

# 분산이벤트 기반 센서네트워크 패킷 라우팅 프로토콜 시뮬레이션

정경열<sup>+</sup>·이후락<sup>+</sup>·최대석<sup>++</sup>·김용식<sup>+++</sup>·이수태<sup>++++</sup>·류길수<sup>++++</sup>

## Discrete-Event Based Packet Simulation for Sensor Network Routing Protocols

Kyung-Yul Chung<sup>+</sup>, Hoo-Rock Lee<sup>+</sup>, Dae-Seok Choi<sup>++</sup>, Yong-Sik Kim<sup>+++</sup>, Soo-Tae Lee<sup>++++</sup> and Keel-Soo Rhyu<sup>++++</sup>

**Abstract** : Simulation and physical implementation are both valuable tools in evaluating sensor network routing protocols, but neither alone is sufficient. In this paper, we present the implementation and analysis of sensor routing protocols on the discrete-event simulation system that allows existing nesC codes of sensor network routing protocols to be used to create a physical implementation of the same protocol. We have evaluated the Surge function of TinyOS through example implementations in the Ptolemy II of the unmodified codes and Direct-diffusion routing protocols using VIPTOS simulation models.

**Key words** : Sensor Network(센서네트워크), Discrete-event(분산이벤트), TinyOS, Momi, NesC, Ptolemy

### 1. 서론

기존에 수행되는 대부분의 무선네트워크 연구는 이동단말기나 무선랜을 기준으로 MANET(Mobile Ad-hoc NETWORKS)워킹 그룹에서 다양한 라우팅프로토콜에 대한 연구결과를 표준으로 제안하고 있다. 다만, 무선센서네트워크는 MANET과는 약간 다른 특징을 가지고 있으므로 표준으로 제정된 라우팅 프로토콜을 무선센서네트워크에 바로 적용시키는 것은 적합하지 않을 수 있으므로 현장에 적용하기 전에 다양한 실험을 통해 적합성 여부를 판단해야한다<sup>[1]</sup>.

본 연구는 현재 지하매설물을 감시하기 위한 여러 제약조건 내에서 효과적인 무선센서네트워크를 개발하는 기초단계로써 최종목표는 기존의 라우팅프로토콜을 분석하고 다양한 적용조건에 따른 실험을 통해 가장 적합한 라우팅프로토콜을 도출하는데 있다. 따라서 본 논문에서는 최근 무선센서네트워크에 제안된 라우팅프로토콜을 조사하고 가장 많이 보급된 TinyOS<sup>[2]</sup> 기반의 응용모델을 TOSSIM<sup>[3]</sup>과 분산이벤트 기반의 Ptolemy II<sup>[4]</sup>를 연동한 VIPTOS(Visual Ptolemy and TinyOS)<sup>[5]</sup> 환경에서 시뮬레이션을 수행하고 특징을 분석하고자 하였다.

### 2. 관련연구동향

#### 2.1 무선센서네트워크 라우팅프로토콜 개발동향

현재 제안된 알고리즘 중 대표적인 것은 AODV(Ad-hoc On-Demand Distance Vector)<sup>[6]</sup>, DSR(Dynamic Source Routing)<sup>[7]</sup>, DSDV(Destination Sequenced Distance Vector)<sup>[8]</sup> 및 Direct Diffusion<sup>[9]</sup>을 들 수 있다.

AODV와 DSDV는 특정지점으로의 유니캐스트 라우팅을 위한 디자인으로 TinyOS에 맞게 Intel Oregon에서 구현하였고<sup>[10]</sup> Direct Diffusion은 UCLA CENS에서 구현하여 Tiny Diffusion 2.0버전으로 공개하고 있다<sup>[11]</sup>.

#### 2.2 센서네트워크 모델링과 시뮬레이션 기술동향

기존센서네트워크 시뮬레이터의 대부분이 단일 모델을 지원하는 상황에서 다양하고 목적에 맞는 시뮬레이션을 수행하기는 많은 어려움이 있었다. 그러나 최근 들어 이기종간의 시뮬레이션을 수행할 수 있는 시뮬레이터들이 속속히 개발되고 있는 시점이다. TinyOS기반에서 가장 많이 사용되는 시뮬레이터는 TOSSIM이다. TOSSIM은 nesC기반의 언어로 작성된 Mote target 코드를 PC상에서 단일네트워크의 인터럽트레벨 분산이벤트기반 시뮬레이션 수행을 가능하게끔 해준다<sup>[3],[5]</sup>.

그러므로 단일기종 또는 단일네트워크 시뮬레이션의 제한을 해결하기 위해 SensorSim, OPNET, OMNET++, J-Sim, Prowler, Em\*, EmTOS, TinyViz 등 무선센서네트워크를 위한 시뮬레이션플랫폼 개발이 다양하게 수행되고 있으나, 각각 제한적인 이용으로 폭넓은 응용에 적용하기는 어려운 실정이다<sup>[5],[12]</sup>. 상기한 여러 제한사항을 해결하면서 확장성이 용이한 시뮬레이터로 조사한 것은 Ptolemy II기반의 VIPTOS이다. 오픈소스기반의 시뮬레이터로 임베디드 시스템개발 플랫폼을 포함한 각종 프로그래밍 언어지원과 다양한 도메인을 내포하고 관련 연구기관이 산재해 있으므로 많은 발전을 거듭해왔으며, 리눅스 형태와 같이 향후 발전 가능성이 높은 플랫폼이다<sup>[5],[13]</sup>.

### 3. 패킷레벨 라우팅 시뮬레이션

#### 3.1 시뮬레이션 환경구축

TOSSIM과 VIPTOS를 이용하여 무선센서네트워크 시뮬레이션을 위한 환경을 구축하기 위해서는 기본적으로 UNIX기반의 플랫폼이 필요하다. 기존의 Ptolemy II(version 5.0)는 윈도우즈 기반의 코드를 제공하지만, 새로 개발된 도메인인 VIPTOS(version 1.0-alpha)는 리눅스환경에서 실행하는 것을 기반으로 개발되었다<sup>[5]</sup>.

+ 정경열(한국기계연구원 에너지기계연구센터), E-mail:kychung@kimm.re.kr, Tel: 042)868-7333  
+ 이후락(한국기계연구원 에너지기계연구센터)  
++ 최대석((주)파나켄)  
+++ 김용식((주)비제이 P&S)  
++++ 이수태(범아정밀(주))  
++++ 류길수(한국해양대학교 IT공학부)

3.2 대상 라우팅 프로토콜 분석  
 3.2.1 Surge 응용의 프로토콜 분석

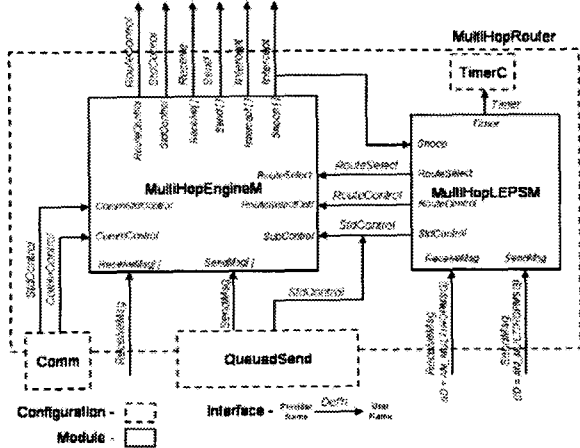


Fig. 1 TinyOS Basic Multihop Router Engine<sup>[14]</sup>

3.2.2 Tiny Diffusion 프로토콜 분석

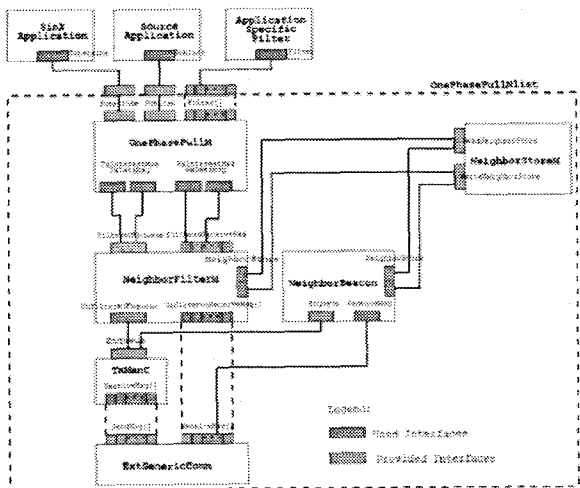


Fig. 2 One Phase Pull Tiny Diffusion Router Engine<sup>[15]</sup>

3.3 패킷레벨 시뮬레이션수행

3.3.1 시뮬레이션 모델생성

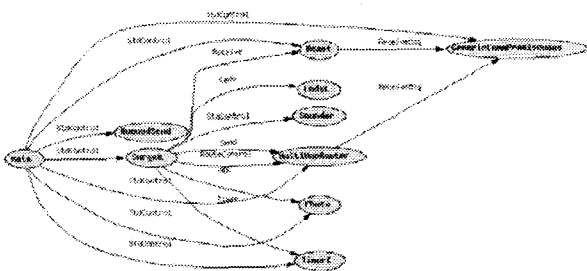


Fig. 3 Created Surge Component Wiring Diagram

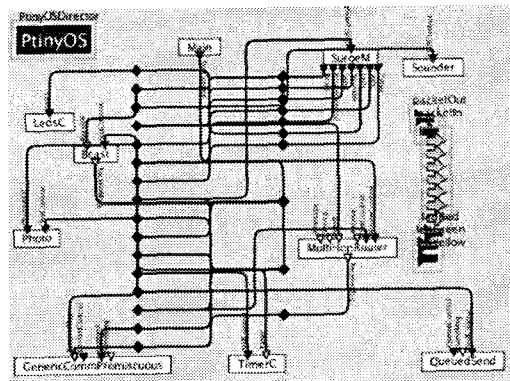


Fig. 4 Created Surge Simulation Model

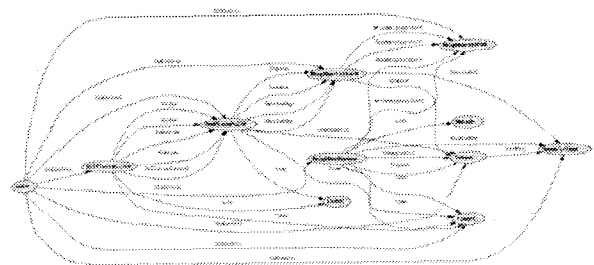


Fig. 5 Created DiffTestNlist Component Wiring Diagram

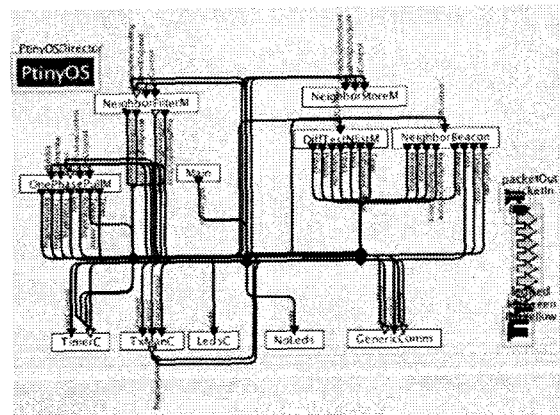


Fig. 6 Created DiffTestNlist Simulation Model

3.3.2 시뮬레이션 수행 및 결과

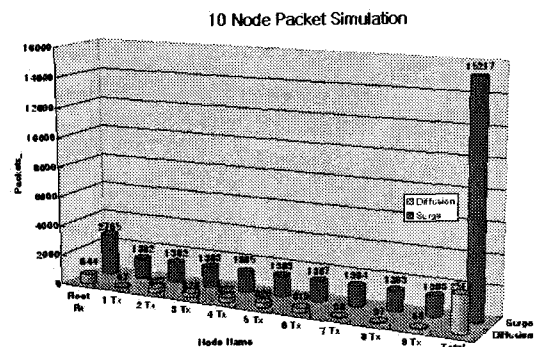


Fig. 7 Packet Simulation Results Chart

#### 4. 결론 및 향후 연구방향

본 논문에서는 지중설비의 무선센서네트워크를 이용한 상시 감시 시스템을 개발하는 기초단계로 시뮬레이션을 위한 환경을 구축하고 전력 및 효율에 가장 크게 미치는 라우팅 프로토콜을 개발하기 위해 기본적인 라우팅 프로토콜의 시뮬레이션 모델을 구현하고 분산이벤트 기반의 패킷레벨 시뮬레이터를 이용하여 두 가지 대상의 패킷 라우팅 시뮬레이션을 수행하였다.

그 결과 Fig.7에서 알 수 있듯이 일반적인 라우팅 알고리즘을 적용한 프로토콜과 무선센서네트워크에 적합하도록 구현된 라우팅 프로토콜의 차이는 분명히 발생하는 것을 확인 할 수 있었다. 향후에는 이를 기반으로 지하 매설물에 대해 면밀히 분석한 상시감시 조건을 적용하여 가장 적합한 라우팅 알고리즘과 프로토콜을 개발해야한다. 뿐만 아니라 연관되는 제반 알고리즘과 프로토콜 등을 시스템적인 관점에서 이기종간 분산이벤트 기반 시뮬레이션을 통해 최적의 시스템을 개발할 수 있을 것으로 판단된다.

#### 참고문헌

- [1] 배정숙, 김성희, "무선 센서 네트워크에서의 라우팅 프로토콜", <http://kidbs.itfind.or.kr/WZIN/jugidong/1140/114001.htm>, 2004.
- [2] J. Hill, R. Szewczyk, A. Woo, S. Hollar, D. Culler, and K. Pister. "System architecture directions for networked sensors," in Proceedings of the Ninth International Conference on Architectural Support for Programming Languages and Operating Systems. ACM Press, 2000, pp.93-104.
- [3] P. Levis, N. Lee, M. Welsh, and D. Culler. "TOSSIM: accurate and scalable simulation of entire tinyos applications," in Proceedings of the 1st International Conference on Embedded Networked Sensor Systems(SenSys 2003). ACM Press, 2003. pp.126-137.
- [4] C. Brooks, E. A. Lee, X. Liu, S. Neuendorffer, Y. Zhao, and H. Z. (eds.), "Heterogeneous concurrent modeling and design in Java: Volume 3: Ptolemy II domains", University of California, Berkeley, Tech. Rep. Technical Memorandum UCB/ERL M05/23, July 2005.
- [5] Elaine Cheong, Edward A. Lee, Yang Zhao, "Viptos: A Graphical Development and Simulation Environment for TinyOS-based Wireless Sensor Networks", University of California, Berkeley, Tech. Rep. No. UCB/EECS-2006-15, February 2006.
- [6] C.E. Perkins et al., "Ad-hoc On-Demand Distance Vector Routing," in Proceedings of the 2nd IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications, 1999.
- [7] D.B. Johnson et al., "Dynamic Source Routing in Ad Hoc Wireless Networks," Mobile Computing, 1996, pp.153-181.
- [8] C.E. Perkins, and P. Bhagwat, "Highly Dynamic Destination-Sequenced Distance-Vector Routing (DSDV) for Mobile Computers", Comp. Comm. Rev., pp. 234-244, Oct. 1994.
- [9] Chalermek Intanagonwiwat et al., "Directed Diffusion for Wireless Sensor Networking", IEEE/ACM TRANSACTIONS ON NETWORKING, VOL. 11, NO. 1, FEBRUARY 2003, pp.2-16.
- [10] Philip Levis et al., "The Emergence of Networking Abstractions and Techniques in TinyOS", First Symposium on Network Systems Design and Implementation, NSDI'04, Mar. 2004.
- [11] <http://www.cens.ucla.edu/~eoster/tinydiff/>
- [12] Lewis Girod et al., "A system for simulation, emulation, and deployment of heterogeneous sensor networks", Conference On Embedded Networked Sensor Systems, Proceedings of the 2nd international conference on Embedded networked sensor systems, pp.201-213, 2004.
- [13] 김태호, "재설정 가능하며 이종성을 지원하는 Ptolemy 기반의 하드웨어 설계: 검증과 합성", KOSEN Expert Review, <http://www.kosen21.org/>, 2005.
- [14] [http://www.tinyos.net/tinyos-1.x/doc/multihop/multihop\\_routing.html](http://www.tinyos.net/tinyos-1.x/doc/multihop/multihop_routing.html)
- [15] <http://www.cens.ucla.edu/%7Emmysore/Design/OPP/>