

USN기반 다중접속 프로토콜 및 미들웨어에 적합한 알고리즘에 관한 연구

정회원 강 정 용*

A Study on the Multiple Access Protocol and Middleware Algorithm USN Foundation

Jeong-yong Kang* *Regular Member*

요 약

최근 무선 통신 및 전자 기술의 발달로 저가, 저전력, 소형이면서 라디오 신호를 이용한 근거리 무선 통신이 가능한 스마트 센서가 일반적으로 배치될 것으로 기대된다. 센서 네트워크에서 각 노드는 음파, 지진, 적외선, 정지/이동 등 다양한 센서들로 이뤄지며 이러한 노드들은 특정 지역에 집단적으로 네트워크를 구성하게 되는데, 이를 센서 네트워크라고 한다.

본 논문에서는 간단히 한국통신학회의 논문작성법에 대하여 설명하고자 합니다 기존에 연구되고 있는 무선 네트워크가 높은 데이터 전송률 및 처리성능을 기본으로 하는 컴퓨팅에 초점을 둔 반면에, 센서 네트워크는 기존 무선 네트워크와는 매우 상이한 응용 요구사항을 갖는다. 즉 센서들은 CPU와 통신기능, 센싱 기능을 갖춘 자율적인 컴퓨팅 단말 기능을 수행한다고 할 수 있다. 그러므로 본 논문에서는 USN기반 다중접속이 가능한 기반 기술로 무선 센서 네트워크에서 다중접속 프로토콜을 이용하여 무선 통신상에서 원활한 통신이 이루어 질수 있도록 미들웨어 및 알고리즘을 분석하여 성능 평가를 하였다.

Key Words : USN, middleware Algorithm, Sensor Network Protocols, Multiplexing, Sensor data naming

ABSTRACT

Our research is aimed at developing an architectural frame-work of USN sensor network discovery service systems. The research is fo-cused on the four areas a survey of USN technology, development of a USN software model, development of the design space of the USN sensor network discovery service, and finally the architectural framework of the USN sensor network dicoverly service.

The survey of the USN technology is conducted on four technological visions that contain USN system technology, USN networking technology, and USN middleware along with the service platform, With respect to each technological division, domestic and worldwide leading research projects are primarily explored with their technical features and research projects are primarily explored with their technical features and research output

To provide a means to analyze sensor network discovery services, we devel-oped the design space of the sensor network discovery services by exploring the scalability with respect to query scope, lookup performance, and resolution network.

* 원광대학교 전기전자 및 정보공학부 무선통신시스템 연구실 (kgy114@wonkwang.ac.kr)

논문번호 : KICS2007-10-476, 접수일자 : 2006년 10월 17일, 최종논문접수일자 : 2007년 12월 17일

I. 서론

센서 네트워크는 일정한 영역에 분포되어 있는 노드들이 배터리로 동작하고, 무선 통신을 통해 작업을 수행한다는 점에서 기존 애드 혹 모바일 네트워크 유사하다. 하지만 노드들의 자원 및 성능, 주소 지정 방법, 데이터의 취합 방식 등 다양한 측면에서 독특한 특징을 가지고 있다. 뿐만 아니라, 센서 노드들은 매우 열악한 환경에 배치되기 때문에 환경의 영향으로 인한 노드의 파손에 쉽게 노출되어 있다.

이러한 문제를 해결하기 위해서는 작업 수행을 위해 이웃 노드들만이 통신을 하도록 하는 분산 알고리즘이 요구된다. 이는 네트워크의 확장성, 유동성 그리고 노드의 장애로 비롯되는 문제를 해결해 줄 수 있다. 무선 센서 네트워크는 데이터 중심적 특성을 가지면서 특정 노드 간 라우팅 기법은 적합하지 않다. 즉, 인접한 센서 노드들이 유사한 데이터를 가지므로, 각 센서 노드들이 데이터를 각각 전송하는 것보다 전송 전에 데이터들을 모아서 전송하는 방법이 효과적이다.

그림1의 USN 네트워크의 개념적 구성도에서 보듯 바와 같이 USN은 다양한 센서 네트워크의 조합으로 구성된다. 즉, 센서 네트워크와 RFID 등 유사 네트워크는 네트워크 필드 내에서 외부와 연결되는 리더기(reader)나 싱크노드(sink node)가 존재하여 데이터를 수집하여 게이트웨이(gateway)를 통해 외부 네트워크로 전달된다. 게이트웨이는 하위구조로 포함하는 센서 네트워크 필드에서 수집된 데이터를 액세스 네트워크(access network)를 통해 관리자에게 전달한다.

이상과 같이 다양한 센서 네트워크는 IPv6 기술을 통해 BcN으로 연결되어 차세대 네트워크의 기반을 구성을 한다.

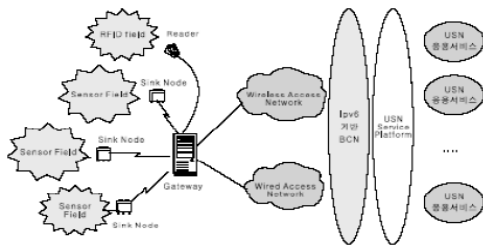


그림 1. USN 네트워크 구성 개념
Fig. 1 USN network composition concept

II. 센서 네트워크 통신 아키텍처

USN 미들웨어 및 서비스 플랫폼 기술 USN 서비스 활성화 지원을 위하여 다양한 RFID 리더, 싱크노드, USN 게이트웨이, 센서노드로부터 입력되는 대용량의 센서 데이터를 수집, 분류, 융합, 분석하여 의미 있는 상황정보를 생성하여 제공할 수 있어야 한다. 유비쿼터스 응용서비스의 효율적인 연동을 위한 기반 기술로서 유비쿼터스 웹 서비스, USN 콘텐츠 관리 및 처리, USN 서비스 프로파일 기술이 있다. 센서 네트워크의 통신 아키텍처는 아직 정확한 표준이 정착되지 않고 있다. 하지만 일반적으로 그림 2에서 보는 바와 같이 물리계층, 데이터 링크계층, 네트워크 계층, 그리고 상위의 전송 및 데이터 관리 계층으로 구성된 모델을 기반으로 설명할 수 있다.

물리계층은 물리적 신호를 무선으로 전송하기 계층으로 전송 주파수 선정, 캐리어 주파수 발생, 신호 인크립션(Encryption), 신호 탐지, 모듈레이션 기법, 트랜시버 회로 등이 주요 이슈로 제기된다. 일반적으로 신호를 거리 d의 위치에 전송할 때 $d(2 < n < 4)$ 에 해당하는 에너지가 소비되므로 거리의 증가에 따른 에너지 소비의 증가율이 매우 높다. 센서 노드 환경에서는 높은 에너지 효율성을 갖는 통신 방식이 요구되므로 일반적으로 2진 또는 M-ary 변조 방식과 UWB(Ultra wideband)와 IR(Impulse Radio)기법, 그리고 낮은 전송 파워와 단순한 트랜시버 설계 기법에 대한 연구가 진행되고 있다

위와 같은 계층 구조에 준한 센서 네트워크의 통신 아키텍처의 구현에 있어 필수적으로 고려해야 하는 주요 설계 요구사항은 아래와 같다.

첫째, 센서 노드는 물리적 파손, 배치된 위치의 상황 열악성과 에너지 고갈 등으로 동작이 중지되는 상황이 발생할 소지가 매우 높다.

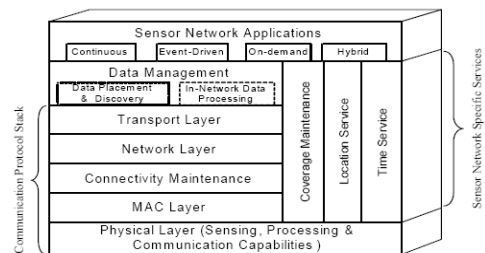


그림 2. 센서 네트워크의 통신 아키텍처
Fig. 2 Communication architecture of sensor network

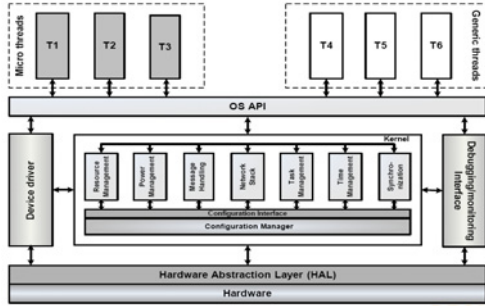


그림 3. 진화된 운영체제
Fig. 3 Evolvable Operating Systems

둘째, 센서 네트워크상의 통신은 확장성을 보장해야 한다. 작은 개수의 센서 노드 구성부터 수백 개의 센서노드 구성까지 다양한 센서 네트워크의 규모를 감안할 때 통신아키텍처의 확장성은 필수불가결하다.

셋째, 센서 네트워크의 통신 모듈은 매우 저가격의 구현이 가능해야 한다. 센서노드는 회수가 가능하지 않으므로 매우 낮은 가격에 구현이 가능해야 하므로 통신 모듈 또한 저가격이 요구된다.

넷째, 센서 네트워크의 토폴로지는 유연성을 보장해야 한다.

다섯째, 선서 노드의 배터리 용량이 제한되므로 에너지 절약형 프로토콜과 알고리즘이 요구된다. 센서 네트워크 field를 이루는 센서 노드들의 네트워크 프로토콜로써 MAC과 Routing 프로토콜이 필요하다. 센서 노드의 특징인 크기의 제약으로 배터리가 작아서 에너지 소모량이 가장 큰 문제가 되므로 네트워크 프로토콜의 최우선 순위 목표는 에너지 효율성이 된다. 이용 목적에 따라 다르지만 5mm에서 10mm로 매우 작으며 작은 크기일수록 이용 가치가 높다.

III. 센서 네트워크 MAC 프로토콜

MAC 프로토콜은 네트워크 인프라를 형성하고 노드들 간의 통신 자원을 공평하고 효율적으로 공유할 수 있도록 한다.

에드혹 네트워크를 위한 MAC 계층 프로토콜을 위의 표1에 간략하게 열거하였다. 센서 네트워크를 위한 MAC 프로토콜로서 기존 무선액세스를 위한 프로토콜인 IEEE802. 15.1 Bluetooth과 IEEE 802.15.4 LR-WPAN을 사용하여 소규모 국지적 센서 네트워크의 구현이 가능하다.

표 1. 에드혹 네트워크 프로토콜
Table 1. Ad-hoc network protocol

프로토콜	설명
CSMA/CA	-Carrier Sense Medium with Collision Avoidance
MACA	-Medium Access Collision Avoidance -채널을 얻기 위하여 RTS/CTS 신호를 사용하고 Hidden Terminal 문제를 회피
MACAW	-Medium Access Control protocol Wireless LANS -MACA와 유사하며 ACKS와 Backoff 매커니즘이 추가됨.
PAMS	-Power Aware Multi Access Protocol with Signaling for Ad Hoc Networks -데이터와 컨트롤 패킷을 위해 각각 다른 채널을 사용하고 노드는 주변 노드가 전송을 하고 있으면 Sleep 모드로 전환
IEEE 802.11	-RTS/CTS/DATA/ACK 시퀀스를 사용 -충돌 회피를 위한 물리적 캐리어 감지와 가상 캐리어 감지 기법을 사용

IEEE 802.15.1 Bluetooth는 언제 어디서나 손쉽게 연결되는 무선환경을 위해 개발되었으며 실제로 무선헤드셋이나 무선 마우스 같은 컴퓨터주변기기 등에 사용될 것으로 예상된다.

적응형 전송률 제어 (ARC, Adaptive Transmission Rate Control) 기법은 노드로부터 생성되는 트래픽 (originating traffic)과 노드를 통과하는 트래픽 (route-through traffic)에 대한 전송 비율을 조정함으로써 전송의 매체 접근의 공평성을 보장한다.

TDMA/FDMA 기반 하이브리드 기법은 중앙집중식 제어 기능을 갖는 MAC 기법으로서 일반적으로 순수 TDMA 기법은 전체 용량을 단일노드 통신에 사용하고 순수 FDMA는 노드당 최소 용량을 할당하므로 이를 통신 유형에 따라 선택적으로 사용하는 기법이다.

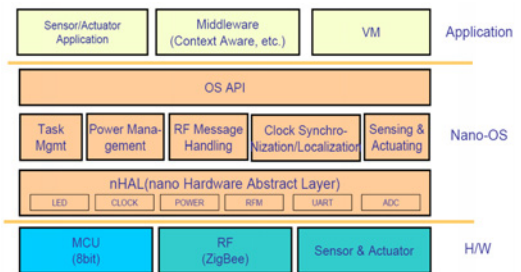


그림 4. 맨티스 운영체제
Fig. 4 Mantis OS

표 2. 센서 네트워크 MAC 프로토콜
Table 2. Sensor network MAC protocol

프로토콜	설 명
S-MAC	-주기적 Listen과 Sleep -충돌과 과도한 접근시도 회피 -Berkeley Mote에 구현
SMACS	-센서 네트워크를 위한 자율구 매체 접근 제어 -노드 간의 간섭을 피하기 위하 여 FDMA, CDMA의 혼합된 TDMA 유사 프레임 사용 -다중 액세스 지원
TDMA-based MAC 프로토콜	-클러스터 당 하나의 게이트웨이 -게이트웨이가 각 노드를 위한 시간 슬롯을 할당
Adaptive Rate Control Random Delay	-노드 접근의 공평성 우수 -선형 증가와 배율(Multiplicative) 감소 기반 적응형 전송률 제어 기법 사용

라우팅 프로토콜은 센서 네트워크에 있어 라우팅 (Routing) 문제는 기존 애드혹 네트워크의 라우팅 문제와 매우 유사하지만 센서노드의 노드 및 통신 장애로 인한 이동성을 지원하는 자율적 네트워크 구성과 센서노드의 에너지 절약에 고려한 패킷 전송에 있어 보다 정밀한 요구사항을 제시한다.

센서 네트워크 토폴로지의 물리적 구성은 분산 네트워크 방식과 클러스터 기반 방식으로 구분할 수 있다. 평면형 분산 네트워크 방식은 Directer Diffusion 프로토콜과 F. Ye et al.이 제안한 프로토콜(A Scalable Solution to Minimum Cost Forwarding in Large Sensor Networks)이 그 사례이다. 클러스터 방식의 물리적 구성을 갖는 라우팅 프로토콜로는 PEGASIS (Power-Efficient Gathering in Sensor Information Systems), TEEN(A Routing Protocol for Enhanced Efficiency in Wireless Sensor Networks), LEACH (Low-Energy Adaptive Clustering Hierarchy) 등이 대표적인 프로토콜이다.

Directed diffusion은 싱크의 질의 방송에 기반을 둔 데이터 중심적 라우팅 기법으로 질의 유포 및 처리 응용에 적합한 특성을 가진다. Directed diffusion에서 해당 응용에 대한 질의는 속성과 값의 쌍으로 구성되는 interest로 표현된다. 결과적으로, 전체 센서 네트워크에서 해당 데이터에 관심 있는 센서 노드들은 데이터에 대한 사본을 얻게 된다.

V. 생성 프로토콜 알고리즘 성능평가

다중 센서를 탑재한 센서 네트워크를 탐색에는 해당 계층적 속성집합 쿼리, 즉 SN 쿼리에 대하여 다수의 SN FQDN를 띄어 각 SN FQDN에 대하여 하나의 DNS 쿼리가 생성된다.

노드들은 주기적으로 메시지를 광고(Broadcast)하여 시스템의 토폴로지 변경 내용의 갱신을 돕는다. 이 프로토콜은 급한 전달 서비스는 가능하지 않으며 Wakeup을 위하여 MAC 계층을 제어할 수 있어야 한다. 그림 5는 SPAN 알고리즘을 802.11 MAC과 GFR(Geographic Forwarding Routing)을 기반으로 한 성능평가 결과를 보여준다.

ASCENT(Adaptive Self-Configuring Sensor Network Topology) 프로토콜은 각 노드가 활성화 상태에서 라우팅 토폴로지에 참여할 것인가 또는 휴지 상태에서 토폴로지에서 제외된 상태로 있을 것인가를 스스로 결정하는 토폴로지형성 알고리즘이다.

LEACH는 클러스터링 기반 라우팅 기법으로, 클러스터 헤드가 클러스터의 멤버 노드들로부터 데이터를 수집하여 “데이터 퓨전”을 통해 데이터를 모아서 직접 싱크로 전달한다. 이 기법의 특징은 네트워크에 있는 모든 센서 노드들에 에너지 소비를 공정하게 분산시키기 위해, 에너지 집약적인 기능을 하는 클러스터 헤드를 무작위로 순환시키고, 전체적인 통신 방송을 줄이기 위해 클러스터 헤드에서 클러스터내의 데이터를 모아 지역적으로 퓨전하는 것이다. 이를 위해, LEACH의 동작은 라운드라는 시간 단위로 수행된다.

센서노드 OS는 센서 노드 하드웨어를 관리하는 기능을 수행한다. 센싱, 데이터 처리, 통신 등의 센서 노드 상에서는 많은 수의 작은 프로세스가 존재하게 될 가능성이 높으므로 프로세스의 관리가 중요한 이

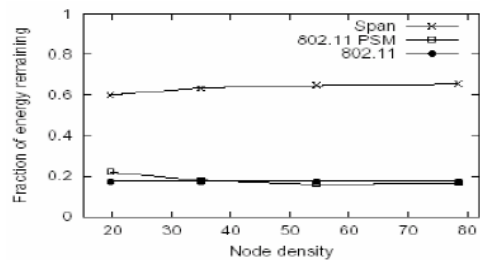


그림 5. SPAN 알고리즘의 성능 평가
Fig. 5 Efficiency evaluation of SPAN algorithm

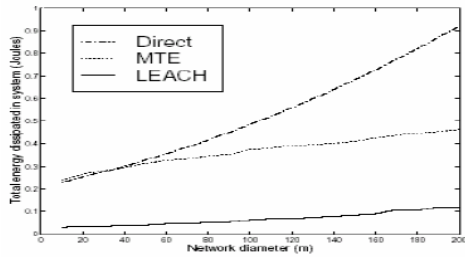


그림 6. LEACH 성능
Fig. 6 LEACH Efficiency

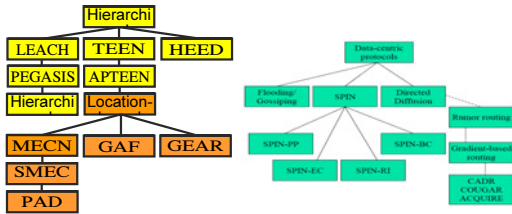


그림 7. 센서 네트워크 프로토콜
Fig. 7 Sensor Network Protocols

슈이다. 저전력, 처리용량 메모리 크기 등에서 시스템의 한계를 지니고 있으므로 저전력 배터리와 같은 자원 관리가 필수적이며, 향상된 무선네트워크 관리 기능을 갖추어야 하고, OS 자체의 크기도 작아야 하므로 필수적인 기능만을 수행토록 설계되어야 한다.

향후 센서노드용 Embedded OS는 프로세싱과 메모리 자원이 매우 제한적인 환경에서의 수행되는 초소형을 요구하면서도 대규모 센서 네트워크를 구성하기 위한 클러스터링, 자율컴퓨팅 지원 등의 고성능화로 진화할 것으로 예상된다.

따라서 센서 노드의 특성에 적합한 다양한 OS 기술이 필요하며, 특히 센서 노드를 위한 OS는 크기가 작아야 하며, 자원을 효율적으로 관리할 수 있어야 하고, 저전력 소모, 안정적 운영, 네트워크 접속기능, 분산 처리, 미들웨어 및 애플리케이션 개발자 및 이용자를 위한 편리한 인터페이스를 제공하여야 한다.

V. 모의실험 및 알고리즘 성능평가

송신출력을 검토하여 자유공간 전파 손실로 고려하여 태그에 입력되는 최소동작 RF전력별로 리더기 출력에 따른 인식거리를 나타내고, 리더의 송신 안테나 이득을 6dBi를 반영하여 자유공간 전파 손실의 계산은 $dB20log$ 로 할 수 있다.

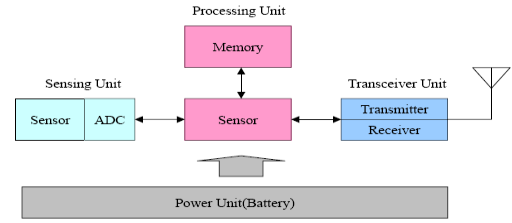


그림 8. 센서 노드의 구성
Fig. 8 Composition of sensor node

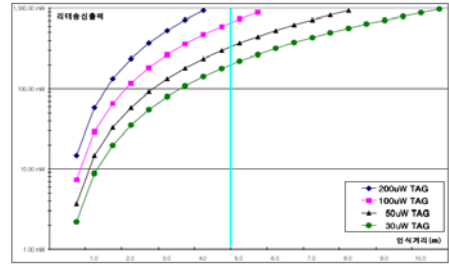


그림 9. 리더의 송신출력
Fig. 9 Transmission print out of reader

그림8의 센서 노드의 구성과 각 센서의 위치를 그림과 같이 인식하여 저장하고 각각의 노드와 노드는 측정 결과에 따라 위치와 각 번호들의 내용을 메모리에 저장한다.

송신출력을 검토하여 자유공간 전파 손실로 고려하여 태그에 입력되는 최소동작 RF전력별로 리더기 출력에 따른 인식거리를 나타내고, 리더의 송신 안테나 이득을 6dBi를 반영하여 자유공간 전파 손실의 계산은 $dB20log$ 로 할 수 있다.

또한 RF 입력 전력을 200uW, 100uW, 50uW 및 30uW에 동작하는 태그에 대하여 인식거리를 표시한다. 그림 9는 리더의 송신 출력을 입력 전력별로 인식거리에 따라 표시하여 스펙트럼 상으로 구별 하였다.

센서 네트워크에서 기본 범위 내에 일정하게 출력되는 정도와 자유공간에서 출력되는 정도를 평가하여 출력한 스펙트럼 상의 표현이다. 각 노드들 간의 간격은 일정하게 하는 것이 아니라 환경이나 상황에 따라 변경이 가능하도록 하여 계산하고 노드들의 간격 변화에 따라 계산 값은 아래 식 1과 같이 할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 d &= W_0 * snh + W_1 \quad (\text{LDL-1}) \\
 d &= W_0 * ssd + W_1 \quad (\text{LDL-2}) \\
 d &= W_0 * ssd + W_1 * snh + W_2 \quad (\text{LDL-3})
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

여기서, ssd : rang-based, i 노드와 k 노드 간의 구성 형태, snh : range-free, i 노드와 k 노드 간을 건너 뛰어 구성하는 형태로 구분하여 학습한 형태이다.

그림 10은 기본 형태의 센서 네트워크와 비교하여 스펙트럼에 보이는 것과 같이 확인하여 $d = W_0 * ssd + W_1 * snh + W_2$ (LDL-3) 경우와 특성들을 알아 볼수 있는 형태로 분석 하였다.

아래 그림11은 애드 혹 센서 네트워크 구성을 삼각 망 형태로 분할하여 분석한 형태로 보는 바와 같이 평균 변화 형태는스펙트럼과 같이 나타남을 확인할 수 있었다.

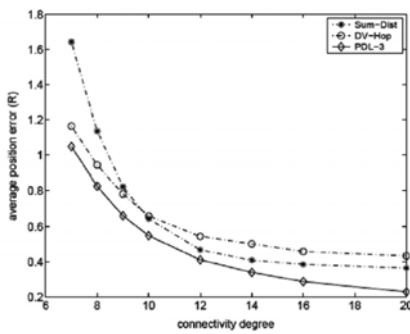


그림 10. 파라미터 값에 기초한 위치측정
Fig. 10 Parameterized Learning based Distance Localization

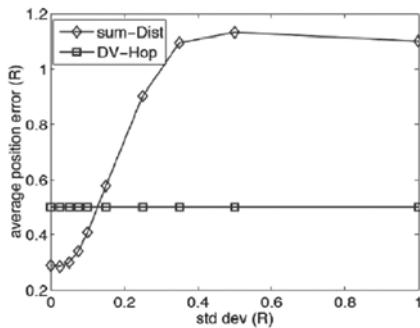


그림 11. 센서 네트워크 삼각망 분산 위치의 애드 혹 측정 결과
Fig. 11 Ad-hoc measure result of sensor network dispersion place

그림 12는 센서 노드들 간의 송신과 수신이 이루어지고 이 정보를 수집하여 분석한 후에 저장 공간 필요할 경우 저장할 수 있도록 설계되어 있고, 혹 센서의 위치나 거리가 변경되더라도 쉽게 재구성을 할 수 있도록 하였으며, 송신 전력과 수신 전력을 프로그램 상에 표현 하도록 설계하여 각 노드 간 훼손이나 결함이 발생하는 것을 방지할 수 있도록 구성 하여 성능평가나 비교분석이 자유롭게 하였다.

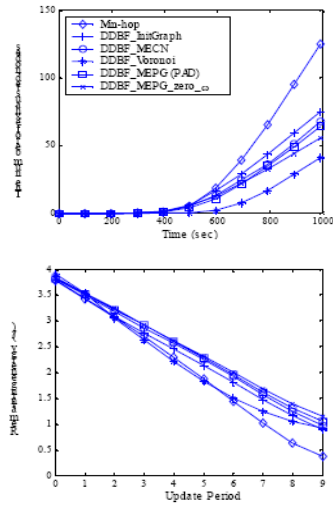


그림 12. 미들웨어의 수행 평가 비교분석
Fig. 12 Effectuation evaluation comparison analysis of middleware

IV. 결론

본 논문에서는 RFID/USN 등 유비쿼터스 컴퓨팅을 위한 신기술에 응용서비스 구현을 위하여 USN의 기술과 소프트웨어 모델을 기반으로 유비쿼터스 기술의 미들웨어에 사용 될 수 있는 다양한 방법과 성능 평가 등을 비교 분석을 함으로써 향후 센서 네트워크의 센싱, 데이터 저장, 데이터 네이밍, 네임 서비스 부분에 대하여 하드웨어 및 소프트웨어 등 설계에 필요한 참조 모델의 성능을 확인 하였다.

다양한 응용들이 무선 센서네트워크를 구성하는 하드웨어 자원을 보다 원활하게 활용하기 위해서는, 개발자들에게 복잡한 하드웨어 혹은 운영체제의 구성을 감추고 이들을 효과적으로 운용할 수 있는 센서노드 미들웨어(middleware)의 개발이 무엇보다 시급히 요구된다. 센서 네트워크는 기존 무선 네트워크에 비해 많은 제약적 요소를 가지고 있다. 즉, CPU성능, 메모리, 무선통신의 대역 및 한계영역 등과 같은 제한된 자원, 통신장애, 센서 노드의 이질성, 네트워크의 확장성, 무인운용 등으로 인해 문제 발생 소지가 크다,

본 논문에서는 먼저 DNS 기반 아키텍처와 DHT 기반 아키텍처는 상호 장단점을 지니고 있다. 따라서 DHT 기반 아키텍처를 상위 레졸루션 아키텍처로 하여 검색 기능의 확장성을 확보할 수 있으며, DNS 기반 아키텍처를 하위 레졸루션 아키텍처로 하여 기존 DNS 시스템의 안정성의 유지할 수 있는

혼합형 아키텍처를 설계하는 방안을 고려할 필요가 있다. 또한 이러한 대규모 구축을 위한 서비스 아키텍처와 함께 정보 검색서비스 운영을 위한 도입단계에서는 웹서비스와 유사한 레지스트리 기반 서비스에 대한 검토도 요구된다.

참 고 문 헌

[1] N. J. A. Harvey, M. B. Jones, S. Saroiu, M. Theimer, and A. Wolman. SkipNet: A Scalable Overlay Network with Practical Locality Properties. In Proceedings of 4th USITS, Mar. 2003.

[2] B. Karp, S. Ratnasamy, S. Rhea, and S. Shenker. Spurring adoption of DHT swith OpenHash, a public DHT service. In 3rd Intl. Workshop on Peer-to-Peer Systems IPIPS, Feb.2004

[3] P.Faltstrom, "E.164 number and DNS", FRC2916, September. 2000

[4] YC. Jang, KS Kim, JS. Woo, SS. An. The Replication Mecanism Analysis of-OSI(Open System Interconnection) Directory System. J. Eng. SCI. & TECH. Vol.33, pp. 49-6, 1998

[5] A. CARZANIGA, D. ROSENBLUM, A. WOLF, ACM Transactions on Computer Systems, Vol. 19, No. 3, Pages 332-383, August, 2001

[6] L. F. Carbrera, M. B. Jones, and M. Theimer. Herald: Achieving a global event notification service. In HotOs VIII, May2001

[7] K. Czajkowski, at al, "grid Information Services for Distributer Resource Sharing", In Proc. of 10th IEEE International Symposium on High Performance Distributer (HDPC-10), 2001

[8] W. B Heinzelma, A. L. Murphy, H. S. Carvalho, and M. A.Perillo,"Middleware to Support Snesor Network Applications," IEEE Network, Vol.15, No.1 pp.6-14, Jan. 2004

[9] J. Hightower and G. Borriello, "lcoation Systems for Ubiquitous Computing," IEEE Computer, Vol. 34 No. 8, pp. 57-66, 2001

[10] Bluetooth SIG. Bluetooth Specicatio version 2.0, February 2001.

[12] H. Balakrishnan, M. F. Kaashoek, D. Karger, R. Morris, and I. Stoica. Looking up data in P2P systems, Communications of the ACM, 46(2)

: 43.48, Feb.2003.

[13] D. Roman, U. Keller. h. Lausen: Web Service Modeling Ontology-Standard, version 0.1, 2004(<http://www.wsmo.org/2004/d2/v0.2/>)

강 정 용 (Jeong-yong Kang)

정회원



1991년 2월 원광대학교 전자공학과 졸업
 1996년 2월 원광대학교 전자공학과(석사)
 2003년 8월 원광대학교 전자 공학과 박사졸업

<관심분야> Wireless Communication, USN/RFID, OFDM, MIMO, RF주파수 등