

논문 2009-46CI-4-7

레이리페이딩 환경의 모바일 Ad-hoc 무선 센서네트워크에서 신뢰성 및 전송효율을 효과적으로 지원하기 위한 ARQ를 사용하는 클러스터링 기반의 협력도움 라우팅

(Clustering-Based Cooperative Routing Using ARQ for Supporting
Reliability and Transmission Efficiency in Mobile Ad-hoc Wireless
Sensor Networks with Rayleigh Fading Channel)

이 주 상*, 안 병 구**

(Joo-Sang Lee and Beongku An)

요 약

본 논문에서는 레이리페이딩 환경의 모바일 Ad-hoc 무선 센서네트워크에서 신뢰성 및 전송 효율 서비스를 지원하기 위한 ARQ를 사용하는 클러스터링 기반의 협력도움 라우팅 프로토콜 (CCRA)을 제안한다. 제안된 CCRA의 주요한 특징 및 기여도는 다음과 같다. 첫째, 신뢰성 및 전송효율을 효과적으로 지원하기 위한 하부구조로서 모바일 노드들의 위치 정보를 이용한 클러스터링 방법을 사용한다. 둘째, 데이터 전송 효율을 향상시키기 위해서 하부구조로서 사용된 클러스터링 정보를 이용하는 협력전송 방법이 제안 사용된다. 셋째, 신뢰성 향상을 위해서 ARQ 기반 전송방법이 제안 사용된다. 넷째, 기존의 센서 네트워크는 주로 고정된 센서 노드들로 구성된 환경에서 많은 연구가 되어 왔지만, 본 연구에서는 노드들의 이동성을 고려한 클러스터링 기반 레이리페이딩 환경의 모바일 Ad-hoc 센서네트워크에서 연구가 이루어진다. 제안된 CCRA의 성능평가는 OPNET(Optimized Network Engineering Tool)을 사용한 시뮬레이션과 이론적 분석을 통하여 이루어진다. 성능평가를 통하여 제안된 프로토콜은 클러스터링 기반의 안정된 경로 설정 및 신뢰성 있는 전송을 통한 데이터 전송효율을 효과적으로 증가시킬 수 있음을 알 수 있다.

Abstract

In this paper, we propose a Cluster-based Cooperative Routing using ARQ (CCRA) for supporting both reliability and transmitting efficient service in mobile ad-hoc wireless sensor networks with Rayleigh fading environments. The main contributions and features of this paper are as follows. First, the clustering method which uses the position information of nodes as underlying structure for supporting reliable transmission services is used. Second, the cooperative data transmission method based on the underlying clustering informations is used to improve both reliability and data transmission efficiency. Third, the ARQ-based transmission is used to improve transmission reliability. Fourth, we consider a realistic approach, in the points of view of mobile ad-hoc wireless sensor networks, based on mobile sensor nodes as well as fixed sensor nodes in the sensor fields while the conventional research for sensor networks focus on mainly fixed sensor networks. The performance evaluation of proposed routing protocol implemented via simulation using Optimized Network Engineering Tool (OPNET) and theoretical analysis.

Keywords : Ad-hoc and Sensor Networks, Cooperative Transmission, Clustering, ARQ, Cross-Layer

* 학생회원, 홍익대학교 전자전공학과 (Electronic & Computer Engineering, Hongik University)

* 평생회원, 홍익대학교 컴퓨터정보통신공학과

(Department of Computer & Information Communications Engineering, Hongik University)

* This work was supported by the Korea Science and Engineering Foundation Grant.

(KOSEF-R01-2007-000-20400-0)

접수일자: 2009년5월29일, 수정완료일: 2009년7월3일

I. 서론

최근 유비쿼터스 환경이 활성화됨에 따라 센서 노드 상호간에 자율적으로 정보를 교환할 수 있는 모바일 ad-hoc 무선 센서 네트워크^[1]가 크게 각광 받고 있다. 전송 채널이 무선인 모바일 ad-hoc 무선 센서 네트워크에서는 유선과 다르게 많은 변수가 존재한다. 각 노드들은 제한된 전송 범위를 가지고 있으며 높은 BER(Bit Error Rate)과 노드의 이동에 따른 링크의 단절과 경로의 변화, 네트워크 단절 등의 특징을 나타나게 된다. 이러한 네트워크 환경에서 사용되고 있는 기존의 대표적인 ad-hoc 라우팅 프로토콜로는 DSDV^[2] 및 AODV^[3]가 있다. 최근에 DSDV^[2] 및 AODV^[3]의 문제점들을 좀더 효과적으로 해결하고 신뢰성 및 전송자원 최적화 서비스를 지원하기 위해서 협력통신(cooperative communication)^[4], 계층 간(cross-layer) 접근방법^[5] 등에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 전송 신뢰성 및 전송효율을 증가시키기 위해서 기존의 MIMO 등과 같은 기술은 사용이 매우 어려우므로 협력통신에 대한 많은 연구가 현재 이루어지고 있다. 현재까지는 협력통신에 관한 연구가 주로 싱글 홉(single-hop) 네트워크에서 이루어져왔다. 하지만, ad-hoc 및 센서 네트워크에 대한 연구가 활발하게 진행되면서 멀티 홉(multi-hop)에 대한 협력통신의 연구 또한 중요한 이슈로 대두되고 있다. 따라서 본 연구에서는 모바일 ad-hoc 무선 센서 네트워크 관점에서 협력통신에 관한 연구에 초점을 맞춘다^[1~4]. 유선망에서 사용되는 계층 구조는 구성이 간단하고 표준화하기 쉬운 장점을 가지고 있지만, 무선 환경에서 사용하기에는 적합하지 않다. 이러한 계층 구조의 단점을 극복하기 위해 제안된 개념이 계층 간(cross-Layer)^[5] 접근 방법이다. 모바일 ad-hoc 무선 센서네트워크에서 여러 가지 제약조건(예: 랜덤 이동성, 제한된 자원 등등) 때문에 신뢰성 서비스는 매우 중요하다. 본 논문에서는 모바일 ad-hoc 무선 센서네트워크에서 여러 가지 제약 사항을 극복하고 신뢰성 서비스를 효과적으로 지원하기 위한 전략을 제안한다.

본 논문은 다음처럼 구성되어 있다. II장에서는 제안된 협력도움 프로토콜 및 구조에 대해 설명하고, III장에서는 제안된 프로토콜 전략의 이론적인 분석에 대하여 설명을 한다. IV장에서는 시뮬레이션 및 이론적인 분석에 의한 성능평가 결과 값에 대하여 설명하고, 마

지막으로 V장에서는 본 논문의 결과와 향후과제에 대해 살펴보고 결론을 맺도록 한다.

II. 제안된 협력도움 라우팅 방법: CCRA

본 절에서는 제안된 시스템 구조의 기본 개념과 시스템 동작 구조에 대해 설명 한다.

2.1 기본개념

제안된 CCRA의 기본 개념은 다음과 같다. 첫째, 클러스터링^[6~7]을 사용하여 협력통신 및 신뢰성 서비스를 효과적으로 지원할 수 있는 하부구조로 사용한다. 둘째, 전송효율 향상을 효과적으로 지원하기 위해서 하부구조로 사용되는 클러스터링 정보 중에서 클러스터가 접치는 노드들인 게이트웨이를 릴레이 노드로 사용하는 협력전송 방법을 제안 사용한다. 셋째, 신뢰성 전송 서비스를 지원하기 위해서 ARQ 개념을 함께 사용하는 전송 방법을 제안 사용한다.

그림 1을 사용하여 CCRA의 기본 개념을 단계별로

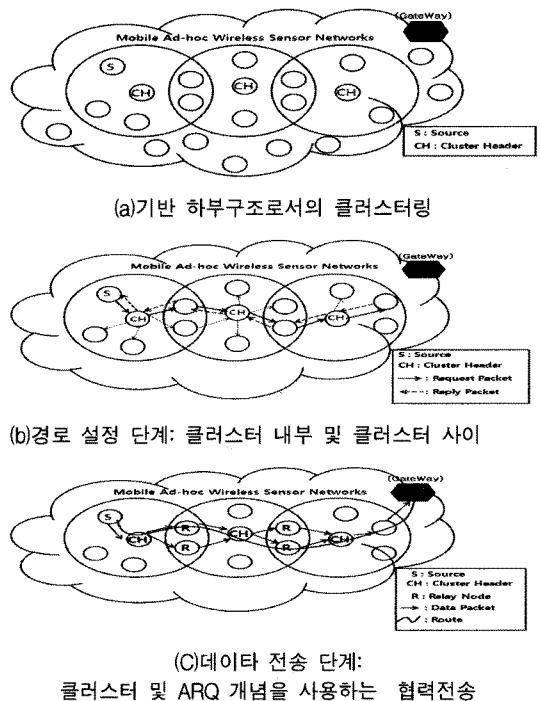


그림 1. 클러스터링 기반의 협력도움 ARQ 라우팅 방법
Fig. 1. Clustering-Based Cooperative Routing Using ARQ.

설명하면 다음과 같다. 그림 1. (a)는 CGSR^[6-7] 개념을 이용하여 클러스터링 하는 것을 보여준다. CGSR 프로토콜은 ad-hoc 무선 네트워크에서 한-홉(one-hop) 거리에 있는 노드들을 단위 네트워크(클러스터)로 구성한다. Ad-hoc 노드 그룹에 클러스터 헤드(cluster-head) 제어를 돕으로써 코드분리, 채널접근, 라우팅, 대역폭 할당을 위한 프레임워크가 가능하다. CGSR은 DSDV를 기본 골격으로 하지만 DSDV와 같이 많은 오버헤드가 있다. 본 논문에서는 CGSR과 DSDV의 단점인 많은 오버헤드를 줄이기 위해 테이블 기반(Table Driven) 방식의 DSDV 라우팅 프로토콜이 아닌, 요구기반(On-Demand) 방식의 AODV 라우팅 프로토콜을 이용하여 주기적으로 브로드캐스트 하지 않고 클러스터의 변화가 생길 때 또는 사용자의 요청이 있을 때에 브로드캐스트 하게 된다. 또한, CGSR을 이용하여 클러스터가 겹치는 부분의 노드들을 릴레이 노드로 사용함으로써 보다 높은 전송 이득을 얻을 수 있다. 그림 1. (b)는 클러스터 내부 및 목적지 노드를 향한 클러스터 사이의 경로 설정 과정을 보여 준다. 클러스터링을 하고 난후 소스 노드(source node)에서 클러스터 헤드 노드, 게이트웨이 노드 등을 거쳐서 목적지 노드(destination node)까지 리퀘스트 패킷(request packet)을 브로드캐스트(broadcast) 하고 목적지 노드에서 리퀘스트 패킷을 수신한 후 리퀘스트 라우팅 테이블을 참조 하여 리플라이 패킷(reply packet)을 클러스터 헤드 노드, 게이트웨이 노드 등을 거쳐서 소스 노드로 전송 한다. 그림 1. (c)는 경로 형성이 끝난 후 데이터 패킷을 소스에서 목적지로 전송할 때 전송 효율을 증가시키기 위한 클러스터 기반 협력전송^[4]과 ARQ 개념^[8-9]을 사용하는 신뢰성 전송 방법을 보여준다. 소스노드에서 클러스터 헤드로 보낸 데이터 패킷을 릴레이 노드를 경유하여 다음 클러스터 내에 있는 클러스터 헤드로 협력통신을 하여 전송하고 클러스터 헤드는 Selection Combine(SC) 기술을 사용하여 신호의 세기가 더 큰 신호를 선택함으로써 다중의 경로 중에 더 안정적인(즉, 경로의 SNR이 더 높은) 경로를 통해 패킷을 전송함으로써 보다 높은 SNR 이득을 향상 시킨다(즉, 전송 효율의 증가). 또한 경로상에 있는 각 노드들이 데이터 패킷을 수신 하지 못했을 경우에는 이전 노드에게 ARQ 메시지를 전송하여 재전송 하게 하는 라우팅 프로토콜을 제안 사용한다. 제안된 ARQ 방법은 III장 이론적 분석에서 자세히 설명한다.

2.2 동작과정

본 절에서는 제안된 CCRA 라우팅 프로토콜의 동작 과정을 단계별로 자세하게 설명한다.

Step 1 : 하부구조로서의 클러스터링 구성

CGSR방법^[6-7] 및 LCC(least cluster change) 방법을 함께 사용하여 클러스터링을 수행한다(클러스터링에 대한 기본 개념은 2.1 절에 상세하게 설명되어 있음). 클러스터링 후에 하나의 클러스터는 하나의 클러스터 헤드 노드가 존재하게 되며 같은 클러스터 내에 존재하는 모든 노드들은 같은 클러스터 ID를 공유한다. 클러스터 헤드 노드는 같은 클러스터 내에 있는 모든 노드들의 정보(예: 노드 ID 등)를 가진다.

Step 2 : 라우팅 경로 설정

소스 노드 S는 경로 요청 (Route_Request : RREQ) 메시지를 생성하여 클러스터 헤드 노드들로 전송한다. RREQ 메시지는 소스노드의 ID, 클러스터 ID, 목적지 노드 ID 등이 포함되어 있다. 클러스터 헤드 노드는 소스 노드의 RREQ 메시지를 수신한 후 이웃의 클러스터 헤드로 메시지를 방송한다. 이때 클러스터 헤드 끼리 직접 통신을 하는 것이 아니라 클러스터 멤버노드들을 이용하여 통신을 하며, 클러스터 헤드 노드가 같은 경로로 전송되지 않은 RREQ 메시지를 받으면 RREQ 테이블에 소스 노드 ID와 RREQ 메시지를 송신한 노드 및 시퀀스 넘버(소스 노드로 부터의 홉수)를 저장한 다음 RREQ 메시지를 이웃 노드(클러스터 멤버)들에게 전송한다. 여기서 RREQ 메시지에 포함된 정보는 소스 노드 ID 및 현재 노드의 ID, 시퀀스 넘버 등의 정보가 포함된다. 목적지 노드는 RREQ 메시지를 수신하면, 경로 응답(Route_Reply : RREP) 메시지를 생성하여 RREQ 테이블에 저장되어 있는 루트 정보를 이용하여 RREQ 메시지가 거처온 경로(클러스터 헤드 노드, 게이트웨이 등등)를 역순으로 하여 RREP 메시지를 소스노드로 전송한다. RREP 메시지는 소스노드 ID 및 목적지 노드 ID 정보를 포함하고 있다.

Step 3 : 협력통신을 이용한 데이터 전송

RREP 메시지를 수신한 소스 노드 S는 라우팅 테이블정보를 이용하여 설정된 경로를 경유하여 목적지 노드로 데이터 메시지를 전송한다. 그림 1 (c) 는 협력통신을 이용한 데이터 메시지 전송을 보여주고 있다.

클러스터 헤드 노드는 협력통신에 의해서 멀티플(multiple)로 수신된 데이터 메시지 중에서 SC(selection combine) 방법을 사용하여 신호 세기가 더 큰 데이터 메시지를 선택한다.

Step 4 : ARQ를 이용한 재전송

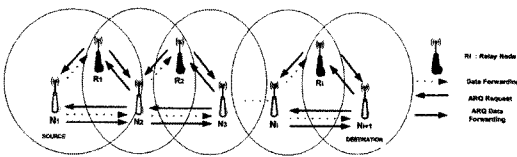
데이터 메시지를 클러스터 헤드 노드가 수신을 하지 못했을 경우에는 이전 노드(릴레이 노드 혹은 이전 클러스터 헤드 노드)로 재전송 요구(Selective Repeat Route ARQ : SRRR)^[8-9] 메시지를 전송한다. 이때 SRRR 방법을 이용하여 오류가 난 경로를 선택하여 재전송 메시지를 전송한다.

Step 5: 목적지 노드 데이터 메시지 수신

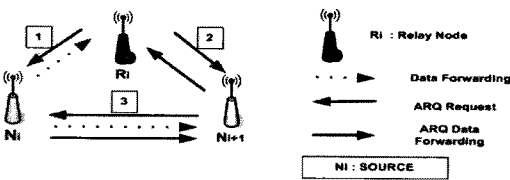
클러스터 멤버 노드 및 클러스터 헤드 노드는 목적지 노드가 데이터 메시지를 받을 때 까지 Step 3-Step 4의 동작과정을 반복하여 수행한다.

III. 이론적 분석

그림 2처럼 클러스터링된 모바일 ad-hoc 무선 센서 네트워크를 가정한다. 클러스터링은 2.1 절에서 설명된 방법을 사용한다. 본 이론적 분석에서는 신뢰성 및 전송 효율향상을 위해 클러스터 기반에서 ARQ방법^[8-9]을 사용하는 협력 전송방법을 설명한다. 기본 개념은 그림 2(a) 처럼 소스 노드 N_1 에서 $N_2 \dots N_{i+1}$ 로 직접 통신과 릴레이 노드 $R_1, R_2 \dots R_i$ 를 이용하여 목적지



(a)클러스터링된 ad-hoc 네트워크에서의 협력전송



(b)신뢰성 향상을 위한 ARQ

그림 2. ARQ를 사용하는 협력전송 방법
Fig. 2. Method of Cooperative Transmission Using ARQ.

노드 N_{i+1} 까지 협력통신을 한다. 그림 2(b)는 클러스터 헤드 노드가 데이터를 받지 못했을 때 ARQ방법을 보여주고 있다. 클러스터 헤드 노드가 각 채널 2, 3을 통해 들어온 데이터를 받지 못했을 때 N_i (이전 클러스터 헤드 노드)와 R_i (릴레이 노드) 또는 두 노드 중 한 노드로 데이터 재전송 요구를 하게 된다. 모든 노드들은 랜덤 하게 네트워크에 분포되고 두 노드 사이의 채널은 레일리 페이딩 환경이다.

노드 i 에서 전송한 데이터를 노드 j 가 받았을 때 수신 신호는 심볼 n 을 통해 다음 식(1)과 같이 나타낸다.

$$r_{i,j}(n) = \sqrt{Pd_{i,j}^{-\alpha}} h_{i,j} s(n) + \eta_j(n) \tag{1}$$

식(1)에서 P 는 전송 전력(power) 이고, $d_{i,j}$ 는 노드 i 와 노드 j 사이의 거리이다. α 는 전송손실(path loss)을 나타내며, 노드 i 와 노드 j 사이의 페이딩 계수(fading coefficient)이다. $s(n)$ 은 단위 전력을 가지고 노드 i 에 의해서 전송된 신호를, $\eta_j(n)$ 은 노드 j 에서 AWGN 잡음(variance $\frac{N_0}{2}$)을 나타낸다.

3.1 Outage Analysis

소스노드와 목적지 노드까지의 직접 통신과 협력통신의 Outage Probability는 식(2)와 같이 나타낸다.

$$P_{out}(i) = P_r [I_{N_i, N_{i+1}} < R] \tag{2}$$

식(2)에서 $I_{N_i, N_{i+1}}$ 은 N_i 와 N_{i+1} 사이의 상호 정보이며, R 은 SNR의 threshold (target rate of the system) 값이다.

3.2 직접통신(Direct transmission)

소스 노드에서 목적지 노드까지 릴레이 노드를 통한 협력통신 없이 직접 통신을 할 때 노드 i 에서 Outage Probability는 식(3)과 같이 나타낸다.

$$\begin{aligned} P_{out}^{DT}(i) &= \Pr[I_{N_i, N_{i+1}} < R] = \Pr[\log(1 + \frac{Pd_{N_i, N_{i+1}}^{-\alpha} |h_{N_i, N_{i+1}}|^2}{N_0}) < R] \\ &= \Pr \left[|h_{N_i, N_{i+1}}|^2 < \frac{(2^R - 1)N_0 d_{N_i, N_{i+1}}^\alpha}{P} \right] \end{aligned} \tag{3}$$

식(4)에서 $h_{N_i, N_{i+1}}$ 은 레일리 분포를 나타내며, $|h_{N_i, N_{i+1}}|^2$ 는 exponential 분포를 지닌다. 우리는 $|h_{N_i, N_{i+1}}|^2$ 의 CDF

를 사용함으로 아래 식(4)와 같이 직접 통신시의 Outage probability를 쉽게 계산할 수 있다.

$$P_{out}^{DT} = 1 - \exp\left(-\frac{(2^R - 1)N_0 d_{N_i, N_{i+1}}^\alpha}{P}\right) \quad (4)$$

3.3 ARQ를 사용하는 협력통신

본 절에서는 신뢰성 및 전송 효율 향상을 위해서 제안된 ARQ 기반 협력전송 방법을 그림 2 (b)를 사용하여 설명한다. 본 논문에서는 제안된 ARQ 기반 협력통신 방법은 식 (5)처럼 표현된다.

$$P_{out}^{ARQ}(i) = P_r [I_{N_i, N_{i+1}} < R] P [I_{N_i, R_i} < R] + P_r [I_{N_i, N_{i+1}} < R] * (1 - P_r [I_{N_i, R_i} < R] P_r [I_{N_i, N_{i+1}} < R]) \quad (5)$$

식(5)는 1번 경로 성공 시 2번과 3번 경로에서의 데이터가 실패했을 때 3번 경로에만 ACK 패킷을 보내 재전송을 요구한다.

IV. 성능 평가

4.1 시뮬레이션 시나리오

제안된 프로토콜의 성능평가는 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 랜덤 하게 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. 라우팅시 노드들의 라디오 거리는 최대 250m로 가정한다. 하지만, 협력통신을 사용한 데이터 전송에서는 고정된 라디오 거리(250m)는 사용되지 않는다. 본 시뮬레이션에서는 랜덤 이동성 모델(Random mobility model)을 사용하였다. 랜덤 이동성 모델에서 각 이동 노드들의 속력은 $[0, v_{max}]$ km/h 범위, 방향은 $[0, 2\pi]$ 범위에서 일정하게 분포(uniformly distributed)되어 있다. 시뮬레이션 time_tick(Δ_t) 구간마다 모든 노드들은 랜덤한 속도와 랜덤한 방향으로 이동 한다. 본 논문에서 시뮬레이션 time_tick(Δ_t) 구간은 5 sec를 사용하였다.

4.2 이론적 분석에 대한 성능평가

그림 3은 데이터 전송시에 SNR이득을 구하는 방법에 대해 설명한다. 협력통신을 받는 N_2, N_3 에서 SNR을 계산한다. N_2 는 N_1 과 R_1 에서 보낸 데이터의 SNR이득을 계산하여 저장한다. N_3 에서도 N_2 와 같이 N_2 와 R_2 에서 보낸 데이터의 SNR 이득을 계산하여 저장한다. 이와 같이 N_i 에 대한 SNR정보를 가지고 N_2 에서 계산을 하고 목적지 노드 N_i 가 최종적으로 SNR을 이득을 식 (6)처럼 얻을 수 있다.

$$P_{out}^{Total}(i) = 1 - \sum_{i=1}^M (1 - P_{out}^{DT}(i)) \sum_{i=2}^M (1 - P_{out}^{ARQ}(i)) \quad (6)$$

식(6)에서 M 은 성공적으로 릴래리 노드를 선택한 홉수를 나타내며, S 는 M 의 부분 집합이고, 모든 홉은 독립적이다. 따라서 M -홉 협력통신 라우팅 루트의 중간 outage probability는 각 홉의 outage probability의 간단한 곱으로 나타낼 수 있다. 본 장에서는 성능평가를 위해서 outage probability 평균을 계산하여 사용하였다. 한 경로의 평균 outage probability는 다음 식(7)과 같이 나타낸다.

$$\overline{P_{out}^{Total}} = 1 - (1 - P_{out}^{DT})^{\overline{m} - \overline{n}} (1 - P_{out}^{ARQ})^{\overline{n}} \quad (7)$$

마지막으로 한 경로의 PDR의 값은 대략적으로 아래 식 (8)과 같이 나타 낼 수 있다.

$$PDR \approx 1 - \overline{P_{out}^{Total}} = 1 - (1 - P_{out}^{DT})^{\overline{m} - \overline{n}} (1 - P_{out}^{ARQ})^{\overline{n}} \quad (8)$$

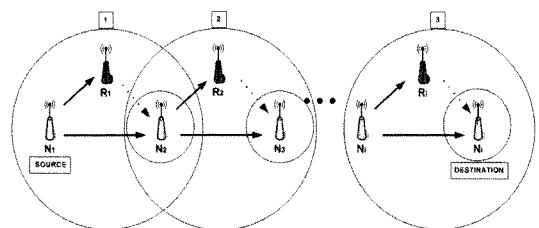


그림 3. 협력도움 ARQ 라우팅 SNR 이득
Fig. 3. Profit of SNR in Cooperative routing using ARQ.

4.3 성능측정 파라미터

- PDR(Packet Delivery Ratio) : 소스에서 보낸 패킷을 목적지에서 받은 비율을 나타낸다.
- Control Overhead : 경로를 형성하기 위해서 요구되는 시그널 오버헤드를 나타낸다.

- Delay : 경로 형성에 요구되는 지연 시간을 나타낸다.

4.4 시뮬레이션 결과

그림 4, 그림 5, 그림 6은 모바일 노드들의 고정된 이동속도(mobility speed)가 주어졌을 때 SNR함수로서의 PDR 값을 나타내고 있다. 그림에서와 같이 SNR 값이 커질수록 PDR의 값이 증가함을 볼 수 있다. 그 이유는, SNR이득이 높으면 목적지에서의 데이터 메시지 수신율이 높아지기 때문이다. 그리고 이동속도가 증가함에 따라서 PDR 값이 상대적으로 감소함을 알 수 있

다. 이것은 노드들의 이동속도가 증가하면 설정된 경로의 단정 현상이 더 자주 발생하기 때문이다. 또한, 제안된 CCRA 시뮬레이션과 이론적인 분석 결과가 매우 일치하고, AODV 보다 상대적으로 성능이 우수함을 알 수 있다. 이것은 CCRA 는 하부구조로 클러스터링과 그 정보를 이용한 협력전송 및 신뢰성 향상을 위한 ARQ 방법을 함께 사용하기 때문이다.

그림 7, 그림 8, 그림 9 는 SNR 값이 고정되었을 때 모바일 노드들의 이동속도(mobility speed)의 함수로서 PDR을 보여 주고 있다. 그림에서와 같이 이동속도가

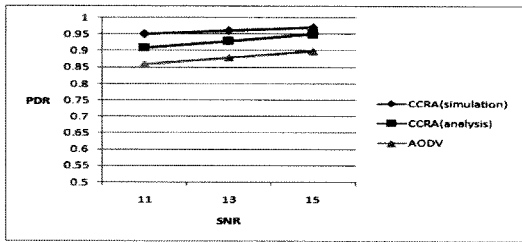


그림 4. SNR함수로서 패킷 전달효율($v_{max}=20$ km/h)
 Fig. 4. Packet delivery ratio(PDR) as of a function of SNR when the $v_{max}=20$ km/h.

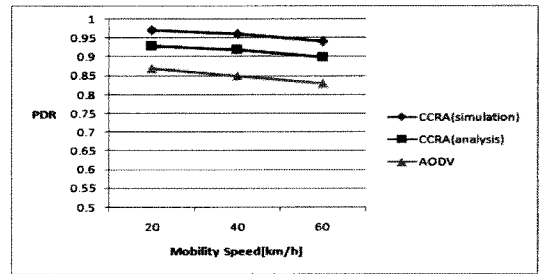


그림 7. 이동성 함수로서 패킷전달효율 (SNR=11dB)
 Fig. 7. Packet delivery ratio (PDR) as of a function of mobility speed when the SNR=11dB.

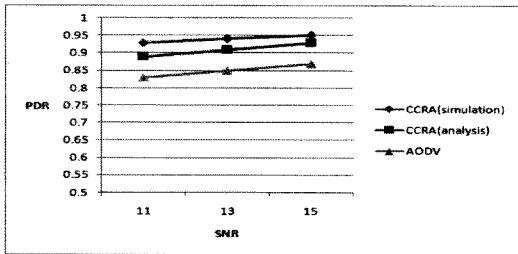


그림 5. SNR 함수로서 패킷 전달효율($v_{max}=40$ km/h)
 Fig. 5. Packet delivery ratio(PDR) as of a function of SNR when the $v_{max}=40$ km/h.

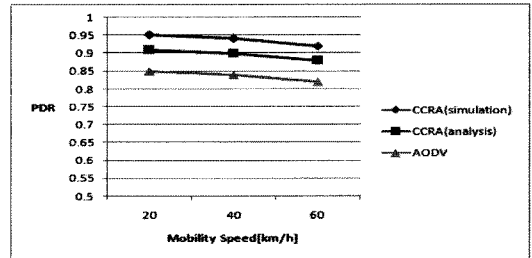


그림 8. 이동성 함수로서 패킷전달효율(SNR=13dB)
 Fig. 8. Packet delivery ratio(PDR) as of a function of mobility speed when the SNR=13dB.

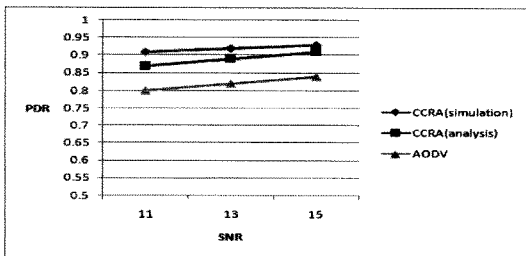


그림 6. SNR함수로서 패킷 전달효율($v_{max}=60$ km/h)
 Fig. 6. Packet delivery ratio(PDR) as of a function of SNR when the $v_{max}=60$ km/h.

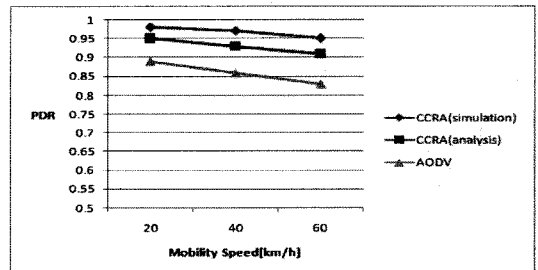


그림 9. 이동성 함수로서 패킷전달효율(SNR= 15dB)
 Fig. 9. Packet delivery ratio(PDR) as of a function of mobility speedwhen the SNR=15dB.

높아질수록 PDR값이 감소함을 볼 수 있다. 그 이유는, 노드의 이동성이 증가함으로 경로의 단절이 일어나는 횟수가 증가하기 때문에 데이터 패킷을 수신할 확률이 낮아지기 때문이다. 또한, SNR 값이 증가함에 따라서 상대적으로 PDR 값이 증가함을 알 수 있다. 이것은 SNR 이득이 높으면 상대적으로 목적지에서의 데이터 패킷 수신율이 증가하기 때문이다. 그림 7, 그림 8, 그림 9에서 보듯이 제안된 CCRA 시뮬레이션과 이론적인 분석 결과가 매우 일치하고, AODV 보다 상대적으로 성능이 우수함을 알 수 있다. 이것은 CCRA 는 하부구조로 클러스터링과 그 정보를 이용한 협력전송 및 신뢰성 향상을 위한 ARQ 방법을 함께 사용하기 때문이다.

그림 10은 경로 설정을 위한 컨트롤 오버헤드(control overhead for route creation)를 랜덤 이동성 환경에서 SNR 값을 고정하고 (SNR=15dB), 모바일 노드들의 이동성 함수로 각각 보여주고 있다. 컨트롤 오버헤드는 노드의 이동성이 증가함에 따라서 약간 증가함을 알 수 있다. 그 이유는, 노드들의 이동성이 증가함으로써 리퀘스트(RREQ) 및 리플라이(RREP) 컨트롤 시그널 메시지 횟수가 증가하기 때문이다. 하지만, 제안된 CCRA의 컨트롤오버헤드 값이 상대적으로 높은 값을

나타내고 있다. 이것은 CCRA는 하부구조로서 클러스터링을 구성하기 때문에 컨트롤 시그널 값이 증가하기 때문이다.

그림 11은 경로 설정을 위한 시간지연(delay for route setup)을 SNR 값을 고정했을 때 (SNR=15dB) 랜덤 이동성 환경에서 모바일 노드들의 이동성 함수로 각각 보여주고 있다. 그림 11에서 보는 것처럼 시간지연은 노드의 이동성이 증가함에 따라서 약간 증가함을 알 수 있다. 그 이유는, 노드의 이동성이 증가함에 따라서 경로 설정을 위한 리퀘스트 및 리플라이 컨트롤 시그널 메시지가 증가하기 때문이다. 여기서 CCRA의 경로를 설정하는데 요구되는 지연시간이 AODV 보다 우수한(지연시간이 적음) 것은 CCRA는 하부구조로서 클러스터를 구성하고 있기 때문에 경로설정에 대한 사전정보를 보유할 수 있기 때문이다. 즉, CCRA 는 클러스터 내부에는 테이블 드리븐 방식(table driven) 방식을 사용하고, 클러스터 사이에서는 요구기반 방식(on-demand) 방식을 사용하기 때문이다. 반면에 AODV 는 단지 요구기반 방식을 사용한다.

V. 결 론

본 연구에서는 레일리페이딩 환경의 모바일 Ad-hoc 무선 센서네트워크에서 신뢰성 및 전송효율 서비스를 지원하기 위한 ARQ를 사용하는 클러스터링 기반의 협력도움 라우팅(CCRA)을 제안한다. 본 논문에서는 전송 신뢰성 향상을 위해서 4가지의 ARQ기반 협력도움전송 모델을 제시하고 있으나, 본 논문에서는 한 가지 방법(식(5))에 대한 성능평가가 이루어 졌다. 나머지 3가지 모델에 대한 성능평가가 현재 진행 중에 있다. 제안된 CCRA에 대한 성능평가는 OPNET을 사용한 시뮬레이션과 이론적인 분석을 통하여 이루어 졌다. 성능평가 결과에서 시뮬레이션과 이론적인 분석이 근소한 차이를 보이지만 유사하게 일치하고 기존의 라우팅 프로토콜(AODV)보다 우수한 성능을 보여 주었다. 특히 성능평가를 통하여 제안된 프로토콜은 클러스터링 기반의 안정된 경로 설정 및 신뢰성 있는 전송을 통한 데이터 전송효율을 효과적으로 증가시킬 수 있음을 알 수 있다. 현재 본 논문의 연구진들은 지금까지의 연구된 결과를 바탕으로 하여 멀티캐스트 라우팅과 계층 간(cross-layer) 접근 방법에 연구력을 집중하고 있다.

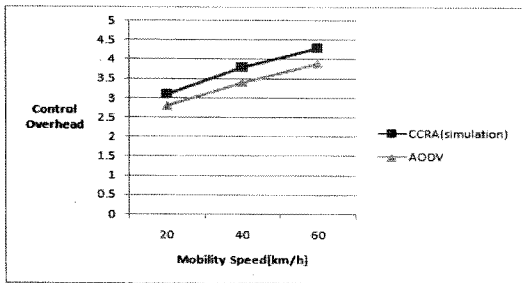


그림 10. 이동성 함수로서 Control Overhead (SNR=15dB)
Fig. 10. Control overhead/route_setup/node when the SNR = 15dB.

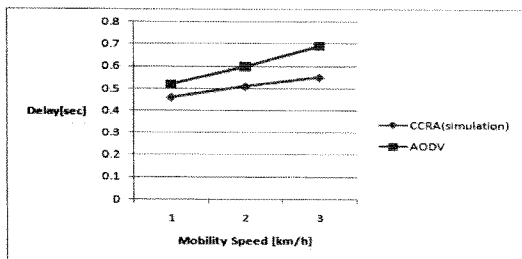


그림 11. 이동성 함수로서 시간지연/경로설정 (SNR=15dB)
Fig. 11. Delay/route_setup when the SNR=15dB.

참 고 문 헌

[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] C.E. Perkins and P. Bhagwat, "Highly Dynamic Destination-Sequenced Distance - Vector Routing (DSDV) for Mobile Computers," Comp. Comm. Rev., pp.234-244, October 1994.

[3] C. E. Perkins and E. M. Royer, "Ad-hoc on-demand distance vector routing," Mobile Computing Systems and Applications, Proc. of WMCSA '99, Second IEEE Workshop, pp. 90-100, February 1999.

[4] Pan Zhou, Wei Liu, Kanru Xu, "An Energy-efficient Multihop Cooperative Transmission Protocol Design for Sensor Networks," Proc. of Local Computer Networks 2007, pp.220-222, October 2007.

[5] Yung-Sze Gan and Sandrine Masson, Gregoire Guibe, "Cross-Layer Optimization of OLSR with a clustered MAC," Proc. of MILCOM 2006, pp.1-7, October 2006.

[6] Rui Xu and Donald Wunsch, "Survey of Clustering Algorithms," IEEE TRANSACTIONS NEURAL NETWORKS, vol 16, no.3, May 2005.

[7] C. C. Chiang, "Routing in Clustered Multihop, Mobile Wireless Networks with Fading Channel," Proc. of IEEE SICON'97, pp.197-211, April 1997.

[8] Vitaliy Tykhomyrov and Alexander Sayenko, "On ARQ feedback intensity of the IEEE 802.16 ARQ mechanism," Proc. of ICT 2008, pp.1-6, June 2008.

[9] H. LOU and A. S. Cheung, "Performance of Punctured Channel Codes With ARQ For Multimedia Transmission in Rayleigh Fading Channels," Proc. of Mobile Technology for the Human Race 1996, pp.282-286, May 2006.

저 자 소 개



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

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



안 병 구(중신회원)
 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, Cooperative Communications, QoS, Mobility Management, Location-Based Technology>