

고효율 In-Line 공조용 정전분무 기술이 적용된 광이온화 살균 부품 및 장치개발

이진혁*

브이씨엔텍(주)

*main261@ma-in.kr

Development of photoionization sterilization components and devices with electrostatic atomization technology for high-efficiency in-line air conditioning

Lee Jin Hyeok*

요 약

실내 공기질 관리의 중요성이 증가함에 따라, 기존 공조 시스템의 한계를 극복하고 보다 효율적이고 안전한 실내 환경을 조성하기 위한 기술 개발이 요구된다. 본연구는 정전분무(Electrospray) 기술과 광이온화 살균 기술을 융합한 고효율 In-Line 공조장치를 개발하는 것을 목적으로 한다. 해당 시스템은 정전분무 방식으로 나노액적을 형성하고, 광촉매 반응을 통해 부유세균, 미세먼지, 휘발성 유기화합물(VOCs) 등 복합 오염원을 제거한다. 또한, 스마트 통합 공기질 모니터링 시스템과 결합하여 에너지 효율적이며 지능형 제어가 가능한 실내 공기 관리 솔루션을 구현한다.

I. 서 론

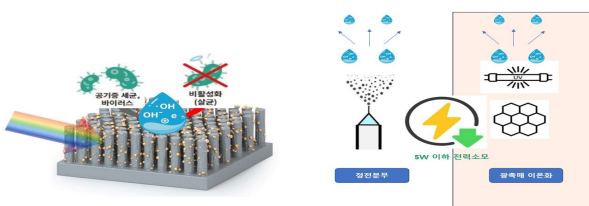
코로나 19 이후 실내 체류 시간이 증가함에 따라 실내 공기질의 개선은 필수가 되었다. 기존 공조 시스템은 미세먼지 제거 중심의 단순 필터링 방식에 머물고 있으며, 부유세균 및 유기화합물(VOCs) 등 복합 오염물질을 동시에 제거하는 데에는 한계를 가지고 있다. 이에 따라 본연구에서는 정전분무 기술과 광촉매 이온화 기술을 융합한 공조 시스템의 개발을 통해 이와같은 문제를 해결하고자 하였다.

II. 본론

본 시스템은 탄소 섬유 원사를 기반으로 한 정전분무 노즐을 통해 고하전 나노 액적을 생성하고, 여기에 광촉매를 코팅하여 UV-A, UV-C 광원을 조사함으로써 광이온화 반응을 유도한다. 부유세균 및 미세먼지의 동시 감지를 위한 듀얼 광원 기반 센서 시스템이 탑재되며, IoT 기반의 통합 모니터링 시스템을 통해 실시간 공기질 제어가 가능하다. 또한, 기존 전열교환기(전열환기 장치)와 호환이 가능한 In-Line 유로 설계를 통해 설치의 유연성을 확보하고, 중앙관리 시스템을 다중 공간 제어가 가능하도록 설계 되었다.

1) 정전분무 및 광이온화 기술

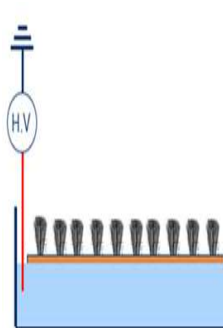
정전분무 기술은 고압을 이용하여 액상의 살균용 물질을 고하전 나노 액적 형태로 분사하는 기술이다. 이 기술은 입자 크기를 균일하게 조절할 수 있어, 살균 성분이 실내 공간에 효과적으로 확산된다. 여기에 광촉매 코팅된 다공성 금속 재료에 자외선을 조사하면, 활성화산소 이온(OH-)이 생성되어 부유세균을 효과적으로 제거할 수 있다.



<그림 1> 정전분무 광이온화 살균 모듈

2) 정전분무 모듈 개발

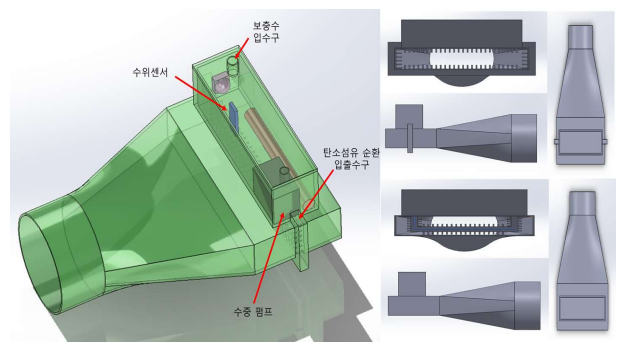
흡수성이 높은 48k 탄소 섬유 원사를 사용하여 약 7 μ m 직경의 모듈로 구성하였다. 이 원사는 정전기장을 형성하기 용이 하며, 고전압 모듈과 결합하여 미세 입자 분무 성능을 극대화 할 수 있다.



<그림 2> 탄소 섬유원사 정전분무 모듈 설계 예시

정전분무 모듈을 장착할 사각 레두샤(Resucur)를 기구 설계를 하여 실증 테스트를 진행 할 예정이며, 설계 주안점은 아래 3가지 와 같다.

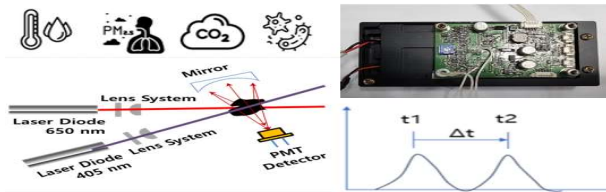
1. 정압 분산형 소음 저감 구조
2. 고무 실링과 브라켓을 이용한 진동 및 소음 흡수 구조
3. 밀폐형 배기 구조를 통한 역류 방지



<그림 3> 사각 레두샤 기반 기구 설계 예시

3) 스마트 부유세균 감지 기술

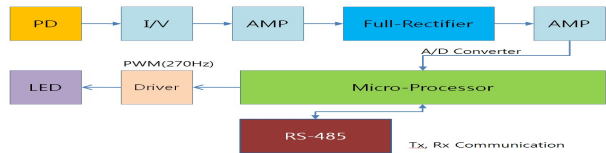
센서 모듈은 PMT Voltage 분석 기반의 실시간 부유세균 감지 기술을 포함하고 있으며, 감지 결과를 기반으로 살균 모듈의 작동을 자동화할 수 있다.



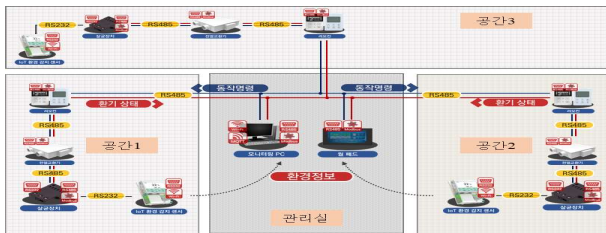
<그림 4> 스마트 부유세균 감지 센서 모듈

4) 통합 제어 시스템

IoT 기반의 통합 제어 모듈은 센서, 산균모듈, 블로워 팬, 수위 센서등을 제어하며, 사용자 인터페이스를 통해 공기질 상태, 작동 시간, 유지관리 정보를 제공한다. 이는 스마트홈 시스템과도 연동 가능하도록 설계되어 있다.



<그림 5> 신호처리 모듈 블록도



<그림 6> 통합 제어 시스템

5) 제품 검증

24평형 아파트를 모사한 테스트 베드를 구축하고, IAQ센서, UWB센서 등을 설치하여 공기질, 재실자 생체 데이터 등 멀티모달 데이터를 수집하고, 실제와 유사하게 TV등 가전제품을 설치하여 요리, 수면, 휴식 등 실제 생활을 모사한 양질의 데이터를 수집할 수 있도록 구축하였다.

구축된 테스트베드를 이용하여, 개발되는 장치의 실증 테스트를 진행할 예정이다.

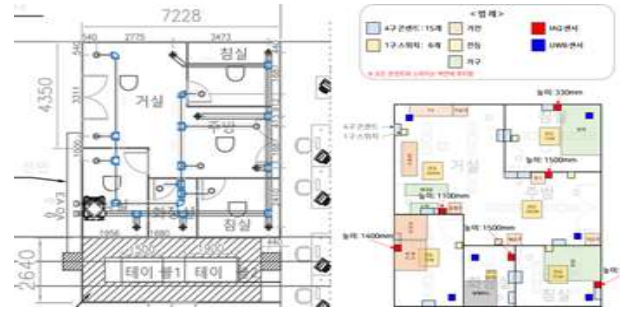
6) 성능 평가기준 및 평가방법

개발된 시스템은 전자과 환경 모사 실험실 및 테스트 베드에서 테스트 될 예정으로,

각 연차별 개발 목표와 최종목표는 아래 표와 같다.

평가항목 (주요성능 Spec)	단위	개발목표치			평가방법
		1차년도 (2025)	2차년도 (2026)	3차년도 (2027)	
1. 풍량	CMH	150	400	-	KS B 6879
2. 절연저항	MΩ	2MΩ이상	2MΩ이상	-	KS B 6879
3. 부유세균 지감효율	%	85	95	95	공인성적서 ISO16000-36
4. 정정화능력 (CADR)	m³/min	8	8	-	공인성적서 SPS-KACA002-132:2022
5. 오존 발생량	ppm	<0.005	<0.001	<0.001	공인성적서 SPS-KACA 002-132:2021
6. 부유세균 검출 정확도	%	80	85	85	공인성적서 ISO16000-36
7. 미세먼지 측정 정확도	%	80	85	85	공인성적서 SPS-C-KACA 0027-7269
8. 지능형 청정 서비스	%	85	90	90	외부기관 평가보고서

<표1> 연차별 및 최종 개발목표



<그림 7> 테스트베드 배치도



<그림 8> 테스트베드 장치 배치도

총 8개 항목에 대하여, 공인 시험을 통하여 성능 평가를 진행 할 예정이다.

III. 결론

정전분부 와 광촉매 이온화 기술을 융합한 본 연구의 공조 살균 시스템은 기존 공조 시스템의 기능을 확장하고, 에너지 효율성 및 실내 공기질을 획기적으로 개선할 수 있는 솔루션이다. 본기술은 향후 스마트홈, 병원, 공공시설 등의 다양한 공간에 적용될 수 있으며, 국내 HAVC 산업의 글로벌 경쟁력 확보에도 기여할 것으로 기대된다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 중소벤처기업부와 중소기업기술정보진흥원의 "지역혁신선도 기업육성(R&D)(S3453369)" 사업의 지원을 받아 수행된 연구결과임.

참 고 문 헌

- [1] 박정현 외, "플라이백 컨버터 기반 고전압 발생 회로 설계," 전력전자학회논문지, 제19권, 제5호, 2019.
- [2] Nordic Semiconductor nRF52840 Datasheet
- [3] 국내외 전자과 환경 모니터링 사례 보고서, 2022
- [4] 물방울 이용한 정전 분부 방식의 공기 청정 기술 개발 서울 지하철역에서 실증 성공, 한국에너지기술연구원, 2021
- [5] 전자과 적합성시험센터, "광촉매 코팅 기술의 상용화 적용 사례," 공공환경기술보고서, 2021.
- [6] ISO 16000-36:2018, "Indoor air - Part 36: Test method for assessing the reduction rate of airborne bacteria by air purifiers using a test chamber."
- [7] KACA, "실내 공기청정기 성능 시험법", SPS-KACA002-132:2022.