

에너지 효율을 고려한 파티클 센서 알고리즘

홍성화*, 김훈기*

An Efficient Particle Sensor Algorithm

Sung-Hwa Hong*, Hoon-Ki Kim*

요 약

무선 센서 네트워크는 다양한 센서 기술의 발전으로 환경 분석이나 산업현장에서 다양하게 적용되고 있다. 또한 무선 센서 네트워크는 설치된 지역에서의 센서를 자동적으로 모니터링 한다. 특히 매우 작은 센서들은 최근 환경 분석을 위해 보다 많은 전력을 요구하며 개발되고 있다. 이러한 이유로 보다 상세한 측정 방법을 위해 다양한 재료와 어플리케이션에 의해 개발되었다. 또한 센서노드들은 저가의 저전력을 요구하는 필드를 위해 적은 전원으로 동작한다. 전원 효율은 무선 센서 네트워크의 생존시간에 매우 중요한 요소이다. 때문에 센서 노드들은 복구되기 어렵고 광범위한 지역에 설치된다. 본 논문에서는 저전력과 효율을 고려한 센서 노드에 적용된 무선 센서 네트워크 알고리즘을 제안하였다.

Abstract

Wireless Sensor Networks(WSN) can be applied to various industry fields and environment analysis fields with the progress of various sensor technologies. Also WSN help automatically monitoring of sensor nodes installed at wide area. Especially, the tiny sensor nodes recently developed for the environment analysis require much more electronic power. The reasons are the measurable fields are departmentalized and the more detailed measuring fields are created by the development of various materials and applications. Furthermore, the sensor nodes operated by small batteries for the fields require low cost and low power consumption in wireless networks technology. The power efficiency is the most important factor for the WSN life time. Because the sensor nodes are installed at wide area and hard to recover. This paper proposes the WSN algorithm is applied sensor node that has low power consumption and efficiency measurement.

▶ Keyword : Sensor, Energy, Ubiquitous, Sensor Network

• 제1저자 : 홍성화
• 투고일 : 2009. 03. 27, 심사일 : 2009. 04. 13, 게재확정일 : 2009. 05. 30.
* 동양공업전문대학 전산학부 소프트웨어공학과

I. 서론

최근 정보통신 기술의 급격한 발전으로 기존의 단순한 역할을 하던 컴퓨터는 하나의 정보단말기로써 우리의 실생활에 밀접한 영향을 주고 있다. 이러한 기술의 발전으로 유비쿼터스 컴퓨팅(ubiquitous computing)이라는 새로운 정보통신 혁명을 야기하게 되었고, 이것은 기존의 농업혁명, 산업화 혁명과 다르게 단순히 혁신적인 기술의 발전을 말하는 것이 아닌 모든 현실 공간의 사물과 가상공간이 하나로 어우러져 조화를 이루는 혁명을 의미한다. 또한 이러한 환경은 다양한 센서 소재의 개발, MEMS 기술, 저전력 RF설계 기술 등 하드웨어 기술의 발전과 더불어 무선 센서 네트워크(WSN: Wireless Sensor Networks)를 가능하게 하고 있다.

무선 센서 네트워크란 필요한 모든 곳에 전자 정보를 수집할 수 있는 센서 부착하고 이를 통해 사물의 인식정보를 기본으로 주변의 환경정보를 각종 센서를 통해 실시간 수집하여 관리, 통제할 수 있도록 구성된 네트워크로써 궁극적으로 모든 사물에 컴퓨팅 및 커뮤니케이션 기능을 부여하여 Anytime, Anywhere, Anything 통신이 가능한 환경을 구현하기 위한 것이다. 또한 무선 센서 네트워크는 기존의 유선으로 구축된 센서 네트워크를 무선 네트워크로 대체 하는 기술로서, 각 센서 노드는 센서의 의한 데이터의 수집, 수집된 데이터의 처리, 멀티 홉에 걸친 네트워킹 등의 기능을 가지고 있으며 이것은 전통적 의미의 센서에서 중요시한 정보 처리 능력의 향상을 의미한다고 할 수 있다.

이러한 기술의 발달과 사회 전반적으로 일고 있는 웰빙(well-being)문화의 확산으로 인해 개인적인 삶의 질 뿐만 아니라 사회의 안정성과 환경 보전 문제까지 관심 영역이 확대되고 있다. 자연 에너지 문제, 환경오염, 기상재해 등의 문제를 IT 기술을 통해 관리하기 시작했고, 센서 네트워크가 큰 역할을 담당하기 시작했다. 이미 많은 국제 연구기관과 선진국들은 환경보호정책과 IT전략을 연계하여 환경 보전에 대한 관심을 표출하고 있으며, 여러 프로젝트에서 지속가능한 발전을 위해 연구하고 있다. 이처럼 무선 센서 네트워크는 공공재의 성격을 갖는 환경, 교통, 기후 등의 서비스를 제공하는 인프라로 발전 될 가능성이 크다. 그 중 환경과 관련된 센서 네트워크 기술은 특성상 응용분야가 다양하며, 응용이 쉽기 때문에 앞으로 많은 활용이 이루어 질 것이다. 하지만 응용 기술이 다양한 반면에 센서 기술은 아직 소비자들의 욕구에 만족을 시켜주지 못하고 있다.

이미 언급한 바와 같이 무선 센서 네트워크에 사용되는 센

서 노드는 환경을 감지하기 위해 무인으로 동작되거나 사람이 접근하기 힘든 환경에서 동작하는 경우가 대부분이다. 또한 다량의 센서를 배치하여 무선 센서 네트워크를 형성 하는 경우가 많아 센서 노드의 크기가 작아야 하고, 가격이 저렴해야 하므로 노드에 공급할 수 있는 전원의 양과 데이터 처리 능력에 제한이 있게 된다. 게다가 환경을 측정하는 센서 노드인 파티클 센서(particle sensor), NDIR방식의 CO2 가스 측정 센서(CO2 sensor) 등은 소비 전력이 상당히 크다. 이것은 제한된 전원을 갖는 센서 노드에서 큰 부담이 아닐 수 없다. 따라서 무선 센서 네트워크 프로토콜을 설계하는데 있어서 반드시 에너지 효율 문제를 고려하여 설계하는 것이 중요하다.

본 논문에서 제안된 파티클 센서 알고리즘은 일정한 주기를 선정하고 구동주기에 측정된 먼지 농도를 앞서 측정된 농도와 비교하여 새롭게 측정된 농도가 낮거나 같다면 다음 주기에 sleep모드를 설정해준다. 이러한 알고리즘을 통해 실제 구동시간을 줄여주고 전력소비를 줄여주어 에너지의 효율을 높이는 방법이다.

본 논문의 구성은 1장의 서론에 이어 2장에서는 관련연구인 파티클 센서 노드를 설명할 것이다. 3장에서는 파티클 센서의 구성 원리와 제안된 알고리즘에 대해 설명할 것이다. 그리고 4장에서는 성능분석을 통해 제안된 알고리즘을 검증할 것이고, 마지막으로 5장에서 결론을 도출 할 것이다.

II. 관련 연구

먼지는 대략 0.005~500 μm 의 크기를 가지고 있으며, 직경이 2.5 μm 미만의 미세입자(fine particle)와 2.5 μm 이상의 거대 입자(coarse particle)로 분류한다. 국내에서는 PM10(10 μm)의 미세먼지를 기준으로 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (8시간) 이상 발생규제에 대한 실내 공기질 관리법을 제정하여 관리하고 있다(1). 이러한 대기중의 먼지는 최근에 급격히 증가하고 있는 실정인데, 그 원인 중의 하나가 황사라고 할 수 있다.

황사는 아시아 대륙의 중심부에 위치한 중국의 서북부와 몽골의 사막화 지역 등에서 강한 바람이나 지형에 의해 만들어진 난류 등의 기상조건으로 인하여, 다량의 모래와 먼지가 공중으로 비산하여 강풍을 타고 이동하다가, 지면 가까이에 침적하면서 부유하거나 시정장애를 일으키는 현상을 말한다(2). 이러한 황사로 인해 직접적인 이동 경로 상에 있는 우리나라의 영향은 다른 나라보다 크다고 할 수 있다. 황사로 인해 대기 먼지 농도가 심각하게 높아지면서 그 피해에 대한 우려의 목소리도 커지고 있으며, 미세먼지가 대기 환경과 인체에 미치는 영향도 지속적으로 연구되고 있다.

황사 발생 시기에 미세먼지(PM10)농도는 비 황사시기보다 크게 높아져 천식과 같은 호흡기계통의 질병을 악화시키고 폐 기능의 저하를 초래하는 등 국민건강의 위해 요인이 되고 있으며, 건축물에 퇴적되어 조각된 유적물이나 동상 등에 부식을 일으키고, 시정장애로 인한 교통제한, 식물의 잎 표면에 침적되어 신진대사를 방해하며 농작물에 대한 피해, 정밀산업 피해 등 사회 경제적 피해가 상당히 발생하는 것으로 알려져 있다.

이처럼 미세먼지에 의한 환경오염은 시간이 갈수록 심각해 지는데 비해 사람들의 웰빙 욕구는 증가하고 있다. 발전되어 가고 있는 기술로 인해 사람들은 실내에서 편리한 생활을 하고 있고, 실내 공기 질 개선 관련제품의 판매 또한 꾸준히 증가하고 있는 실정이다. 대표적으로 공기청정기를 들 수 있는데 미국 시장조사에 따르면 2006년을 기준으로 78억 달러이며, 연간 11.1%의 성장률을 보이고, 2010년까지 120억 달러의 시장이 될 것으로 예측되고 있다[3]. 공기청정기도 다른 가전기와 마찬가지로 지능형이 되어감에 따라 여러 센서가 부착되고 있는데 미세먼지를 측정하고 그에 따른 동작을 하기 위해 파티클 센서(particle sensor)가 사용되고 있다. 현재 사용되고 있는 파티클 센서는 파티클 카운터(particle counter)에 비해 저농도의 미세먼지를 측정하지는 못하지만 저비용이며 소형이다. 또한 현재 출시되고 있는 제품은 PM10정도의 측정이 가능한 것으로 보고되고 있다.

이러한 황사현상에 대한 상황을 이해하고 그 영향에 대처하기 위한 일련의 연구가 진행되어 왔는데, 기존의 연구는 황사의 발생과 수송 매커니즘에 대한 대기 물리학적 연구, 황사의 화학적 특징 및 구성 성분에 대한 대기 화학적 연구, 황사 발생 및 이동에 대한 기상학적 연구 등이 주를 이루었다. 이들 연구는 주로 학술적 차원에서 황사 현상을 모니터링 하고 황사의 물리 화학적 특성을 분석하는데 중점을 두었다. 하지만 황사에 대한 종합적인 대책 수립 및 피해의 최소화에 대한 연구는 미미한 실정이다. 따라서 본 논문에서 다뤄질 문제는 무선 센서 네트워크의 장점 중에 하나인 대규모의 네트워크 구성이 가능하고, 접근이 불가능한 지역에 센서 노드를 설치하여 데이터를 원격으로 검출 할 수 있는 특징을 이용해 넓은 지역의 먼지를 모니터링 하여 황사가 발생했을 때 빠른 대처가 가능하도록 하는 것이다. 하지만 파티클 센서뿐만 아니라 다른 센서 노드 역시 소비전력이 큰 단점이 있다. 이러한 단점을 제안하는 에너지 효율적인 파티클 센서 알고리즘을 통해 극복하고자 한다.

III. 본 론

3.1 파티클 센서

광학식 파티클 센서의 동작원리는 앞서 살펴본 광학 입자 계수기와 비슷하다. 하지만 광학 입자 계수기는 레이저 다이오드의 조광영역으로 펌프 또는 팬 등을 통해 일정한 먼지의 유량을 컨트롤 하는 반면에 파티클 센서는 자연적인 대류현상 등으로 먼지를 조광영역에 들어오게 하여 먼지의 농도 및 개수를 측정하는 것이 다르다고 할 수 있다. 조광영역에 먼지가 있게 되면 입자들이 산란을 하게 되는데 이 때의 각 입자에 의한 빛의 산란 및 흡수량은 Mie이론과 Rayleigh이론을 통해 계산할 수 있다[4]. 입자의 크기가 0.01~1 μ m의 범위이고 빛의 파장과 비슷할 경우에는 주로 Mie이론을 사용하고, 입자의 크기가 0.1~1nm의 범위로 빛의 파장보다 작은 경우에 Rayleigh이론을 사용한다. Mie이론에서는 산란된 빛이 전방 산란과 후방산란의 대칭성이 깨지는 것을 이용하는데, 산란된 파의 위상 차이를 이용해 입자의 크기를 추산할 수 있다. 전방산란과 후방산란이 차이가 나는 이유는 입자의 크기가 커지게 되면 산란된 파가 보강간섭뿐만 아니라 상쇄간섭까지 일으키게 되어 전방이 후방에 비해 매우 크게 되기 때문이다.

Mie산란 방정식은 다음과 같이 표시된다[4].

$$I(\theta) = I_0 \frac{\lambda^2}{8\pi^2 R^2} (i_1 + i_2) \dots\dots\dots (1)$$

여기서 I는 입자에서 θ 방향으로 산란된 빛의 강도이며, θ 는 입사광의 강도, R은 입자에서 수광기까지의 거리, λ 는 빛의 파장을 말한다. 그리고 i_1 및 i_2 는 산란되는 빛이 산란면에 평행한 편광방향과 수직인 편광방향을 바탕으로 빛의 세기를 구할 수 있다[5]. 광 산란 방식을 이용한 파티클 센서는 먼지에 의해 산란된 광량을 검출하여 먼지의 개수와 크기를 측정할 수 있다. 광 산란 방식은 측정시간이 빠르고 측정방법이 간단하여 사용자가 다루기 쉽기 때문에 먼지 측정방법으로 많이 사용되고 있다.

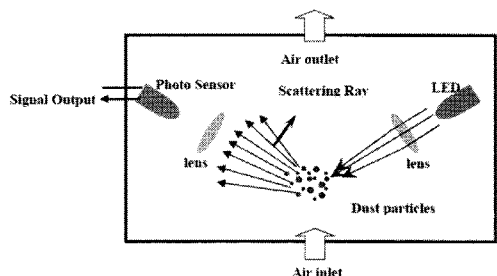


그림 1. 파티클 센서 구동원리
Fig. 1. Driven Principle of Particle Sensors.

파티클 센서의 구성은 그림 1과 같이 발광부, 수광부, 광학렌즈 등으로 구성되어 있다. 공기 중의 부유먼지에 대해 자연대류 또는 강제적인 대류를 시키고 초점이 맞추어진 조광영역에 먼지가 있으면 산란된 빛이 수광부로 들어가게 된다. 수광부에서는 광량에 비례하여 전류가 발생되게 되는데 이 전류를 전압으로 변환하고, 증폭시켜 먼지의 개수와 크기를 알 수 있다.

3.2 파티클 센서 측정 원리

파티클 센서의 수광부에서 수신된 신호는 여러 단계의 먼지크기 레벨을 설정하여 비교기에 연결된다. 비교기에서는 수신된 신호가 설정된 레벨보다 높은 전압일 경우 low로 떨어지게 되어있다. 비교기의 출력단자에서 출력되어 나오는 펄스신호는 MCU의 입력포트로 연결되고 출력된 펄스신호에서 falling edge를 계수하여 먼지의 개수를 파악할 수 있다. 그리고 Mie산란 이론에서 산란된 빛의 강도는 먼지의 농도와 함께 증가한다고 밝혔고, 식(2)와 같이 복사주파수의 두 배에 비례한다고 알려져 있다[12].

$$I = Kf^2 \dots\dots\dots (2)$$

여기에서 I는 산란된 빛의 강도이며, K는 비례상수, f는 빛의 파장을 말한다. 이렇게 측정된 빛의 강도를 통해 먼지의 크기를 알 수 있다. 그리고 펄스폭을 측정하여 먼지의 농도를 계산할 수 있다. 먼지 농도는 각 사이즈 별로 측정이 가능한데 아래와 같이 계산할 수 있다.

$$P_c = (Low\ Pulse\ Occupancy\ Time)/(Unit\ Time) \dots\dots (3)$$

또한, 먼지 개수를 카운트 한 값을 질량농도(mg/m³)로 변환을 할 수 있는데, 변환을 하기에 앞서 변환계수인 K값을 구해야 한다. K값은 여과포집장치와 파티클 센서를 일정시간 측정 하고 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$K = C/R \dots\dots\dots (4)$$

여기에서 C는 질량농도 변환계수이고, R은 여과포집장치에 의한 질량농도를 mg/m³ 단위로 구한 것이며, K는 상대농도로써 CPM(count per minute)값을 나타낸다. 여기서 나온 K값으로 상대농도로부터 질량농도로 변환할 수 있는데 다음과 같이 나타낸다.

$$Mass\ Concentration = R \dots\dots\dots (5)$$

그림 2는 파티클 센서의 수광부의 신호와 비교기 레벨설정, 그리고 출력 펄스를 나타낸다. 산란된 빛을 수광부인 포토다이오드에서 전기적 신호로 변환하면 아래와 같이 표시되고 이 신호를 설정된 4가지 레벨로 구분하면 각각의 크기에 맞는 펄스로 변환이 되어 출력된다. 그리고 측정된 데이터는 MCU에서 그림 3의 흐름도와 같이 처리 된다.

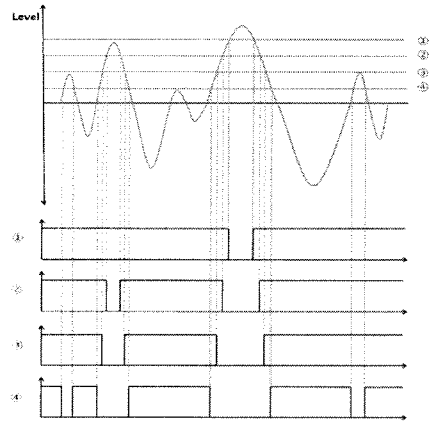


그림 2. 수광부의 신호와 비교기 설정레벨 및 출력펄스
Fig. 2. Photodiode Signal and Comparator Settings Level and The Output Pulse.

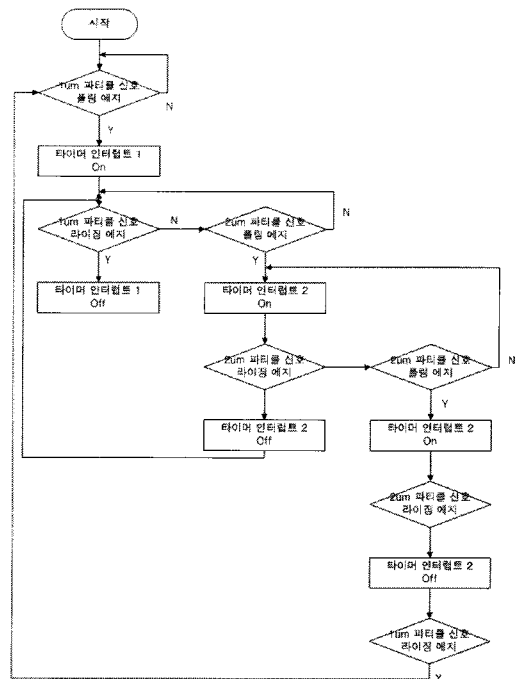


그림 3. 데이터 처리 알고리즘
Fig. 3. Data Processing Algorithm.

출력되는 데이터의 신호처리 방법은 가장 작은 먼지를 측정할 수 있는 레벨의 신호에서 falling edge가 검출이 되면 타이머 인터럽트가 시작된다. 그리고 low 펄스가 계속되는 동안 시간을 측정하게 된다. 이때 최소 레벨에서 측정할 수 있는 먼지 사이즈보다 큰 먼지를 상위 레벨에서 검출하면 데이터 처리 루프는 새로운 타이머 인터럽트를 발생시키고 rising edge를 기다리게 된다. 이러한 방법으로 여러 개의 먼지 크기 측정 레벨을 설정하여 각 레벨의 low pulse시간을 계산할 수 있다.

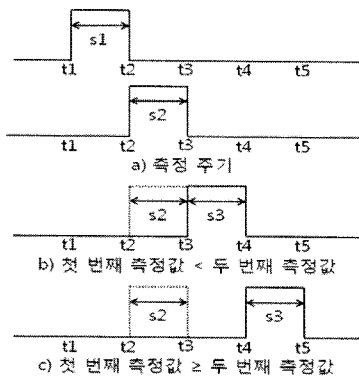


그림 4. 센서 노드의 측정 주기
Fig. 4. Measurement Periods of Sensor Node.

이러한 측정 방법을 이용하여 식(5)와 같이 펄스 개수에서 질량농도로 변환이 가능하며 그림 4에 나온 제안된 알고리즘과 같이 측정 주기 안에서 질량 농도로 계산한다. 각 주기 안에서의 측정원리를 자세히 살펴보면 첫 번째 측정주기인 s1과 두 번째 측정주기인 s2에 측정된 먼지 농도를 비교하여 s1구간에 측정된 값이 s2 구간에 측정된 값보다 작으면 t3에서 측정 주기 s3구간이 시작된다. 그러나 s1 주기의 먼지 농도가 s2 주기의 먼지 농도 값 보다 크다면 t3에서 t4의 구간은 sleep 모드로 전환이 되어 에너지 소모를 줄이고, s3 측정 주기는 t4에서 시작된다. 이것은 앞의 주기에 측정된 먼지 농도 값을 현재의 값과 비교하여 현재 값이 전의 값보다 낮으면 현재의 먼지 오염은 줄어들고 있다고 가정할 것이다. 그러나 반응 속도가 빠른 센서 노드나 이벤트가 발생했을 때 긴급하게 반응해야 하는 센서 노드의 경우 위의 알고리즘이 효과적이지 않을 수도 있다. 하지만 실제로 파티클 센서에서 먼지의 질량농도는 급변하게 변화되지 않기 때문에 sleep 모드를 설정하는 것은 큰 문제가 되지 않는다. 또한 센서 노드에서 에너지의 대부분을 소비하는 IR sensor와 heater 저항 등을 sleep 모드 동안 off 시킴으로써 센서 노드의 에너지 효율성을 높일 수 있는 장점이 있다.

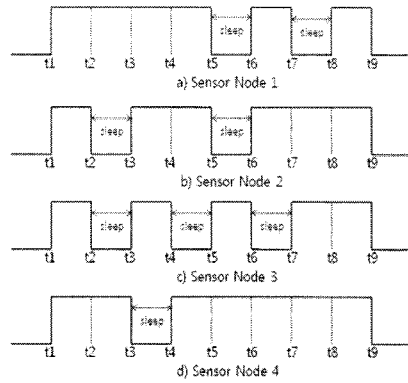


그림 5. 센서 노드의 Active/Sleep
Fig. 5. An Example Active and Sleep Time of Sensor Node.

그림 5에는 파티클 센서 모듈의 active/sleep 주기를 설정하여 구동하는 모습을 나타내었다. 센서 노드 1에서는 t1구간에서 t4구간까지 측정하는 동안 먼지 농도가 계속 증가하였고, t4와 t5구간의 측정값은 바로 앞의 측정값인 t3에서 t4구간의 값보다 낮아져서 t5가 시작되는 주기에 sleep 모드가 된다. 그리고 다시 기본 측정 주기가 시작되고 측정 주기가 끝나면 저장된 측정치와 비교하게 되고 저장된 값보다 낮기 때문에 t7에서 t8구간에 다시 sleep모드로 설정된다. 이렇게 active 모드와 sleep 모드를 사용함으로써 소비 전력이 큰 센서 노드에서 sleep 모드로 진행되는 falling edge를 카운트하여 sleep 모드가 적용된 주기의 횟수를 파악할 수 있다.

IV. 성능 평가

제안된 파티클 센서 알고리즘은 앞서 3.1절에서 밝혔듯이 일정한 주기를 선정하고 구동주기에 측정된 먼지 농도를 앞서 측정된 농도와 비교하여 새롭게 측정된 농도가 낮거나 같다면 다음 주기에 sleep모드를 설정해준다. 이러한 알고리즘을 통해 실제 구동시간을 줄여주고 전력소비를 줄여주어 에너지의 효율을 높이는 방법이다. 이러한 알고리즘을 평가하기 위해 NI의 LabVIEW를 통해 시뮬레이션을 하였다. 그림 6과 7에 LabVIEW를 사용한 시뮬레이션 프로그램을 나타내었다.

파티클 센서의 농도 측정을 위해 랜덤(random) 함수를 사용하여 0에서 1까지의 임의의 수를 먼지 농도라고 가정하였고, 배열에 저장될 수 있게 하였다. 여기에서 측정된 먼지 농도를 현재의 값과 이전의 값을 비교하여 작거나 같으면

sleep모드로 들어가게 하여 출력된 그래프에 0으로 표시되게 하고, 반대로 현재의 값이 이전의 값보다 클 경우에는 1로 표시하여 active 모드임을 나타내었다. 또한 측정 주기를 변경할 수 있게 하여 측정 주기에 따른 sleep 모드 측정시간을 확인 할 수 있게 하였다. 전체 시간에 대한 sleep 모드의 비율을 확인하기 위해 간단한 수식을 사용해서 Low Pulse Ratio를 표시하였다.

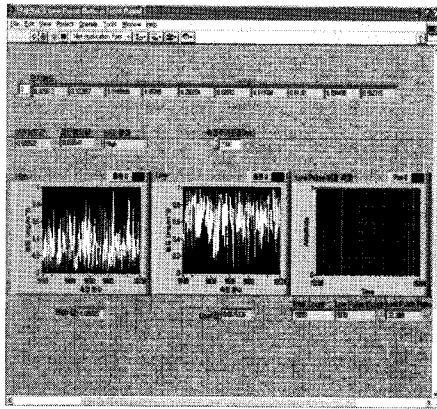


그림 6. LabVIEW 시뮬레이션 Front Panel
Fig. 6. LabVIEW Front Panel.

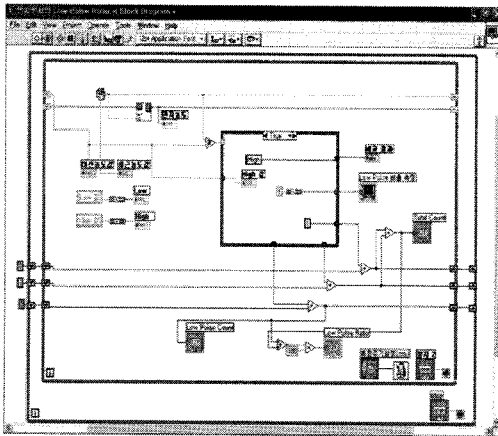


그림 7. LabVIEW 시뮬레이션 Block Diagram
Fig. 7. LabVIEW Block Diagram.

전체 측정 시간에 따른 Low Pulse Ratio를 측정하기 위해 전체 네트워크 시간이라 할 수 있는 Total Count의 수를 5,000개와 10,000개로 설정하였고, 이때의 측정 주기를 10초, 30초, 1분으로 설정하여 각각 측정하였다. 그리고 비교대상으로 일반적으로 사용하고 있는 연속 구동 방식을 선택하였다.

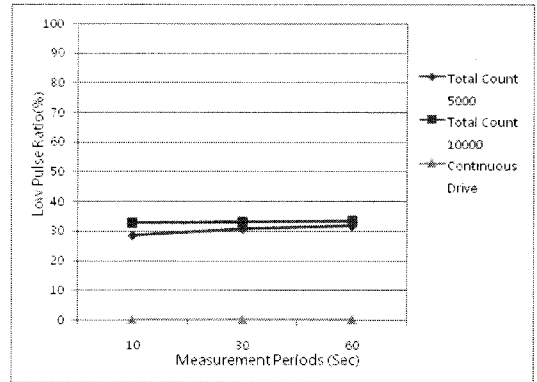


그림 8. 파티클 센서 알고리즘을 적용한 시뮬레이션 결과
Fig. 8. Result of Simulation Applied Proposed Particle Sensor Algorithm.

그림 8의 시뮬레이션 결과에는 일반적인 연속구동 방식과 전체 구동시간의 비교가 나타나 있다. 결과를 보면 총 구동시간이 길어질수록 안정적인 결과를 나타내고 있고, 이때의 에너지 소비 효율은 연속구동 방식에 비해 약 35%정도의 에너지 소비를 줄일 수 있는 것으로 보이고 있다. 제안된 알고리즘의 이론상으로는 초기값이 최대값인 1mg/m3을 가질 때 에너지 효율을 50%까지 높일 수 있지만 장시간의 측정과 랜덤 함수의 특성상 위의 결과와 같은 에너지 효율을 나타내고 있다.

V. 결론

유비쿼터스 컴퓨팅 기술을 비롯한 정보통신 기술의 발달과 사회 전반적으로 일고 있는 웰빙 문화의 확산으로 인해 개인적인 삶의 질 뿐만 아니라 사회의 안정성과 환경 보전 문제까지 관심 영역이 확대되고 있다. 자연 에너지 문제, 환경오염, 기상재해 등의 문제를 IT 기술을 통해 관리하기 시작했고, 센서 네트워크가 큰 역할을 담당하고 있다.

일반적으로 무선 센서 네트워크 환경에서 네트워크를 구성하는 센서 노드들은 라우팅 및 센싱 역할을 함께 수행해야 하기 때문에 각 센서 노드들은 항상 에너지 부담을 가지고 있다. 이러한 무선 센서 네트워크에 사용되는 센서는 무인으로 동작되거나 사람이 접근하기 힘든 환경에서 동작하는 경우가 대부분이다. 또한 다량의 센서를 배치하여 무선 센서 네트워크를 형성하는 경우가 많아 센서 노드의 크기가 작아야 하고, 가격이 저렴해야 하므로 노드에 공급할 수 있는 전원의 양과 데이터 처리 능력에 제한이 있게 된다. 본 논문에서는 이러한 센서 노드의 에너지 효율성을 고려한 알고리즘을 제안하였다.

제안한 알고리즘은 particle sensor에서 이전 주기에 측정된 값과 현재 주기에 측정된 값을 비교하여 현재 측정된 값이 작거나 같으면 먼지가 감소하고 있다고 가정하고 다음 주기에 sleep 모드를 설정해 주어 에너지 소비를 줄일 수 있는 알고리즘이다. 시뮬레이션 결과를 보면 실제 파티클 센서의 측정주기를 기준으로 주기를 변경시켜 주면서 측정했을 때 센서 노드의 에너지 소모를 연속 구동 방식에 비해 약 35% 정도 향상 시켜 주었다.

이러한 센서 알고리즘은 보다 효율적으로 환경 분석을 위해 사용될 것이며, 또한 보다 효율적인 라우팅 알고리즘이 접목되면 무선 센서 네트워크의 생존시간을 늘이는데 많은 도움이 되므로 이러한 분야에 대한 연구도 필요할 것이다.

참고문헌

- [1] 환경부, <http://www.me.go.kr>
- [2] 추장민, 정희성, 강광규, 유난미, 김미숙, "A Study on the Analysing Northeast Asian Dust and Sand Storm Damages and the Regional Cooperation Strategies", 한국 환경정책 평가 연구원 연구 보고서, P.1-216, 2003
- [3] KOTRA, <http://kotra.or.kr>
- [4] H. van de Hulst, "Light scattering by small particle", John Wiley, New York, 1957
- [5] V. Backman, R. Gurjar, I. Itzkan, K. Badizadegan, R. R. Dasari, L. T. Perelman, M. S. Feld, "Polarized light scattering spectroscopy for quantitative measurement of epithelial cellular structures in situ", IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics, vol. 5, no. 4, 1999
- [6] (주)NIDS, <http://www.nano-sensor.com>
- [7] E. Callaway, P. Gorday, L. Hester, J. A. Gutierrez, M. Naeve, "Home Networking with IEEE 802.15.4 : A Developing Standard for Low-Rate Wireless Personal Area Networks", IEEE Communications Magazine, vol. 40, P70-77, 2002
- [8] W. Heinzelman, A. Chandrakasan, H. Balakrishnan, "Energy-Efficient Communication Protocol for Wireless Microsensor Networks" Proc of the 33rd Hawaii Int'l Conf. System Sciences, 2000
- [9] W. R. Heinzelman, A. Chandrakasan, H. Balakrishnan, "An Application-Specific Protocol Architecture for Wireless Microsensor Networks" IEEE Transactions on Wireless Communications, Vol. 1, P.660, 2002
- [10] A. Manjeshwar, D. P. Agrawal, "TEEN: A Routing Protocol for Enhanced Efficiency in Wireless Sensor Networks," Proc. of the 2nd Int'l Workshop on Parallel and Distributed Computing Issues in Wireless Networks and Mobile Computing, 2001
- [11] A. Manjeshwar, D. P. Agrawal, "APTEEN: A Protocol for Efficient Routing and Comprehensive Information Retrieval in Wireless Sensor Networks," Proc. of the 2nd Int'l Workshop on Parallel and Distributed Computing Issues in Wireless Networks and Mobile Computing, 2002
- [12] S. G. Sharama, B. D. Prasad, "Airborne dust particle counting techniques", Environmental Monitoring and Assessment, vol. 114, P. 191-198, 2006
- [13] Network Simulator, <http://www.isi.edu/nsnam/ns>
- [14] 김인태, 한승진, 이정현, "센서네트워크 환경에서 다중 경로를 이용한 웹홀 검출," 한국컴퓨터정보학회논문지, 제 15권, 제 1호, 77-81쪽, 2007년 6월.
- [15] 조익래, 이호선, 이균하, "EEMR 프로토콜을 이용한 무선 센서 네트워크 노드의 에너지 소비 절감 방법," 한국컴퓨터정보학회논문지, 제 10권, 제 4호, 229-237쪽, 2005년 9월.

저자소개



홍성화

1996: 고려대학교 전자계산학과
이학사.

2002: 한국항공대학교
정보통신공학과 공학석사.

2008: 고려대학교
전자컴퓨터공학과 공학박사

현재: 동양공업전문대학
소프트웨어학과 전임강사

관심분야: 유비쿼터스 네트워크, 홈
네트워크, 무선네트워크, 임베디드 시
스템,



김훈기

1988: 한양대학교 전자공학과
공학사.

1990: 한양대학교 전자공학과
공학석사.

2002: 한양대학교 전자공학과
공학박사

현재: 동양공업전문대학
소프트웨어학과 조교수

관심분야: 임베디드 시스템, 센서 네
트워크, 로봇 S/W, 통신 시스템