

초소형 비행체 Quad Rotor 를 이용한 USN 환경 가스 센싱 시스템

*이병석[†], 이준화[†], 김규식[†], 김조천^{††}

[†]서울시립대학교 전자전기컴퓨터공학부, ^{††}건국대학교 환경공학과

USN Environmental Gas Sensing System using Quad Rotor

*ByungSeok Lee[†], Joon Hwa Lee[†], Gyu-Sik Kim[†], Jo-Chun Kim^{††}

[†]Dept. of Electrical and Computer Engineering, University of Seoul, ^{††}Dept. of Environmental Engineering, Konkuk University

Abstract - There are various polluting emissions related to the air quality such as NO_x, CO₂, CO, VOCs, O₃, SO₂, CH₄, H₂S, NH₃, etc. We need the system that reduces emission of these environment gases and detects risk factors in modern society. Therefore, if we use the USN(Ubiquitous Sensor Network) technology and a MAV(Micro Air Vehicle) Quad Rotor which can be hovering and moving free for setting up the environment gas sensing system, the realtime measurement on environment gases is facilitated and by extension, in application of traffic watchdog, forest fire surveillance and counter-terrorism efforts, we anticipate making better use of a Quad Rotor.

<그림 2>는 Carbon Pipe, Rod 및 나무, 플라스틱, EPP(Expanded PolyPropylene)로 구성된 Quad Rotor의 동체와 하단의 정류방전 특성이 우수한 리튬 폴리머 전원을 사용하여 만든 구조이다. <그림 3>은 전체적인 Quad Rotor의 모습으로 지름(날개 끝에서 끝) 12cm~18cm 미만, 무게 36g~40g 미만의 완성된 Quad Rotor 모습이다.



<그림 3> 초소형 비행체 Quad Rotor

1. 서 론

환경감시를 함에 있어 고정(설치)형 및 휴대형 장비를 사용하는 기존의 방식보다 오염물질 근원 가까이에서 실시간으로 측정하는 방법이 보다 더 실제적인 데이터를 제공할 것이다. 이에 대기 중에서 여러 곳을 비행하며 측정할 수 있는 방법으로 초소형 비행체를 사용할 수 있다. 그 중 정지비행이 원활하여 감시·감찰 기능을 충분히 수행할 수 있고 헬리콥터와 비슷한 형태이지만, 능적인 움직임에 있어 보다 자유로운 초소형 비행체 Quad Rotor를 이용하여 USN 환경 가스 센싱 시스템에 적용한다면 실시간 환경 감시 기능을 한 단계 향상할 수 있는 계기를 마련하게 될 것이다.

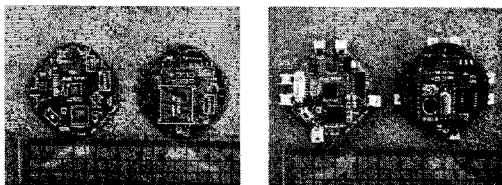
2. 초소형 비행체 Quad Rotor 개발 및 환경 가스 센싱 시스템

2.1 Quad Rotor 하드웨어

초소형 비행체 Quad Rotor의 비행 제어, 원격 조종 및 자율 비행, 환경 가스 센싱 등을 위한 Circuit Board를 Artwork 하고, 강도와 무게 면에서 적합한 동체 재질 및 전원 등을 고려하여 초소형 비행에 적당한 Quad Rotor를 설계하였다.

2.1.1 Quad Rotor 제어 보드

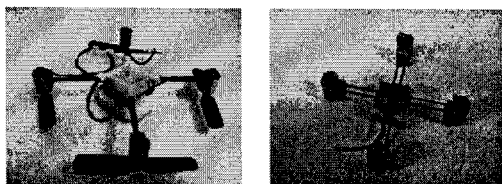
초소형 비행체의 비행을 담당할 메인 보드인 Quad Rotor CPU 보드를 가로, 세로 37mm×37mm 크기의 PCB(Printed Circuit Board)로 Artwork 하여 <그림 1>과 같은 보드에 SMD 부품을 실장(實裝)하였다. 주요 구성 부품으로는 비행체 구동 및 제어를 위한 코드가 프로그래밍 될 CPU와 자세를 감지하기 위한 3축 가속도 센서, DC 모터를 구동할 Motor Driver IC, 통신을 위한 무선 통신 모듈 등으로 부품을 탑재하고 있다.



<그림 1> Quad Rotor CPU 보드 앞·뒤면

2.1.2 Quad Rotor 동체(fuselage) 및 전원

초소형 비행체의 특성상 무게와 전원(battery)은 비행에 있어 민감한 제한 요소가 된다. 따라서 무게 대비 강도와 전류용량이 큰 재질 및 전원 선정이 중요하다.



<그림 2> Quad Rotor 동체

2.2 Quad Rotor 소프트웨어

비행체의 안정적인 제어를 위해서 비행체를 구성하는 기계적인 시스템을 제외한 컨트롤러의 구현을 위해 소프트웨어적으로 CPU의 이산처리를 구현할 필요가 있다. 식 (1)의 고전적인 PID 표현식에서 z-transform과 Tustin approximation인 식 (2)을 통하여 식 (3)과 같은 digital controller를 구현하고 이를 소프트웨어적으로 내부 플래쉬를 갖는 One-chip CPU에 프로그래밍 할 수 있다.

2.2.1 Digital Controller 구현

고전적인 PID 형태의 컨트롤러를 표현하면 아래와 같다.

$$u(t) = k_p e(t) + k_i \frac{e(t)}{s} + k_d s e(t) \quad \dots (1)$$

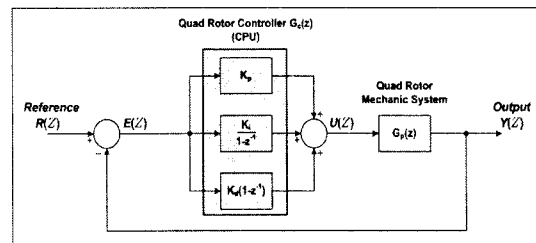
여기에서 $z = e^{sT_s}$ 로부터,

$$\ln(z) \approx 2 \frac{z-1}{z+1} = 2 \frac{1-z^{-1}}{1+z^{-1}} \quad \dots (2)$$

식 (2)의 Tustin approximation 적용하고[1], $s \approx \frac{2}{T_s} \frac{1-z^{-1}}{1+z^{-1}}$ 이라는

근사법을 이용하면 digital controller를 식 (3)과 같이 구현할 수 있다.[2]

$$u(k) = u(k-2) + \alpha e(k) + \beta e(k-1) + \gamma e(k-2) \quad \dots (3)$$



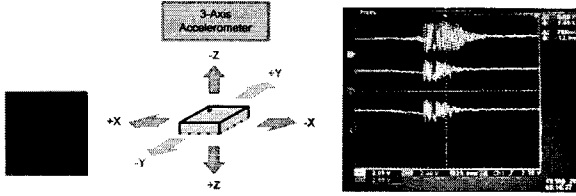
<그림 4> Quad Rotor의 digital controller 블록 다이어그램

이렇게 구한 PID 형태의 Digital Controller는 Quad Rotor의 롤(Roll), 피치(Pitch), 요(Yaw)에 각각 적용되어 안정적인 비행을 위해 미리 자세를 미세조종(tune)하도록 하여 비행을 안정적으로 할 수 있다.[3]

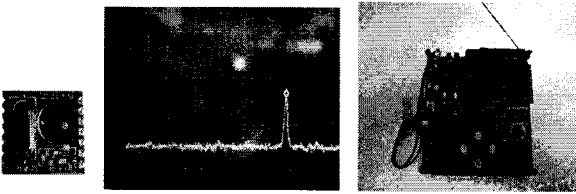
2.2.2 Quad Rotor의 자세 센싱 및 통신

자유공간 상에서 자유롭게 움직이는 물체의 자유도는 6 이다. 즉 x, y, z 축 방향과 그 각 축의 회전 방향을 롤(roll), 피치(pitch), 요(yaw)로 하여 6-DOF(Degree Of Freedom)를 갖는다. 따라서 이러한 복잡한 위치 결정 요소를 갖는 물체의 자세를 제어하는 일은 쉽지가 않다. 하지만 자세 제어를 위한 자이로 및 가속도 센서, 기울기 센서, 지자기 센서 등 다양하고, MEMS 기술이

적용된 소형의 chip들이 많이 개발된 상태이다. 그 중 본 논문의 Quad Rotor는 3축 가속도 센서인 MMA7260Q라는 센서를 이용하여 Quad Rotor의 기본적인 자세 제어에 이용하였다. 또한 원거리에서의 조종을 위해 100m 이상의 무선 통신 거리를 지원하고, ISM Band를 사용하는 소형·소경량의 무선 SPI 통신 모듈을 이용하여 조종기를 만들어 조이스틱 및 버튼, 가변 저항으로 Quad Rotor를 원격 제어할 수 있도록 하였다.



(a) 가속도 센서 및 impact시 3축(x,y,z) 가속도 센서 값



(b) 통신 모듈 및 제어신호 전송시 캐리어 주파수(914.4MHz)와 원격 조종기

<그림 5> 3축 가속도 센서, 통신 모듈, 원격 조종기

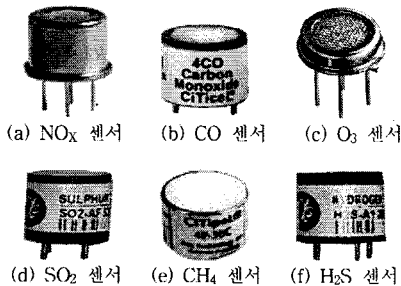
2.3 환경 가스 센싱 시스템

대기질 오염 물질 중 환경가스인 NO_x, CO, CO, VOCs, O₃, SO₂, CH₄, H₂S, NH₃ 등을 측정할 수 있는 센서 모듈을 사용하여 실시간 측정 후 이 데이터를 근거로 각종 환경 규제 및 오염물질 배출을 줄여 오염의 확대를 예방하는 것이 무엇보다 중요하다. 따라서 오염물질의 정확하고 실시간적인 측정이 필요하다. 이를 위해 USN 기술에 초소형 비행체 Quad Rotor를 적용하면 환경가스의 측정과 감시활동으로 오염물질 확대를 줄일 수 있다.

또한, 각종 환경 가스에 대한 센서모듈들이 초소형임에도 불구하고 동작범위 및 센서 측정오차가 휴대용 측정장비와 근사한 범위를 갖는 우수한 센서들이 출시되고 있어 초소형 비행체에 적용하여 환경오염을 감시하는데 유용하다.

2.3.1 주요 환경 가스 센서

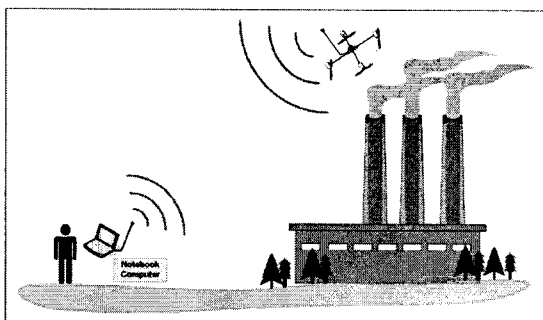
반도체 혹은 촉매구슬(Catalytic Bead) 기술[4][5]등을 이용한 지름 9mm ~ 20mm 이하의 소형 센서들이 많이 개발되어 있다. 몇몇 주요 환경가스를 측정하기 위한 센서를 살펴보면 아래 <그림 6>과 같다.



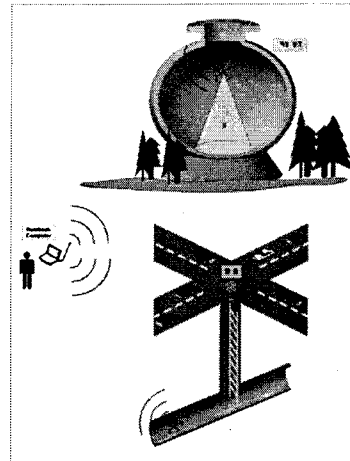
<그림 6> 주요 환경가스 센서

2.3.2 Quad Rotor를 적용한 환경가스 센싱 시스템 적용 개념도

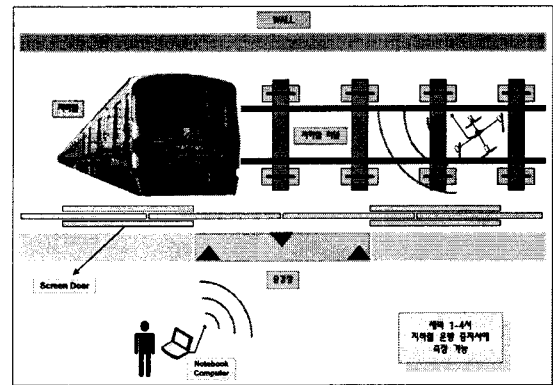
초소형 비행체 Quad Rotor를 이용한 환경가스 센싱 시스템의 적용 개념도를 살펴보면 다음과 같다.



<그림 7> 굴뚝 매연 환경오염 측정



<그림 8> 대형탱크 및 맨홀에서의 환경오염 측정



<그림 9> 지하철 터널에서의 환경오염 측정

3. 결 론

본 논문은 기존의 환경오염 물질 측정 및 감시의 방식에서 실시간적이고, 동적이며 현장(現場)적인 측정 방식으로의 전환을 위해 최근 다양하게 개발되고 있고, 활용도가 높은 초소형 비행체 Quad Rotor를 이용한 환경가스 센싱 시스템의 가능성을 제안하고 있다. 현재 각종 측정 센서 모듈을 탑재하기에는 사이즈가 작고, 원격에서 영상을 전송할 수 있도록 영상센서를 탑재하거나 이를 위한 통신 모듈 및 기타 부품을 추가하기에는 너무 소형이지만 앞으로 비행체의 스케일을 50cm 미만으로 늘리고, 추력(推力)을 높인다면 USN 기술로 환경 감시를 하는데 유용하게 활용될 것이며, 정밀한 조종과 자율 비행을 위해 자세 제어에 대한 알고리즘을 보완한다면 환경감시 뿐만 아니라 산불감시, 교통감시 및 대테러 활동 등 다양한 분야에서 사용될 것이다.

감 사 의 글

본 논문은 2007년도 서울시 산학연 기술기반(특정과제) 연구개발 지원사업의 지원으로 연구되었습니다.

[참 고 문 헌]

- [1] Krzysztof B. Janiszowski, "A Modification and the Tustin Approximation", IEEE JNL, pp.1313, 1993년 8월
- [2] Victor Giurgiutiu, Sergey Edward Lyshevski, "MICROMECHATRONICS", CRC Press, pp.131~134, 2004년
- [3] Kong Wai Weng, Mohamad Shuki b. Zainal Abidin, "Design and Control of a Quad-Rotor Flying Robot For Aerial Surveillance", Research and Development, 2006. SCOREd 2006. 4th Student Conference, IEEE CNF, pp.176, 2006년 6월
- [4] <http://www.microchemical.com/technology.htm>
- [5] <http://www.citytech.com/>