용한다. 둘째, 향상된 SNR 을 가지고 데이터 전달 효율을 효과적으로 증가시키기 위해서 협력도움 데이터 전송 방법을 사용한다. 셋째, 기존의 연구가 주로 고정된 센서 노드들로 구성된 센서필드에서 이루어진 반면에, 본 논문에서는 센서필드에서 고정된 센서 노드들 뿐만 아니라 이동 노드들도 함께 고려한 모바일 Ad-hoc 무선 센서 네트워크(MAWSN) 관점에서 연구가 진행된다. 제안된 라우팅 프로토콜의 성능평가는 시뮬레이션과 이론적인 분석을 통하여 이루어진다.

Abstract

In this paper, we propose an Entropy-based Cooperative-Aided Routing Protocol (ECARP) in Mobile Ad-hoc Wireless Sensor Networks (MAWSN). The main contributions and features of this paper are as follows. First, the entropy-based cooperative routing protocol which is based on node mobility is proposed for supporting stable routing route construction. Second, cooperative data transmission method is used for improving data transmission ratio with the improved SNR. Third, we consider a realistic approach, in the points of view of the MAWSN, based on mobile sensor nodes as well as fixed sensor nodes in sensor fields while the conventional research for sensor networks focus on mainly fixed sensor nodes. The performance evaluation of the proposed routing protocol is performed via simulation and analysis.

Keywords : Ad-hoc and Sensor Networks, Cooperative Transmission, Power Saving, Route Lifetime

I. 서 론

모바일 Ad-hoc 무선 센서 네트워크^[1~2]에서 모바일 노드들은 센서 필드에 있는 노드들로부터 목적지 노드 (i.e., gateway(sink))(or vice versa) 로 메시지를 전송하기 위해서 자발적으로 네트워크 구조를 형성한다. 모바일 Ad-hoc 무선 센서 네트워크^[1~2]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.

모바일 Ad-hoc 무선 센서 네트워크에서는 모바일 센서 노드들의 랜덤 이동성, 대역폭과 전력의 제한성, 고정된 하부구조의 부족 등으로 인해서 여러 가지 네트워크 동작을 지원하기 위해서는 해결해야할 많은 이슈 및 문제점이 있다^[3~4]. 기존의 연구가 주로 고정된 센서 노드들로 구성된 센서필드에서 이루어진 반면에, 본 논문에서는 센서필드에서 고정된 센서 노드들 뿐만 아니라 이동 노드들도 함께 고려한 모바일 Ad-hoc 무선 센서 네트워크(MAWSN) 관점에서 연구가 진행된다. 제안된

* 평생회원, ** 학생회원, 홍익대학교 컴퓨터정보통신 공학과

(Dept. of Computer Information

Communications Engineering, Hongik University)

※ 이 논문은 2007학년도 홍익대학교 학술연구진흥비에 의하여 지원되었음.

접수일자: 2008년10월10일, 수정완료일: 2008년10월30일

라우팅 프로토콜은 소스노드와 목적지 노드 사이에 하나 이상의 경로가 존재할 때 노드들의 이동성 관점에서 가장 안정된 라우팅 경로를 찾을 뿐만 아니라, 협력 도움 전송을 사용하여 증가된 SNR로 인한 향상된 패킷 전송률(packet delivery ratio)을 얻을 수 있다.

본 논문은 다음처럼 구성되어 있다. 제 II 장에서는 관련연구에 대해서 설명한다. 제안된 라우팅 프로토콜의 설명은 제 III 장에서 설명하며, 이론적인 분석은 제 IV장에서 이루어진다. 제안된 라우팅 프로토콜의 성능 평가는 제 V 장에서, 결론은 제 VI장에서 각각 이루어진다.

II. 관련연구

모바일 Ad-hoc 무선 센서 네트워크에서 어떻게 전송 전력(transmission power)을 줄이고 패킷 전송률(packet delivery ratio)을 함께 증가 시킬 것인가? 이 문제는 모바일 Ad-hoc 무선 센서 네트워크에서 가장 중요한 이슈들^[3~4] 중에 하나이다. 최근에 이에 대한 많은 연구가 진행되고 있다. 모바일 ad-hoc 무선 센서 네트워크^[2]에서 안정하게 데이터를 전송하기 위해서는 일정한 시간동안 경로가 안정되게 유지 되어야할 뿐만 아니라 그 경로 상에 있는 노드들은 충분한 전력을 유지하고 있어야 한다. AODV^[5]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.

다이버시티 와 미모 기술^[6~11]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 다이버시티에 의한 페이딩 대처 방법은 우수한 성능을 내는 것으로 알려져 있으며, 다양한 다이버시티 방법이 제안되고 현재 상용화 되고 있다. 다이버시티의 목적은 SNR을 높이는 데 있다.

본 논문에서는 엔트로피 기반^[12~13]의 안정된 경로 설정 방법과 협력전송 방법을 제안 사용하여 전송 전력을 줄이고 패킷 전송 효율을 증가 시키는 라우팅 방법에 대해서 연구 한다.

III. 제안된 엔트로피 기반 협력도움 라우팅 프로토콜

본 절에서는 제안된 엔트로피 기반^[12~13] 협력도움 라우팅 프로토콜(ECARP)의 기본 개념을 설명한다. 그림 1은 제안된 라우팅 프로토콜의 엔트로피 기반 경로 설정을 위한 기본 개념을 설명하고, 그림 2는 제안된 라우팅 프로토콜의 동작을 보여주고 있다. 이동성 정보를 이용한 엔트로피 기반의 경로 설정 방법에 대한 이론적인 분석은 IV장에서 상세하게 설명한다.

제안된 라우팅 프로토콜에서는 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 경로 생존시간(route lifetime)을 가진 경로를 찾는데 모바일 노드의 이동성 정보를 이용한 엔트로피^[12~13]기반 라우팅 방법을 제안 사용한다. 또한 설정된 경로위로 데이터를 전송할 때 라우팅 테이블에 존재하는 우선순위(routing priority number) 정보를 사용하여 가장 안정된 경로위로 데이터 메시지를 전송할 뿐 아니라 경로 주위에 있는 노드들(relay nodes)의 도움을 받는 협력통신^[6~11]을 함께 사용함으로써 SNR과 경로의 lifetime 을

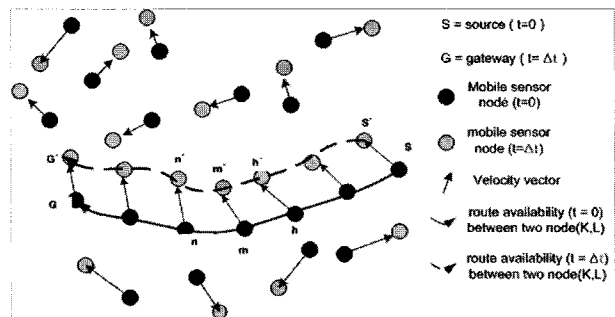


그림 1. 제안된 엔트로피 기반 협력도움 라우팅 프로토콜의 기본 개념

Fig. 1. The basic concept of the proposed routing protocol.

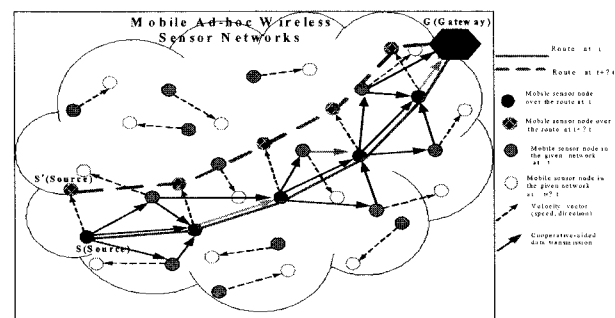


그림 2. 제안된 협력도움 라우팅 프로토콜의 동작

Fig. 2. The operation of the proposed routing protocol.

증가 시키며 전송효율을 증가 시킬 수 있다. 제안된 협력도움 라우팅 프로토콜은 요구기반 및 메쉬(mesh) 기반 라우팅 프로토콜이다.

제안된 엔트로피 기반 협력도움 라우팅 프로토콜 (ECARP)의 동작과정은 다음과 같다.

Step 1: 소스 노드 S 는 경로 요청(Route_Request: Route_REQ) 메시지를 생성하여 이웃 노드들에게 전송한다. Route_REQ 메시지는 소스노드의 ID, 이동성(mobility) 정보, 소스 노드로부터의 시퀀스 넘버(sequence number) 등이 포함되어 있다.

Step 2: 어떤 i^{th} 노드가 같은 경로로 전송되지 않은 Route_REQ 메시지를 받으면 Route_REQ 테이블에 소스노드 ID와 Route_REQ 메시지를 송신한 노드 및 현재 노드의 이동성 정보, 시퀀스 넘버를 저장한다. 다음 Route_REQ 메시지를 이웃 노드들에게 전송한다. 여기서 Route_REQ 메시지에 포함된 정보는 소스노드 및 현재 노드의 ID, 이동성 정보, 시퀀스 넘버 등의 정보가 포함된다.

Step 3: 목적지 노드가 같은 경로를 경유하지 않은 Route_REQ 메시지를 수신하면, 목적지 노드는 Route_REPLY (Route Reply: Route_REPLY) 메시지를 생성하고 업스트림 방향(소스 노드 방향)으로 전송한다. Route_REPLY 메시지는 목적지 노드 ID, Route_REPLY를 전송하는 노드의 이동성 정보, 목적지 노드로 부터의 시퀀스 넘버 등을 포함한다.

Step 4: 어떤 노드가 다운스트림 노드(목적지 방향 노드)로부터 Route_REPLY 메시지를 받았을 때, 그 노드는 다음과 같은 동작을 수행한다.

- REPLY TABLE(REPT)에 그 자신의 노드 ID, 목적지 노드로 부터의 시퀀스 넘버, 다운 스트림 노드의 이동성 및 전력 정보등을 저장한다.
- 현재 노드 (i^{th})의 시퀀스 넘버가 2보다 크면(i.e., No. of downstream nodes ≥ 2), 경로 안정성(route stability: RS(i.e., $\gamma^1 \& \gamma^2$))들을 이동성 관점에서 각각 계산된다^[12~13]. 경로 안정성 계산은 IV 장의 식 (5)와 (6)을 사용하여 이루어진다.
- 만약 RS 가 어떤 경계 값보다 크면 (i.e., $RS \geq TH_{RS}$), 노드는 경로 안정성 값들을 REPT 에 저장

한다. 만약 하나 이상의 경로가 존재하면 모든 경로에 대해서 RS 가 계산되고 그 값에 따라서 우선순위가 지정되어 REPT에 저장된다. 그 노드는 Route_REPLY 메시지를 소스 노드 방향으로 전송한다.

- 만약 RS 값이 어떤 경계 값보다 작으면 (i.e., $RS < TH_{RS}$), 그 노드는 더 이상 Route_REPLY 메시지를 전송하지 않는다.
- 이러한 동작은 Route_REPLY 메시지가 소스 노드에 도착 될 때까지 계속된다.

Step 5: 소스 노드가 각각의 라우팅 경로를 경유하여 Route_REPLY 메시지를 받았을 때, 소스노드는 협력통신을 사용하여 데이터 메시지를 목적지 노드를 향하여 다음처럼 전송한다. 협력전송에 대한 기본 개념 은 IV 장에서 설명하고 있다.

- 소스 노드는 REPT 에 있는 라우팅 우선순위 (routing priority number)에 따라서 가장 안정된 경로위로 데이터를 다음 노드(next node)에게 전송할 뿐만 아니라, 다음노드의 이웃노드들(i.e., relay nodes of the next node) 에게도 동시에 전송한다.
- 전달노드(relay node)는 데이터 메시지를 다음노드에게 역시 전송한다.
- 다음 노드는 두 개의노드(i.e., source node and relay node)로부터 함께 데이터 메시지를 받는다.

Step 6: 어떤 노드가 소스 노드로부터 데이터 메시지를 받았을 때 그 노드는 step 5와 똑같은 동작을 수행한다. 이러한 동작은 목적지 노드가 데이터 메시지를 받을 때까지 수행된다.

IV. 이론적 분석

4.1 이동성 정보를 이용한 엔트로피 기반의 경로 설정 방법

엔트로피^[12~13] 기반 경로 안정성 모델에 대한 내용은 다음 논문^[12]에 잘 설명되어 있다. 본 논문에서는 이러한 모델을 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 각각의 노드 m 을 연관 지을 수 있다. 여기서, 두 개의 노드가 한 홉으로 도달할 경

우 두 노드는 이웃한 노드로 간주한다. 그리고 이 특징은 $a_{m,n}$ 은 두 노드 사이에 일정한 상대 속도를 나타낸다. 시스템의 변화는 일정 시간 동안(Δ_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 표시된다. 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 노드에게 계산하여 전달될 수 있는 속도 정보의 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 계산된다.

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

where

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

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

와 $Hm(t, \Delta_t)$ 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(휴)를 경유 할 수 있다.

일정 시간 간격 Δ_t 동안에 노드 k 와 l 사이의 경로 안정성 $r = RS_{k,l}(t, \Delta_t)$ 을 보여준다. 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.

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

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

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 사용될 수 있다. 즉 다시 말하면, $r^1(r^2)$ 이 클 경우 일정한 시간 간격 Δ_t 동안에 존재하는 가용 경로는 안정적이며, 반면에 $r^1(r^2)$ 이 작으면 하나의 가용 경로가 존재하여도 경로는 불안정 하다.

4.2 협력 전송 방법

본 논문에서 사용된 협력통신^[6~11]은 송신다이버시티의 개념을 사용하였고, 본 논문에서 사용한 협력전송의 기본 개념은 다음과 같다. 설정된 경로 위로 데이터를

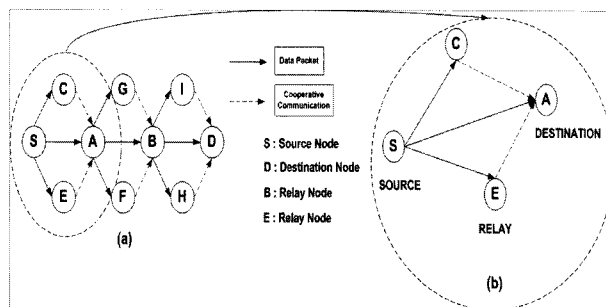


그림 3. 협력전송
Fig. 3. The cooperative transmission.

전송할 때 즉, 그림 3에서처럼 경로의 lifetime 과 SNR의 효과적으로 지원하기 위해 이웃 노드들로부터 송신 다이버시티 개념을 이용한 협력 도움을 받는다. 이로 인해 SNR과 패킷 전달 효율(PDR)의 증가로 인해 전체 네트워크의 lifetime 이 향상되고 전송효율이 증가된다.

그림 3(a)에서 보는 것과 같이 S-A-B-D 의 경로가 설정되어있고 소스노드인 S가 데이터 메시지를 방송(broadcast) 하면 S노드의 이웃 노드들이 데이터 메시지를 수신하여 A노드에게 S노드와 함께 C,E노드가 메시지를 전송하기 때문에 A노드의 SNR의 효과적인 지원으로 데이터 전송률을 증가시킴으로 lifetime을 증가시킬 수 있다. 만약 제안한 방법을 하지 않고 기존에 나와 있는 라우팅 프로토콜을 사용했을 경우 A노드의 SNR이 격감함으로 데이터를 제대로 수신을 하지 못할 수 있으며 이로 인해 lifetime이 짧아지게 된다.

V. 성능 평가

5.1 시뮬레이션 시나리오 및 파라미터 값들

제안된 라우팅 프로토콜의 성능평가는 모델링과 OPNET (Optimized Network Engineering Tool)을 사용한 시뮬레이션을 통하여 이루어진다. 1 km x 1 km 크기의 사각형 구조의 Ad-hoc 무선 센서 네트워크에 50개의 노드들로 랜덤하게 구성되어 있다. 각 노드들은 무한 버퍼(infinite-buffer), 저장 및 전달 큐잉 구조(store-and-forward queuing station)로 구성되어 있으며 GPS 시스템을 사용하여 각자의 위치 정보를 알고 있다고 가정한다. 노드들의 라디오 거리는 $Z=250m$ 로 가정한다. 본 시뮬레이션에서는 랜덤 이동성 모델(random mobility model)을 사용하였다. 랜덤 이동성 모델에서 각 이동 노드들의 속력은 $[0, v_{max}]$ km/h의 범위, 방향은 $[0, 2\pi]$ 범위에서 일정하게 분포(uniformly distributed)되어 있다. 그룹 이동성 모델에서는 몇 개의 노드들이 그룹을 형성하여 비슷한 방향으로 함께 이동한다. 시뮬레이션이 시작될 때 5개의 노드들이 하나의 그룹을 형성하여 이동을 시작하였으며, 시뮬레이션 time_tick(Δ_t) 구간동안 같은 그룹에 있는 모든 노드들은 같은 속도와 같은 방향으로 이동 한다. 본 논문에서 시뮬레이션 time_tick(Δ_t) 구간은 5 sec를 사용하였다. 이동 노드가 네트워크의 가장자리에 도착하면, 그 모바일 노드는 다시 네트워크의 안으로 반사되어서 되돌아온다. 본 성능평가에서는 제안된 엔트로피

기반 협력도움 라우팅프로토콜(ECARP: Entropy-based Cooperative-Aided Routing Protocol), 협력도움 방법을 사용하지 않는 엔트로피기반 라우팅방법(ERPM: Entropy-based Routing Protocol with Mobility)^[12] 및 AODV^[10] 라우팅 프로토콜을 함께 시뮬레이션 하여 비교검토 하였다.

5.2 시뮬레이션 결과

그림 4는 패킷 전송효율(PDR: packet delivery ratio)을 랜덤 이동성(random mobility) 환경에서 이동성의 함수로서 각각 보여주고 있다. ECARP의 PDR이 ERPM이나 AODV보다 우수함을 알 수 있다. 제안된 그림 4에서 보는 것처럼, PDR 은 노드의 이동성이 증가함에 따라서 약간 감소함을 알 수 있다. 그 이유는 제안된 라우팅 프로토콜은 경로 설정을 위해서 노드들의 이동성 정보를 사용하며, 이러한 환경에서 노드들의 이동성이 증가함에 따라서 경로 설정 과정과 설정된 경로의 안정성은 감소하기 때문이다.

그림 5는 경로의 생존시간(lifetime)을 랜덤 이동성 환경에서 이동성의 함수로서 각각 보여주고 있다. ECARP의 경로 생존 시간이 ERPM이나 AODV보다 우수함을 알 수 있다. 또한 ECARP 는 협력도움 통신을 함께 사용하여 데이터를 전송하기 때문에 데이터를 전

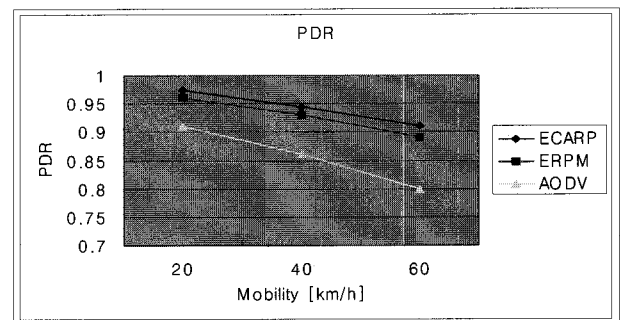


그림 4. 패킷전달 효율
Fig. 4. Packet delivery ratio(PDR).

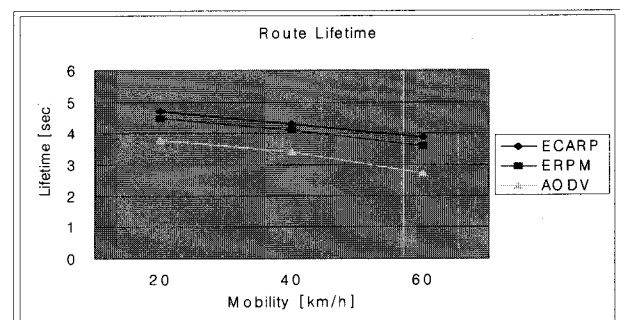


그림 5. 경로 라이프타임
Fig. 5. Route Lifetime.

송할 수 있는 시간이 더 길어진다. 그림 5에서 보는 것처럼, 경로의 lifetime은 노드의 이동성이 증가함에 따라서 약간 감소함을 알 수 있다. 그 이유는 제안된 라우팅 프로토콜은 경로 설정을 위해서 노드들의 이동성 정보를 사용하기 때문이다. 이러한 환경에서 노드들의 이동성이 증가함에 따라서 경로 설정 과정과 설정된 경로의 안정성은 감소하기 때문이다. 그리고 그림 4 및 그림 5로부터 PDR과 경로 생존시간(route lifetime)은 매우 비슷한 형태로 변화함을 알 수 있다. 즉 경로 생존시간(route lifetime)이 증가하면, PDR 역시 증가함을 알 수 있다.

그림 6은 경로 설정을 위한 컨트롤 오버헤드 (control overhead for route creation)를 랜덤 이동성 환경에서 모바일 노드들의 이동성 함수로 각각 보여주고 있다. ECARP와 ERPM은 경로 형성을 위해서 노드들의 이동성을 사용하여 엔트로피 기반에서 이동성이 비슷한 노드들로 구성된 경로를 설정하므로, 설정된 경로가 매우 안정적이고 경로의 재설정과 유지를 위한 컨트롤 오버헤드가 상대적으로 감소함을 알 수 있으며, 이들은 비슷한 컨트롤 오버헤드에 있어서 서로 비슷한 성능을 가짐을 보여주고 있다. 그림 6에서 보는 것처럼 컨트롤 오버헤드는 노드의 이동성이 증가함에 따라서 약간 증가함을 알 수 있다. 그 이유는 제안된 라우팅 프로토콜

(ECARP)은 경로 설정을 위한 노드들의 이동성 정보를 사용하기 때문이다. 노드들의 이동성이 증가함에 따라서 경로 설정 및 유지를 위한 컨트롤 시그널(Route_REQ 및 Route_REP) 메시지들이 증가하기 때문이다.

그림 7은 경로 설정을 위한 시간지연 (delay for route setup)을 랜덤 이동성 환경과 그룹이동성 환경에서 모바일 노드들의 이동성 함수로 각각 보여주고 있다. ECARP와 ERPM은 경로 형성을 위해서 노드들의 이동성을 사용하여 엔트로피 기반에서 이동성이 비슷한 노드들로 구성된 경로를 설정하므로 설정된 경로가 매우 안정적이므로 경로의 재설정과 유지를 위한 컨트롤 오버헤드가 상대적으로 감소하므로 경로 설정을 위한 시간 또한 감소함을 알 수 있다. 그림 7에서 보는 것처럼 시간지연은 노드의 이동성이 증가함에 따라서 약간 증가함을 알 수 있다. 그 이유는 제안된 라우팅 프로토콜은 경로 설정을 위한 노드들의 이동성 정보를 사용하기 때문이다. 노드들의 이동성이 증가함에 따라서 경로 설정을 위한 컨트롤 시그널(Route_REQ 및 Route_REP) 메시지들이 증가하기 때문이다.

VI. 결 론

본 연구에서는 모바일 Ad-hoc 무선 센서 네트워크에서 협력도움 라우팅 프로토콜을 제안한다. 제안된 라우팅 프로토콜의 주요한 특징은 다음과 같다. 첫째, 모바일 노드들의 이동성 정보를 이용한 엔트로피 기반의 안정된 라우팅 경로의 설정이다. 둘째, 향상된 SNR을 가지고 패킷 전달 효율을 (PDR: packet delivery ratio) 증가시키기 위해서 엔트로피 기반의 협력도움 데이터 전송 방법이다. 셋째, 기존의 연구가 주로 고정된 센서 노드들로 구성된 센서필드에서 이루어진 반면에, 본 연구에서는 센서필드에서 고정된 센서 노드들 뿐만 아니라 이동 노드들도 함께 고려한 이동 ad-hoc 무선 센서 네트워크(MAWSN) 관점에서 연구가 진행된다. 제안된 라우팅 프로토콜의 성능평가는 시뮬레이션과 이론적인 분석을 통하여 이루어졌다. 시뮬레이션을 위해서 랜덤 이동성 모델이 사용 되었다. 성능평가 결과로부터 시뮬레이션과 이론적인 분석이 유사하게 일치하고 우수한 성능을 보여 주었다. 특히 제안된 라우팅 프로토콜은 뛰어난 성능을 보여 주었다. 그 이유는 제안된 라우팅 프로토콜이 노드들의 이동성 정보를 이용한 엔트로피 기반에 두고 있기 때문이다.

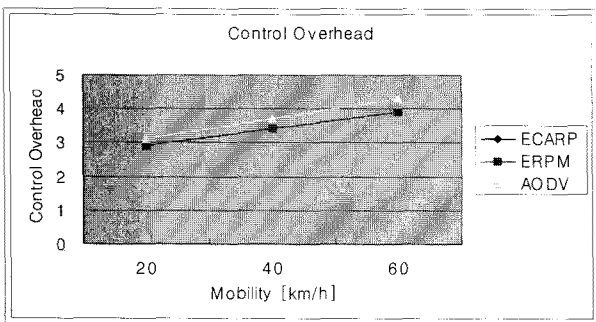


그림 6. 컨트롤 오버헤드/경로설정/노드
Fig. 6. Control overhead/route_setup/node.

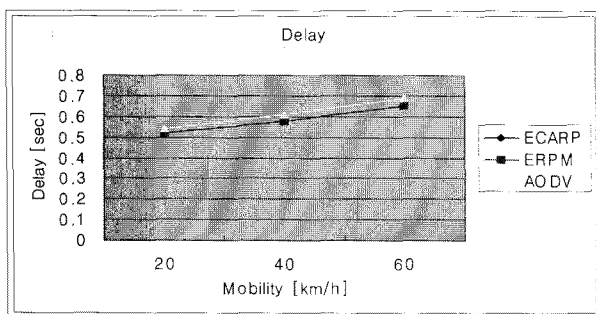


그림 7. 시간지연/경로설정
Fig. 7. Delay/route_setup.

참 고 문 헌

- [1] R. Ramanathan and M. Steenstrup, "Hierarchically-Organized, Multihop Mobile Wireless Networks for Quality-of Services Support," *ACM/Baltzer Mobile Networks and Applications*, vol.3, no.1, pp.101-119, 1998.
- [2] Ian F. Akyildiz, Weilian Su, Yogesh Sankarasubramanian, and Erdal Cayici, "A Survey on Sensor Networks," *IEEE Communications magazine*, pp.102-114, August 2002.
- [3] Beongku An, Symeon Pappavassiliou, "Supporting Multicasting in Mobile Ad-hoc Wireless Networks: Issues, Challenges and Current Protocols," *Wireless Communications and Mobile Computing (WCMC)*, vol. 2, issue 2, pp.115-130, March 2002.
- [4] Elizabeth M. Royer, Chai-Keong Toh, "A Review of Current Routing Protocols for Ad-hoc Mobile Wireless Networks," *IEEE Personal Communications*, pp. 46- 55, August 1999.
- [5] C.E Perkins and E.M. Royer, "Ad-Hoc on demand distance Vector Routing," *Proc. of WMCSA '99*, pp 90-100, February 1999.
- [6] A. Sendonaris, E. Erkip, and B. Aazhang, "User cooperation diversity-Part II: Implementation aspects and performance analysis," *IEEE Trans. Commun.*, vol. 51, pp. 1927 - 1938, November 2003.
- [7] J. N. Laneman, D. Tse, and G. Wornell, "Cooperative Diversity in Wireless Networks: Efficient Protocols and Outage Behavior," *IEEE Trans. Inform. Theory*, vol. 50, pp. 3062 - 3080, December 2004.
- [8] M. Valenti and N. Correal, "Exploiting Macrodiversity in Dense Multihop Networks and Relay channels," *Proc. of IEEE Wireless Commun. and Networking Conf. (WCNC)*, vol. 3, pp. 1877 - 1882, March 2003.
- [9] I. Hammerstroem, M. Kuhn, B. Rankov, and A. Wittneben, "Space-Time Processing for Cooperative Relay Networks," *Proc. of IEEE Vehicular Technology Conf. (VTC)*, October 2003.
- [10] P. Herhold, E. Zimmermann, and G. Fettweis, "A Simple Cooperative Extension to Wireless Relaying," *2004 Int. Zurich Seminar on Communications*, Zurich, Switzerland, Feb. 2004.
- [11] E. Zimmermann, P. Herhold and G. Fettweis, "On the Performance of Cooperative Relaying in Wireless Networks," *European Trans. on Telecommunications*, vol. 16, no. 1, January-February 2005.
- [12] Beongku An, Symeon Pappavassiliou, "An Entropy-Based Model for Supporting and Evaluating Stability in Mobile Ad-hoc Wireless Networks," *IEEE Communications Letters*, vol.6, issue 8, pp.328-330, August 2002.
- [13] Akira Shiozaki, "Edge Extraction Using Entropy Operator," *Computer Vision, Graphics, and Image Processing* 36, 1-9, 1986.
- [14] Xiaoyan Hong, Mario Gerla, Guangyu Pei and Ching-Chuan Chiang, "A Group Mobility Model for Ad-Hoc Wireless networks," *Proc. of ACM/IEEE MSWiM'99*, August 1999.

저 자 소 개



안 병 구(평생회원)
 1988년 경북대학교전자공학(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,
 2005년~2008년 Marquis Who's Who in Science
 and Engineering
 (세계과학기술 인명사전) 등재,
 2006년~2008년 Marquis Who's Who in the
 World (세계인명사전) 등재
 <주관심분야:Wireless Networks, Ad-hoc &
 Sensor Networks, Multicast Routing Protocols,
 Cross-Layer Technology, QoS, Mobility
 Management, Location-Based Technology>



이 주 상(학생회원)
 2006년 홍익대학교 컴퓨터정보
 통신공학과 (학사)
 2008년 홍익대학교 전자전산
 공학과(공학석사)
 2008년 3월~현재 홍익대학교
 전자전산 공학과 재학
 (박사과정)

<주관심분야 : Ad-hoc Networks, Sensor
 Networks, Routing, Cooperative Communication,
 Cross-Layer>