

엘리베이터 위치제어를 위한 속도패턴 발생

金 庚 緒, 朴 昌 勳, 姜 基 好, 韓 權 相

Velocity Pattern Generation for the Position Control of Elevator

Kyung-Seo Kim, Chang-Hoon Park, Ki-Ho Kang, Gueon-Sang Han

요 약

엘리베이터의 속도패턴은 출발시부터 목표 위치 근처에 다다를 때까지의 시간기준 속도패턴과 정밀한 정위치 정지를 위한 거리기준 속도패턴으로 이루어진다. 시간기준 속도패턴에서 거리기준 속도패턴으로 전환시 속도와 가속도의 급격한 변화가 없도록 하여야 패턴 전환시의 충격을 최소화하여 안락한 승차감을 얻을 수 있다. 본 논문에서는 속도패턴 전환 시 항상 속도와 가속도가 연속이 되도록 하고, 또한 목표 위치로의 수렴 속도를 개선한 새로운 엘리베이터 속도패턴 발생 방법을 제시한다.

ABSTRACT

Elevator velocity pattern is based on combining the time-based velocity pattern according to which the car trip from starting position to vicinity of target position, and distance-based velocity pattern for precise landing of car. To obtain the ride comfortability, the impact caused by velocity pattern switching should be minimized by removing the discontinuity of velocity and acceleration. In this paper, new velocity pattern generation method which ensure the continuity of velocity and acceleration during pattern switching is proposed. Proposed velocity pattern also shorten the landing time to the target position.

Key Words : Elevator, Velocity pattern, Position control

1. 서 론

엘리베이터와 같이 사람을 수송하기 위한 설비에 있어 탑승객의 입장에서 중요한 요소는 운송 효율과 쾌적한 승차감이다. 승차감을 좌우하는 가장 큰 요인은 카(car)의 가속도 크기와 형태로 엘리베이터의 경우 일반 속도/위치 제어시스템과는 다르게 안락한 승차감을 얻을 수 있는 가속도와 이에 따른 속도 패턴을 미리 계산하여 놓고 이에 기준하여 카의 속도 제어를 하게 된다. 기존에 널리 쓰이는 속도패턴 발생 방식은 다음과 같이 두 부분으로 이루어진다.^[1,2,3] 엘리베이터가 정지상태에서 출발하여 목표 층으로 이동시에는 필요한 기준 속도/가속도 패턴을 미리 정하여 놓고 시간이 경과함에 따라 순차적으로 발생시킨다. 이러한 방법을 '시간기준 속도패턴'(time-based velocity pattern)이

라 한다. 카가 목표 위치에 근접하면 감속을 하여 정지하게 되며, 이 때에는 정밀한 위치 제어를 위하여 남은 거리에 기준한 속도패턴을 발생시켜 속도 제어를 하게 되고 이를 '거리기준 속도패턴'(distance-based velocity pattern)이라 한다. 남은 거리에 기준한 속도패턴 발생 방법은 남은 거리가 영이 되는 순간 속도와 가속도도 영이 되도록 하여 부드러운 정지가 이루어질 수 있도록 한다. 시간기준 속도패턴에서 거리기준 속도패턴으로 전환 시 속도는 물론 가속도도 연속이 되어야 충격이 없이 부드러운 전환이 이루어져 안락한 승차감을 얻을 수 있으며, 이를 위하여 엘리베이터 설치 시 세심한 조정을 필요로 한다. 정지 위치 수십mm 이내에서 속도패턴은 남은 거리에 비례한 값으로 되어 부드러운 정지동작을 얻을 수 있으나 정지점까지의 수렴 시간이 긴 단점이 있다. 본 논문에서는 엘리베이터

운전상태에 관계없이 항상 속도패턴 전환 시 속도와 가속도가 연속이 되도록 하고 정지점 수렴속도를 개선한 새로운 속도패턴 발생방법을 제시한다.

2. 기존 방식 검토

기준에 널리 쓰이는 엘리베이터 속도 패턴 발생기는 그림 1 (a)와 같이 시간기준 속도 패턴 발생부, 거리기준 속도패턴 발생부, 시간기준 속도 패턴에서 거리기준 속도패턴으로 전환하기 위한 전환부로 구성된다. 시간 기준 속도패턴 발생부는 그림 1 (b)와 같이 시간경과에 따라 저크가 발생되도록 하는 저크 발생 테이블과 이를 적분하여 기준 가속도를 만드는 적분기, 기준 가속도를 적분하여 기준 속도패턴을 발생시키기 위한 적분기 등으로 구성된다. 거리기준 속도패턴 발생부는 그림 1 (c)와 같이 목표위치와 현재위치로부터 남은 거리를 연산하는 부분과 남은 거리로부터 미리 정하여진 함수들에 의하여 기준속도를 연산하는 부분, 함수를 바꾸기 위한 함수전환부 등으로 이루어진다.

엘리베이터가 출발하여 정지까지의 저크, 가속도, 속도 패턴은 그림 2와 같다. 엘리베이터가 출발하여 정지위치 근처까지는 시간기준 속도패턴 발생부에 의하여 기준속도를 발생시킨다.

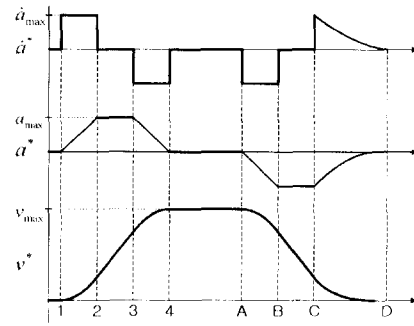


그림 2 저크, 가속도, 속도 패턴
Fig. 2 Jerk, acceleration and velocity profile

이때 속도 발생은 그림 1 (b)와 같이 미리 정하여진 시간스케줄에 따라 저크를 발생시키고 이를 적분한 가속도, 가속도를 적분한 속도지령이 발생된다.^[4] 시간기준 패턴은 구현이 간단하고 승차감에 큰 영향을 미치는 가속도의 크기와 형태를 임의로 조절하기 용이하다는 장점이 있다. 그러나 최종 위치에 다다리 정지하는 순간 남은 위치가 영이 되면서 동시에 속도도 영이 되어야 부드러운 정지동작이 이루어지며 이러한 정지동작은 시간기준 속도패턴으로는 얻기 힘들다. 따라서 정지위치 근처에 다다른 그림 2의 B점부터는 기준속도 패턴 발생을 거리기준 속도패턴으로 전환하며, 이때의 전환 시점과 전환 동작을 제어하는 것이 그림 1 (a)의 속도패턴 전환부이다.

거리기준 속도 패턴은 그림 1 (c)와 같이 현재 카의 위치와 목표위치를 뺀 남은 거리로부터 식 (1)과 같은 함수에 의하여 발생시키는 것이 일반적인 방법이다.

$$v_{S1}^* = \sqrt{2a_{max}(S - S_{off})} \tag{1}$$

여기서 v_{S1}^* 는 기준 속도이며 S는 남은 거리, S_{off} 는 곡선의 오프셋이다. 식 (1)에 의하여 속도패턴을 발생시킬 경우 가속도는 a_{max} 의 값으로 일정하게 유지된다. 카가 목표위치에 거의 다다른 속도패턴 발생 식은 그림 1 (c)의 함수전환부에 의해 그림 2의 C점에서 식 (2)와 같이 바뀐다.

$$v_{S2}^* = kS \tag{2}$$

식 (2)는 시간축 상에서는 지수함수의 형태가 되고, 식 (2)의 미분값, 즉 가속도도 시간축 상에서는 역시 지수함수가 되므로 속도와 가속도가 모두 정지위치에 다다름에 따라 부드럽게 감소하게 되어 부드러운 정지 동작을 얻을 수 있게 된다.

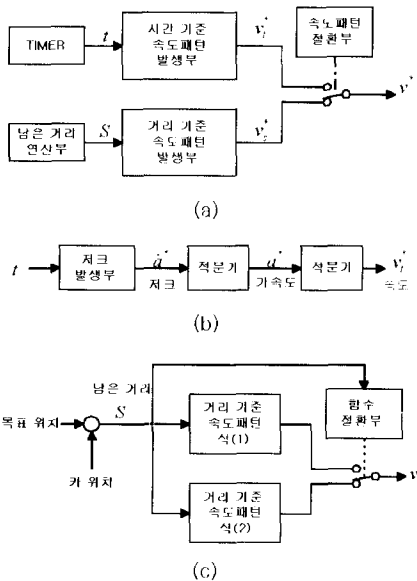


그림 1 (a) 속도패턴 발생기 (b) 시간기준 속도패턴 발생 (c) 거리기준 속도패턴 발생
Fig. 1 (a) Velocity pattern generator (b) time-based velocity pattern generation (c) distance-based velocity pattern generation

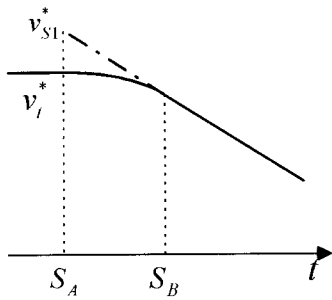


그림 3 속도 패턴 전환
Fig. 3 Velocity pattern switching

시간기준 속도패턴에서 거리기준 속도패턴으로의 전환동작은 그림 3과 같다. 정지 위치까지의 남은 거리를 측정하여 남은 거리가 미리 정하여진 위치 S_A 에 다다르면 시간기준 속도패턴 발생기에서는 음의 저크 값을 발생시켜 그림 3의 v_i^* 곡선처럼 기준속도 값이 감소하고, 이에 따라 카의 감속이 시작되도록 한다. 이와 동시에 거리기준 속도패턴 발생기에서도 식 (1)에 의하여 속도 패턴 v_{S1}^* 을 발생시킨다. v_i^* 곡선과 v_{S1}^* 곡선이 만나는 순간 기준속도 패턴은 v_i^* 곡선에서 v_{S1}^* 곡선으로 전환되며 이때부터 거리기준 속도패턴이 진행된다. 감속개시점 S_A 를 정확히 선정하면 v_i^* 곡선에서 v_{S1}^* 곡선으로 전환 시 기준속도 뿐만 아니라 가속도도 연속이 된다. 이를 위하여 정지점부터 거꾸로 남은 거리를 역산하여 감속개시점 S_A 의 값을 선정하게 된다. 시간기준 속도패턴에서 거리기준 속도패턴으로 전환 시 속도패턴과 가속도패턴이 연속이 되기 위하여는 감속개시점 S_A 가 정확히 계산되어야 하며, 이와 아울러 실제 카의 속도가 기준속도 패턴 v_i^* 를 정확히 추종하여야 한다. 실제로는 S_B 점에서 가속도가 연속이 되지 않는 경우가 발생하며 이를 해결하기 위하여 S_B 근처에서는 v_i^* 를 조금씩 바꾸어 가속도가 연속이 되게 하는 방법도 사용된다. 이러한 방법은 설치조건이나 부하조건에 따라 조금씩 달라져 설치/시운전 시 정밀 조절을 필요로 하게 된다.

3. 제안된 기준속도 패턴 연산

2절에서 언급한 기존의 방법에서 기준 속도패턴 발생 모우드를 전환시키는 순간에 속도와 가속도가 동시에 연속이 되도록 하기 힘든 이유는 두개의 속도패턴

v_i^* 와 v_{S1}^* 을 미리 고정시키기 때문이다. 따라서 감속 개시점 S_A 가 잘못 설정되거나 또는 실제속도가 기준 속도에 벗어나 있을 때 패턴 전환 시점에서 두 속도패턴의 불일치를 보상하기가 까다로워진다.

본 연구에서는 이를 해결하기 위하여 거리기준 속도 패턴을 고정시키지 않고 패턴 전환이 되는 순간 시간 기준 속도패턴의 최종 속도, 가속도 값을 근거하여 거리기준 속도패턴을 결정하였다. 이를 위상평면 상에 표시하면 그림 4와 같다. 감속개시점 S_A 에서부터 시간기준 속도패턴의 가속도 값이 음의 값으로 증가하게 되고 기준속도는 감소하게 된다. 시간기준 속도패턴의 가속도 값이 일정값, 즉 a_{max} 가 되는 순간 거리기준 속도패턴의 S_{off} 를 조정하여 v_i^* 와 v_{S1}^* 이 만나도록 한다. S_{off} 만을 조정하면 v_{S1}^* 의 형태는 변하지 않고 위치만이 좌우로 이동할 수 있게 되어 가속도는 a_{max} 로 유지한 채 v_i^* 와 v_{S1}^* 이 한 점에서 접하도록 할 수 있고, 이 경우 접점에서의 속도와 가속도는 연속이 된다.

식 (1)의 일정 감속모우드에서 식 (2)와 같은 거리에 비례한 감속모우드로 전환할 경우도 그림 4와 같이 v_{S2}^* 가 v_{S1}^* 의 접선이 되도록 하면 식 (1)에서 식 (2)로 전환되는 순간 속도와 가속도가 동시에 연속이 되도록 할 수 있다. 이를 위하여 식 (2)의 기울기 k 를 미리 결정하지 않고 식 (1)의 S_{off} 가 결정되어 v_{S1}^* 이 고정된 후 v_{S2}^* 가 v_{S1}^* 의 접선이 되도록 k 를 설정하면 된다.

감속개시점에서부터 정지 시까지 속도패턴의 변화를 위상평면 상에 표시하면 그림 5와 같이 α 에서 δ 까지 4구간으로 나눌수 있다. α 구간은 일정속도 구간으로 다음과 같이 속도는 최대값이고 가속도는 영이다.

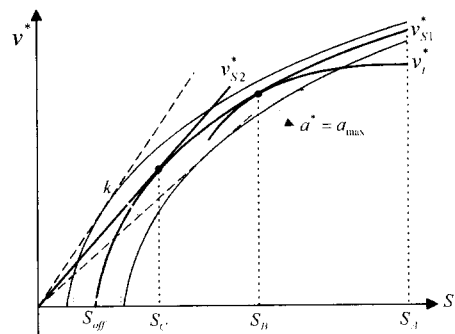


그림 4 속도 패턴 전환
Fig. 4 Velocity pattern switching

$$v_{\alpha}^* = v_{\max} \quad (3)$$

$$a_{\alpha}^* = 0 \quad (4)$$

감속 개시 위치 S_A 에 다다르면 β 구간으로 바뀌고 식 (6)과 같이 가속도를 시간 경과에 따라 일정하게 증가시키기 시작한다. 이때 단위시간당 가속도 변화율, 즉 저크는 식 (5)와 같이 최대치를 유지하게 된다.

$$\dot{a}_{\beta}^* = -\dot{a}_{\max} \quad (5)$$

$$a_{\beta}^* = \sum \dot{a}_{\beta}^* \Delta T \quad (6)$$

$$v_{\beta}^* = \sum a_{\beta}^* \Delta T \quad (7)$$

가속도가 증가하여 최대 가속도 값 a_{\max} 가 되면 γ 구간으로 바뀌게 되고 이때부터 남은 거리를 매 샘플링 시점마다 읽어 기준속도를 연산하는 거리기준 속도 패턴이 시작된다. γ 구간에서의 속도 연산식은 식 (8)과 같고 a_{\max} 는 최대 가속도 값이다.

$$v_{\gamma}^* = \sqrt{2a_{\max}(S - S_{off})} \quad (8)$$

β 구간의 마지막 가속도 값과 γ 구간에서의 가속도 값이 모두 a_{\max} 이므로 S_{off} 를 조정하여 속도만 연속이 되도록 하면 된다. a_{β}^* 가 a_{\max} 가 되는 점을 B 라 할 때 B 점에서 속도가 연속되는 조건은

$$v_{\beta(B)}^* = \sqrt{2a_{\max}(S_{(B)} - S_{off})} = v_{\gamma(B)}^* \quad (9)$$

이고, 식 (9)로부터 다음과 같이 S_{off} 를 구할수 있다.

$$S_{off} = S_{(B)} - \frac{v_{\beta(B)}^*}{2a_{\max}} \quad (10)$$

γ 구간에서 δ 구간으로 전환될 때에는 δ 패턴이 γ 패턴의 접선이 되어야 속도와 가속도가 연속이 된다. 전환되는 시점은 매 순간 γ 패턴의 접선이 δ 패턴이 될 수 있는 지, 즉 접선이 원점을 통과하는 지를 판단하여 결정할 수도 있으나 본 연구에서는 δ 패턴이 γ 패턴의 접선이 되는 지점 $S_{(C)}$ 를 계산하고 이 점에서 γ 패턴에서 δ 패턴으로 전환이 되도록 하였다. δ 구간에서 속도와 가속도, 저크는

$$v_{\delta}^* = kS \quad (11)$$

$$a_{\delta}^* = k^2S \quad (12)$$

$$\dot{a}_{\delta}^* = k^3S \quad (13)$$

이다. C 점에서의 속도, 가속도 연속 조건은 식 (8)과 식 (11), 식 (12)로부터

$$v_{\gamma(C)}^* = \sqrt{2a_{\max}(S_{(C)} - S_{off})} = kS_{(C)} = v_{\delta(C)}^* \quad (14)$$

$$a_{\gamma(C)}^* = a_{\max} = k^2S_{(C)} = a_{\delta(C)}^* \quad (15)$$

이고, 식 (14)와 식 (15)로부터

$$S_{(C)} = 2S_{off} \quad (16)$$

와 같이 구해진다. 남은 거리 S 가 감소하여 $2S_{off}$ 에 다다르면 속도패턴이 γ 패턴에서 δ 패턴으로 전환되며, 이때 δ 패턴의 기울기 k 는 C 점에서의 남은 거리와 기준 속도로부터 식 (17)과 같이 계산되어 δ 패턴이 결정된다.

$$k = \frac{v_{\gamma(C)}^*}{S_{(C)}} \quad (17)$$

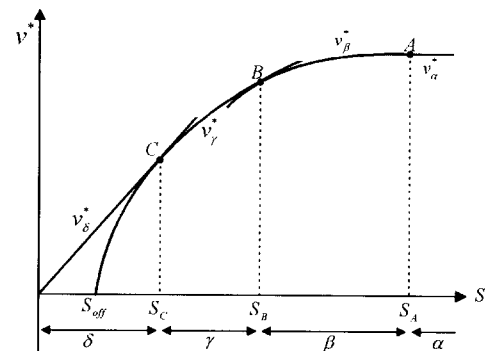


그림 5 위상 평면 상에서의 속도 패턴

Fig. 5 Velocity pattern on phase-plane

4. 정지 시간 단축

착상속도를 빠르게 하는 방법으로 감속부터 정지 시까지의 속도패턴을 식 (1)로 하여 가속도 값을 정지 시까지 최대값 a_{\max} 로 유지시키는 것을 생각할 수 있

다. 이 경우 속도는 정지점 까지 일직선으로 감소한다. 그러나 정지점에 도달한 순간 가속도가 a_{max} 에서 영으로 급격히 변함으로써 발생하는 충격이 승차감에 악영향을 미치게 되고, 제어지연 요소 등에 의하여 정밀한 정위치 정지가 어렵게 된다. 따라서 정지위치에 거의 근접하여서는 속도와 가속도가 완만히 변하면서 영에 수렴하도록 하는 방법을 쓰고, 가장 널리 쓰이는 방식이 식 (2)와 같이 남은 거리에 비례하는 속도패턴을 만드는 것이다. 이 경우 속도, 가속도, 위치는 시간에 대한 지수함수가 되어 완전한 정지특성을 얻을 수 있지만 지수함수의 특성상 정지위치까지의 도달시간이 길어지는 단점이 있다.

위의 두 속도패턴은 다음 식으로 표현될 수 있으며,

$$v^* = k' S^x \tag{18}$$

전자의 경우는 $x=1/2$, 후자의 경우는 $x=1$ 이다. 따라서 지수 x 를 $1/2 < x < 1$ 이 되는 값으로 선택하면 두 경우의 중간 특성을 갖게 할 수 있으며 1에 가까울수록 정지시간이 단축되고, 1/2에 가까운 값인 경우 정지시간은 길어지지만 완전한 정지특성을 얻을 수 있다. x 는 임의의 양의 실수를 선택할 수 있으나 본 연구에서는 연산의 용이함과 특성을 고려하여 x 를 3/4로 하였다. 이 경우 거리에 대한 속도, 가속도 및 저크는 식 (19)-(21)과 같고, 식 (19)와 같이 $S^{3/4}$ 은 $\sqrt{S} \times \sqrt{\sqrt{S}}$ 와 같이 표현될 수 있으므로 C언어의 표준 라이브러리 함수를 사용하여 간단히 구현이 된다.

$$v_{\delta}^* = k S^{3/4} (= k \sqrt{S} \sqrt{\sqrt{S}}) \tag{19}$$

$$a_{\delta}^* = \frac{3}{4} k S^{-1/4} \dot{S} = \frac{3}{4} k^2 S^{1/2} \tag{20}$$

$$\dot{a}_{\delta}^* = \frac{3}{8} k^3 S^{1/4} \tag{21}$$

이를 시간축 상에서 표현하면 다음 식과 같다.

$$v_{\delta}^* = k_1 t^3 \tag{22}$$

$$a_{\delta}^* = 3k_1 t^2 \tag{23}$$

$$\dot{a}_{\delta}^* = 6k_1 t \tag{24}$$

이며, 여기서 $k_1 = k^4 (\frac{1}{4})^3$ 이다.

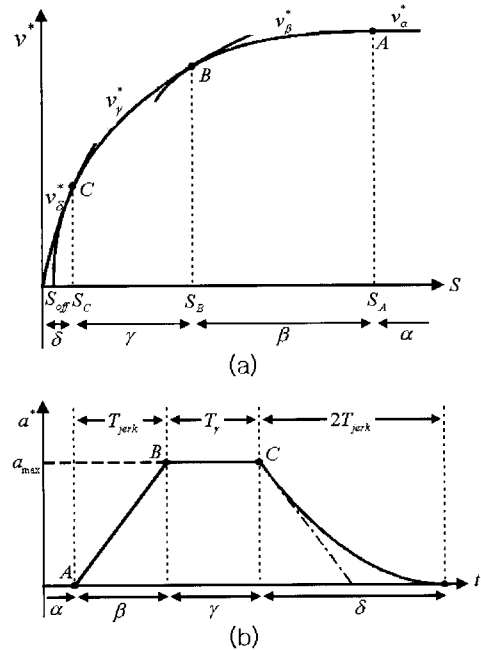


그림 6 (a) 위상 평면 상에서의 속도 패턴
(b) 시간축상에서의 가속도 패턴
Fig. 6 (a) Velocity pattern on phase-plane
(b) acceleration pattern on time axis

속도는 시간에 대하여 포물선이 되어 정지 위치 도달 시간이 지수함수의 경우에 비하여 단축되며 정지점에서 완만하게 영의 값으로 수렴한다.

정지 시간을 단축시키기 위한 새로운 기준 속도패턴을 위상평면 상에서 표현하면 그림 6 (a)와 같고, 시간축 상에서 가속도의 변화는 그림 6 (b)와 같다. α 구간에서 γ 구간까지는 3절의 경우와 동일하고 δ 구간만이 직선에서 곡선으로 바뀌어 있다. γ 패턴에서 δ 패턴으로 바뀔 때 속도와 가속도가 연속이 되기 위한 조건은 식 (8)과 식 (19), 식 (20)으로부터

$$v_{\gamma(C)}^* = \sqrt{2a_{max}(S_{(C)} - S_{off})} = k S_{(C)}^{3/4} = v_{\delta(C)}^* \tag{25}$$

$$a_{\gamma(C)}^* = a_{max} = \frac{3}{4} k^2 S_{(C)}^{1/2} = a_{\delta(C)}^* \tag{26}$$

이며, 식 (25)와 식 (26)에서 $S_{(C)}$ 를 구하면

$$S_{(C)} = 3S_{off} \tag{27}$$

이다. 남은 거리 S 가 감소하여 $S_{(C)}$ 에 도달하는 순간

γ 패턴에서 δ 패턴으로 전환되며, 상수 k 는 γ 패턴의 C 점에서의 값으로부터 다음과 같이 구하여 진다.

$$k = \frac{v_{\gamma(C)}^*}{\sqrt{S_{(C)}}\sqrt{\sqrt{S_{(C)}}}} \quad (28)$$

그림 6 (b)의 δ 패턴에서 가속도는 시간의 이차 함수로 감소하게 되며, 이에 따른 저크 값은 C 점에서 가장 크고 점차 감소하기 시작하므로 C 점에서의 저크를 최대값 이하로 제한할 필요가 있다. C 점에서의 저크 크기는 감속 개시점 $S_{(A)}$ 를 조정하면 바뀐다. 최대저크가 인가되는 시간, 즉 β 구간의 시간을 T_{jerk} 라 할 때 최대 저크와 최대 가속도와의 관계는

$$\dot{a}_{max} = \frac{a_{max}}{T_{jerk}} \quad (29)$$

이며, 최대 저크를 제한하기 위한 조건은 식 (21)과 식 (29)로부터

$$\dot{a}_{\delta(C)}^* = \frac{3}{8} k^3 S_{(C)}^{\frac{1}{4}} = \dot{a}_{max} = \frac{a_{max}}{T_{jerk}} \quad (30)$$

이다. 식 (30)과 식 (26)으로부터

$$S_{(C)} = \frac{1}{3} a_{max} T_{jerk}^2 \quad (31)$$

이며, 이 때의 기준 속도와 k 는

$$v_{\delta(C)}^* = \frac{2}{3} a_{max} T_{jerk} \quad (32)$$

$$k = \frac{2}{\sqrt{T_{jerk}}} \left(\frac{a_{max}}{3} \right)^{\frac{1}{4}} \quad (33)$$

이다. $S_{(B)}$ 를 구하기 위하여 먼저 식 (34)와 같이 $v_{\gamma(B)}^*$ 를 구한다. 여기서 T_{γ} 는 γ 구간의 시간이다.

$$v_{\gamma(B)}^* = v_{\delta(C)} + a_{max} T_{\gamma} \quad (34)$$

$$S_{(B)} = S_{(C)} + \frac{v_{\gamma(B)}^* + v_{\delta(C)}^*}{2} T_{\gamma} \quad (35)$$

감속 개시점 A 에서의 남은 거리와 기준 속도는

$$v_{\beta}^* = v_{\gamma(B)}^* + \frac{a_{max}}{2} \left(T_{jerk} - \frac{(t' - t_{\beta})^2}{T_{jerk}} \right) \quad (36)$$

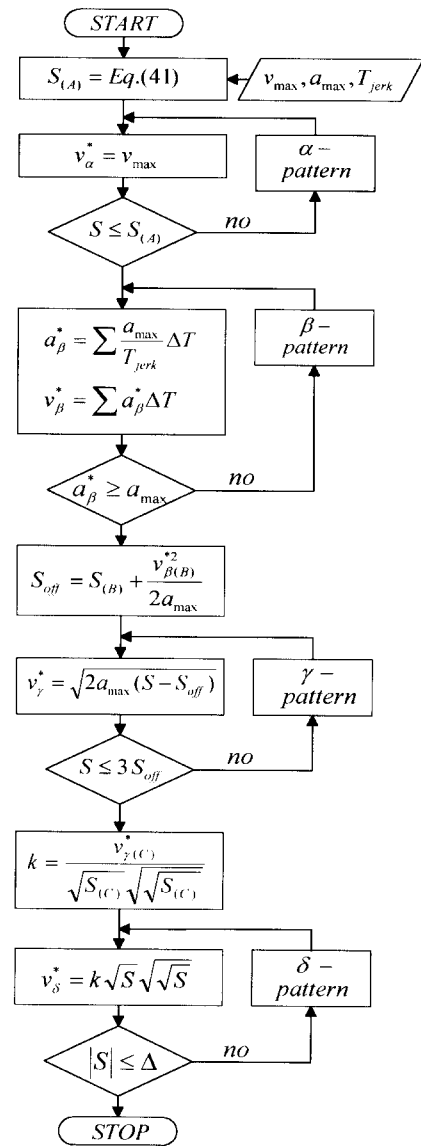


그림 7 제어 순서도

Fig. 7 Control flowchart

$$v_{\alpha(A)}^* = v_{\beta(B)}^* + \frac{a_{max}}{2} T_{jerk} \quad (37)$$

$$S_{(A)} = S_{(B)} + \int_0^{T_{jerk}} v_{\beta}^* dt' \quad (38)$$

이며, 식 (31)-식 (38)을 정리하면

$$S_{(A)} = \frac{4}{3} a_{max} T_{jerk}^2 + \frac{5}{3} a_{max} T_{jerk} T_{\gamma} + \frac{a_{max}}{2} T_{\gamma}^2 \quad (39)$$

이다. 식 (37)의 $v_{a(A)}^*$ 는 v_{max} 이어야 하므로 식 (37)과 식 (32), 식 (34)로부터

$$T_{\gamma} = \frac{v_{max}}{a_{max}} - \frac{7}{6} T_{jerk} \quad (40)$$

이며, 식 (39)와 식 (40)으로부터 $S_{(A)}$ 를 다시 계산하면

$$S_{(A)} = \frac{5}{72} a_{max} T_{jerk}^2 + \frac{1}{2} v_{max} T_{jerk} + \frac{1}{2} \frac{v_{max}^2}{a_{max}} \quad (41)$$

이 된다. 감속 개시점을 식 (41)과 같이 선택하면 δ 구간에서 저크 최대값을 \dot{a}_{max} 가 되게 할 수 있고, 이 경우 식 (24)와 식 (29)로부터

$$\dot{a}_{\delta(C)}^* = 6k_1 t_{(C)} = \dot{a}_{max} = \frac{a_{max}}{T_{jerk}} \quad (42)$$

이며, 식 (33)을 대입하면 δ 구간 시간은 다음과 같다.

$$t_{(C)} = 2 T_{jerk} \quad (43)$$

위와 같은 과정들에 의하여 엘리베이터를 감속하여 정위치 정지를 할 경우의 제어 순서도는 그림7과 같다. 초기 설정값 들로 최대 속도, 최대 가속도와 저크 값이 주어지면 나머지 파라미터들은 자동으로 조정되므로 운전 환경에 관계없이 항상 일정한 감속, 정지 특성을 유지시킬 수 있고, 설치/시운전 시 조정이 간단하여 진다.

5. 실험결과

실험은 전동기 축에 카의 관성에 등가인 원판을 부착시킨 모의시험장치를 이용하였고, 속도와 위치 피드백, 그리고 가속도 측정을 위하여 5,000 [p/r] 증분 엔코더를 전동기 축에 부착하여 사용하였다. 실제 가속도는 증분엔코더로 측정된 속도값을 미분한 후 저대역 통과필터로 고주파 리플을 제거하여 구하였다. 측정값들을 D/A 컨버터로 출력하고 Yokogawa 4-channel 오실로스코프로 관측하였다. 사용된 전동기는 2.2kW 삼상 유도전동기이며, 전동기 구동을 위하여 PWM 인버터를 사용하였다. 제어방식은 간접벡터제어이고 전동기 제어, 속도 패턴 연산 등은 TMS320C31 DSP 보드를 사용하였다. 전류제어, 벡터제어의 연산 주기는 스위칭 시간과 동일한 100usec이고 속도제어, 속도 패턴 연산 주기는 5msec이다.

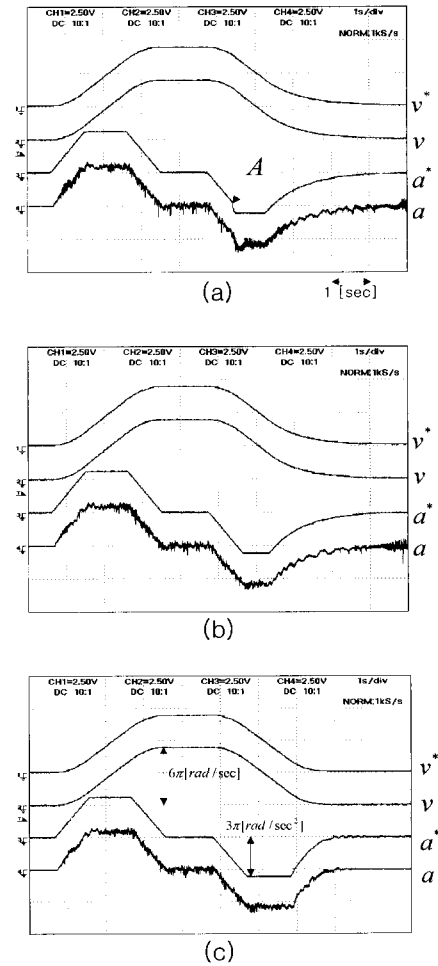


그림 8 실험 결과 (a) 기존 방식 (b) 제안된 방식 (c) 정지시간 단축

Fig. 8 Experimental results (a) conventional method (b) proposed method (c) landing time reduction

그림 8은 기존 방식과 제안된 방식들에 대한 실험과형으로 저크 크기는 $3.33 \pi [rad/sec^3]$, 최대 가/감속도 $3 \pi [rad/sec^2]$, 최대 속도는 $6 \pi [rad/sec]$ 이다. 속도제어기가 충분히 빠른 조건에서 감속개시점을 정확하게 설정하면 기존의 방법도 모우드 전환시 속도와 가속도가 연속이 된다. 그러나 속도제어기가 느려 기준속도 패턴을 충분히 추종하지 못하거나 또는 감속개시점이 부정확하게 선정된 경우가 문제가 된다. 그림8의 경우는 감속개시점을 $0.1 \pi [rad]$ 만큼 뒤로 미룬 경우로 기존 방식은 그림 (a)와 같이 A점에서 가속도가 급히 변화하나, 그림 (b), 그림 (c)와 같이 제안된 방식에서는 속도와 가속도는 연속이고 가속도의 기

울기가 조금 증가한다.

그림 (b)는 최종 착상시의 속도패턴 발생을 식 (11)과 같이 남은 거리에 비례하여 연산하는 경우이고, 그림 (c)는 식 (19)의 제안된 방식을 사용한 경우의 가속도, 와 속도의 변화이다. 그림 (b)의 경우 정지점 근처에서의 속도와 가속도 파형이 지수함수이므로 수렴시간이 길어지나 그림 (c)의 경우 속도/가속도는 시간에 대한 삼차함수/이차함수가 되어 정지점에서의 수렴속도가 빠른 것을 알 수 있다.

6. 결 론

엘리베이터와 같이 정위치 정지 정밀도와 아울러 속도, 가속도 패턴을 정밀하게 제어할 필요가 있는 경우에 적합하도록 기존의 기준 속도패턴 발생 방식을 개선한 새로운 패턴 발생 방식을 제안하고 이의 타당성을 실험을 통하여 검증하였다. 제안된 방식은 기존 방식에서 문제가 되는 시간기준 속도패턴 발생 모드에서 거리기준 발생 모드로 전환시 속도, 가속도의 불연속에 의하여 발생하는 충격 문제를 해결하였다. 또한 정지 시까지의 시간을 단축할 수 있는 새로운 속도패턴 발생 방식을 제안하였고 실험을 통하여 시간 단축이 가능한 것을 확인하였다. 제안된 방식은 비선형 함수의 연산이 필요하여 DSP와 같은 고속 연산기를 사용하여야 하며, 범용 프로세서를 이용하여 구현하기 위하여는 함수를 단순하게 처리하거나 비선형 함수를 효율적으로 연산하는 방법이 필요할 것이다.

참 고 문 헌

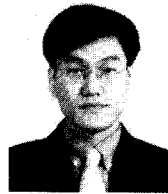
- [1] A. L. Husson, "Speed Pattern Generator for an Elevator car", U.S. Patent No. 4,470,482, 1984.
- [2] W. L. Williams, D. G. McPherson, A. Mendelsohn, "Dynamically Generated Adaptive Elevator Velocity Profiler", U.S. Patent No. 4,751,984, 1988.
- [3] J. A. Gingrich, "Method and Apparatus for Producing a Speed Pattern for an Elevator Car or Similar Vehicle", U.S. Patent No. 4,220,221, 1980.
- [4] R. D. Peters, *Ideal Lift Kinematics: Formula for the Equations of Motion of a Lift*, Brunel Univ., 1993
- [5] G. Barney, *Elevator Technology*, Ellis Horwood, 1986.

저 자 소 개



김경서(金庚緒)

1957년 12월 5일생. 1982년 서울대학교 전기공학과 졸업(학사). 1984년 동 대학원 졸업(석사). 1990년 동 대학원 졸업(박사). 1991년~1992년 미국 Univ. of Tennessee (Post-Doc.). 1984년~현재 LG산전 중앙연구소 책임연구원.



박창훈(朴昌勳)

1967년 3월 23일생. 1990년 한양대학교 전기공학과 졸업(학사). 1992년 동 대학원 졸업(석사). 1992년~현재 LG산전 중앙연구소 선임연구원.



강기호(姜基好)

1961년 2월 12일(음)생. 1985년 서울대학교 전기공학과 졸업(학사). 1987년 동 대학원 졸업(석사). 1996년 INPG(불 Grenoble 공대) 졸업(박사). 1988년~1991년 KIST(한국과학기술연구원) 연구원. 1996년~현재 LG산전 중앙연구소 책임연구원.



한권상(韓權相)

1988년 국민대학교 전자공학과 졸업(학사). 1990년 동 대학원 졸업(석사). 1998 동대학원 박사과정 수료. 1990~현재 LG산전 빌딩시스템 사업본부 설계실 선임연구원.