

# 외란보상을 통한 자동문 시스템 성능 개선연구

박원현\* · 김민\* · 정재훈\* · 이동현\* · 최명훈\* · 임재준\* · 변기식\* · 김관형\*\*

\*부경대학교 · \*\*동명대학교

## Automatic Door System Performance Improvement Study by the disturbance compensation

Won-Hyeon Park\* · Min Kim\* · Jae-Hoon Jeong\* · Dong Heon-Lee\* · Myoung Hoon-Choi\* · Jae

Jun-Lim\* · Gi-Sik Byun\* · Gwan-Hyung Kim\*\*

\*Pukyong National University · \*\*Dongmyung University

E-mail : whp7615@hanmail.net

### 요약

자동문은 대형 유통매장, 병원, 음식점, 관공서 등의 각종 건물에서는 고객을 위한 편의를 제공하기 위해 출입문으로 이용되고 있으며, 주택의 경우 출입문 및 외부 출입을 통제하는 방법의 편리성 등의 이유로 도어시설로 광범위하게 사용되고 있다. 하지만, 기존의 자동문 제어기는 주로 PID제어를 주로 사용하고 있으나, 설치장소에 따라 문의 크기 및 무게가 다양하기 때문에 파라미터의 변동과 불확실한 동역학 및 외란 등에 의해 제어기 시스템의 불안정을 야기 시킨다. 본 논문에서는 불확실한 요소를 보상하기 위한 강인한 제어기를 설계하여 외란을 보상하고자 한다.

### ABSTRACT

Doors are in various buildings, such as large retail stores, hospitals, restaurants, government offices and is used as a door to provide convenience for customers, the convenience of security to control doors and exterior access Castle, etc. In the case of housing door facilities It has been used widely. However, the conventional automatic door controller Although the primary use of the PID control, the contact size and weight depending on the location to cause an instability in the system controller or the like, and disturbance of parameter variation and uncertain dynamics because of the wide variations. In this paper, we design a robust controller to compensate for uncertainties and to compensate for the disturbance.

### 키워드

자동문 · 외란 보상기 · PID제어기 · 동역학

### 1. 서론

전 세계적으로 유통인구가 많이 이동하는 건물인 대형 유통매장, 병원, 음식점, 은행 등 공공시설에는 대부분 자동문이 설치 되어있다. 그러나 자동문의 사용 특성상 부주의 의한 충돌과 끼임 등 외적인 영향으로 인해 자동문 시스템 결함이 생겨 발생하는 사고가 종종 일어나고 있다. 기존에는 사고를 줄이기 위한 대안으로 적외선, 초음파, 마이크로파 등을 이용한 감지 센서를 자동문

의 양쪽 기둥 및 상부 구조물에 안전센서를 설치하여 자동개폐 시 센서를 통해 문 사이 사람이 있는 것을 감지하여 자동문을 제어하였지만 이에 따른 설치비가 적지 않다. 본 논문에서 제안하는 불확실한 요소를 보상하기 위한 강인한 제어기는 별도의 센서를 설치하지 않고 제어회로 작동으로 이동물체와 충돌 등 외적인 영향으로 인한 자동문 시스템 결함이 생기지 않도록 하여 사고를 예방하고자 한다.

## II. 본 론

### 2.1 자동문 시스템 모델링

그림1은 각 건물에 설치된 자동문의 일반적인 슬라이딩 구조이다. 사람이 출입 시 센서에 의해 감지되고 감지된 신호를 이용하여 DC모터가 구동되는 벨트구동 시스템이다.

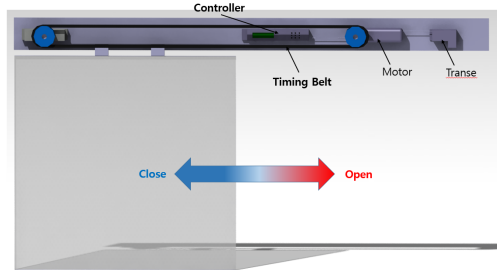


그림 1 자동문 기계구조 시스템

그림2는 자동문 도어를 움직이기 위해 구동되는 DC모터 회로에 대한 블록선도를 나타내고 있다.

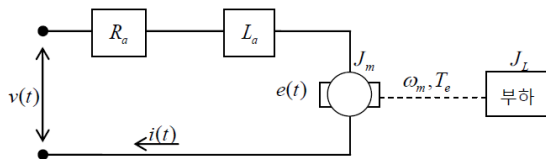


그림 2 DC모터 블록선도

자동문 시스템의 모델링은 다음 수식 (1)-(5)로 나타낼 수 있다. 벨트의 질량, 마찰은 무시하며 벨트구동은 선형탄성 범위에서 동작하는 것으로 가정한다. 자동문의 무게는 설치장소마다 변경되므로 무게에 따라 발생하는 토크  $T_i$ 를 미지의 부하로 설정하고, 롤러와 레일사이에 발생하는 마찰토크는  $T_f$ , 또한 외란 등은  $T_d$ 로 설정하여 모터측 부하토크  $T_L$ 에 반영하였다. 이때,  $J$ 는 모터와 기어의 관성의 합이고  $B$ 는 모터와 기어측의 쿨롱마찰의 합이며,  $G$ 는 기어감속비 이다. [1]

$$V(t) = L_a \frac{di(t)}{dt} + R_a i(t) + w_m e(t) \quad (1)$$

$$K_f i(t) = J \frac{dw_m}{dt} + B w_m + \frac{T_L}{G} \quad (2)$$

$$T_L = T_i + T_f + T_d \quad (3)$$

$$T_i = M r \ddot{x} = M r^2 \ddot{\theta} = \frac{M r^2}{G} \ddot{\theta}_m \quad (4)$$

$$T_f = \mu M g \quad (5)$$

이때, 각 변수에 대한 설명은 다음과 같다. [1]

- $\theta_m$  : 모터의 회전각
- $\theta$  : 부하의 회전각
- $w_m$  : 모터의 회전각속도
- $V(t)$  : 모터의 입력
- $i(t)$  : 전기자전류
- $M$  : 도어질량
- $g$  : 중력가속도
- $\mu$  : 마찰토크상수
- $T_d$  : 외란 토크
- $R_a$  : 모터 전기자저항
- $L_a$  : 모터 전기자인덕턴스
- $K_f$  : 모터 토크상수
- $e(t)$  : 모터 역기전력상수
- $J$  : 모터측 회전자 관성모멘트
- $B$  : 모터측 점성 마찰계수
- $G$  : 감속기어비
- $r$  : 풀리의 반지름

### 2.2 시뮬레이션을 통한 외란 보상

#### 2.2.1 속도 프로파일 설계

속도 프로파일은 기본적으로 위치, 속도, 가속도와 시간과의 관계에서 얻을 수 있으며, 그림3과 같이 그래프로 한눈에 볼 수 있다. [2]

$$v = \begin{cases} at & 0 \leq t < t_1 \\ v_{\max} & t_1 \leq t < t_2 \\ v_{\max} - a(t-t_2) & t_2 \leq t < t_f \end{cases} \quad (6)$$

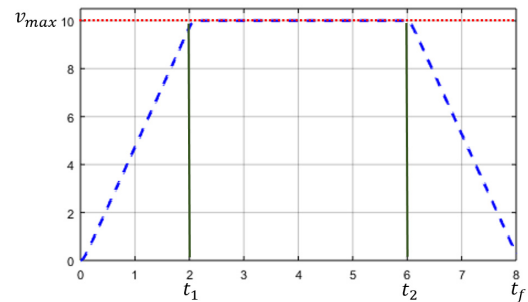


그림 3 속도 프로파일

#### 2.2.2 외란보상을 위한 Q-Filter 설계

Q-Filter는 일반적으로 외란 성분에 대한 안정적인 성능을 보인다. 모터 구동 시 Q필터의 시정수(time constant)인  $\tau$  값이 필요한데 시정수는 이론적으로 제거할 수 있는 외란의 주파수 범위를 의미한다. 본 논문에서는 모터의 기계적인 시정수 보다 높은 값으로 선정하여 외란에 대한 응답특성을 향상시키고자 한다. [3]

$$Q(s) = \frac{1}{1 + \tau s} \quad (7)$$

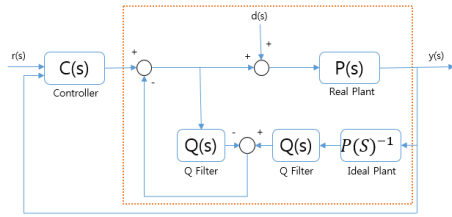


그림 4 Q-Filter system

### 2.2.3 Matlab을 이용한 시뮬레이션

그림5는 기존에 많이 사용하고 있는 PID제어 시스템이다. 속도프로파일을 입력하고 외란으로 사인파와 임의의 난수를 합한 불안정한 외란을 입력하였다.

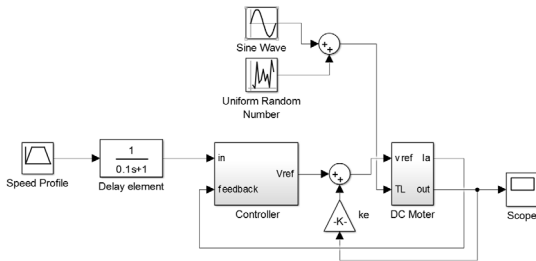


그림 5 DC모터 제어 시스템

속도프로파일 입력에 대한 출력파형은 그림6과 같으며, 불안정한 외란 입력으로 인해 심한 맥동 성분이 발생하여 모터 구동 시 치명적인 문제점이 발생할 수 있다.

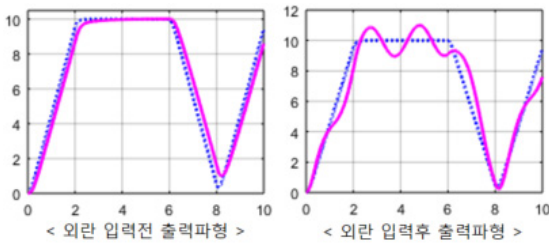


그림 6 외란입력 전·후 파형

본 논문에서 제안하는 Q-Filter를 그림7과 Matlab Simulink를 이용하여 설계 하였다.

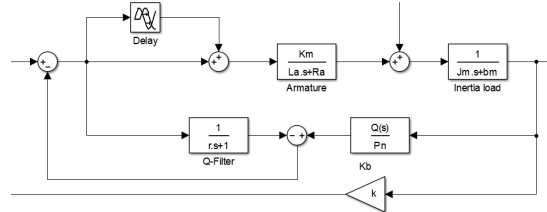


그림 7 Q-Filter 적용한 제어 시스템

Q-Filter를 적용하여 시뮬레이션결과 파형을 그림8과 같으며, Q-Filter 적용 전에 비해 외란에 대한 맥동성분을 80%이상 억제 가능한 것을 확인할 수 있다.

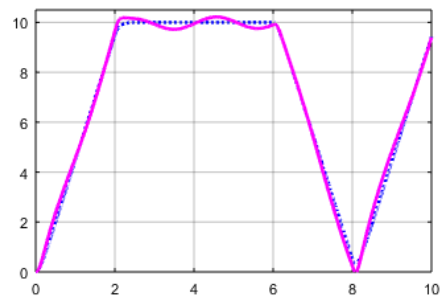


그림 8 Q-Filter 적용한 출력파형

### III. 결 론

제안하는 불확실한 요소를 보상하기 위한 강인한 제어기는 별도의 센서를 설치하지 않고 제어 회로 작동으로 이동물체와 충돌 등 외적인 영향에 대해 본 논문에서 제안 하는 Q-Filter를 활용하여 외란에 대한 보상이 가능한 것을 확인하였다.

### 참고문헌

- [1] 유영동, 이교범, 홍석교, “외란관측기를 이용한 자동문 시스템의 성능개선”, 전력전자학회논문지, Vol. 15, No. 5, 2010.
- [2] 이종연, 현창호, “속도 프로파일 기반의 가감속제어를 통한 DC모터의 토크제어”, 한국지능시스템학회 논문지, Vol. 22, No. 1, 2012.
- [3] 허영진, 박대길, 김진현, “최소 제어 인자 도출을 통한 사용편의성 높은 제어시스템 설계”, 로봇학회 논문지, Vol. 9, No. 1, 2014.