클라우드 기반의 친환경 식품 가스치환포장(M.A.P) 혼합가스 검사용 포터블식 가스측정기 시스템 연구

The Study of Potable Gas Measuring Instrument System Realization about Food Modified Atmosphere Packaging based Cloud Server

우 상 철 (방송영화제작과)

Sang-Choel Woo (Dept. of Broadcasting & Video and Film)

Key words : Restful Method, MAP, Gas Measuring Instrument, NDIR, UART

Abstract : In this study, we realized the potable gas measuring instrument system about food atmosphere packaging based cloud server. First, we designed air pump, sensor main board, UI display, cloud sever system and restful data transmission. Also, we realized the AWS cloud sever that it was made of the write API key/read API key, channel ID, dash board display system. The system has the android application service and IOS application service application service to provide the remote sensing data from various sensor device. Especially, portable MAP gas system can measure the proper O2,CO2,N2 density through the fluid control of air stream.

1. 서론

현재 일상생활에서 음식물의 부패를 미연에 방지하고자 다양한 형태의 기술적 포장 방안을 사용하고 있다. 본 논문에서 적용된 가스치환기술인 M.A.P (Modified Atmosphere Packaging)는 포장용기 내의 공기를 모두 제거한 후 인위적으로 조성된 가스를 채워 넣어 미생물의 성장을 감소시키며, 효소에 의한 오염을 지연시켜 신선식품의 저장기간을 연장하는 포장기법이다. 여기에 주로 사용되는 가스로는 산소(O2),이산화

탄소(CO2),질소(N2)등이며, 통상 혼합가스 사용의 조성에 따라 미생물의 성장속도와 종류가 영향을 받아 저장기간이 좌우된다. 그리고 이 방법은 부패하기 쉬운 식품을 보호하는데 가장 자연적인 방법이며 화학첨가제를 사용하지 않는 친환경 포장기법으로 해외에서 광범위하게 사용되고 있다[1].

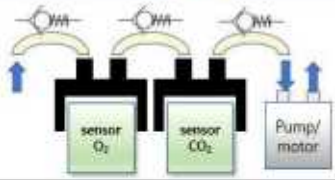
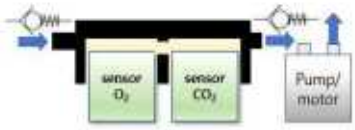
MAP에서 측정하고자 하는 공기 조성은 크게 O2, CO2 (나머지는 N2)임으로 이를 측정할 수 있는 센서가 중요하며 제품 구현에 사용된 센서의 특징은 먼저 산소 센서는 청과물의 숙성시 발생하는 에틸렌에 대한 반응이 없어야 하며 반응속도가 빠르며, 온도 보상되어 있어야 한다. 그리고 수명이 길고, 전력 소모가 적어야 하는 특징을 가진다. 그리고 이산화탄소 센서는 다른 타가스에 대한 반응성이 없을 것 (안정적 측정), 고농도(~100%)의 측정이 가능하며 (저온)온도 보상이 되어 있어야 한다. 그리고 수명이 길고, 전력 소모가 적어야 한다. 특히, 산소는 대기중에 20.9% (표준공기)의 조성을 갖고 있으며, 식품포장내의 조성은 식품의 종류에 따라 다르나 육류의 포장에서 붉은색을 유지하려고 산소를 주입하는 경우가 있다. 이럴 경우 산소 농도를 측정하지 않음으로 농식품 저장에 산소 측정은 최대 25%여도 충분하다. 그리고 이산화탄소는 대기중에 약 0.04% (표준공기)의 조성을 갖고 있으며, 식품포장내의 조성은 식품 종류에 따라 다르나 대부분 대기 조성보다 훨씬 높은 5~100% 까지 다양하게 조절되므로, 이 정도의 측정 범위가 필요하다. 또한, 제한된 공간내의 공기조성을 측정함에 따라 짧은 시간에 적은 용량으로 측정을 하는 것이 아주 중요하며, 단시간 대기중 확산이 이루어지지 않도록 흡입된 가스가 제한된 공간에 체류를 하도록 함으로써 측정 정밀도를 높일 수 있도록 해야 한다. 또한, 가스 측정기에 통신기능을 추가하여 원격으로 클라우드에 전송하여 측정 데이터를 모니터링 할 필요가 있다[2].

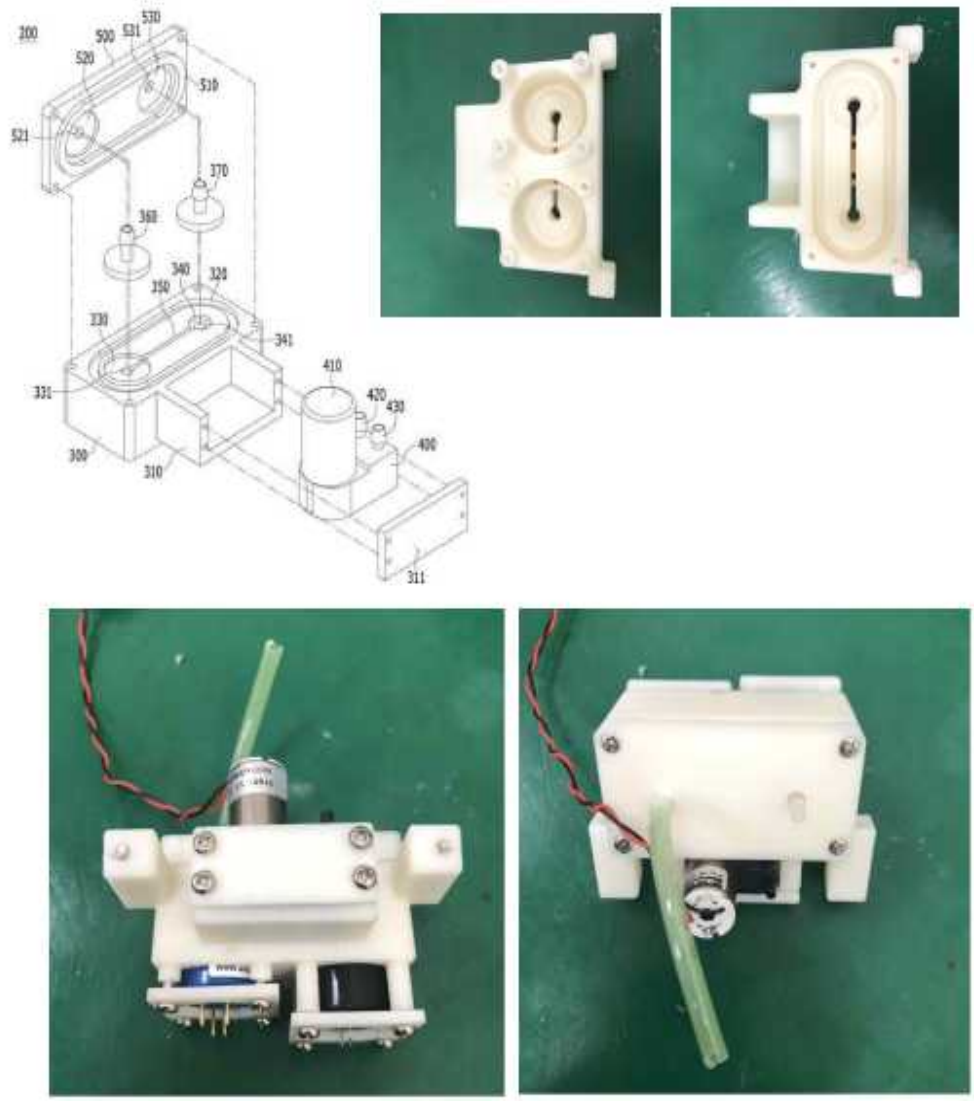
따라서 본 연구에서는 가스 측정기를 개발하고 산소(O2),이산화탄소(CO2),질소(N2) 등을 측정할 수 있으며 유/무선 통신 기술을 적용하여 클라우드 서버 기반의 HTTP방식인 Restful방식으로 데이터를 원격 모니터링 할 수 있도록 구현한다. TFT-LCD, UART, Sensor 보드,Wifi 모듈을 설계하고 클라우드 서버에 Restful 전송방식을 적용한다. 그리고 유량 최소화를 위한 최적의 기구물을 설계,제작 및 테스트를 진행하였고, 공기 흡입(흡입량 및 시간)을 제어하는 알고리즘을 제안하여 최적화를 위한 평가를 구현하였다.

2. Restful기반의 친환경 식품 가스치환포장(M.A.P) 혼합가스 검사용 포터블식 가스측정기 시스템 구조

2.1. 가스측정기 공기 흐름 제어 구조 분석

에어튜브를 사용하는 구조는 아주 간단하게 흐름 제어를 할 수 있으나 에어튜브가 차지하는 기본적인 부피가 있기 때문에 공기 체적을 설정하기가 어렵고, 동선이 길어짐에 따라 흡입공기량이 많아짐에 따라 소용량으로 정밀한 측정을 하기가 어려운 상황이다. 기본적인 평가를 위해 진행을 하되 별도의 기구물을 설계한다. 2개의 센서를 하나의 구조물안에 넣고, 공기 흐름을 최소화 할 수 있는 내부 유로를 설계하여 외부의 Pump를 통해 공기를 흡입하고 Pump를 통해서 공기를 밖으로 배출하는 구조로 설계한다. 펌프의 흡입력이 사라지는 순간, 흡입된 공기가 외부로 배출됨을 막기 위해 2개의 소형 체크밸브를 밀접하게 배치하여 흡입된 공기가 체류할 수 있는 전용 기구물 제작을 구현한다. 센서와 펌프에 전력공급 및 신호처리를 위해 센서의 출력핀은 외부와 연결될 수 있도록 인터페이스 구조를 구현한다.

개발 방향	구분	항목	내용
	유량제어	체적 계산	튜브직경 및 길이, 센서내부, 구조물의 빈공간에 대한 최적 설계
		흐름 제어	체크밸브의 성능 및 펌프(또는 모터)의 흡입유량 검증
	하드웨어	기구 설계	일체형 또는 분리형 구조 설계 (참 참조)
	펌웨어	로직 설계	시간제어, 측정값 분석 (알고리즘을 통한 최적화)

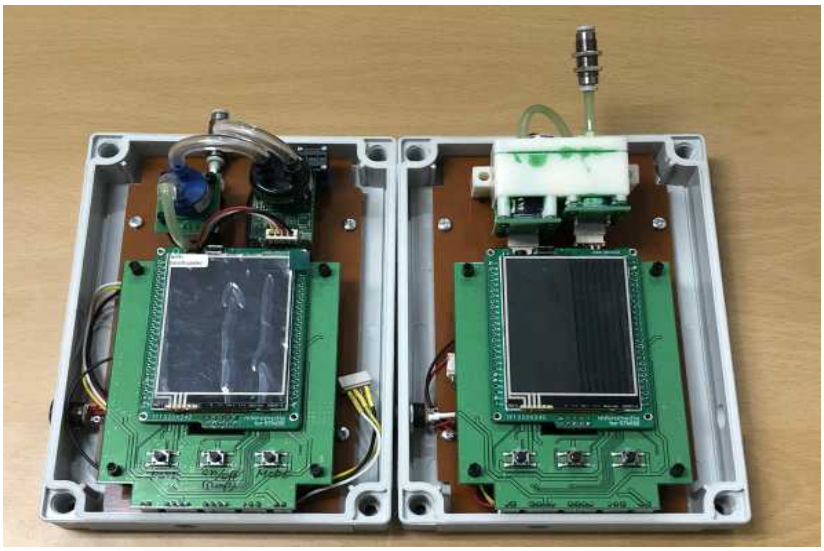


[그림.1] 가스흡입 유로구조 분석

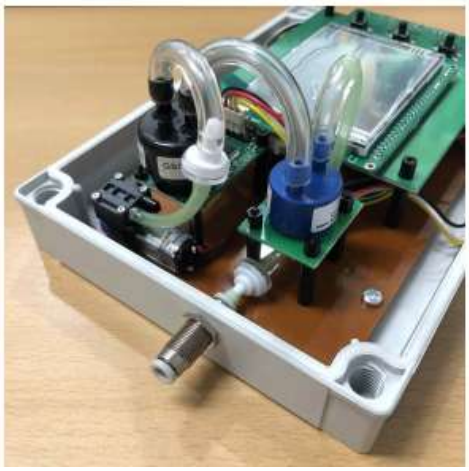
2.2. 가스측정기 메인보드 구성 및 UI 인터페이스 설계

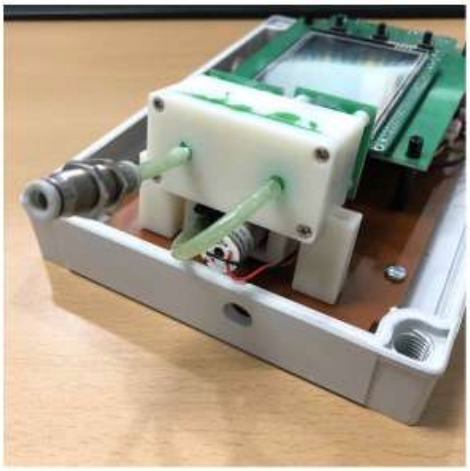
가스측정기의 메인보드 구성은 먼저 사용자 중심의 기본 동작 매뉴얼을 구성하며 스위치의 기능 정의,터치 스크린 활용,회로설계 및 부품선정, 케이스에 따른 사이즈 정의를 구성한다. 또한, 메인보드의 기능은 3개의 Serial UART (1 x CO2센서, 1 x

O2센서, 1 x 통신포트),1개의 PWM (또는 DA)를 통해 Air pump 속도 제어, 필요전압 승압에 따른 전원부 보완 3.7V -> 5.0V(센서,펌프),기타 S/W (전원 on/off, 동작, SETUP 등을 물리적으로 처리하고 디스플레이 터치기능은 내부 setup을 위해서만 사용하는 것으로 설정한다. 디스플레이 보드의 기능은 터치스크린(물리적 버튼이 없이 간단히 프로그램으로 메뉴제어),사용자 UI 구현이 가능(짧은 시간에 그래픽 화면 구현 가능). 측정 농도값을 다양하게 보여줄 수 있도록 설계한다.



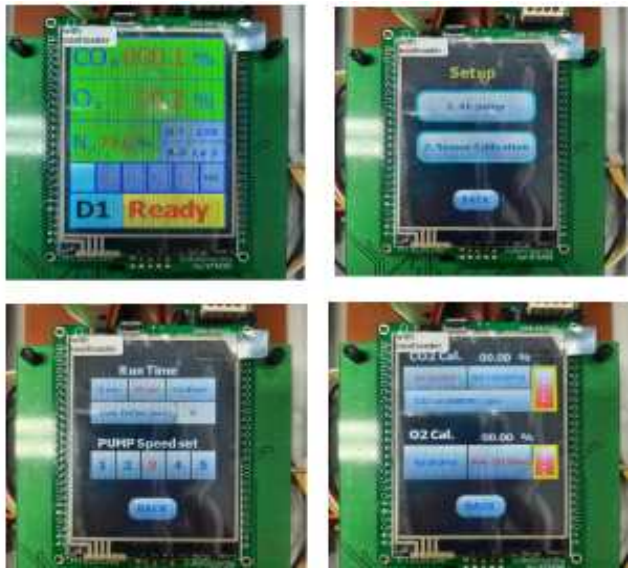
[그림.2] 가스측정기 메인 보드 설계

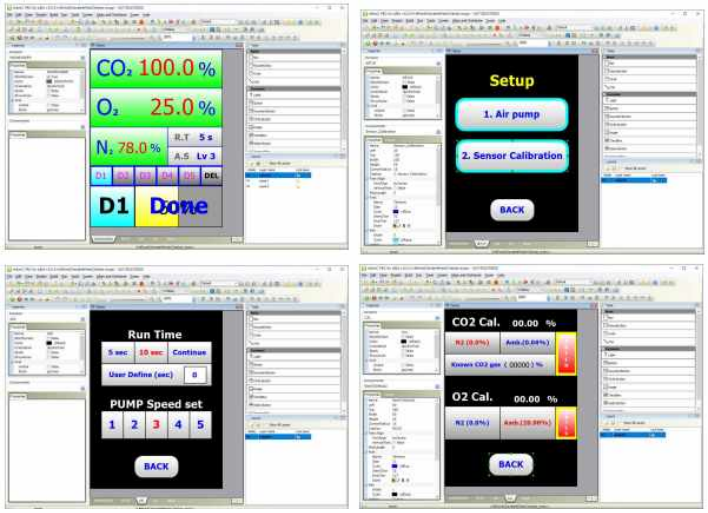




[그림.3] 가스측정기 메인 보드에 가스 Tube를 구성한 시스템

메인 디스플레이의 UI 구조 설계 지원 및 프로그램으로는 정의된 매뉴얼을 바탕으로 UI 작성하였으며 메인화면은 CO2,O2,N2 농도 표시, 데이터 저장 및 측정상태 표시하고 세팅화면은 에어펌프 및 센서 교정 화면 진입 화면을 표시하고 에어화면은 에어펌프의 흡입단계 및 동작시간 설정 화면 그리고 교정화면은 각 센서의 교정을 위한 화면을 구성한다. 센서의 데이터 전송 주기 결정은 일정한 간격을 두고 정기적으로 센서의 값을 보내오는(Streaming) 경우와 사용자가 요청을 할 경우에만 센서 값을 보내오는 (Polling)서의 경우를 상정하고 구현한다. 초기화에서 “K2” 명령을 보내어 polling mode로 전환후 “Z” 값을 보내서 CO2 값을 받는다. 100% CO2 sensor의 경우 “Z xxxxx” 응답이 오며, 이를 변환하여 “xxxxx” 값을 “/100” 하면 % 값으로 표시된다. 산소센서는 초기화에서 “M1” 명령을 보내어 polling mode로 전환 후 “%” 값을 보내서 O2 값을 받는다. O2 sensor의 경우 “% xxx.xx” 응답이 오며, 이를 변환하여 이 값이 현재 산소 농도값을 표시하는 값으로 소수첫째자리까지 반영한다.

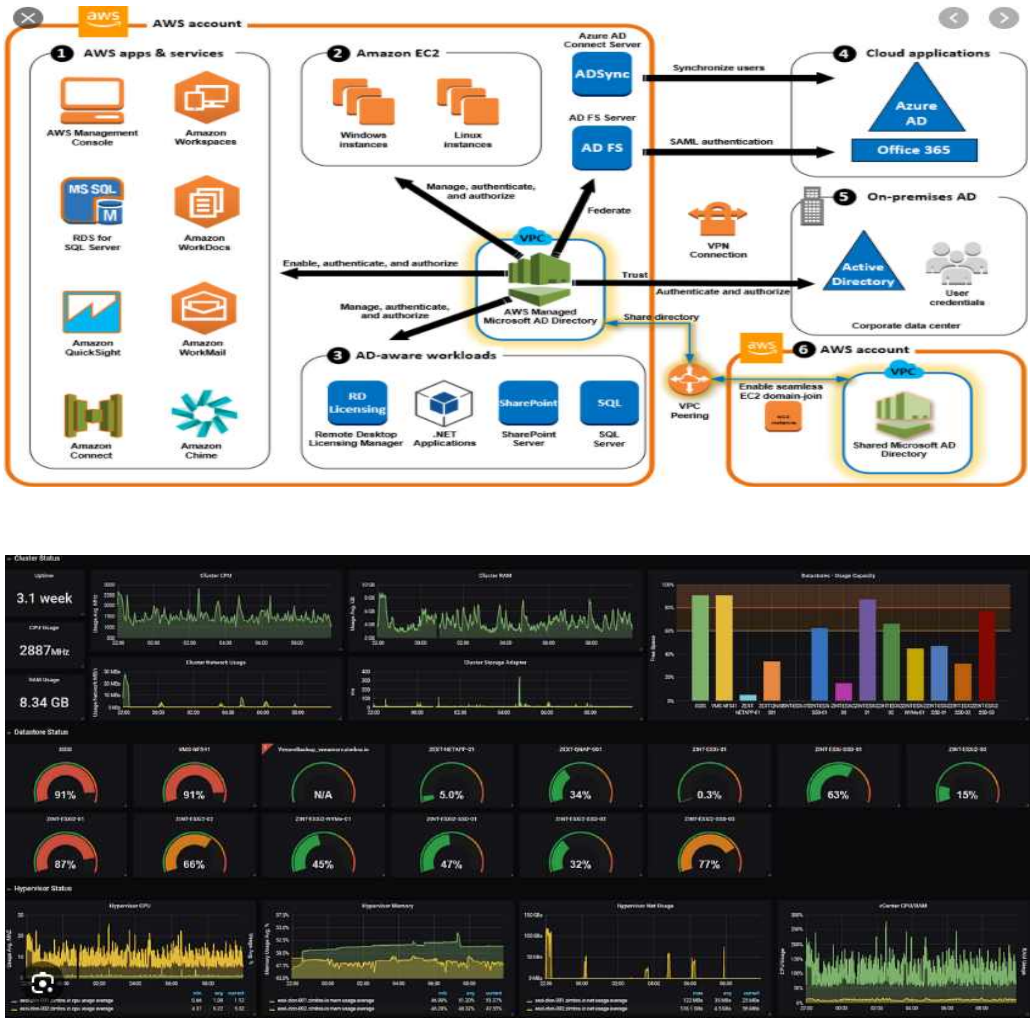




[그림.4] 가스측정기 메인 보드에 가스 Tube를 구성한 시스템

2.3. Restful방식의 클라우드 서버 구현

REST(Representation State Transfer) 프로토콜은 HTTP/TCP 계층에서 구축되며 MQTT와 같이 브로커가 필요하지 않다. RESTful 방식은 사용 메시지로서 자원조회, 자원 수정,자원 생성, 그리고 자원 삭제로 구성되며 기본적으로 요구(Request)/응답(Response)로 구성된다. 클라우드 서버는 AWS,MS Azure,Ubidots,ThingSpeak 등과 같은 것을 사용하며 크게 클라우드 서버의 채널(Channel ID)를 개설하고 Write API Key/Read API Key를 구현한다. 또한 다양한 GUI 방식을 구현하고 시스템 H/W에서 클라우드로 Restful방식으로 전송하는 S/W를 개발한다. MQTT는 CoAP와 유사하게 모바일 기기나 낮은 대역폭의 소형 디바이스들에 최적화된 메시징 프로토콜이다. 느리고 품질이 낮은 네트워크에서도 메시지를 안정적으로 전송할 수 있도록 설계되었다. 프로토콜이 차지하는 여러 관점의 리소스를 최소화했는데 특히 저전력에 방점을 두었다. 가장 작은 메시지는 2byte까지 가능하다. Publish/Subscribe 형태를 취하여 세 가지의 QoS(Quality of Service)레벨을 제공한다. IBM이 주도하여 개발하였고 OASIS란 민간 표준화 기구에서 표준화가 되었다.



[그림.5] AWS-Cloud Sever 시스템 블록도 및 Dashboard

3. MAP 가스측정기 시제품 결과 분석

제작된 시제품의 성능 검증을 위하여 KOLAS 인증기관 제조 표준가스 사용하여 테스트를 분석하였다. 질소 N2(99.999%),이산화탄소 CO2(4.5%, 25%, 75%),산소 O2(10%,17.5%) 각각 테스트 실시하였다.

[그림.6] 시제품 테스트에 사용된 Gas

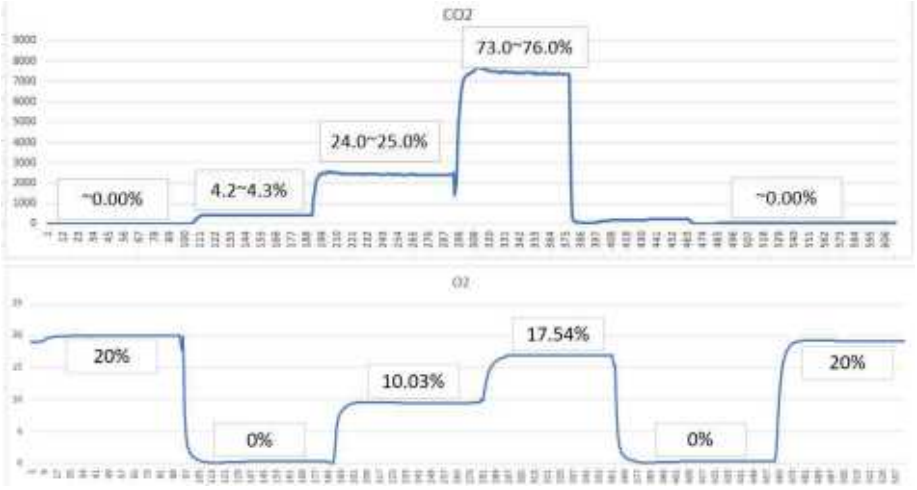
구현된 시제품을 테스트하기 위한 프로세스는 다음과 같다.

- 1차 CO2 (농도별 Air pump를 각각 10초 동작 → 체류 1분 확인)
  : 0%(10초) → 1분 → 4.5%(10초) → 1분 → 25%(10초) → 1분
  → 75%(10초) → 1분 → 0%(10초) → 1분
- 2차 O2 (농도별 Air pump를 각각 10초 동작 → 체류 1분 확인)
  : 0%(10초) → 1분 → 10%(10초) → 1분 → 17.5%(10초) → 1분
  → 0%(10초) → 1분

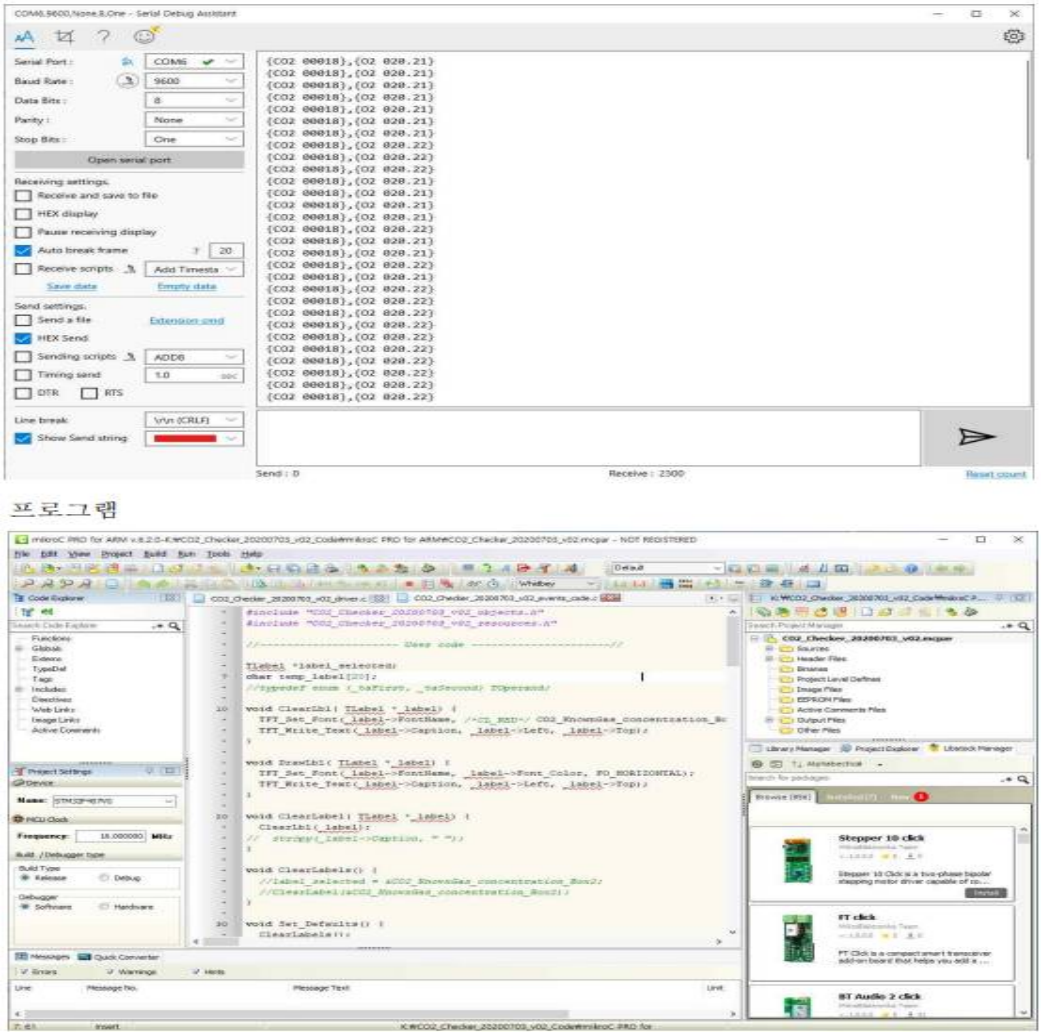
구분	가스	지시값	차이
산소(O2) 농도	0%	0%	0%
	10.03%	9.42~9.57%	~0.61%
	17.54%	16.85~16.94%	~0.69%
이산화탄소(CO2)농도	0%	~0.0%	0%
	4.51%	4.2~4.3%	~0.3%
	25.06%	24.0~25.0%	~1%
	75.09%	73.0~76.0%	~2%

센서의 측정값 확인 및 에어펌프 동작 최종 확인을 위해서 시제품 테스트를 진행하였다. 테스트 프로세스를 다음과 같다.

1) N2 가스 open -> 10초간 Pump 흡입
2) 60초간 체류
3) CO2 (25%) 가스 open -> 10초동안 Pump 흡입
4) 60초간 체류
5) O2 (10%) 가스 open -> 10초동안 Pump 흡입
6) 60초간 체류
7) 외부공기 open -> 10초가 pump 흡입
8) open



[그림.7] 시제품 테스트 결과분석



[그림.8] 시제품 S/W 테스트 결과분석

4. 결론

현재 언택트 소비 확산으로 간편포장식(HMR:Home Meal Replacement) 시장 성장이 확산하고 있으며 일상생활에서 음식물의 부패를 미연에 방지하고자 다양한 형태의 기술적 포장 방안을 사용하고 있다. 한국농수산식품유통공사(aT)의 “가공식품 세분시장 현황 보고서”에 의하면, 국내 HMR 시장은 2019년 4조원에 이어 2022년 5조원을 넘길 것으로 예상되며 코로나 이후의 사회적 변화에 따른 온라인, 모바일, 1인

가구 증가, 배송, 물류혁신, 편의점 발전 등으로 10조원까지 급성장할 것으로 판단하고 있다. 또한, 이에 따른 포장기술의 발전 요구는 증대될 것으로 확신한다. 그리고 이와 연계된 신선식품의 장기 저장기술은 차세대 기술로 주목받고 있으며, 첨단융복합기술의 산물로서 미래 유통기술의 핵심이라 할 수 있다. 본 논문에서 적용된 가스치환기술인 M.A.P (Modified Atmosphere Packaging)는 포장용기 내의 공기를 모두 제거한 후 인위적으로 조성된 가스를 채워 넣어 미생물의 성장을 감소시키며, 효소에 의한 오염을 지연시켜 신선식품의 저장기간을 연장하는 포장기법이다. 여기에 주로 사용되는 가스로는 산소(O2),이산화탄소(CO2),질소(N2)등이며, 통상 혼합가스 사용의 조성에 따라 미생물의 성장속도와 종류가 영향을 받아 저장기간이 좌우된다. 그리고 이 방법은 부패하기 쉬운 식품을 보호하는데 가장 자연적인 방법이며 화학첨가제를 사용하지 않는 친환경 포장기법으로 해외에서 광범위하게 사용되고 있다.

산소 및 이산화탄소를 측정할 필요성이 있는 다양한 응용 분야로 제품의 개발을 손쉽게 확장해 나갈 수 있기 때문에 산업 전반에 기여도가 높고, 향후 사물인터넷과 연결하여 다목적으로 사용이 가능하다. 그리고 MAP에서 측정하고자 하는 공기 조성은 크게 O2, CO2 (나머지는 N2)임으로 이를 측정할 수 있는 센서가 중요하며 제품 구현에 사용된 센서의 특징은 먼저 산소 센서는 청과물의 숙성시 발생하는 에틸렌에 대한 반응이 없어야 하며 반응속도가 빠르며, 온도 보상되어 있어야 함(저온) 그리고 수명이 길고, 전력 소모가 적어야 하는 특징을 가진다. 그리고 이산화탄소 센서는 다른 타가스에 대한 반응성이 없을 것 (안정적 측정), 고농도(~100%)의 측정하며 온도 보상이 되어 있어야 함(저온) 그리고 수명이 길고, 전력 소모가 적어야 한다. 또한, 가스 측정기에 통신기능을 추가하여 원격으로 클라우드 서버(Cloud Server)에 측정 데이터를 모니터링 할 필요가 있다.

따라서 본 연구에서는 저전력이며 휴대가 용이한 가스 측정기를 개발하고 산소(O2),이산화탄소(CO2),질소(N2) 등을 측정할 수 있으며 Wifi,2.4G Modem,블루투스 통신기술을 적용하여 AWS,Ubidots,Azure 클라우드 서버 기반의 HTTP방식인 Restful방식으로 App/Web 형태로 손쉽게 데이터를 원격 모니터링 할 수 있도록 구현한다. 그리고 TFT-LCD,UART,Sensor 보드,Wifi 모듈을 설계하고 클라우드 서버에 Restful 전송방식을 적용한다. 그리고 유량 최소화를 위한 최적의 기구물을 설계,제작 및 테스트를 진행하였고, 공기 흡입(흡입량 및 시간)을 제어하는 알고리즘을 제안하여 최적화를 위한 평가를 구현하였다.

5. 참고문헌

1. 함승헌, “첨단센서기술을 이용한 밀폐공간 유해가스 측정장치 개발 연구”, 산업안전보건연구원, 2019.
2. Musaed Alhussein, “Cognitive IoT-Cloud Integration for Smart Healthcare: Case Study for Epileptic Seizure Detection and Monitoring”, Springer, 2018.
3. Changpeng Fan, Thomas Luckenbach, Xiangwen Xu, "Performance Comparison and Analysis of XTP and TCP/IP over the BERKOM Broadband ISDN Network" in Proc. IEEE INFOCOM vol.3, pp.1154-1161,1993.
4. Clark, Jacoben, Romkey and Salwen, “ An analysis of TCP processing overhead",IEEE Comm. Mag. pp.23-29, June,1989.
5. R.Braden, D.Borman, C.Patridge, "Computing the internet Checksum" Network WG“
6. High Speed Network, TCP/IP AND ATM DESIGN PRINCIPLES, Stallings.
7. Window Device Driver Programming papered by Industrial Network.