

하이브리드 애드 혹 네트워크에서의 에너지 예측모델을 이용한 라우팅 알고리즘

Routing Protocol for Hybrid Ad Hoc Network using Energy Prediction Model

김 태 경*
Tae-Kyung Kim

요 약

하이브리드 애드 혹 네트워크는 통합 네트워크로서 홈 네트워크, 텔레매틱스, 센서 네트워크 등에서 다양한 종류의 서비스를 제공할 수 있다. 특히 애드 혹 네트워크의 각 노드는 이웃 노드들에 데이터를 전송해야 하므로, 전체 에너지의 사용량을 줄이면서, 균형적으로 에너지를 사용하게 해야 한다. 균형적으로 에너지를 사용하지 않으면 부하가 걸린 노드에서 빠른 시간 내에 노드 전송 실패가 나타날 수 있으며, 이는 네트워크의 분할 및 네트워크의 기능제공 시간이 단축되는 것을 의미한다. 그러므로 본 논문에서는 에너지의 효율성을 고려한 라우팅 알고리즘에 관한 연구를 수행하였다. 제안한 알고리즘에서는 예측모델을 이용해 각 노드의 에너지의 잔량을 예측하므로, 라우팅 경로의 설정시 에너지 정보를 얻기 위한 많은 부하를 감소시킬 수 있으며, 전체 노드에 걸쳐 에너지의 사용을 균형적으로 사용하게 할 수 있다. 이에 따라 에너지의 손실의 감소 및 네트워크의 가용시간을 연장할 수 있다.

Abstract

Hybrid ad hoc networks are integrated networks referred to Home Networks, Telematics and Sensor networks can offer various services. Specially, in ad hoc network where each node is responsible for forwarding neighbor nodes' data packets, it should not only reduce the overall energy consumption but also balance individual battery power. Unbalanced energy usage will result in earlier node failure in overloaded nodes. it leads to network partitioning and reduces network lifetime. Therefore, this paper studied the routing protocol considering efficiency of energy. The suggested algorithm can predict the status of energy in each node using the energy prediction model. This can reduce the overload of establishing route path and balance individual battery power. The suggested algorithm can reduce power consumption as well as increase network lifetime.

□ keyword : 하이브리드 애드 혹 네트워크, 라우팅 알고리즘, 예측 모델, Hybrid ad hoc network, Routing Algorithm, Prediction Model

1. 서 론

급속한 과학기술의 발달로 인하여 이동통신 네트워크 환경에서 유비쿼터스 네트워크 환경으로 빠르게 발전하고 있다. 이에 따라 유비쿼터스 네트워크의 핵심기술인 센서 네트워크에 대한 관심

이 점차 높아지고 있는 상황이다. 센서 네트워크 기술은 노드들이 스스로 네트워크를 구성해야 하는 자동구성 특징과 라우터와 데이터 소스의 두 가지 역할을 동시에 수행한다는 점에서는 애드 혹 네트워크의 일종이라고 볼 수 있다.

하이브리드 애드 혹 네트워크[1]는 통합된 네트워크로 홈 네트워크, 텔레매틱스, 센서 네트워크 분야의 다양한 유비쿼터스 플랫폼에서 적용 가능하여, 중요한 연구 이슈로 부각되고 있다. 또한 센

* 정 회 원 : 서울신학대학교 교양학부 교수

tkkim@stu.ac.kr

[2008/05/15 투고 - 2008/05/22 심사 - 2008/06/17 심사완료]

서의 활용성이 높아지면서, 다양한 센서 자원들을 활용하는 연구가 많이 수행되고 있다. 센서의 자원이란 '사람, 소프트웨어 프로그램 또는 다른 자원에 의해서 사용 되어질 수 있는 개체'를 의미한다. 이것은 서비스의 객체, CPU, 저장 공간, 통신 채널, 소프트웨어 필터, 데이터, 하드웨어 기기 또는 다른 사용자가 될 수도 있다.

네트워크 기술의 발전과 함께 사용자들이 요구하는 서비스의 종류는 다양해지고 있으며, 특히 이들은 대용량의 실시간 데이터 처리를 요구하고 있는 실정이다. 그러나 무선 이동 네트워크의 제약으로 인해 원활한 서비스 제공이 어렵다. 따라서 이동 노드의 배터리 제약을 고려한 라우팅 프로토콜이 필요하며 이를 통해 동적 네트워크 토폴로지의 변화로 인한 경로의 설정과 유지가 용이해야 한다. 그러나 기존 애드 혹 라우팅 방식인 *proactive*와 *reactive* 방식의 라우팅 프로토콜은 경로 설정과 유지를 위한 부하의 증가로 인해 동적 네트워크 환경에서는 적합하지 않은 특성을 가지고 있다. 또한 애드 혹 네트워크에서 에너지를 고려한 다양한 라우팅 연구가 많이 진행되고 있지만, 통합 환경에 적용하기에는 적절하지 못한 특성을 가지고 있다. 이는 대부분의 방식들이 에너지 소모량이 적은 경로를 설정하기 위해 각 링크에서 전송 시 필요한 에너지 양 또는 각 노드의 에너지 잔량 등의 부가적인 정보를 주기적인 통신을 통해 얻게 되며, 이는 부하의 증가로 나타날 수밖에 없기 때문이다. 본 논문에서는 이동 노드들에 대해서 에너지 예측 모델을 이용하여 각각의 에너지 잔량들을 파악하여, 정보를 획득하기 위한 부하를 줄임으로서 제한된 에너지를 효율적으로 사용할 수 있는 방안을 제공하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 에너지 효율성을 고려한 라우팅 기법에 대해서 정리하였으며, 3장에서는 제안한 알고리즘을 소개하였다.

4장에서는 시뮬레이션을 통해 제안한 알고리즘의 성능을 분석하였으며, 5장에서는 결론 및 향후 연구 계획에 대해서 정리를 하였다.

2. 관련 연구

에너지의 효율성을 고려한 연구는 다양하게 수행되고 있다. 특히 이동 애드 혹 네트워크에서는 노드의 수행시간이 가장 중요한 요소이므로 이에 대한 연구가 중요한 요소 중의 하나이다. 에너지를 고려한 라우팅의 기법은 다음의 (표 1)과 같다 [2]. (표 1)에서 제시한 바와 같이 기존의 에너지 사용량을 고려한 라우팅 프로토콜들은 하이브리드 네트워크에서 사용하기에는 적합하지 않은 특성을 가지고 있다. 그러므로 본 연구에서는 *Load Distribution* 접근방식을 이용하되 에너지의 현재 잔량을 추가적인 부하를 최소로 하여 파악할 수 있는 알고리즘을 제시하였다. *Load Distribution* 방식은 최단 경로를 찾는 방식이 아니라, 모든 모바일 노드들의 에너지 사용량을 균형 있게 사용하도록 하는 방법으로, 일정한 노드가 과부하에 걸리지 않고 긴 네트워크 사용시간이 보장된다는 것이 장점이다.

성능을 예측하기 위한 모델에는 여러 가지 방법이 있으나, 그 중 노드들의 에너지 잔량을 파악하기 위한 방법으로 통계적인 예측방법 [3,4,5]를 사용할 수 있다. 이 방식은 과거의 데이터를 기반으로 예측을 하는 방식이다. 과거의 자료들은 각 노드별로 유지되며, 이 자료들을 이용해서 각 노드들에 대하여 에너지의 가용량에 대한 추가적인 질의 없이 각 노드의 에너지 남아있는 양을 파악할 수 있다. 이러한 통계적인 방법의 장점으로는 장비나 알고리즘의 내부 설계에 대한 직접적인 지식이 없어도 사용될 수 있다는 것이다.

(표 1) 에너지 사용량을 고려한 라우팅 프로토콜

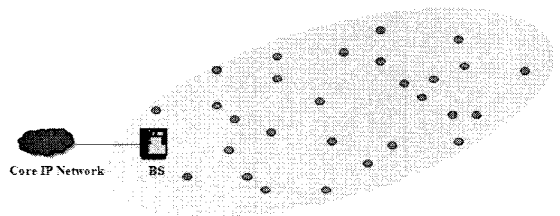
분류	관련 프로토콜	특성
Load Distribution	<ul style="list-style-type: none"> Localized Energy Aware Routing[9] Conditional Max-Min Battery Capacity Routing[10] 	<ul style="list-style-type: none"> active 상태에서 통신 에너지를 최소화하는 방식 에너지를 최소로 하여 목적지까지 패킷을 전달하는 라우팅 경로 탐색 노드들의 에너지의 잔량을 파악하여 에너지 사용량을 분산 다른 노드들의 에너지 량을 알고 있어야 하므로 추가적인 부하 발생
Sleep/Power Down Mode	<ul style="list-style-type: none"> SPAN Geographic Adaptive Fidelity Prototype Embedded Network 	<ul style="list-style-type: none"> inactive 상태의 에너지를 최소화하는 방식 대표 노드를 선정하여 active 상태의 노드 수를 최소한으로 줄이는 방식 주기적인 메시지 교환 등의 절차로 주변 정보를 얻어야 하며, 대표 노드를 선정하는 일정한 규칙이 필요하므로 대규모 동적 네트워크에는 적합하지 않음
Transmission Power Control	<ul style="list-style-type: none"> Flow Argumentation Routing Online Max-Min Power Aware Localized Routing Minimum Energy Routing Smallest Common Power 	<ul style="list-style-type: none"> active 상태에서 통신 에너지를 최소화하는 방식 에너지를 최소로 하여 목적지까지 패킷을 전달하는 라우팅 경로 탐색 각 링크 사이의 에너지 비용을 계산하여 최소값을 갖는 경로 탐색 노드가 모든 링크사이의 비용을 알아야 하므로 추가적인 부하가 발생됨

이러한 통계방식을 이용한 성능 예측 방법으로는 Valentino Pietrobbon 등이 수행한 연구[6]가 있다. 이 연구에서는 European Data Grid 시스템 [7]에 자원에 대한 가용성의 여부를 지속적으로 저장하고, 이러한 값을 바탕으로 자원 성능에 대한 예측 값을 생성함으로써, 작업의 할당 시에 효율적인 수행이 가능하게 하는 방안에 대한 연구를 수행하였다. 성능을 미리 예측하기 위해서는 과거의 자원 성능에 대한 평균값을 가지고 미래를 예측하는 전통적인 방법과 최근의 자료들에 대한 평균값을 구하는 슬라이딩 윈도우 모델에 대한 방법 및 과거의 자료에 가중치를 부여하는 성능을 예측하는 autoregressive 모델 [8]이 있다.

3. 예측모델을 이용한 라우팅 알고리즘

본 논문에서는 예측모델을 이용한 하이브리드 애드 혹 네트워크 환경에서의 에너지 효율성을 고려한 라우팅 기법에 관한 연구를 수행하였다. 하이브리드 애드 혹 네트워크는 기지국을 통해 셀룰러 또는 인터넷과 같은 기반 망과 연동되어 통신이 가능한 네트워크 환경이다. 본 논문에서는 이

러한 환경에서 노드간의 에너지 소모량을 균등하게 유지되도록 하여 시스템의 수명을 최대한 증가시키는 것을 목적으로 한다.



(그림 1) 하이브리드 애드 혹 네트워크 모델

모든 노드에서 에너지가 충분한 경우에는 전송을 빨리 수행할 수 있는 최단의 경로를 통해 전송을 수행할 수 있으며, 에너지가 충분한지 못한 경우에는 하이브리드 애드 혹 네트워크에 있는 BS(Base Station)를 이용하여 각 단말기들에 존재하고 있는 에너지의 양에 대한 예측을 할 수 있으며, 이러한 예측을 통하여 네트워크의 수명을 최대한으로 하는 라우팅방식을 수행할 수 있다. 노드에서의 전력 소비량은 다음의 수식에 의해서 구할 수 있다.

$$\text{energy} = pt_t$$

여기서, p 는 전송에 필요한 전력 필요량, t_t 는 전송에 필요한 시간을 의미한다. t_t 의 값은 [11, 12]에서 연구된 값을 대입하면 다음과 같은 식을 얻을 수 있다. 즉, 전송과 수신시에 필요한 에너지와 sleep 모드에서의 에너지 소비량을 구할 수 있다.

$$\text{transmit\&transceiver energy} =$$

$$(p + q) \left[\left(\frac{\alpha}{\beta} + 1 \right) \left(\frac{D}{3 \times 10^8} + \frac{\bar{M}}{B} + \frac{\bar{M}}{B - \lambda \bar{M}} \right) \right]$$

$$\text{sleep status energy} =$$

$$r \left[t - \left(\frac{\alpha}{\beta} + 1 \right) \left(\frac{D}{3 \times 10^8} + \frac{\bar{M}}{B} + \frac{\bar{M}}{B - \lambda \bar{M}} \right) \right]$$

여기서 q 는 수신에 필요한 전력 필요량 α 는 무선 네트워크에서의 단절률(disconnection rate)이고, β 는 재-연결률(re-connection rate)을 의미하며, D 는 데이터의 전송거리, \bar{M} 은 패킷의 평균적인 크기, B 는 사용된 대역폭 그리고 λ 는 패킷의 도착률

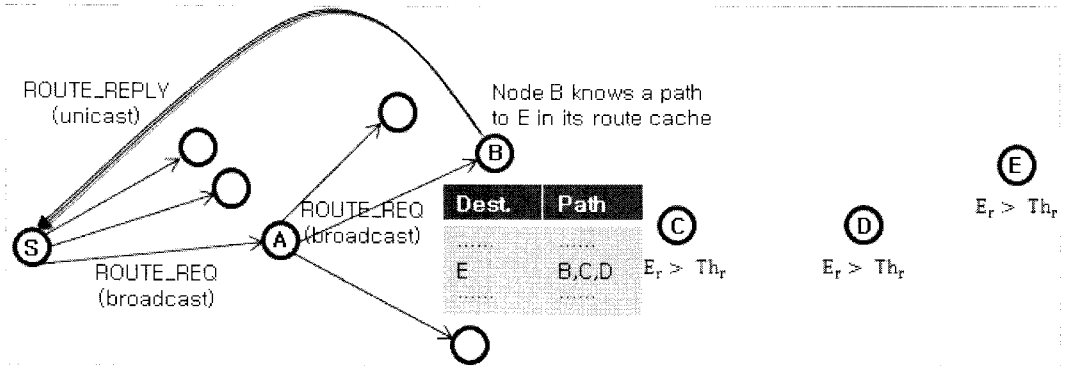
(arrival rate)을 나타낸다. 또한 r 은 단말기가 sleep mode에 있을 때의 에너지 소비량을 그리고 t 는 노드가 작동한 전체 시간을 의미한다.

하이브리드 애드 혹 네트워크에서 기지국은 인터넷 백본 망과 애드 혹 네트워크 사이에서 게이트웨이 역할을 하는 고성능의 시스템으로 넓은 지역을 대상으로 노드를 관리할 수 있으며, 노드들이 있는 GPS를 이용하여 노드와의 거리 및 각 노드들 사이의 거리를 측정할 수 있다. 즉 위의 수식을 이용해서 각 단말기에 있는 에너지의 잔량을 측정할 수 있으며, 이를 통해서 라우팅 알고리즘에 적용할 수 있다. 또한 Localized Energy Aware Routing[9] 방식에서와 같이 목적지 노드까지 기록된 route cache 정보를 이용하여 적절한 경로를 효율적으로 찾을 수 있도록 (표 2)와 같이 알고리즘을 제시하였다.

모든 노드에서 에너지가 충분하고, 노드 중 ROUTE_CASH가 존재하는 경우에는 다음의 (그림 2)와 같이 수행될 수 있다. 즉 출발지인 S 노드에서 broadcast로 ROUTE_REQ 메시지를 보내면, 이를 수신한 A노드에서 broadcast로 ROUTE_REQ를 메시지를 전송한다. 이 메시지를 수신한 B 노드에서는 ROUTE_CASH가 존재하므로 이 경로들 중 목적지까지의 경로가 있는지를 확인하고, 목적지

(표 2) 에너지 효율적인 라우팅 알고리즘

Node	Steps
Assumption	Let E_r : node energy, Thr : threshold energy;
Source node	Broadcast a ROUTE_REQ; Wait for the first arriving ROUTE_REPLY; Select the source route contained in the message; Ignore all later replies;
Intermediate node	Upon receipt a ROUTE_REQ, If it has the route to the destination in its cache, If all the nodes in ROUTE_CASH are $E_r > Thr$, forward (unicast) ROUTE_REPLY to source with the source route contained in the message; Otherwise, it checks the nodes sequentially $E_r > Thr$, forward (unicast) ROUTE_CACHE to the last node in ROUTE_CASH which satisfy $E_r > Thr$; Otherwise, forward (broadcast) ROUTE_REQ;
Destination node	Upon receipt in the first arriving ROUTE_REQ or ROUTE_CACHE, send a ROUTE_REPLY to the source with the source routed contained in the message;



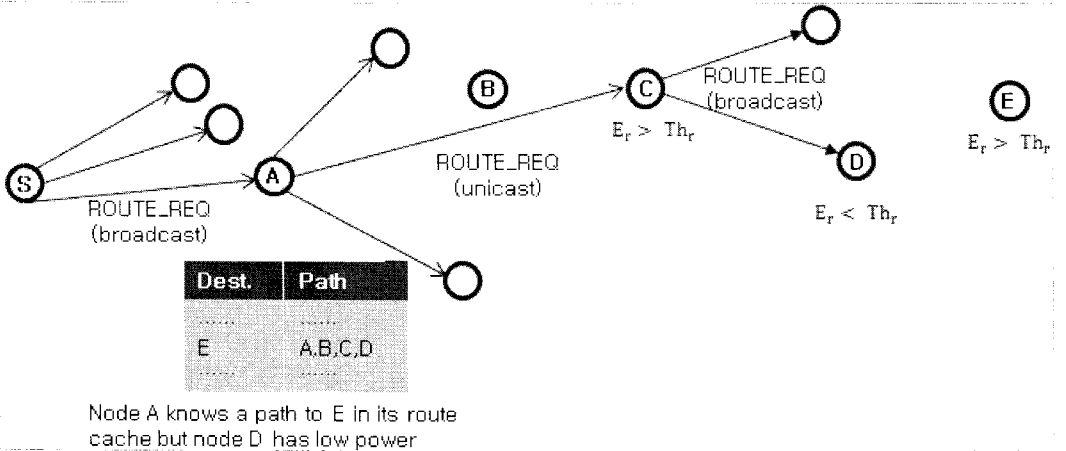
(그림 2) 각 노드에서 에너지가 충분한 경우

까지 도달하는 경로가 있는 경우에는 각각의 에너지의 잔량을 BS에 질의하여 에너지의 양을 알 수 있다. BS에서는 예측모델을 이용하여 각 노드에 존재하는 에너지의 양을 매번 질의를 하지 않고도 예측을 할 수 있기 때문에 많은 부하를 감소시킬 수 있다. 여기서 Th_r 의 값은 ROUTE_CACHE에 있는 정보를 이용하여 다음 노드까지 메시지를 전송할 수 있는 에너지를 갖고 있는지를 파악할 수 있다.

각 노드에서 에너지가 충분하지 않은 경우에는 (그림 3)과 같이 수행이 된다. ROUTE_CASH가 존재하는 노드에서 목적지까지의 경로가 존재하는 경우, 각 노드의 에너지의 잔량을 BS의 예측 모델을 이용하여 정보를 취득하고, 경로 중에서 에너

지가 부족한 D노드의 전 노드인 C노드에게 메시지를 전송한다. 전송되는 메시지는 unicast 메시지로 ROUTE_REQ 메시지를 전송한다. ROUTE_REQ 메시지를 받은 노드 C는 ROUTE_CACHE의 존재 여부를 확인한 다음 경로가 존재하지 않으면 ROUTE_REQ 메시지를 broadcasting 하여 D노드 이외의 다른 노드를 찾고, 다시 ROUTE_REQ 메시지를 전송하여 최종 목적지인 E 노드까지의 경로를 찾게 된다.

단, 목적지까지 도달하는 여러 경로가 존재하는 경우에는 [10]에서 제시한 것과 같이 Minimum Total Transmission Power Routing(MTPR) 알고리즘을 이용하여 출발지 노드에서 목적지 노드까지의 여러 경로 중 에너지를 최소로 소비하며 메시지를



(그림 3) 특정 노드에서 에너지가 충분하지 않은 경우

전달할 수 있는 최적의 경로를 선택할 수 있다.

4. 성능평가

본 절에서는 제안한 알고리즘의 성능평가를 수행하기 위해서 Load Distribution 방식의 대표적인 알고리즘인 Localized Energy Aware Routing[9] 방식과 성능비교를 수행하였다. Localized Energy Aware Routing의 동작방식은 (표 3)과 같다.

(표 3) LEAR 알고리즘 동작방식

Node	Steps
Source node	Broadcast a ROUTE_REQ; Wait for the first arriving ROUTE_REPLY; Select the source route contained in the message; Ignore all later replies;
Intermediate node	If the message is not the first trial and $E_r < Thr$, adjust (lower) Thr by d ; If $E_r > Thr$, forward (broadcast) the ROUTE_REQ and ignore all later requests; Otherwise, drop the message;
Destination node	Upon receipt the first arriving ROUTE_REQ, send a ROUTE_REPLY to the source with the source route contained in the message;

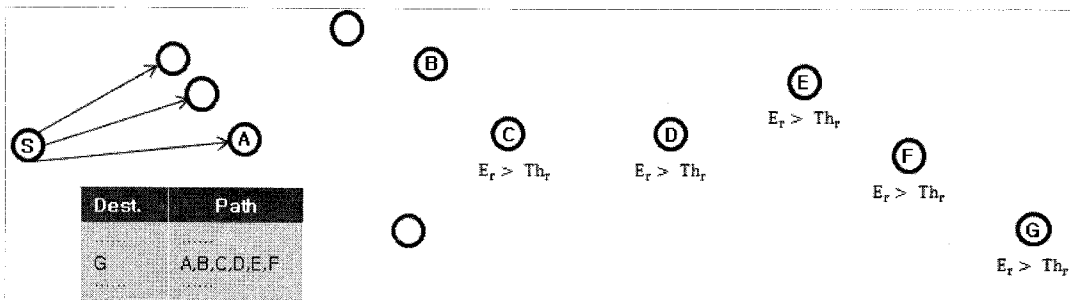
성능비교 부분은 에너지의 소비량과 모든 모바일 노드에서 에너지의 균형적인 사용에 초점을 맞추어 평가하였다. IEEE 802.11-compliant WaveLAN-II [13]에 의하면 sleep mode에서 전력

소비량은 0.045Watts 이고, 데이터를 전송하거나 수신하는데 1.25 ~ 1.5 Watts를 소요하는 것으로 분석되었으며 본 논문에서는 1.5Watts로 가정하고 시뮬레이션을 수행하였으며, 소비되는 전력을 계산하기 위해서 순간 전력을 전송시간과 연산을 통해 측정하였다.

제안한 알고리즘과 LEAR의 경우 각 노드에서 ROUTE_CASH가 존재하지 않을 경우에는 알고리즘에서의 성능차이가 거의 없다. 그러므로 성능평가를 위한 시뮬레이션에서는 LEAR 알고리즘과의 차이점을 제시할 수 있도록 전송 경로 중에 ROUTE_CASH가 존재하는 환경에서 두 알고리즘 간의 성능을 분석하였다. 전송되는 패킷의 크기는 1024byte 크기로 가정하였다. 시뮬레이션을 수행한 네트워크의 구성 및 에너지의 양에 대한 설정은 (그림 4), (그림 5)와 같다.

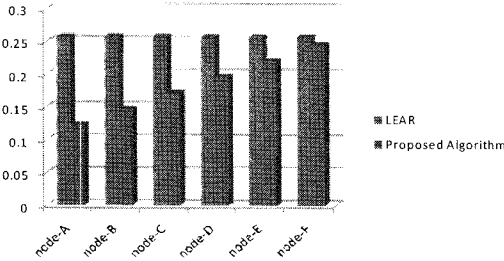
ROUTE_CASH가 존재하는 환경에서 모든 노드가 에너지가 충분한 경우에 대하여 첫 번째 시뮬레이션을 수행하였다. (그림 4)는 노드 A에 ROUTE_CASH가 존재하는 경우이며, ROUTE_CASH가 각각의 노드 B, C, D, E, F에 존재하는 경우에 대하여 전체 노드의 에너지 총 사용량을 측정하는 시뮬레이션을 수행하였다.

시뮬레이션을 수행한 결과 값은 (그림 5)와 같으며, 단위는 Joule이다. 측정된 결과를 분석해 보면, LEAR 알고리즘에서는 ROUTE_CASH를 이용하여 쉽게 경로를 찾는 것이 가능하였으나, 에너지의 사용량에 있어서는 ROUTE_CASH가 있는 노



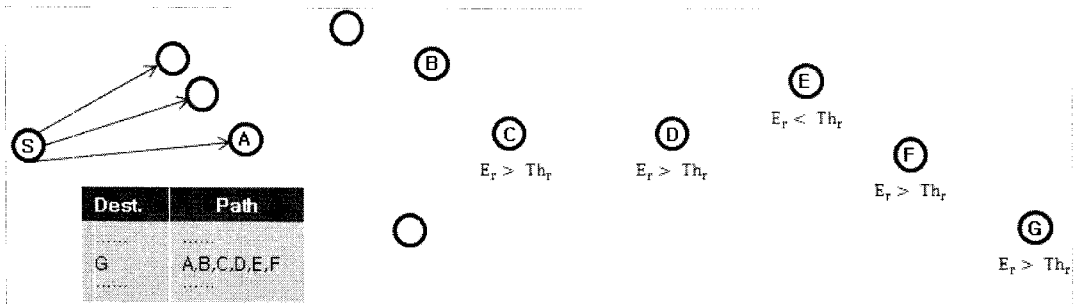
(그림 4) 모든 노드에서 에너지가 충분한 경우

드의 위치에 상관없이 전체 에너지의 소비되는 양은 거의 일정하게 측정되었다. 그러나 본 논문에서 제안한 방식에서는 ROUTE_CASH가 출발지 노드에 가까울수록 소비되는 에너지의 양이 적었으며, 목적지에 가까워질수록 소비되는 전력의 양이 LEAR 알고리즘과 비슷한 것으로 분석되었다. 이는 에너지 예측 모델을 이용하여 목적지 노드까지 라우팅 경로상의 각 노드들에 대해서 전송과 수신을 수행하기에 적당한 에너지를 갖고 있는지를 추가적인 질의 없이 각 노드들의 에너지 상태에 관한 정보를 얻을 수 있기 때문이다.

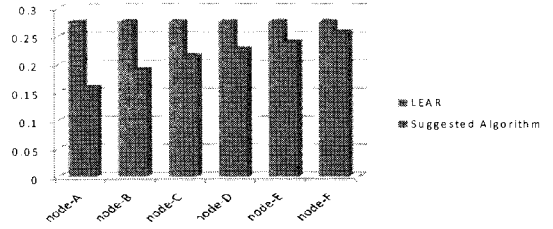


(그림 5) ROUTE_CASH가 존재하는 환경에서 모든 노드에 에너지가 충분한 경우

두 번째는 ROUTE_CASH가 존재하는 환경에서 (그림 6)과 같이 모든 노드에 에너지의 양이 충분하지 않은 경우에 대하여 시뮬레이션을 수행하였다. 노드 E가 에너지가 충분하지 않은 경우 즉 $E_r < Th_r$ 인 경우에 대해 전체 노드의 에너지 총 사용량에 대한 측정을 수행하였다.



(그림 6) 일부 노드에서 에너지가 불충분한 경우



(그림 7) ROUTE_CASH가 존재하는 환경에서 특정 노드에 에너지가 부족한 경우

(그림 7)의 수행결과에서 제시된 바와 같이 모든 노드에서 에너지가 충분한 경우보다 노드의 에너지가 부족한 경우가 두 알고리즘 모두 에너지의 전체 사용량이 증가한 것을 알 수 있다. 이는 새로운 라우팅 경로를 찾기 위해서 추가적인 메시지의 전송을 통해 에너지의 사용량이 증가한 것으로 분석된다. 위의 결과를 종합해보면, 두 경우 모두 제안한 라우팅 알고리즘이 LEAR 알고리즘보다 전체적으로 노드의 에너지를 적게 소비하는 것을 알 수 있으며, 에너지 소비량의 감소는 하이브리드 애드 혹 네트워크의 지속시간을 더 연장시킬 수 있으며, 이로 인해 안정적인 서비스의 제공이 가능하다.

5. 결론 및 향후 연구계획

본 논문에서는 하이브리드 애드 혹 네트워크에서 에너지의 효율성을 고려한 라우팅 알고리즘에

대한 연구를 수행하였다. 제안한 알고리즘에서는 무선 이동 네트워크의 제한된 자원인 배터리의 제약성을 극복하기 위해 노드의 에너지 잔량을 예측할 수 있는 수식을 제시하였으며, 하이브리드 애드 혹 네트워크의 기지국을 이용하여 효율적인 라우팅에 대한 방법을 제공하였다. 특히 각 노드의 에너지의 잔량에 대한 정보를 주기적인 질의에 의존하는 것이 아니라 예측 모델을 이용함으로써, 경로 설정시에 빠른 시간 안에 적은 에너지를 소비하여 라우팅 경로를 설정할 수 있으며, 이를 통하여 네트워크의 기능을 수행하는 성능 수행시간을 기존의 라우팅 알고리즘보다 연장시킬 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] 박혜미, 박광진, 추현승, “하이브리드 애드 혹 네트워크에서의 에너지 효율성을 고려한 라우팅 알고리즘”, 인터넷정보학회논문지 제8권 5호, 2007년 10월.
- [2] C. YU, et al., “Energy Efficient Routing Protocols for Mobile Ad Hoc Networks”, *Wireless communications and mobile computing*, Wiley, vol. 3, no. 8, 2003.
- [3] M. V. Devarakonda and R. K. Iyer, “Predictability of process resource usage: A measurement-based study on UNIX”, *IEEE Trans. Software Engineering*, 15(12):1579-1586, Dec 1989.
- [4] M. A. Iverson, F. Ozguner, G. Follen, “Run-time statistical estimation of task execution times for heterogeneous distributed computing”, In Proc. of the 1996 High Performance Distributed Computing Conference, pages 263-270, Syracuse, NY, Aug. 1996.
- [5] T. Kidd, D. Hensgen, L. Moore, R. Freund, D. Charley, M. Halderman, and M. Janakiraman, “Studies in the useful predictability of programs in a distributed and homogeneous environments”, 1995.
- [6] V. Pietrobon, S. Orlando, “Resource Fault Prediction Models”, Technical Report CS-2004-3, May 2004.
- [7] The DataGrid Project, <http://www.eu-datagrid.org/>
- [8] N. N. Tran. “Automatic ARIMA Time Series Modeling and Forecasting for Adaptive Input/Output Prefetching”, PhD thesis, University of Illinois at Urbana-Champaign, Dec. 2001.
- [9] K. Woo, C. Yu, H.Y. Youn, B. Lee, “Non-Blocking, Localized Routing Algorithm for Balanced Energy Consumption in Mobile Ad Hoc Networks”, *Proceedings of Int’l Symp. on Modeling, Analysis and Simulation of Computer and Telecommunication Systems (MASCOTS 2001)* 2001.
- [10] C.K. Toh, “Maximum Battery Life Routing to Support Ubiquitous Mobile Computing in Wireless Ad Hoc Networks”, *IEEE Communications* 2001.
- [11] 김태경, 서희석, “모바일 그리드에서의 작업 할당 스케줄링 알고리즘에 관한 연구”, 한국시물레이션학회 논문지 제15권 3호, 2006년 9월.
- [12] T.K Kim., O.H. Byeon, K.J. Chun, and T.M. Chung, “Specifying Policies for Service Negotiations of Response Time,” *The International Conference on Computational Science 2004 (ICCS 2004)*, June 2004.
- [13] A. Karmen and L. Monteban, “WaveLAN-II: A High-Performance Wireless LAN for the Unlicensed Band”, *Bell Labs Technical Journal*, 1997.

◎ 저 자 소개 ◎



김 태 경(Kim Tae-Kyung)

1997년 단국대학교 수학교육과(이학사)

2001년 성균관대학교 대학원 공학석사

2005년 성균관대학교 대학원 공학박사

2006~2008 서일대학 정보전자과 교수

2008~현재 서울신학대학교 교양학부 교수

관심분야 : 네트워크 보안, 모바일 그리드, USN

E-mail : tkkim@stu.ac.kr