

퍼지 제어기를 이용한 Kite 비행제어

† 조 동현 · 김 종철 · 문 상만

† 한국항공우주연구원 선임연구원

요 약 : 최근 다양한 에너지원에 대한 관심이 증가하고 있으며, 고공풍력을 이용한 발전을 할 수 있는 Kite에 대한 연구가 이루어지고 있다. Kite를 이용한 풍력 발전 및 선박 인양 등의 다양한 분야에 적용하기 위해서 Kite에 대한 제어는 필수다. 본 논문에서는 이러한 Kite의 제어를 위해서 기존의 Kite Sport와 비행기술의 원리를 이용하여, 지능제어 이론을 적용해보고자 한다. 이를 위해서 적절한 퍼지 물을 생성 후 퍼지 제어기를 적용하여 Kite의 비행제어를 수행해보고자 한다.

핵심용어 : Kite(연), 풍력 에너지, 퍼지 제어기



퍼지 제어기를 이용한 Kite 비행제어

조동현



◆ 2010년에 발표한 우리나라 신 재생에너지 발전 원가

| - 전원 | LCOE (2009 won/kWh) | | |
|------------------|---------------------|--------|--------|
| | 낮은 값 | 높은 값 | 평균 |
| • 태양광 | 347.59 | 396.29 | 371.94 |
| • 풍력 - 육상 | 132.53 | 150.61 | 141.57 |
| • 풍력 - 해상 | 165.11 | 220.15 | 192.63 |
| • 풍력 - | 140.58 | 187.12 | 163.85 |
| • 스수력 | 89.53 | 143.24 | 116.39 |
| • 메틸지 가스 | 77.16 | 96.45 | 86.81 |
| • 바이오가스 | 126.56 | 139.65 | 133.11 |
| • 바이오매스 | 90.34 | 165.44 | 127.89 |
| • 가연성폐기물 고품연료 | 114.13 | 146.89 | 131.51 |
| • 조력(기존 발전제 이용) | 76.10 | 85.42 | 80.76 |
| • 조력(발전제 신설) | 195.65 | 223.21 | 209.43 |
| • 연료전지(발전용 LNG) | 258.13 | 275.46 | 266.80 |
| • 연료전지(열병합용 LNG) | 284.05 | 301.37 | 292.71 |

<http://epsis.kari.ac.kr/epsis/serve/epsis/EKMA/EKMAController?cmd=004011>

퍼지 제어기를 이용한 Kite 비행제어

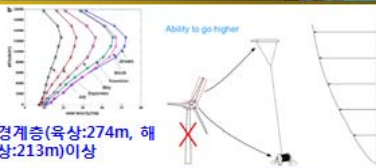
1



Introduction



Tower Based Wind Turbine
 풍력에너지생산율 $\propto V^3 \propto h^3$
 Buckling 내구강도 $\propto V^6 \propto h^6$



경계층(육상:274m, 해상:213m)이상

High Altitude Wind Power with Tether Line
 풍력에너지생산율 $\propto V^3 \propto h^3$
 줄의 인장파열내구강도 $\propto V^2 \propto h^2$

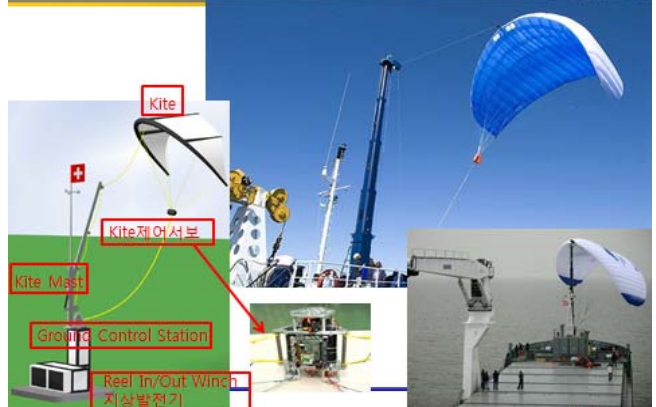
- 탑형 풍차는 고고도에서 경제성 부족과 태풍(풍속 65m/s까지)시 센 바람에 버티기 위한 방법이 구조물의 강화 외로 터빈 블레이드를 제동시키는 외로 강중회피 수단이 빈약함.
- 고공풍 발전은 고도를 선택할 수 있으며, Inflatable Kite방식의 채용시 이동 및 설치가 간편하고, 태풍에 대하여 회피하기 쉬움.

퍼지 제어기를 이용한 Kite 비행제어

2



Introduction



SIU05-5

† 교신저자 dhcho99@kari.re.kr

*

Introduction

www.kitegen.com

Kite System

<비행 Test>

<비행제어장치>

- MEMS Sensing Processor (MPU-600)
- GPS Receiver
- Magnetometer
- Servo motor (Rmg 380)
- RC Receiver

퍼지 제어를 이용한 Kite 비행제어 5

운동방정식

$$\ddot{\mathbf{p}} = e_{\theta} (r\ddot{\theta} - r\sin\theta\cos\theta\dot{\theta}^2 + 2r\dot{\theta}) + e_{\phi} (r\sin\theta\ddot{\phi} + 2r\cos\theta\dot{\phi}\dot{\theta} + 2\sin\theta r\dot{\phi}) + e_r (\ddot{r} - r\dot{\theta}^2 - r\sin^2\theta\dot{\phi}^2)$$

$$\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{f}(\mathbf{x}, \mathbf{u})$$

$$\mathbf{f}((\theta, \dot{\theta}, \phi, \dot{\phi})^T, \mathbf{v}) = \begin{pmatrix} \dot{\theta} \\ \frac{F_{\theta}^{net}(\theta, \dot{\theta}, \phi, \dot{\phi})}{rm} + \sin\theta \frac{\ddot{r}}{r} + \sin\theta \cos\theta \dot{\phi}^2 \\ \dot{\phi} \\ \frac{F_{\phi}^{net}(\theta, \dot{\theta}, \phi, \dot{\phi})}{rm} - 2\cot\theta\dot{\theta}\dot{\phi} \end{pmatrix}$$

퍼지 제어를 이용한 Kite 비행제어 6

Fuzzy Controller

휴먼 컨트롤 퍼지 컨트롤

퍼지 제어를 이용한 Kite 비행제어 7

8자 비행

퍼지 제어를 이용한 Kite 비행제어 9