

Autonomous flight of the rotorcraft-based UAV using RISE feedback and NN feedforward terms

본 논문에서는 signum of the error (RISE) feedback과 neural network (NN) feedforward term을 이용하여 회전익 무인항공기의 위치 제어시스템을 제안한다.

일반적으로 신경망(NN) 기반의 적응제어 시스템에서는 추종 오차(tracking error)의 uniformly ultimate boundedness를 보장한다. 이러한 한계를 극복하기 위한 하나의 방법은 sliding mode control 방법을 이용하여 ultimate bound 보다 큰 값을 추종 오차의 부호에 곱해 음의 되먹임(negative feedback)을 해주는 것이다. 하지만, 이러한 방법은 제어입력을 불연속(discontinuous)하게 만들기 때문에 바람직하지 않다.

이 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 RISE feedback term과 NN feedforward term을 이용하여 회전익 무인항공기 위치 추종 오차의 semi global asymptotic 안정성을 보장하기 위한 연속적인 제어입력을 생성한다.

그림 1에서 보듯이, 제안된 제어시스템은 일반적인 고정익 항공기 제어시스템과 마찬가지로, 내부 루프 시스템과 외부 루프 시스템으로 나뉜다. 외부 루프 시스템에서는 위치 및 헤딩 명령 입력을 받아 main-rotor collective stick 입력과 롤, 피치 명령을 생성한다. 내부 루프 시스템에서는 외부 루프 시스템으로부터 입력받은 롤, 피치 명령과 헤딩 명령을 따라가기 위한 longitudinal, lateral cyclic stick 입력과 tail-rotor collective stick 입력을 생성한다.

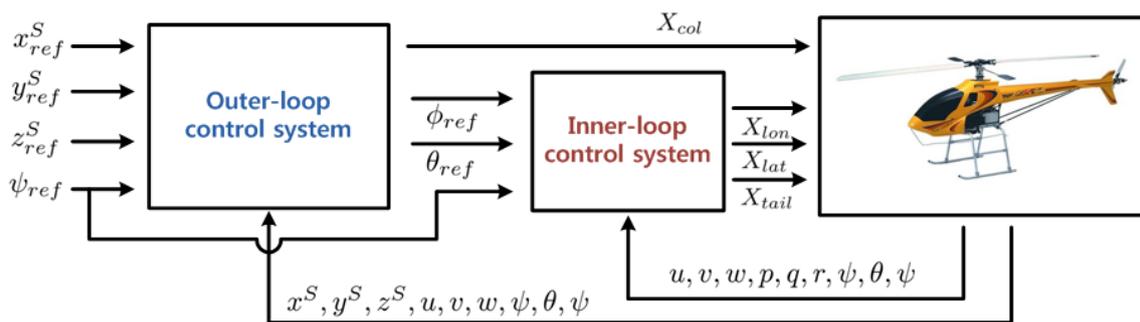


그림 1 회전익 무인항공기의 제어시스템 개략도

회전익 무인항공기의 z축 가속도 및 요측 방향 각가속도는 main-rotor collective stick과 tail-rotor collective stick 입력에 직접 영향을 받는 반면, 롤, 피치 방향 각가속도는 main-rotor의 flapping angle을 통해 longitudinal 및 lateral cyclic stick 입력의 영향을 받는다. 일반적으로 main-rotor의 flapping angle을 측정하는 것은 쉬운

일이 아니므로, 대부분의 연구에서는 longitudinal 및 lateral cyclic stick 입력이 직접 롤, 피치 각가속도에 영향을 준다고 가정되고 main-rotor flapping angle에 대한 영향을 불확실성으로 취급하여 보상하거나 notch filter를 사용하여 제거하는 형태를 취해왔다.

본 논문에서는 main-rotor flapping angle에 대한 영향을 시스템의 불확실성으로 취급하고 NN feedforward term을 이용하여 보상을 하는 형태를 취한다. 나아가, RISE feedback term을 도입하여 전체 롤, 피치, 요각 추종 오차의 semi-global asymptotic 안정성을 보인다. 반면, collective stick 입력은 z축 방향 가속도에 직접 영향을 미치므로, NN feedforward term을 추가하지 않고, RISE feedback term만을 추가하여 z축 위치 오차의 semi-global asymptotic 안정성을 보인다. 그림 2에 제안된 회전익 무인항공기 위치 제어시스템의 상세도를 도시하였다.

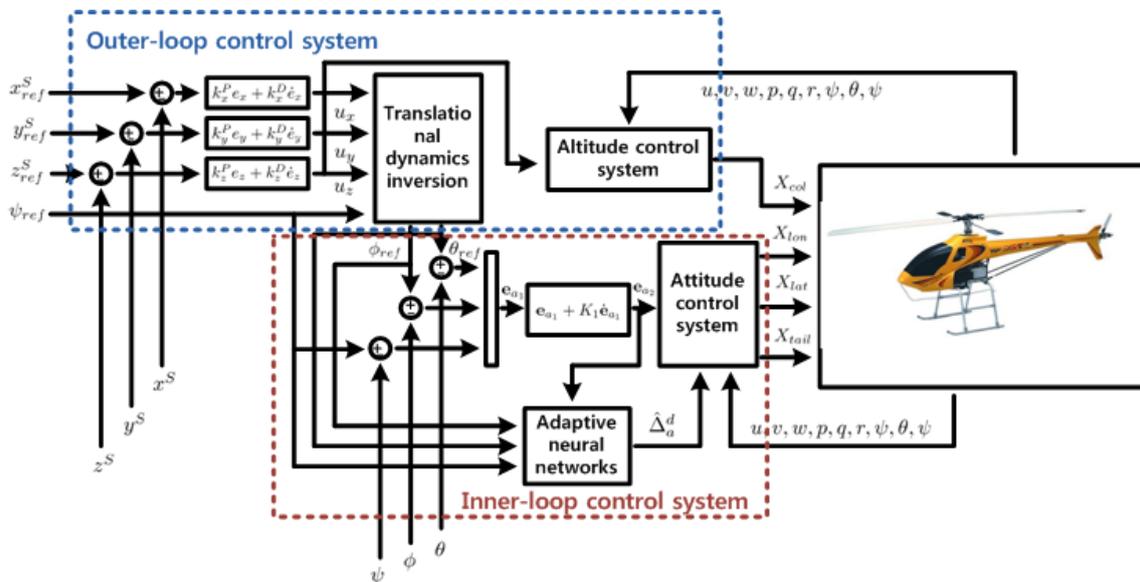


그림 2 회전익 무인항공기의 제어시스템 개략도

마지막으로 제안된 제어시스템을 이용하여 비선형 회전익 무인항공기 모델 기반 수치 시뮬레이션을 수행하였다. 우선, 내부 루프 성능을 검증하기 위한 사인파 형태의 명령 추종 시뮬레이션을 수행하였고, 본 연구의 동기가 되었던 참고문헌에서 제시한 방법보다 더욱 뛰어난 성능을 보임을 확인하였다. 검증된 내부 루프 시스템에 외부 루프 시스템을 추가하고 자동 착륙 시뮬레이션을 수행하여 제안된 전체 시스템의 성능을 검증하였다.