

신 개념 이온 비행체의 설계 연구

Design Study of Ionic Flyers

이 지 홍[†], 주 상 현¹, 김 대 현²

Ji Hong Lee[†], Sang Hyun Joo¹, Dae Hyun Kim²

Abstract A completely new flying machine is developed and the details for practical implementation is suggested. The proposed machine contains no moving parts so that it can be operated in noiseless manner. This paper presents some operational principles of the flying machine as well as the overall process of designing the basic ionic flyer model. The validation of the model is checked by experiments of test flights. Also, two conceptual design results for practical implementation are introduced with the derivation of design parameters. The application field is expected to include indoor secrete surveillance as well as ion propulsion.

Keywords: Anti-gravity, Ionic flyer, Ion-propulsion

1. 서 론

현재까지 구현되어 비행중인 비행체는 공기역학적인 원리를 이용하여 양력과 자세제어에 필요한 힘을 얻는다. 이러한 비행체는 기본적으로 공기의 흐름을 강제적으로 발생시키기 위한 기계적인 구동부를 가지며, 이로 인한 소음과 진동은 인간의 감각을 불편하게 하며 비행체의 고장 및 손상을 야기 시키기도 한다.

본 논문에서는 양력을 발생시키기 위한 기계적 구동부가 없어 소음을 발생시키지 않으며, 이온입자의 모멘텀 변화로부터 양력을 얻는 새로운 형태의 이온 비행체(ionic flyer)에 대해 소개한다. 이러한 비행체는 세계적으로 매니아 그룹에서 기본적인 형태로 시도되고 있으나^[2,3] 국내에서는 거의 소개가 되어있지 않았으며^[4] 공학적인 해석에 의한 설계 제시는 전무한 상황이다. 소개될 아이온 비행체는 기본적으로 비대칭적 캐패시터의 구조를 가지며 높은 전압을 캐패시터의 양단에 걸어주어 양력을 발생시킨다. 이때 가해진 전기적 에너지는 구동부가 없이 바로 비행에 필요한 기계적 에너지로 바뀌게 된다. 이온 비행체의 양력 발생 원리는 현재 까지 알려지지 않았으며, 2절에서 간략하게 소개된 전자 유동학적 원리(electrohydrodynamics)

와 관련이 있을 것으로 추측되고 있다.

이온 비행체는 크게 에미터(emitter), 콜렉터(collector)와 프레임으로 구성된다. 에미터는 가는 전선으로 되어 있으며 높은 전압(+)을 인가하고, 콜렉터는 판 형태의 호일로 구성되며 접지(-)로 연결한다. 나머지 비행체의 뼈대를 구성하는 프레임 부는 가볍고 절연성능이 좋은 발사나무를 사용한다.

다음의 그림 1은 이온 비행체의 기본적인 구조를 나타내는 그림이다.

본 연구에서 소개된 이온 비행체는 무소음으로 작동하기 때문에 소형 카메라 등을 탑재하여 실내에서의 감시 및 정찰기능을 수행할 수 있는 비행체로의 발전이 기대된다.

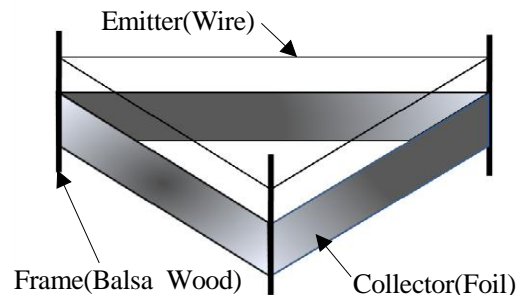


그림 1. 이온 비행체(Ionic Flyer)의 구조

[†] 교신저자: 충남대학교 메카트로닉스 공학과 정교수

¹ 충남대학교 메카트로닉스 공학과 박사과정

² 충남대학교 메카트로닉스 공학과 학사과정

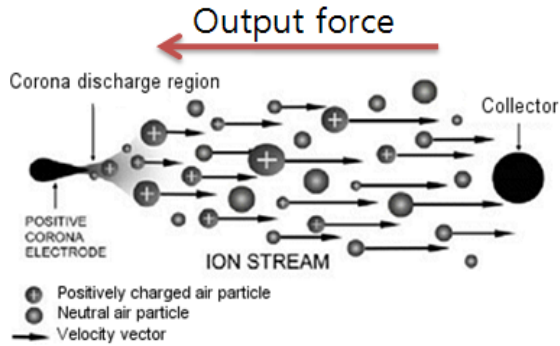


그림 2. 이온입자의 이동과 힘의 방향¹⁾

본 논문에서는 먼저 이온비행체의 부상원리에 관련된 이론을 소개하고, 기본적인 형태의 이온비행체를 제작한 결과를 보여주며, 참고문헌[1]의 실험식과 제시된 실험곡선을 이용하여 복합기동이 가능한 이온 비행체의 설계결과를 제시하였으며 향후 발전 방향에 대해 기술하였다.

2. 이온 비행체 소개

본 절에서는 이온 비행체의 부상원리에 대해 설명하고, 인가전압과 전류와의 관계를 3단계로 나누어 이온 비행체의 현상을 기술하였으며, 참고문헌 [1]에 소개된 실험식을 소개하였다.

2.1 부상원리

이온 비행체의 부상원리는 지금까지 밝혀지지 않았으며, 이 현상을 설명하는 다음의 두 가지 추론이 있으나 현재로서는 첫 번째 추론인 전자 유동학적 효과로 보는 것이 대세이다.

2.1.1 전자 유동학적 효과에 의한 부양이론

극률이 다른 두 전극사이에 큰 전압을 걸어주면 코로나 방전이 일어난다. 이때 에미터 부근에 생긴 큰 전계는 주변 가스를 이온화 시켜 고 밀도의 이온입자들이 발생한다. 발생한 이온입자는 에미터와 같은 전극(양극)을 가져 콜렉터로 이동하게 되어 에미터와 콜렉터 사이에 전류가 흐르게 된다. 또한 이온입자는 이동하여 콜렉터 부근의 전하를 띠지 않은 중성입자와 충돌을 일으키며 이러한 충돌에 의한 반작용으로 힘이 발생하여 비행체가 뜨게 된다는 이론이다.

2.1.2 Biefeld Brown 효과에 의한 부양이론

이 이론은 1950년대에 Biefeld 박사와 Brown 박사

에 의해 제안되었으며, 일종의 반 중력 효과라고도 하나 기존의 고전적인 물리이론으로는 설명되지 않는다. 이 이론에서는 강한 불평형(uneven) 전기장이 중력장을 유도하며, 유도된 중력장은 지구의 중력장과 상호 작용하여 커질 수도 줄어들 수도 있다고 설명하며, 유도된 중력장이 점차 증가하여 지구의 중력장보다 커지게 되면 비행체가 부양하게 된다는 이론이다.

2.2 인가전압의 3단계

이온비행체의 두 전극사이에 인가전압의 크기를 조절함에 따라 이온비행체에서의 현상을 다음의 3가지 단계로 분류할 수 있다. 먼저, 첫 번째 단계는 절연단계(insulating stage)로서, 이 단계에서는 이온 비행체의 두 전극사이에 가해진 전압이 상승하게 되더라도 일정 전압까지는 전류가 흐르지 않게 된다. 절연단계에서는 코로나 방전이 일어나지 않으며 가스 입자가 이온화 되지도 않는다.

다음으로, 계속해서 전압을 상승시키게 되면 두 전극사이에 전류가 흐르게 된다. 이때 전류가 흐르기 시작하는 전압을 전도전압(conducting voltage)이라고 하고 이 단계를 전도단계(conduction stage)라고 한다. 이 단계에서는 코로나 방전이 일어나며 계속해서 전압을 상승시키면 이온화된 입자가 점점 많아져 부양력이 점점 커지게 된다.

전압이 더 상승하여 경계전압(threshold voltage)을 초과하게 되면 비행체에서 잡음(noise)이 발생하고 전류가 갑작스럽게 증가하게 된다. 이 단계를 절연과괴 단계(breakdown stage)라고 하며, 이 단계에서는 부양력을 오히려 상실하게 된다.

이상의 3가지 단계 중 이온비행체가 부양하는 단계는 전도단계이며 이 단계에서 작동되도록 공급전압을 조절하여야 한다. 이 단계에 속하는 전압은 비행체의 크기에 따라 다르나 보통 수kV에서 약 30kV 정도의 크기이며 이때 흐르는 전류는 최대 1~1.5mA 정도이다.^[1]

2.3 실험식

먼저, 전류(I)-전압(V) 관계식은 다음 식(1)과 같다.

$$I = 0, \quad 0 \leq V < V_c \quad (1)$$

$$= c(V - V_c)^2, \quad V_c \leq V < V_b$$

여기서 V_c 는 전도전압, V_b 는 경계전압을 말하며, c 는 비행체 전체의 길이(L), 두 전극사이의 거리(d), 이온화된 기체의 유전율(k), 기체의 투자율(ϵ)의 함수이며 다음과 같이 표현된다.

$$c = f(L, d, k, \epsilon) \quad (2)$$

다음으로 전압과 발생하는 힘(F)과의 관계식은 다음 식(3)과 같다.

$$F = \mathcal{J}(V - V_f) \quad (3)$$

여기서 \mathcal{J} 는 이득(force gain)이며 V_f 는 힘이 발생하기 시작하는 전압을 말한다.

3. 제작 및 실험결과

본 절에서는 이온 비행체의 기본형(단위 삼각형)을 제작하고 그 제작 시의 주의사항을 기술하였으며 시험 결과를 검토하였다.

3.1 기본형 제작

2절에서의 이론과 식을 참고하여 다음과 같은 크기의 이온비행체를 제작하였다.(그림 3)

- 전체길이 : 1200mm
- 두전극사이의 거리 : 30mm
- 호일의 높이 : 30mm
- 사용전선의 굵기 : 0.22mm

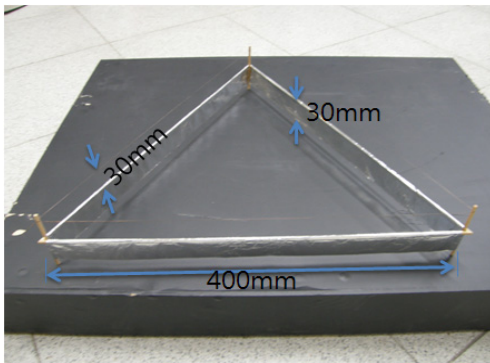


그림 3. 제작된 이온비행체

제작된 이온 비행체의 무게는 약 4.3gram이다.

이온비행체에 고전압을 공급하기 위해 CRT 모니터의 고전압 발생기 회로부를 이용하여 그림 4와 같이 연결하였다.

다음은 제작 시 필요한 주의사항이다.

- ① 먼저 발사나무는 최대한 가벼운 것으로 준비한다.
- ② 발사나무와 발사나무를 이어줄 때 튼튼하게 접착하여 외형이 움직이지 않게 단단히 고정한다.
- ③ 와이어를 묶어줄 때 최대한 평평하게 묶어 준다.

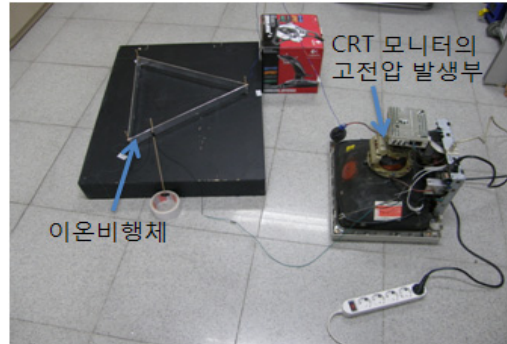


그림 4. 고전압 발생 회로부 연결사진

- ④ 와이어와 호일이 마주보는 곳은 간격이 동일하게, 수평을 이룰 수 있도록 한다.
- ⑤ 고전압 발생 회로부(CRT 모니터)와 이온비행체를 연결할 때에는 확실히 납땜을 한다. 특히 전선의 연결부에서는 반드시 납땜하여 연결한다.
- ⑥ 이온비행체의 (+)와 (-)가 절대 붙지 않도록 (+)극은 확실히 위로 젖혀 주고, (-)극은 확실히 아래를 향하도록 한다.((+)극은 바닥에 절대 닿지 않도록 하고 (-)극은 바닥에 닿아도 상관없다.)
- ⑦ 이온비행체를 띄울 때 균형이 맞지 않아 뒤집어 질 수 있으니 각 모서리마다 실을 연결하여 어느 정도만 띄울 수 있도록 한다.(쇼트의 원인이 됨)

3.2 실험 및 검토

다음의 그림 5,6는 이온비행체의 실제 부양모습이며 그림 5는 부양이 일어나고 있는 중간단계의 천이구간의 비행모습이며, 그림 6은 완전 부양 후의 정상상태의 비행모습이다.

그림 5에서 보면 천이구간에서 부양이 전체적으로 불안정함을 볼 수 있다. 이는 무게가 상대적으로 무거운 각 꼭지점에서의 출력(부양력)이 균일하지 못하기 때문인 것으로 판단된다. 출력이 불균일한 원인은 비행체의 무게 및 제작상태가 완전히 대칭적이지 못하기 때문인 것으로 보여지며, 또한 두 전극사이의 거리, 전선의 평평한 정도 또는 호일의 평평한 정도 등에 영향을 받음을 알 수 있었다.

시험에서는 그림에서 보듯이 이온비행체의 안정적인 부양을 위해 어느 정도 부양 후 지면에서 실을 연결하여 그 부양정도를 제한하였으며 그 출력의 정도에 따라 연결실의 길이를 조절하였다. 즉 출력이 낮은 쪽(늦게 뜨게 꼭지점)의 연결실을 짧게 하고 빨리 뜨는 쪽의 연결실을 길게 하여 균형을 맞추어 주었다.

또한, 이온비행체가 초기 완전 방전된 상태에서의

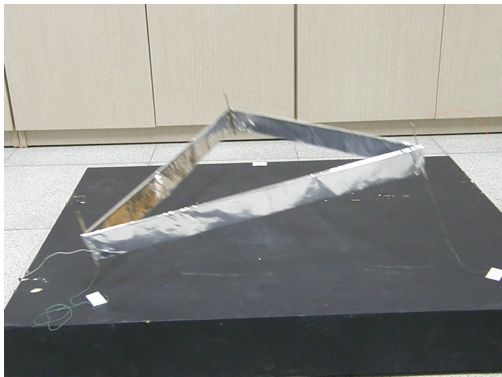


그림 5. 부양하고 있는 모습(천이구간)

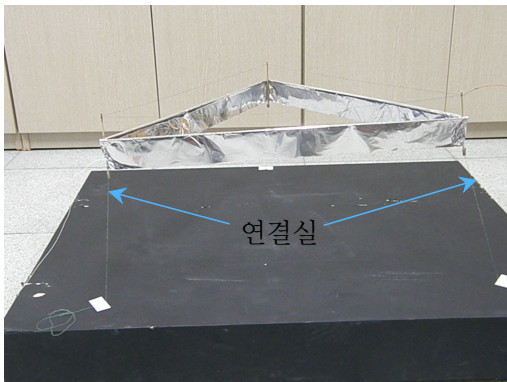


그림 6. 완전부양 후 모습(정상비행구간)

비행보다 몇 번 반복 비행 후의 비행이 더 안정적인 모습을 볼 수 있었다. 이는 이온비행체가 구조적으로 캐패시터의 구조를 가지므로 전하가 어느 정도 충전된 상태에서 비행하는 것이 비행의 안정성에 도움이 되는 것으로 판단된다.

4. 설계 예

본 절에서는 2.3절에서의 시험식을 바탕으로 하여 전후좌우 복합구동이 가능한 새로운 형태의 이온 비행체의 설계 상세에 대해 설명한다. 먼저 설계의 목표성능으로 부양력의 크기를 선정하였다. 부양력의 크기는 비행체에 탑재될 전압 발생부 및 배터리의 크기를 결정하는 중요한 설계목표가 되므로 이를 크게 설계/제작하는 것이 중요하나 기존의 연구^[1,2]에서는 그 부양력의 최대 크기가 수십 gram 정도로 매우 적다. 본 연구에서는 기존의 연구를 바탕으로, 제작 가능한 크기 등을 감안하여 부양력의 최대 크기를 100gram으로 설정하였다. 부양의 기본단위가 되는 이온 비행체로는 3절에서 제작된 이온 비행체와 동일한 크기로 선정하였

으며 그 힘과 전압관계식, 전력과 힘 관계식은 참고문헌 [1]을 참고하여 설계하였다. 인용된 식은 다음 식 (4), (5)와 같다.

$$F = 1.029(V - 12.738) \tag{4}$$

$$P = 0.002405(0.98F + 12.738)(0.98F + 7.134)^2 \tag{5}$$

먼저, 부양력 100gram을 만족하기 위한 단위 이온 비행체의 개수를 정해야 하는데, 이는 비행체 개수에 따른 전압과 소비전력의 관계를 이용하여 결정할 수 있으며 그 관계를 구하면 다음의 그림 7,8과 같다.

그림 7,8에서 알 수 있듯이 이온 비행체의 사용개수가 늘어날수록 전압과 전력이 줄어들음을 알 수 있으므로 사용개수를 최대한 늘이는 것이 유리하나, 제작비용 측면에서는 불리하므로 제작이 가능한 범위 내에서 적절한 개수를 선정하여야 한다. 본 연구에서는 그림에서와 같이 2가지 경우를 선정하였다.

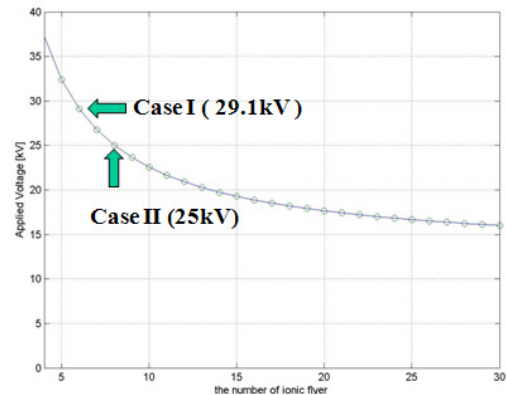


그림 7. 사용개수에 따른 공급전압과의 관계

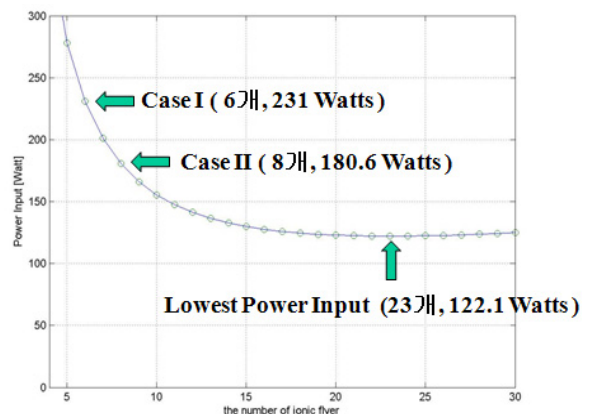


그림 8. 사용개수에 따른 소비전력과의 관계

4.1 설계 1(CASE I)

설계 1에서는 기본이 되는 이온 비행체의 개수를 6개로 정하였으며, 이때 각 비행체의 힘은 16.7gram이며, 소모전력은 38.5Watt, 공급전압은 29.1kV로 계산되었다. 다음의 그림 9는 단위 비행체 6개로 구성된 전체 이온 비행체의 형상으로 참고문헌 [2]에서 동일한 구성이 소개되었다.

설계 1의 비행체는 약 26gram의 자체 무게를 가질 것으로 예측되며, 이때 비행체가 상승하기 시작하는 전압은 17kV가 될 것으로 예상된다. 이 비행체는 이륙 및 정지비행 상태에서 각 모서리 방향의 단위 이온

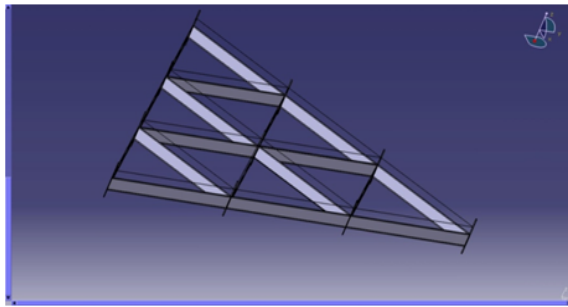


그림 9. 이온 비행체 설계결과(CASE I)

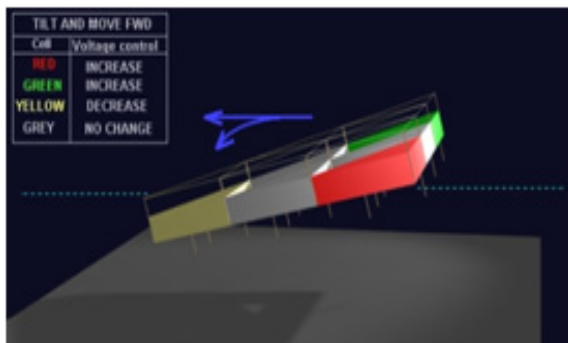


그림 10. 설계 1의 전진 운동의 경우^[2]

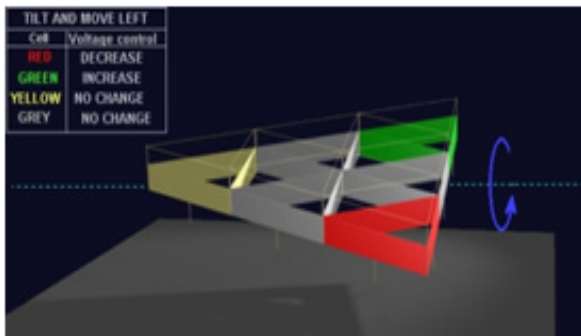


그림 11. 설계 1의 회전 운동의 경우^[2]

비행체의 전압을 하강시키고 다른 2곳의 모서리 쪽 이온 비행체의 전압을 상승시키면 전압을 하강시킨 모서리 방향으로 이동이 가능함을 알 수 있다.(그림 10)

또한, 두 모서리 쪽 단위 비행체의 전압을 각각 상승, 하강시키면 하강 쪽의 방향으로 롤(roll)운동이 가능함을 알 수 있다.(그림 11)

4.2 설계 2(CASE II)

설계 2에서는 기본이 되는 이온 비행체의 개수를 8개로 정하였으며, 설계1에서의 운동과 달리 전후좌우의 병진이동이 가능하도록 그림 12와 같이 설계하였다. 설계 2 비행체의 구성은 부양을 위한 8개의 단위 비행체(IF_L)와 요(Yaw)와 롤(Roll)운동을 위한 4개의 단위 비행체(IF_YR) 그리고 피치(Pitch)방향운동을 위한 2개의 단위 비행체(IF_P)로 구성된다. 여기서 IF_L은 3절에서 제작된 단위 비행체의 크기와 동일하며, IF_YR은 기존의 삼각형 모양이 아닌 직선 형태로 구성되었으며 양쪽으로 작동 하도록 콜렉터(호일)를 공통으로 하고 각 작용방향 양쪽으로 에미터(전선)를 배치하였다.

설계된 IF_YR의 길이는 346.4mm로 정하였으며, 이때의 두 전극간 거리는 30mm, 호일의 폭은 30mm로

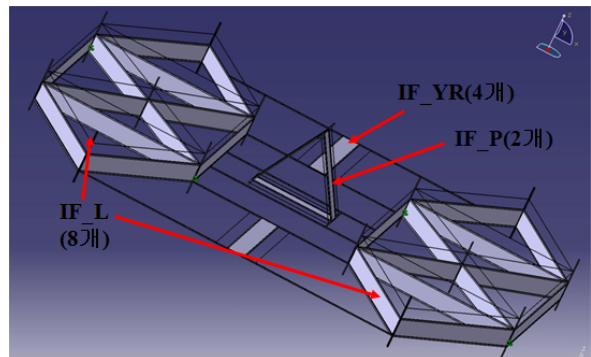


그림 12. 이온 비행체 설계결과(CASE II)

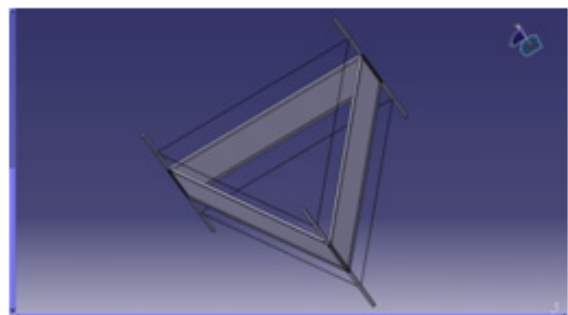


그림 13. 이온 비행체(IF-P) 설계결과

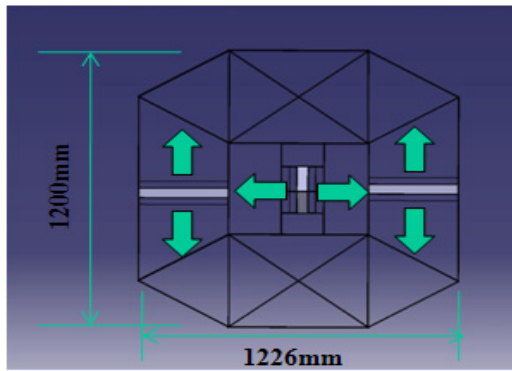


그림 14. 설계 2의 크기 및 운동방향

결정하였다.

또한, IF_P는 전체길이 600mm, 전극간 거리 30mm, 호일의 폭을 30mm로 하였으며, 두 방향으로 작동이 가능하도록 그림 13과 같이 설계하였다.

설계 2의 부양력을 위한 각 이온 비행체(IF_L)의 소모 전력은 22.6Watt이며, 그때의 공급전압은 25kV가 된다. 또한, 전체 시스템의 무게는 42gram으로 예상되며, 이때 부양하기 시작하는 전압은 17.9kV가 된다.

피치방향으로의 요구 가속도를 0.5m/sec으로 가정할 때 IF_P에 필요한 힘은 2gram정도이며 이때의 소비전력은 6Watt, 공급전압은 21kV가 되며, 요/롤 방향으로 동일한 힘이 필요하다고 가정하면 IF_YR에 요구되는 소비전력은 5Watt에 공급전압 20kV가 된다.

그림 14는 설계 2 비행체의 크기 및 각 비행체의 운동방향을 표현한 그림이다.

5. 검토 및 결론

본 연구에서는 새로운 개념의 무소음 이온 비행체를 소개하였으며, 단위 이온 비행체를 제작하여 시험하여 그 부양원리를 확인하였다. 또한 최근 연구된 참고문헌 [1]의 연구결과를 이용하여 2가지 경우의 복합된 형태의 이온 비행 시스템을 설계하였으며, 소모전력 및 필요전압 등을 분석하였다. 그러나 이러한 형태의 이온 비행체는 소모전력은 낮으나 고 전압을 공급하여야 한다는 점에서 탑재할 수 있는 공급원의 확보가 현 기술로는 어려울 것으로 예상된다. 제안된 설계도는 앞으로 구현해야할 숙제이나, 제안된 무소음 비행 시스템은 관련 공급에너지 기술(고 전압 발생장치와 배터리의 소형화 기술)이 확보되면 미래에 실내에서의 감시정찰시스템으로 각광을 받을 것으로 기대된다.

참고문헌

- [1] Chor Fung Chung, Wen J. Li, "Experimental studies and parametric modeling of ionic flyers", Advanced Intelligent Mechatronics, 2007 IEEE/ASME International Conference
- [2] The JLN Labs. Available: <http://jnaudin.free.fr>
- [3] Blaze Labs Research Available: <http://www.blazelabs.com/l-intro.asp>
- [4] Dr Zeno Customs Available: <http://js9742.javasarang.net>



이지홍

1983 서울대학교 전자공학과 (공학사)
1985 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학 석사)
1991 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학 박사)

1994~현재 충남대학교 메카트로닉스공학과 교수
관심분야: 로봇틱스, 지능제어, 이온 비행체, 컴퓨터 기반 신호처리 시스템, FSS



주상현

1986 부산대학교 기계설계공학과(공학사)
1991 한국과학기술원 정밀공학과(공학 석사)
1993~현재 국방과학연구소 선임연구원

2008~현재 충남대학교 메카트로닉스 공학과 박사과정
관심분야: 지능제어, 로봇틱스, 이온 비행체



김대현

2004 충남대학교 메카트로닉스 공학과 학사과정
관심분야: 로봇틱스, 이온 비행체