

Testbed 중심 센서 네트워크 발전 동향

*임호정, 윤명현, 강정훈, 이민구, 유준재, 이명수
전자부품연구원 유비쿼터스컴퓨팅연구센터
e-mail : {hlim,yoon,budge,emingoo,yoojj,leems}@keti.re.kr

The Trend of Sensor Network Testbed

*Hojung Lim, M.H. Yoon, J.H. Kang, M.G. Lee, J.J. Yoo, M.S. Lee
Ubiquitous Computing Research Center
Korea Electronics Technology Institute

Abstract

The Wireless sensor network is interesting in computer area and many people try to develop and debug applications in that area. We introduce current sensor network testbeds, for example, MoteLab (Harvard University), EmStar/EmTOS (UCLA), Kansei testbed (Ohio State University), and Mirage (Intel Research). KETI also has two kinds of sensor network testbeds with TinyOS and ZigBee. ZigBee testbed has Ethernet interface and consists of 100 nodes. It is a Jennic one-chip solution. TinyOS testbed is made up of 50 TIP700 nodes which are clone of Telosb. The application for TinyOS supports for downloading a program on air.

I. 서론

무선 센서 네트워크는 컴퓨터 분야에서 관심 있게 대두되고, 현실적으로 아직 실현되지 않은 대규모의 센서 네트워크 어플리케이션 개발, 배치, 및 디버깅하고자하는 많은 시도들이 있다. 우리는 현 센서 네트워크를 위한 테스트베드 사례들을 소개하고, 예를 들어, MoteLab (Harvard University)[1], EmStar/EmTOS

(UCLA)[2], Kansei Testbed (Ohio State University)[3], 그리고 Mirage (Intel Research)[4] 이다. 현 테스트베드의 공통점은 웹을 지원해서 원격적으로 사용 가능하다.

KETI 또한 무선 센서 네트워크를 위한 테스트베드를 지원하는데 ZigBee[5]와 tinyOS[6] 이다. ZigBee testbed는 Ethernet 인터페이스를 가진 100개의 노드로 구성된 Jennic 1-chip 솔루션이고, TinyOS testbed는 50개의 노드로 구성이 되고, 노드는 Telosb clone인 TIP700 으로 구성되며, 애플리케이션은 on-air 다운로드를 지원한다.

II. Testbed 사례들

2.1 MoteLab

MoteLab[1]은 Harvard University 의 Electrical Engineering and Computer Science 빌딩에 위치한 Maxwell Dworkin Kaboratory 에 배치한 실험적 무선 센서 네트워크이다. MoteLab 은 웹 기반의 인터페이스를 통해 센서 네트워크 응용 프로그램들을 개발하고 테스트를 위한 공개적이고 영구적인 테스트베드이다. 등록된 사용자들은 실행 가능한 프로그램을 업로드하고, job 을 생성하기 위한 motes 와 실행 가능한 프로그램과 연계시키며, MoteLab 에서 실행되는 job 을 스케줄 할 수 있다. Job 에 대해서 모든 메시지들과 다른 데이터가 데이터베이스에 접속하는데, 이 데이터베

이는 사용자에게 job 이 완료됐음을 나타내고 난 후 processing 과 visualization 에 사용될 수 있다. 게다가, 간단한 visualization 툴들은 job이 실행되는 동안에 보여주는 데이터를 웹 인터페이스를 통해서 제공한다. MoteLab은 센서 네트워크 프로그래밍 환경, 통신 프로토콜, 시스템 디자인, 그리고 애플리케이션을 제공한다.

하드웨어는 190 TMote Sky 센서 “motes”를 배치했다. motes는 8MHz에 실행하는 TI MSP430 프로세서, 10kB 램, 1Mbit 플래시 메모리, 그리고 인도어에서 대략 100 미터 범위에서 2.4GHz에서 작동하는 Chipcon CC2420 radio로 구성된다.

노드들은 TinyOS에 실행이 되고, nesC로 프로그램됐다. 전형적으로, 사용자는 TOSSIM 시뮬레이션 환경이나 사용자의 데스크탑에 motes를 이용해서 애플리케이션을 사용할 수 있다. 그리고 나서, 사용자는 사용자의 프로그램을 업로드해서 MoteLab 웹 인터페이스를 사용한다. 다음 <그림 1>은 MoteLab 구성도를 나타낸다.



그림 1. MoteLab 구성도

<그림 1>에서 3명의 외부 사용자가 lab을 사용하는 데, 여기에서 USER A는 나중에 실행하기 위해 job을 setting up 하고 있고, USER B는 이전 실험 동안에 모아둔 데이터를 처리하기 위해 직접적으로 MySQL table을 접속하고 있다. USER C는 실행하는 job을 가지고 있고, serial forwarder에 직접 연결시켜 연결된 노드에 메시지들을 송/수신 한다.

2.2 EmStar

EmStar[2]는 UCLA에서 개발된 무선 센서 네트워크를 위한 소프트웨어 시스템으로, Linux 기반 플랫폼에 개발하고 배치된다. EmStar는 점차적으로 복잡도를 줄이고, 새로운 센서 네트워크 애플리케이션의 디자인을 공유하고 재사용하며 간단하게 하기 위한 목표를 가진다.

EmStar는 라이브러리, 툴, 그리고 서비스로 구성되어 있다. 여기에서, 라이브러리는 메시지를 전달하는 IPC 프리미티브를 구현하고, 툴은 현실적인 경우와 시뮬레이션 경우 모두 실행되는 시스템의 시뮬레이션, 애플리케이션, 그리고 비주얼라이제이션을 제공한다. 여기서 서비스는 네트워킹, 센싱, 그리고 타임 동기화를 지원한다.

2.3 Kansei

Kansei testbed[3]는 Ohio state 대학에서 개발한 것으로, 다중 통신 네트워크, 컴퓨테이션 플랫폼, 멀티-모달 센서/액추에이터, 그리고 정적 혹은 모바일 노드들을 5800 sqft의 전용 창고 공간에 설치했다. 노드는 210 XSM, Mica2, Stargate, TELOS 노드들이고, Ethernet, Chipcon (433MHz), 802.11b, 및 802.15.4를 지원한다. 각 XSM은 직접적으로 Stargate에 연결되는데, 이것은 Kansei 인터페이스가 wired 연결에서 각 XSM (그리고 XSS)에 직접적으로 프로그램할 수 있게 한다. Stargate는 Intel Research의 Stargate Release 7.2에서 실행되는 CrossBow로 구입된 32-bit class 디바이스이다. 아래 <그림 2>는 Kansei에서 스케줄을 위한 웹 인터페이스를 보여준다.

이 스크린샷은 Kansei 웹 인터페이스의 'Schedule' 탭을 보여줍니다. 'Stargates' 섹션에서 'Job scheduling'이 선택되어 있습니다. 'Name' 필드는 'Stargate Heartbeat'로 설정되어 있습니다. 'Description' 필드는 'Run the heartbeat application and begin the series'로 설정되어 있습니다. 'Start' 섹션에는 'Date'가 'January'와 '20'로 설정되어 있으며, 'Time'이 '12:45'로 설정되어 있습니다. 'Length'는 '1 Hour'로 설정되어 있습니다. 'Group'은 'Stargates 1-50'로 설정되어 있습니다. 'Exe'는 'heartbeat.exe'로 설정되어 있습니다. 'Bin'은 'asf'로 설정되어 있습니다. 'Bin Args'는 '10000 /dev/tty2/576'로 설정되어 있습니다. 'Options' 섹션에는 'Set TOS_LOCAL_ADDRESS'가 체크되어 있습니다. 'Schedule Job' 버튼이 있습니다.

그림 2. Kansei 웹 인터페이스

2.4 Mirage

Mirage[4]는 Intel research에서 개발된 미시경제학의 리소스 할당 시스템이다. Mirage는 비공개적인 가상 currency environment 내의 반복적인 조합 옥션을 사용하여 테스트베드 리소스들을 할당한다. 사용자는 관심 있는 공간/시간(예를 들어, 다음 3일 중에 8 시간 동안 50 MiCA2 모터 사용)의 리소스 조합과 함께 사용자가 지불할 수 있는 최대 currency를 명시한다. 이 조합된 옥션은 utility 집합체를 최대화하는 동안 공급과 수요를 바탕으로

로 할당된 리소스를 결정하기 위해 주기적으로 실행한다. Mirage는 현재 Berkeley 내의 Intel Research에 150 mote SensorNet 테스트베드에서 동작하고 있다. 아래 <그림 3>은 Mirage에서 bid를 제출할 경우를 보여준다. Mirage에서 리소스를 얻기 위해서 사용자들은 옥션에서 bid 한다. bid를 제출하기 위해서는 <그림 3>에서 아래의 "Submit bid" 버튼을 누른다.

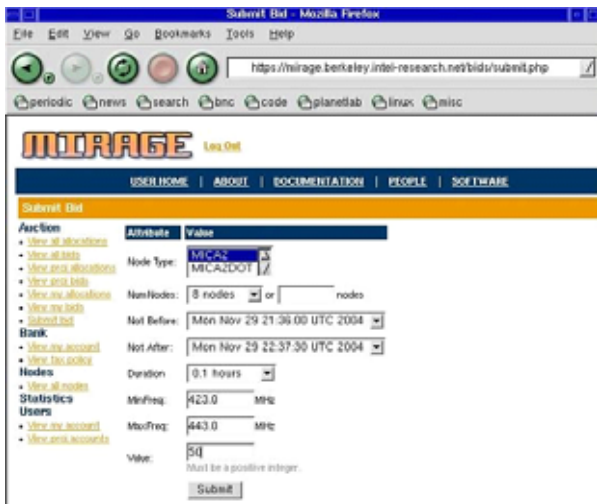


그림 3. Mirage에서 bid를 제출할 경우

<그림 3>에서 사용자는 8개 MICA2를 사용하여 "2004-11-29 21:40:30"부터 "2004-11-29 22:42:00"까지 [423,443]MHz 범위에서 0.1 시간 실행기를 원한다. 게다가, 사용자는 이 할당을 위해서 50 units을 지불하고자 한다.

III. KETI Testbed

KETI는 각 기기들의 센서 네트워크 연동을 검증하기 위하여 두 종류의 무선 센서네트워크 테스트베드를 구축했는데, 하나는 ZigBee[5] testbed 이고, 다른 하나는 TinyOS[6] testbed 이다. ZigBee testbed는 ZigBee Alliance에서 요구하는 인증 사항을 테스트할 수 있는 환경 구축 및 개발업체들의 시험비용, 개발 기술 유출 방지, 및 상품의 질적 향상을 추구한다. ZigBee testbed는 Ethernet 인터페이스를 가진 100개의 노드로 구성된 Jennic 1-chip 솔루션으로, 아래의 <그림 4>는 ZigBee testbed를 보여준다. Jennic JN5121은 저전력, 저가격, IEEE802.15.4와 호환되는 무선 마이크로 컨트롤러이며, 32-bit RISC, 2.4GHz IEEE802.15.4 transceiver, 64Kb ROM, 96Kb RAM을 지원한다. <그림 4>에서 왼쪽 그림은 100개의 노드를 나타내고, 오

른쪽 그림은 100개의 노드가 무선 통신하는 것을 network analyzer를 통해서 보여준다. 여기에서 네트워크 구성은 하나의 베이스 노드에 99개의 라우터 및 end device로 구성된다.



그림 4. ZigBee Testbed

아래의 <그림 5>는 위 <그림 4>의 왼쪽 그림을 구성하는 판넬 구성도이다. 하나의 판넬에는 5개의 테스트 모듈이 부착되어 있어, <그림 4> 왼쪽 그림의 ZigBee testbed를 구성하는데 20개의 판넬로 이루어져 있다. 회색박스는 SMPS와 HUB로 구성이 되어있고, 다섯 개의 모듈들과 Ethernet으로 연결 되며, DC는 5V이다.



그림 5. ZigBee Testbed 판넬 구성도

TinyOS testbed는 50개의 노드로 구성이 되고, 노드는 Telosb clone인 TIP700[7] 으로 구성되며, 애플리케이션은 on-air 다운로드를 지원하며 타입체 모듈과 연동 테스트가 가능하다. 아래의 <그림 6>은 KETI TinyOS Testbed를 보여주는데, 왼쪽 그림은 50개 노드를 보여주고, 오른쪽 그림은 왼쪽 그림을 확대한 것이다.



그림 6. TinyOS Testbed

TinyOS testbed에 사용된 TIP700은 TI사의 MSP430F1611 Micro controller unit과 Chipcon사의 CC2420을 사용한 sensor network module 이다. MSP430F1611은 16bit RISC로 내부에 48Kbytes의 프로그램 메모리와 10Kbytes 램을 가지고 있다. 또한, 외부에 1Mbytes의 플래시 메모리를 가지고 있다. TIP700의 특징은 JTAG 포트, Chip 안테나의 사용, Reset & User 버튼을 들 수 있다.

IV. 결론 및 향후 연구 방향

KETI는 각 기기들의 센서 네트워크 연동을 검증하기 위하여 두 종류의 무선 센서네트워크 테스트베드를 지원하는데, ZigBee testbed와 TinyOS testbed 이다. ZigBee testbed는 ZigBee Alliance에서 요구하는 인증사항을 테스트할 수 있는 환경 구축 및 개발 업체들의 시험 비용, 개발 기술 유출 방지 및 상품의 질적 향상을 목적으로 구축되었다. KETI testbed는 국내 개발 업체들이 해외 시험 기관을 이용할 때 소요되는 막대한 시간과 비용 절감과 ZigBee 관련 제품을 개발하는 업체의 표준화 시험을 지원하리라고 기대한다. TinyOS testbed는 50개의 노드로 구성이 되고, 노드는 Telosb clone인 TIP700 으로 구성되며, 애플리케이션은 on-air 다운로드를 지원하며, 타업체 모듈과의 연동 테스트가 가능하다.

외국의 Testbed 사례들의 공통점은 웹 기반 테스트 베드를 지원한다. KETI 또한 향후 웹을 기반으로 하는 테스트 베드를 지원해서 원격지에서 사용 가능하게 할 계획이다.

참고문헌

- [1] Werner-Allen, G., Swieskowski, P., and Welsh, M., "MoteLab: A Wireless Sensor Network Testbed", Proceedings of the 4th international symposium on Information Processing in Sensor Networks (IPSN) 2005, no. 68, April 2005.
- [2] Girod, L., Stathopoulos, T., Ramanathan, N., Elson, D., Estin, E., Osterweil, and Schoellhammer, T., "A System for Simulation, Emulation, and Deployment of Heterogeneous Sensor Networks", to appear in Proc. of SenSys 2004.
- [3] Ertin, E., Arora, A., Ramnath, R., Nesterenko, M., Naik, V., Bapat, S., Kulathumani, V., Sridharan, M., Zhang, H., and Cao, H., "Kansei:

A Testbed for Sensing at Scale", Proceedings of the 4th international symposium on Information Processing in Sensor Networks (IPSN) 2005, pp. 399-406", April 2005.

- [4] Chun, B. N., Buonadonna, P., Young, A. A., Nq, C., Parkes, D. C., Shneidman, J., Snoeren, A. C., and Vahdat, A., "Mirage: A Microeconomic Resource Allocation System for SensorNet Testbeds", Proceedings of the 2nd IEEE Workshop on Embedded Networked Sensors, May 2005.
- [5] ZigBee Alliance, <http://www.zigbee.org/>
- [6] TinyOS, <http://www.tinyos.net/>
- [7] (주)맥스포, <http://www.maxfor.co.kr/>