

효율적인 센서 네트워크 정보 수집을 위한 벡터 모델링 방법

지영민, 함경선*, 이형수*
 경희대학교 기계공학과, 전자부품연구원*

The Method of Vector Modeling for Effective Information Gathering over Sensor Networks

Ji Young Min, Ham Kyoung*, Sun, Lee Hyung Su*
 Dept. of Machinery, Kyounghee University, Ubiquitous Computing Research Center, KETI*

Abstract - 유비쿼터스 컴퓨팅에서 센서 네트워크는 상황인지를 위한 가장 기본적인 인프라 기술이다. 또한 기존의 네트워크를 이용하지 않고 독립적인 네트워크를 구성한다. 그러므로 센서 네트워크는 각자 독립적인 전력을 사용한다. 이러한 특성상 전력 소비의 문제가 가장 중요한 기술적 난제로 존재한다. 전력 소비의 문제를 개선하기 위해서는 다양한 방법이 존재한다. 네트워크를 형성하기 위한 센싱정보의 효율적인 전송 방법이 필요하다. 본 논문에서는 상황정보를 표현하기 위한 방법을 제안하고 표현된 정보를 사용하여 RF 데이터 전송의 여부를 결정함으로써 전송에 따른 전력 소비를 효율적으로 추구한다.

양한 상황정보는 여러 가지 센서 디바이스들에 의하여 복합적으로 구성될 수 있다. 유비쿼터스 컴퓨팅에서의 상황인지(context-awareness)는 이렇게 구성된 복합 정보를 표현 처리하여 이를 활용함으로써 능동적인 유비쿼터스 서비스를 창출할 수 있도록 하는 개념이다.

본 논문에서는 센싱 정보들에 의하여 구성되는 복합정보의 중요성을 판단하기 위하여 기준 정보에 대한 비교 작업을 각 센서 노드에서 수행한다. 센서 노드에서 비교된 센싱 정보는 주어진 임계값을 기준으로 전송의 여부를 결정하게 되고 이에 따른 전송에 대한 전력 소비를 줄일 수 있다.

1. 서 론

최근의 유비쿼터스 컴퓨팅 기술은 지능형 공간 (smart space)라는 개념을 인프라 구조로 활용하고 있다. 지능형 공간을 구성하기 위해서는 물리적 공간의 정보를 컴퓨팅 공간으로 연계하기 위한 인터페이스가 필수적으로 요구된다. 센서 네트워크는 컴퓨팅 공간으로 정보를 전달하기 위한 실세계의 정보 취득 인프라 시스템으로서 각각의 네트워크 노드에 센싱과 정보처리 능력을 부여하고 RF를 사용하여 분산 프로세싱이 가능하게 하는 시스템이다.

센서 네트워크는 그 자체만으로 정보의 신뢰성과 저전력 소비 특성간 트레이드 오프(trade-off)가 필요하다. 또한 RF 전송과 멀티홉에 따른 전력 소비를 최소화 하기 위해서는 노드 내의 로컬 프로세싱을 요구할 수도 있다. 실제[1]에서는, 1KB 데이터를 100m 거리에 있는 다른 노드에 전송하기 위한 에너지는 3J 정도 소요된다고 하며, 이는 100MIPS 능력의 프로세서가 300억회에 이르는 명령을 수행할 수 있는 에너지라고 한다.

최근 상용화된 센서 네트워크 시스템들은 배터리로 구동되는 초소형의 센서 노드로 구성될 수 있으며 적은 비용으로 실세계에 배치할 수 있도록 한다. TinyOS[2]에서는 센서 네트워크를 위한 초소형의 운영체제를 연구하고 있으며, 제한된 전송거리를 보상하기 위해서 멀티홉(multi-hop) 애드혹(ad hoc) 라우팅을 사용한다. 소형화된 프로세서와 센싱 장치 및 통신 장치의 하드웨어적 특성은 향후 저가형의 향상된 센서 네트워크 분야를 활성화 시키는데 크게 기여할 수 있으며, 다양한 분야에서 활용될 수 있다. 특히 생태, 1, 2차 산업 그리고 건축 구조물에 대한 상태 모니터링 분야는 가장 실현성이 높은 응용 분야로 대두되고 있다. 이때 센서 네트워크로부터 수집되는 다

2. 본 론

2.1 센서 네트워크 노드 구조

센서 네트워크 정보의 전송에 있어서의 에너지 효율을 증대 시키기 위한 방법을 찾기 위해서는 센서 네트워크의 구조에 따른 방법을 찾는다. 센서 네트워크를 구성하기 위해 본 논문에서 사용되는 센서 노드는 다음과 같이 3개의 구성 요소를 갖는다.

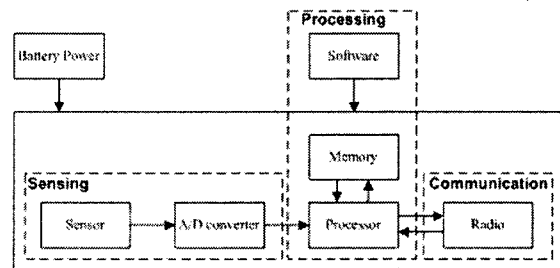


그림 1. 센서 네트워크 노드 구조

- 프로세싱 컴포넌트 : 프로세싱 컴포넌트는 센서 컴포넌트로부터 전달되는 센싱정보를 통신 컴포넌트를 통해 다른 네트워크 노드로 전송하기 위해 정보처리 기능을 수행하는 컴포넌트이다. 대체로 8비트 프로세서를 사용하며 수메가 바이트 정도의 메모리를 갖는다.
- 센서 컴포넌트 : 프로세싱 컴포넌트에게 센싱 정보를 생성 및 제공하는 기능을 갖는다. 센서는 어플리케이션에 따라 다양하게 사용될 수 있으며, 일반적으로 빛, 온도, 습도, 진동, 가속도 등의 센서등이 있다. 이러한 센서들은 두개 이상이 복합적으로 사용되어 다양한 상태 정보를 생성해 낸다.

- 통신 컴포넌트 : 다른 네트워크 노드와 정보 교환을 위한 RF 인터페이스이다. 일반적으로 900MHz 또는 2.4GHz 대역의 ISM 밴드를 사용한다.

2.2 센서 네트워크의 구조와 상황정보

일반적으로 클러스터는 목표가 되는 현상이나 센싱 정보를 추출하기 위해 지리적으로 인접하고 있는 센서 노드들에 의해 구성되는 노드 집합이다. 클러스터를 구성하는데 있어, 하나의 노드는 클러스터 헤드(head)로서 사용되며 이는 클러스터 내에서 다수의 노드들을 관리 하거나 제어하게 된다[3].

본 논문에서 구성하는 네트워크 아키텍처는 물리적으로 인접한 클러스터 기반의 3계층의 구조를 갖는다. 그림 2와 같이 1계층은 센서로 구성되는 클러스터를, 2계층과 3계층은 각각 네트워크 노드 및 헤드 노드들로 클러스터를 개념적으로 구성한다.

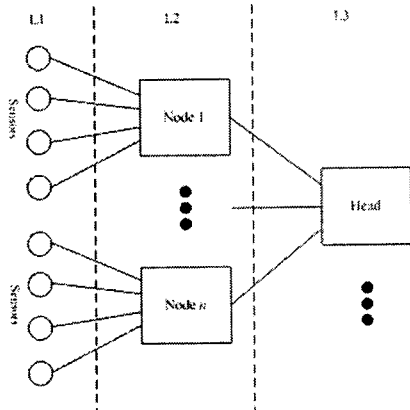


그림 2. 센서네트워크 구조

하나의 헤드 노드가 클러스터를 관장하게 되고, 클러스터내에는 수십~수백개의 노드들이 존재한다. 노드들은 각각 한 개이상의 센서를 장착하고 있다. 유비쿼터스 컴퓨팅 환경은 기본적으로 상황인지 기술을 사용한다. 상황인지 기술은 현재의 물리적 공간의 정보를 컴퓨팅 공간으로 표현, 전달하여 컴퓨터가 이를 인식하여 적절한 판단을 내릴 수 있는 지능적 기술이다[4]. 센서 네트워크에서는 상황정보를 표현하기 위해서 다수의 센서들을 사용한다. 다수의 센서들은 복합적으로 하나의 상황을 표현 할 수 있다.

센서 네트워크에서 가장 중요한 기술적인 이슈는 전력문제이다. 센서 네트워크에서 전력 소비를 최소화하기 위해서는 RF로 전송되는 데이터량을 최적화하는 것이다. 그렇다면 센서 네트워크에서 발생하는 상황정보의 특이성이 발생될 때 RF 데이터 전송을 수행하면 전력 소비면에서 효율성을 가져올 수 있다.

2.3.1 벡터 모델링을 활용한 Context 표현

센서 네트워크에서 각 센서 노드들은 센싱 컴포넌트를 갖는다. 이 센싱 컴포넌트들은 여러가지 센서들로 구성되며, 일반적인 센서 노드들에 빛, 온도, 소

리, 가속도등의 센서가 있다. 이러한 다수의 센서를 통해서 수집되는 정보는 복합 센싱 정보로 사용될 수 있다. 실세계의 환경에 대한 정보의 변화가 아주 작은 경우에도 복합된 센싱 정보는 변화하게 되어 있다. 이러한 복합 데이터를 표현하는 방식은 데이터의 가치를 판단하기 위한 중요한 도구로 사용될 수 있다. 이러한 경우 다차원 벡터를 사용하는 방식이 효율적이라고 할수 있다. 각 벡터를 이루는 값은 센서들로부터 수집된 정보의 속성이 되며 이러한 속성값을 사용하여 벡터 모델링을 수행한다. 벡터로 모델링된 센서 정보는 향후 센서 네트워크에서 상황인지를 수행하기 위한 정보 표현 방법으로도 사용될 수 있다. m개의 센서를 장착한 네트워크 노드에 있어서 각각의 센서 값은 $S_0 \dots S_{m-1}$ 로 나타낼 수 있다. 이를 사용하여 m차원 벡터로 나타낼때 벡터 V_N 은

$$V_N = (S_0, S_1, S_2, \dots, S_{m-2}, S_{m-1})$$

로 표현될 수 있다.

따라서 m개의 센서를 장착하는 다수의 네트워크노드는 각각의 벡터를 상황정보로 사용하게 된다. 센싱 정보가 벡터 V_S 로 표현되고 다수의 정보 표현으로 제시되는 경우 이러한 상황정보는 m차원 공간에서 센서 정보의 패턴을 모델링 할 수 있다. 즉 다수의 벡터로 표현되는 벡터 공간에서 벡터 집단을 형성함으로써 상황정보 패턴을 모델링 한다[6][7]. 모델링된 상황정보의 패턴에서 대푯값으로 주어지는 벡터는 그 패턴에서의 기준 값이 될 수 있으며, 이 벡터는 일반적이지 않은 상황정보에 대한 특이성을 검사하는 데 사용될 수 있다. 즉, 네트워크 클러스터에서 센싱 정보를 전달하기 위한 판단의 기준은 기준 벡터로서 제시할 수 있는 것이다. 이때, 기준 벡터 V_R 는 또한 같은 m차원으로 존재 한다. R_m 은 각각의 센서 값의 기준이 되는 값이다.

$$V_R = (R_0, R_1, R_2, \dots, R_{m-2}, R_{m-1})$$

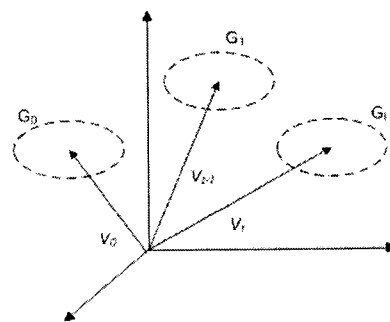


그림 3. 패턴 모델링

기준 벡터는 클러스터 마다 같거나 다르게 제시될 수 있다. 클러스터 헤드는 전달되는 정보의 가치에 따라 지능적으로 기준 벡터를 변경하게 되고 이러한 경우 클러스터 내의 각각의 노드들은 제시된 기준 벡터값을 사용하여 수집되는 센서 정보에 대하여 비교 연산을 수행하게 된다.

2.3.2 센서 네트워크에서 Context 정보전달

수집된 센싱 정보를 벡터 V_S 로 나타낼때 클러스터 헤드로부터 제시된 기준 정보 벡터 V_R 과의 유사성은 모니터링 시스템에서 상황정보의 전송 여부를 평가할 수 있는 기준이 되어진다. 센싱 정보 벡터 V_S 와 기준 정보 벡터 V_R 의 유사성을 얻기 위해서 두 벡터간 내적(inner product)를 사용한다. 즉, 기준 벡터 V_R 과 센서 노드 벡터 V_S 와의 유사도 $S(V_R, V_S)$ 는 다음과 같다.

$$S(V_R, V_S) = |V_R| \times |V_S| \cos(\theta) \quad \text{식(1)}$$

식(1)은 기준 벡터와 현재 센싱 벡터의 차이를 구할 수 있다. 그림 4은 벡터로 표현된 센싱 벡터 V_S 는 기준 벡터 V_R 를 기준으로 센싱 키워드 S_n 으로 이루어지는 n차원 공간에서의 유사도 $S(V_R, V_S)$ 를 나타내고 있다. 이때 기준 벡터는 센싱 정보에 대한 기준이 되는 가중치를 이용하여 벡터로 표현된다.

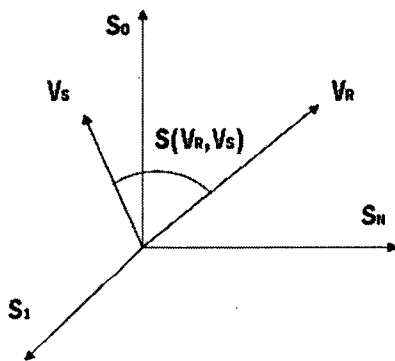


그림 4. 벡터의 내적을 통한 유사도

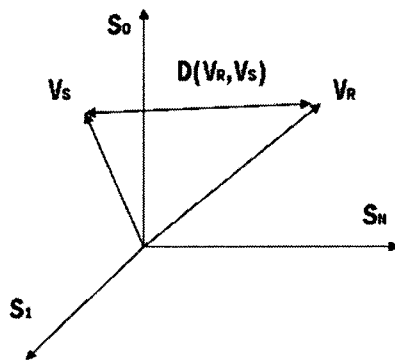


그림 5. 벡터간의 거리를 통한 유사도

벡터의 내적으로 유사성을 검사하는 방법과 비슷하게 그림 5와 같이 벡터간의 거리를 구하는 방법이 있다. 기준이 되는 벡터와 현재 센싱 벡터의 거리를 구하여 유사성을 판단한다. $D(V_R, V_S)$ 는 벡터 V_R 과 벡터 V_S 사이의 거리를 구할 수 있다.

$$D(V_R, V_S) = \left(\sum_{j=0}^{m-1} (R_j - S_j)^2 \right)^{\frac{1}{2}} \quad \text{식(2)}$$

식(1)과 식(2)를 이용하여 기준 벡터 V_R 와 센싱 벡터 V_S 를 이용하여 각각의 센서 노드들 스스로가 정보의 유사성을 판별한다. 유사성이 떨어지는 정보는 가치가 있는 정보로 판단 상위 계층으로 RF 데이터 전송하게 된다.

센서 네트워크상의 많은 노드들은 정보 수집의 역할을 한다. 이 노드들은 수천개 혹은 수만개가 될 수 있기 때문에 정보의 전송량은 에너지 효율성의 문제와 밀접한 연관을 가진다. 그러므로 빈번한 정보 전송 없이 가치있는 정보만을 전송하는 노드들의 에너지 효율성은 극대화 되게 된다.

2.4 환경 구성

본 연구를 위하여 실제 센서 네트워크 시스템을 구축한다. 그림 5와 같이 다수의 센서 네트워크는 하나의 클러스터를 구성하고 각각의 클러스터 헤더는 이더넷 망과의 인터페이스를 제공하는 게이트웨이가 담당한다. 서버는 두 게이트웨이로부터 전송되는 데이터를 수집하여 사용자에게 제공하는 어플리케이션 동작 환경을 제공한다.

각각의 센서에는 현재 온도, 습도, 빛의 세기까지 센서가 장착된다. 900MHz RF를 통하여 센서 노드들은 애드혹 네트워크를 구성하여 수집된 데이터를 멀티홉 라우팅을 통해 게이트웨이에 전달한다.

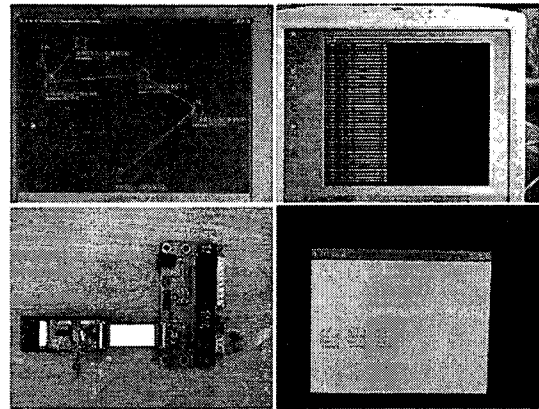


그림 6. 구축 모습

그림 6에서와 같이, TIP30C를 사용하여 각각의 노드들의 센서에서 센싱 데이터 값을 획득 한 후, 무선으로 베이스 노드에 데이터 값을 전송해 준다. 916MHz 대의 무선 RF 통신을 통하여 전송된 센싱 데이터 값은 인터페이스 보드를 통해 게이트웨이에 데이터 값을 전달해 준다. 서버에 전달되어진 데이터 값을 활용하여 현재 이루어진 네트워크 토폴로지를 표현 할 수 있다. 게이트 웨이에서 서버에게 무선랜을 통하여 무선으로 게이트 웨이에 저장되어진 데이터를 전송한다. 서버에서는 무선랜을 통해 수신된 데이터 값들을 사용하여, 현재 구성되어진 통합 네트워크 토폴로지를 표현 할 수 있다.

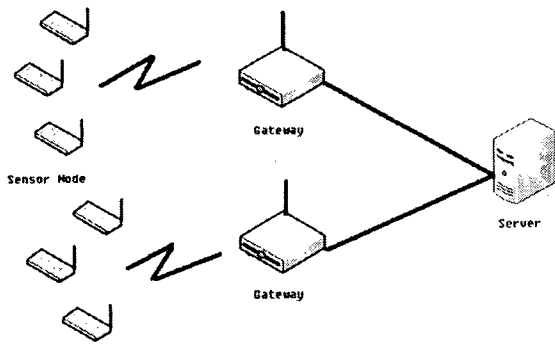


그림 7. 시스템 구성도

실험환경을 구현하기 위해서 각각의 센서 노드들은 전자부품연구원에서 개발한 TIP 시리즈를 사용하였다. 게이트웨이는 미국의 크로스보우사의 Stargate 모델을 사용하였다. 그리고 서버는 PC를 사용한다. 각각의 센서 노드들은 UC Berkely의 TinyOS[2]와 앞으로 구현하게 될 효율적인 데이터 수집을 위한 벡터 모델을 적용한다. 그림 7은 현재 시스템 구성에 사용되어 지고 있는 TIP30C 센서 네트워크 노드이다.

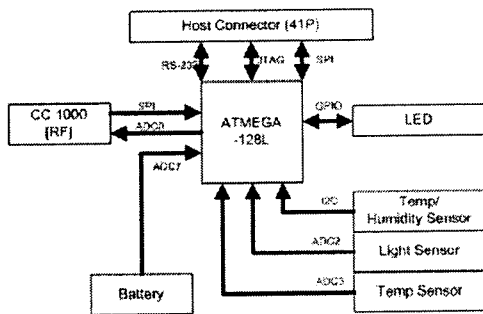


그림 8. TIP30C

현재 개발된 사항으로는 게이트웨이에 들어가는 센서 노드의 베이스 스테이션에서 데이터를 받아 서버로 전송해 주는 프로그램과 서버 측에서 센서 노드들이 형성되는지 확인 할 수 있고 어떤 메시지가 들어오는지를 확인하는 서버가 구현된 상태이다 앞으로 TIP의 센서 노드들에 센싱된 정보를 벡터 모델링화 해서 스스로 전송 여부를 결정하는 센서 노드쪽의 어플리케이션 구현이 남아 있다.

3. 결 론

유비쿼터스 컴퓨팅 환경을 구성하는 센서 네트워크는 실세계의 정보를 컴퓨팅 환경으로 제공하는 훌륭한 인프라 시스템이 될 수 있다. 그러나 센서 네트워크의 가장 중요한 기술인 저전력 소비 기술은 하드웨어와 운영체제 계층을 포함하여 미들웨어 및 응용 계층에서 각각 고려해야 할 중요한 기술이다.

본 논문에서는 다수의 센서들에 의해 구성되는 복합 정보를 벡터로 표현하여 이를 상황정보로 구성하는 기법을 소개하였다. 이렇게 구성된 상황정보는 기

준정보에 대한 차이를 비교함으로써 RF를 통해 전송되는 데이터량을 효율적으로 감소 시킴으로서 전송에 의한 전력 소비를 줄일 수 있게 한다. 이러한 시스템은 신뢰성 있는 센서 네트워크 정보를 제공하는 기법으로는 다소 부족할 수 있으나, 신뢰성과 전력 소비의 측면을 모두 고려한 시스템을 설계할 때는 우수한 기법으로 활용될 수 있을 것이다.

향후 본 연구는 실제 환경에서 다수의 센서로 구성된 노드들로 센서 네트워크를 구성하여 센싱 정보가 주기적으로 발생하거나, 일정 이상의 정보 변화에 의해 발생하였을 때 이를 효과적으로 전달하기 위한 미들웨어로 구현하여 적용할 계획이다. 또한 센서 노드에 대하여 다소 처리 부하가 될 수 있는 연산에 대하여 다수의 센서 노드가 공동으로 처리함으로써 연산 효율성을 증가시키는 방법을 적용할 계획이다.

[참 고 문 헌]

- [1] Sohrabi, K., Gao, J., Ailawadhi V. Pottie G.J., "Protocols for self-organization of a wireless sensor network", IEEE personal communications, 2000
- [2] <http://www.tinyos.net>
- [3] Yang Yu, Bhaskar Krishnamachari, Viktor K.Prasanna, "Issues in designing middleware for wireless sensor networks", IEEE Network, January 2004.
- [4] Jukka Riekkii, Jouni Huhtinen, Pekka Ala-Siuru, Petteri Alahuhta, Jouni Kaartinen, Juha Roning, "Genie of the Net: Context-aware Information Management"
- [5] A. Singhal and G. Salton, "Automatic Text Browsing Using Vector Space Model", In Proceedings of the Dual-Use Technologies and Applications Conference, May 1995.
- [6] A. Singhal and G. Salton, "Automatic Text Browsing Using Vector Space Model", In Proceedings of the Dual-Use Technologies and Applications Conference, May 1995.
- [7] G. Salton, A. Wong, and C.S. Yang, "A vector Space Model for Information Retrieval", Journal of the ASIS, November 1975.