

# 이온 터보풍 기술을 적용한 Bladeless 드론 개발

임수연, \*구민서, \*\*김현수, \*\*\*장민서, \*\*\*\*황지민, \*\*\*\*\*정명섭, \*\*\*\*\*우민우  
서울시립대학교, \*울산과학대학교, \*\*울산과학대학교, \*\*국민대학교, \*\*\*\*울산과학대학교,  
\*\*\*\*\*국민대학교, \*\*\*\*\*다이팀 MIGHTYM  
suyeon0902@uos.ac.kr, \*mando0327@naver.com, \*\*khv1654@naver.com,  
\*\*\*minseo9907@kookmin.ac.kr, \*\*\*\*ghkdwals8@naver.com, \*\*\*\*\*jms0610@gmail.com,  
\*\*\*\*\*factorym0506@naver.com

## Development of Bladeless Drone Using Ion Turbo Wind Technology

Lim Suyeon, \*Koo Minseo, \*\*Kim Hyeonsu, \*\*\*Jang Minseo, \*\*\*\*Hwang Jimin,  
\*\*\*\*\*Joung MyoungSub, \*\*\*\*\*Woo Min woo  
Univ of Seoul., \*Ulsan College, \*\*Ulsan College, \*\*\*Kookmin Univ., \*\*\*\*Ulsan College,  
\*\*\*\*\*Kookmin Univ., \*\*\*\*\*MIGHTYM

### 요약

본 논문은 먼저 이온 터보풍 기술을 적용한 Bladeless 드론 개발의 배경을 설명하고, 해당 연구를 수행하기 위한 핵심 기술인 추진체 설계 및 개발, 비행 제어 방식, 애플리케이션 개발을 다루며 각 기술에 관해 연구할 내용을 기술하고 향후 개발 계획을 제시한다.

### I. 서론

본 논문은 기존 드론의 소음 문제를 개선하여 실내에서도 사용할 수 있는 Bladeless 드론 개발을 통해, 저소음(약 60dB 수준)의 드론을 개발하기 위한 연구이다. 이 논문에서는 노출된 프로펠러를 제거함으로써 안전성을 확보하고 프로펠러로 인한 소음을 최소화하여 실내 사용이 어려웠던 문제를 해결할 수 있을 것으로 기대된다. 또한, 비행체 제어를 위한 모바일 애플리케이션을 개발하여 별도의 리모컨 없이도 모바일 기기를 통해 촬영 영상 및 비행 제어 등의 기능을 수행할 수 있도록 하는 앱을 개발할 예정이다.

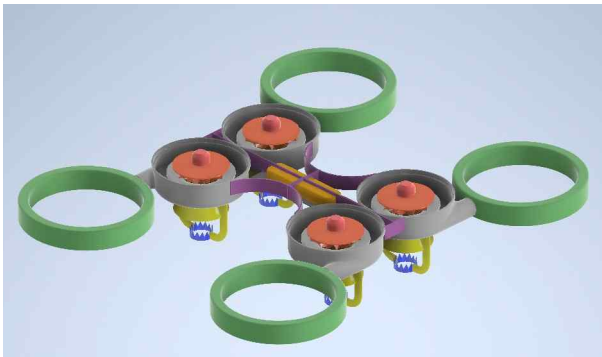


그림 1. Bladeless 드론의 예상 구조

이온풍 추진기와 터보 달팽이관, 베르누이 구조의 관으로 구성되어 있으며, 터보 달팽이관 내부는 BLDC 모터와 터보팬으로 구성되어 있다.

Bladeless 저소음 드론은 장점에 비해 기술적 난이도가 높아 아직 실험 제작 및 상용화 사례가 없다. 본 연구는 Bladeless 구조에서도 부양할 수 있는 추력을 생성하기 위해 이온풍, 터보 구조, 베르누이 구조 등 세 가지

기술을 접목한 비행체를 설계하였다.

이온 터보 추진은 코로나 방전을 이용하여 플라즈마를 생성한다. 이때 터보 모터와 구조를 거쳐 발생된 이온풍을 가속시켜 추력을 얻는 추진 방식이다. 본 연구에서는 이온 추진을 통한 흡기를 돕는 흡기부와 달팽이관 구조의 터보 모터를 이용한 추력 발생 시스템을 설계하였다. 이 연구를 통해 이온 터보 구조가 새로운 방식의 Bladeless 드론을 구현할 수 있을지 그 가능성을 시험하고자 한다.

### II. 본론

본 논문의 주제인 이온 터보풍을 이용한 Bladeless 드론 개발을 위해서는 추진체 설계 및 제작, 비행 제어 시스템 설계, 그리고 컨트롤 및 모니터링 애플리케이션 개발이 필요하다. 이하의 내용에서 각각의 개발 계획과 원리에 대해 기술했다.

#### A) 추진체 구조 설계 및 제작



그림 2. 이온풍 발생 장치

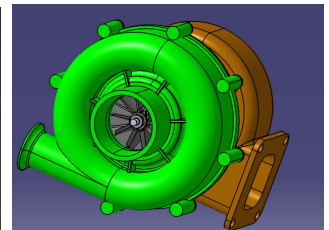


그림 3. 터보 달팽이관 구조

그림2는 코로나 방전으로 인해 생성된 플라즈마를 확인한 실험 사진이다. 사진 속 장치를 통해 이온풍이 발생된다. 그림3에서 원모양 구멍 내의 회색 부분에 터보팬이 구성되어 있으며 그 뒤에 BLDC 모터가 있다.

기존의 드론 추진부는 날의 길이가 긴 프로펠러를 사용하여 직접 공기를 밀어내고, 밀어낸 방향의 반대 방향으로 전진 운동하는 형식으로 추력을 활용한다. 본 연구에서 설계 및 제작하고자 하는 추진체는 프로펠러 대신 공기 흡기용 장치를 사용하여 공기를 흡입한다. 흡입한 공기는 제작한 베르누이 터보 구조를 통해 압축시킨 후 배출한다. 이는 공기의 밀도가 높아지면 속도가 빨라지는 베르누이 원리에 기반하여 설계한 것으로 높은 추력을 생성하는 구조이다. 흡기 과정에서 터보팬을 통해 가속된 공기는 터보 달팽이관을 거쳐 한 방향으로 흐르게 된다. 이때 터보 달팽이관의 구조도 공기를 흡입하는 부분과 출력하는 부분의 단면적을 달리하여 베르누이 원리를 활용한다. 터보 달팽이관의 경우 가벼운 무게 대비 높은 강성을 지닌 카본 나일론 필라멘트로 3D 프린팅 한다.

해당 원리를 바탕으로 설계한 터보 구조는 높은 RPM을 발생시키는 BLDC 모터를 사용하여 에어 인테이크를 통해 많은 양의 공기를 흡입한다. 이때 터보 구조를 통해 흡입하는 공기의 양을 늘리기 위해 에어 인테이크의 입구에 에미터 전극과 컬렉터 전극을 배치하여 각각 +20kV, -20kV의 전압을 발생시켜 코로나 방전을 일으킨다. 이는 추진체의 흡기 부에서 빨아들이는 유량을 크게 하기 위해 이온풍을 발생시키고자 함이다. 이온풍이란 전기장 내에서 공기 분자가 이온화되어 발생하는 공기 흐름이다. 이온풍을 생성하기 위해서는, 고전압이 적용된 전극 사이에서 공기 분자를 이온화시켜야 한다. 고전압 전원은 한 전극에서 다른 전극으로 전자를 밀어내며, 이 과정에서 발생하는 전기장은 주변 공기 분자를 이온화한다. 이온화된 분자들은 전극의 전기적 힘에 의해 가속되며, 이러한 이동 과정에서 공기를 밀어내고 이온풍을 형성한다. 이온풍의 속도와 방향은 전극의 형태, 배열, 전압의 높이 및 전극 간의 거리에 크게 의존한다. 이온풍의 효율과 강도를 최적화하기 위해 전극의 물리적 배열과 형태, 전압 설정을 정밀하게 조정할 필요가 있다.

전극의 물리적 형태의 경우 에미터 전극은 도체(구리) 소재이며 이온화를 위해 종단을 날카롭게 가공해야 한다. 이는 컬렉터 전극을 마주보는 방향이 뾰족해야 전극 표면의 전자 밀도가 높아지고 이에 따라 전자 발생률이 높아지는 효과가 있기 때문이다. 컬렉터 전극은 알루미늄 소재를 이용하고 점차 단면적이 좁아지는 형태를 활용하여 흡기 시에 풍속을 증가시키는 효과를 얻는다. 40kV 근방의 고전압으로 코로나 방전을 일으킬 때 발생하는 이온이 전극 간의 전기장에 의해 에미터 전극에서 컬렉터 전극 방향으로 이동하는 과정에서 이온이 공기 분자와 충돌하여 바람이 발생하게 된다.

전압의 경우 고전압 발생 장치를 통해 코로나 방전을 일으키기에 충분한 전압을 공급해야 한다. 이때 활용하는 고전압 발생기는 이온풍 추진 시스템의 핵심 구성 요소로, 충분한 고전압을 안정적으로 제공하기 위해 설계된 회로를 사용한다. 이 회로는 낮은 입력 전압(5-12V)에서 시작하여, 스탭업 변환기를 통해 초기 전압을 증폭한다. 이후 DC-AC 변환 과정을 거쳐, 플라이백 트랜스포머를 이용하여 전압을 더욱 승압한다. 최종적으로 다층 세라믹 캐패시터를 사용하여 고전압을 안정화하고, 40kV까지 전압을 끌어올린다. 이러한 원리를 바탕으로 발생된 고전압은 이온풍 발생을 위해 필요한 에너지를 제공하여, 공기 분자의 이온화 및 가속을 가능하게 한다.

### B) 비행 제어

본 연구는 단일 추진체 기술을 기반으로, 4개의 추진체 구조에 이온 터보풍 기술을 적용한 bladeless 퀴드로드 개발을 목표로 한다. 또한, 모바일

애플리케이션을 통한 컨트롤과 모니터링 기능도 구현할 예정이다. 드론의 비행 제어(FC)와 영상 처리(라즈베리파이)를 위해 통신 방식을 하나로 통합하는 것이 필요하다. 이를 위해 고안한 방법은 FC와 라즈베리파이를 물리적으로 연결하고, 애플리케이션에서 송신된 제어 신호를 라즈베리파이와 연결된 Wi-Fi/5G 모듈을 통해 수신하여 FC로 전달하는 것이다.

이 방법을 통해 FC(Flight Controller)와 라즈베리파이를 물리적으로 연결한 이후, 드론에서 Wi-Fi/5G 통신을 통해 송신된 컨트롤 신호를 라즈베리파이에서 수신하고 이를 다시 시리얼 통신을 통해 FC로 전달하도록 한다. 수신된 신호를 통해 모터를 제어하여 추진체의 출력을 조절한다. 또한 기존에 라즈베리파이와 연결된 카메라로 촬영된 영상도 Wi-Fi/5G를 통해 모바일 애플리케이션에서 실시간으로 확인할 수 있도록 한다.

이러한 통신 환경 구축은 최종 연구 목표인 bladeless 드론 개발 및 컨트롤 및 모니터링 애플리케이션 개발에 필수적이다.

### C) 드론 비행 제어 및 영상 모니터링을 위한 안드로이드 애플리케이션 개발

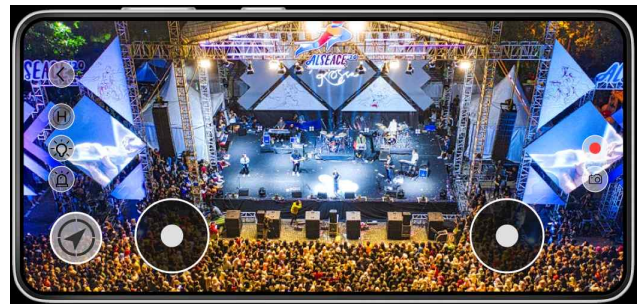


그림 4. 어플리케이션 예상 UI

주요 기능인 컨트롤은 양쪽 제어 버튼을 통해 나타났으며, 우측 중앙에 두 버튼을 통해 모니터링한 영상을 녹화 또는 촬영이 가능하다.

애플리케이션은 드론의 비행 제어와 영상 모니터링을 가능하게 하는 것을 목표로 한다. 개발할 애플리케이션은 안드로이드 기반이며, Wi-Fi/5G 모듈을 사용하여 드론과 모바일 장치 간의 무선 통신을 지원할 것이며 주요 기능은 비행 컨트롤과 실시간 모니터링이다.

비행 컨트롤 기능은 사용자 인터페이스(UI)를 통해 모니터 양측에 방향과 속도를 제어할 수 있는 키를 제공하여 드론의 비행 조작을 가능하게 한다. 이를 구현하기 위해서는 FC, 라즈베리파이와 모바일 장치 간의 통신이 필수적이다. 사용자가 모바일 애플리케이션에서 속도와 방향 제어 신호(PPM)를 전송하면, 라즈베리파이와 연결된 통신 모듈이 이 신호를 수신하고 FC로 전달하여 비행 제어를 수행한다.

영상처리 기능 또한 마찬가지로, 고해상도 카메라가 MIPI 인터페이스를 통해 실시간 이미지 데이터를 라즈베리파이로 전송하고, 이를 모바일 장치로 보내 실시간 비디오 모니터링을 가능하게 한다. 이는 감시 및 모니터링 작업에 필수적이며, 특히 산업 감시, 지리 데이터 수집, 재난 모니터링 등의 분야에서 유용하다.

이 연구는 드론 기술의 다양한 활용 가능성을 탐색하며, 특히 산업 감시, 지리 데이터 수집, 재난 모니터링 등의 분야에서 그 가치를 입증한다. 향후 연구에서는 사용자 피드백을 바탕으로 추가적인 기능 개선과 업데이트를 계획하고 있다.

## III. 결론

본론에서 기술한 원리를 바탕으로, 이온 터보풍 기술을 적용한 Bladeless 드론의 개발은 기존 프로펠러 드론 방식에 비해 여러 기대효과와 성과가 있

다. 가장 먼저 기대할 수 있는 효과는 기존에 비해 향상된 안전성이다. 이온 터보 구조를 이용한 추진 방식을 사용함으로써 드론이 비행 중 사고로 인해 추락하는 일이 발생했을 때 프로펠러가 노출되어 있지 않기 때문에 프로펠러로 인해 생길 수 있는 안전사고의 위험을 크게 감소시킬 수 있다. 이는 특히 공공장소 및 인구 밀집 지역에서 비행체 운용 시 이점을 제공하여, 인구 밀집 지역에서의 데이터 관측, 에너지 업체의 유지 및 보수 업무 등에 유리하게 적용될 수 있다.

또한, Bladeless 드론은 정찰용으로도 사용 가능하다. 일반적인 드론에 비해 소음이 적기 때문에 넓은 실내 공간(놀이공원, 백화점 등)에서 정찰용으로 활용할 수 있으며, 기술이 고도화되면 군중 행동 분석 기술을 적용하여 인파 밀집 지역에서의 감시 비행체로도 활용될 수 있다.

완성된 Bladeless 드론은 기존 드론 비행체와는 다른 두 가지 주요 장점을 갖는다. 첫 번째는 소음 수준이다. 기존 드론 비행체는 75~95 dB 범위의 소음을 발생시키지만, 이온 터보 구조를 사용한 Bladeless 드론은 소음을 약 60 dB로 감소시켜 도심 소음 규제에서 자유로운 비행체가 될 것이다. 두 번째는 추진력이다. 터보 달팽이관 추진체에 이온풍 발생기를 추가하여 유량을 늘리고, 네 개의 추진체를 결합함으로써 2.5kg 이하의 무게를 부양시킬 수 있는 추력을 발생시킬 것으로 기대된다.

## ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2024년 차세대통신사업단의 지원을 받아 수행된 연구이다.

## 참 고 문 헌

- [1] J.R. Roth, "Industrial Plasma Engineering: Volume 2: Applications to Nonthermal Plasma Processing" pp.46-49
- [2] E. Kuffel, W.S. Zaengl, J. Kuffel, "High Voltage Engineering Fundamentals" pp.17-24
- [3] Steven R. H. Barrett, Flight of an aeroplane with solid-state propulsion