

각 가속도에 의한 선형 펄스 운동의 해석

(The Analysis of the Pulsed Rectilinear Movement by the Angular Acceleration)

정 병 태 *

시립 인천 전문대학 전자 계산과

요 약

지금까지 회전운동을 선형운동으로 만들기 위해 많은 연구가 되어 실제장치의 특허는 1980년대 부터 볼 수 있으나 분명한 이론적 근거가 없었다. 회전운동을 선형운동으로 만들기 위한 방법 중 한 가지를 소개한다. 회전중심의 팔에 관성질량이 달려 있으면 회전중심으로 회전 중 각가속도를 강제로 제어발생 시 작용 반작용에 의해서 관성질량에 순간 질량중심이 발생한다. 그 결과 계 전체의 질량중심에 순간 회전 변위가 발생한다. 계의 질량중심의 회전변위를 한 방향이 되도록 각가속도를 적절히 제어하면 선형 선형적인 펄스 운동을 얻을 수 있다. 기존 실제 장치들의 운동특성을 참조하여 회전중심 과 순간질량 중심 및 계의 질량중심 관계의 모델을 세우고 수식 및 이론을 정의하여 해석한다.

1. 서론

가장최근 회전운동을 이용한 선형운동의 장치 [4]-[7]를 분석해 보면 특허로 등록은 됐으나 운동 해석을 잘못 하여 장치의 재현성에 문제가 있다. 본 논문 은 회전운동을 이용한 선형운동의 장치를 실현하기 위한 원천적인 방법을 제시한다. 지난 수 십년간 대개의 관련장치들이 일시적인 움직임 하나로 뉴턴 법칙을 처음부터 무조건 부정하여 해석했기 때문에 효과적이며 재현성이 있는 장치들이 나오지 못했다. 또 최근 특허중 가장 재현성이 높다고 생각되는 것조차 해석은 복잡하며 중력장에서만 동작되는 해석을 하여 수식을 세웠으므로 완전한 해석이라 할 수 없다. 무까지의 해석은 뉴턴 법칙이 벗어나는 시기 즉, 관성계와 비 관성계간의 시차를 몰랐기 때문에 그 장치가 무중력 전우주 공간에서도 동작 할 수 있는 수식을 세우지 못했다. 따라서 유도된 수식은 장치의 동작이 제한되어 중력장에서만 제어 할 수 있다.

본 논문은 폐쇄된 계에서 구속조건이 반경 r , ω 를 상수로 하는 홀로노믹 계[1]에서 회전운동을 하여 계 전체가 질량중심(CM)[2],[3]의 선형운동을 할 수 있는 방법을 제시하고 벡터모델을 통하여 수식을 정의하고 해석한다. 본 해석법을 다 물체 동역학 컴퓨터 시뮬레이션[13]에 응용하면 회전에 기인한 내부추진기관의 해석에 비교적 간단히 처리 될 수 있다. 본 이론의 펄스 운동 해

석은 이산운동 또는 디지털 운동 법칙의 기초가 될 수 있을 것이다.

2. 펄스 운동의 원리

물체이동 방법에는 열린 운동 과 닫힌 운동 [8],[10]으로 도 구분 할 수 있다. 폐쇄된 계가 외력에 의해서 힘을 받고 운동량이 발생되어 관성에 의해서 계속 이동되는 운동을 열린 운동이라 하면 그 계에 정방향 역방향으로 시차를 두고 같은 외력을 가하면 펄스 운동이 되어, 곧 닫힌 운동이라 할 수 있다. 폐쇄된 계에서 내부 회전운동으로 코리올리 힘이 발생시 닫힌 운동의 발생에 대한 논문[14]을 발표한바 있는데, 본 논문에서는 가로 힘이 계에 펄스 선형 운동의 원인이 됨을 소개한다. 고전역학에서는 가로힘 역시 원심력과 같이 무의미 한 힘[9]이라고 단정되어 있어 가로 힘을 이용한 예는 최근에야 특허에서 볼 수 있고 그 힘으로 동작되는 이론적 근거는 없다. 폐쇄 계에서 만일 어떤 현상으로 CM 이 일시적으로 변위를 일으킨다면 그 것은 곧 닫힌 운동이 있었다고 정의 될 수 있다. CM변위를 일으킨다는 것은 그 계에서 변위시간 동안 질량이 비 보존적으로 이동[10]이 존재한다는 뜻으로 해석할 수 있으며 질량이동이 비 보존적으로 존재 할 때는 그 계의 겉보기는 이동이 나타나지

않는 경우가 있다. 그 경우는 언젠가 그 계 외부 또는 내부에서 가해지는 활성화 에너지[12]에 의해서 겉보기 이동이 후에 나타난다.

3. 각 가속도에 의한 단현 운동 모델

그림1 과 같이 CM을 중심으로 회전운동 하던 계가 각가속도에 의해서 ICM이 발생하면 CM이

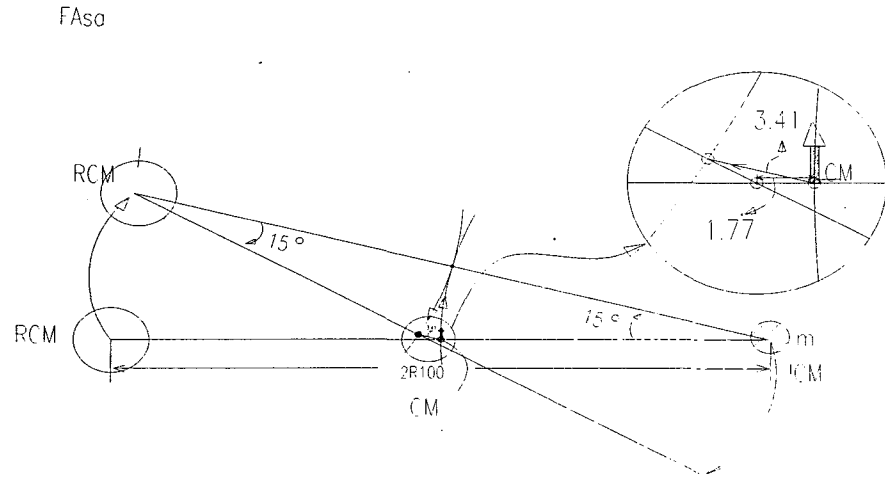


그림1 각가속도에 의한 RCM,ICM,CM관계

본 논문에서 질량이동의 원인이 그 계의 CM 변위로 보고 해석할 경우 회전 운동하는 계에 CM 위치가 아닌 어느 곳에 순간질량 중심(ICM)이 나타나면 CM은 일시적으로 각가속도에 의해서 원주변위를 나타내게 된다. 그 원주 변위는 ICM을 중심으로 일시적으로 각운동량이 나타나는 것이므로 그 계의 펄스 운동의 원인이 된다. ICM이 나타나는 원리는 그림과 같이 회전 운동하는 팔 끝에 질량 m이 있을 경우 회전중심(RCM)에서 가속을 하면 ω_M 을 $\omega_M + \Delta\omega_M$ 로 하면서 $r, \dot{\omega}$ 를 Constant로 하고 $-I\omega$ 회전 운동으로 회전하는 중 그 때 토크 $-\tau_a$ 을 회전 방향으로 가하면 m에 수식(1)에서

$$-\tau_a = I \frac{d\omega}{dt} = rM_2 r\dot{\omega} = rf_a \quad \text{-----(1)}$$

나타나는 f_a 는 가로힘이다. 질량m에 회전 방향의 반대 방향으로 질량m에 각 가속도가 나타나 순간속도 0에 가까운 점, 즉 ICM 점이 나타난다. ICM 점이 CM점과 동일하지 않을 경우 CM의 변위가 나타나므로 펄스 운동의 원인이 된다.

변위를 일으키는데 그것은 그 계에 관성 계에서 발생하는 힘과 비 관성 계에서 발생하는 힘이 서로 차를 두고 작용 반작용이 존재하는데 기인된다. 관성계와 비 관성계 간의 2차원 원의 운동 미분 방정식에서 r이 고정되고 각가속도가 존재시 관성좌표 즉, L-Frame[11]에서

$$F_0\delta(t) = 0 \quad \text{-----(2)}$$

비 관성좌표에서

$$-F_0\delta(t-\tau) = 0 \quad \text{-----(3)}$$

이므로 두식을 합하면

$$F_0\delta(t) - F_0\delta(t-\tau) = 0 \quad \text{-----(4)}$$

이므로, 내력은 0이다. 그러나, 그 시간 적분치는 수식①을 τ 시간 동안 적분하면

$$\overline{\delta(t)} = \delta(t) - (t - \delta\tau) \text{ 일때}$$

$$\int_0^\tau F_0 \overline{\delta(t)} dt = F_0[u(t) - u(t-\tau)] = P_0 \overline{u(t)} \quad \text{-----(5)}$$

$\overline{u(t)} = u(t) - u(t-\tau)$ 이면 다시 질량 거리 량을 얻기 위해 시간 적분하면

$$\int_0^\tau P_0 \overline{u(t)} dt = ML = C \neq 0 \quad \text{-----(6)}$$

이 되고 $C = \text{질량} \times \text{거리 량}$ 이 생겨 System의

Total 이동량 L 은 CM 의 변위를 일으킨다. 이와 같은 여러 단계의 ICM 이 생길 때 달힌(Pulse)운동이 있어 ICM 이 있을 후 τ 시간마다 무관성 이산 운동이 있게 된다. RCM 에서 다시 반작용 토크가 발생하더라도 그림의 백터도와 같이 제 위치에 오지 않음을 알 수 있다. 그것은 작용토크에 의해 생긴 반작용토크는 크기가 같고 반대방향의 토크로 발생하지만 처음토크와 위상 차가 생겨 원래 CM 위치로 되돌아 가질 않기 때문이다.

4. 결론

각가속도에 의한 달힌 운동이 ICM 에 기인함을 해석하였고 그로 인해 발생하는 작용토크와 반작용토크가 시간위상차로 말미암아 CM 의 변위가 발생함을 알 수 있었다.

이 달힌 운동의 특성이 순간순간 비 관성운동이 나타나므로 제어를 적절히 한다면 곧 펄스 선형 운동으로 만들 수 있으며 이것은 이산 운동이며 각가속도를 일정한 방향으로 정형화 한다면 디지털 운동이 됨을 알 수 있다. 이 운동의 특성은 폐쇄된 계내에 각가속도가 존재하는 동안만 운동량 보존법칙이 적용되지 않고 이 외의 시간에는 보존된다. 또 이 운동은 폐쇄된 계가 무중력 진공에서 관성으로 이동하는 물체에 내부회전만으로 그 진로를 변경 시킬 수 있다는 새로운 동역학적 관점에 초점을 둔다. 본 이론은 디지털 운동특성의 범주에 속하여 다물체 동역학 해석에 적용시 지금까지 내부추진기관에 회전운동 해석이 없었는데 여기에 적용시 해석의 간단 화를 기할 수 있으며 도래하는 우주시대에 계내의 회전 운동만으로 우주선, 우주 정거장, 인공위성의 위치제어에 뿐만 아니라 추진장치로도 가능성이 보인다.

[1] 高在杰 “力學 ” 請文閣pp243,1993
 [2] 주해호,김기일 “동역학”pp67,형설출판,1994
 [3] Ferdiand P. Beer, E. Russell Johnston “Mechanics for Engineers ,DYNAMICS” pp598-600,1990
 [4] Mukherjee et al.” Simple Motion Planning Startegies for Spherobot: A Spherical Mobile Robot,” IEEE., Dec.1999. pp.2132-2137,
 [5] Li, Z., and Canny,J. “Motion of Two Rigid Bodies with Rolling Constraint”JIEEE Transactions on Robotics and Automation.vol.6,No.1,pp.62-72, 1990.
 [6] Koshiyama, A., and Yamafuji,K.“Design and Control of all Direction Steering Type Mobile Robot”,International Journal of Robotics Reserch, vol, 12, No.5,pp.411-419, 1993
 [7] Brown, Jr., H.B., and Xu,Y., “A Single-Wheel, Gyroscopically Stabilized Robot” IEEE Robotics& Automation Magazine,Sep. 1997
 [8] 정병태 “물체의 충돌시 질량 중심의 위치이동 효과의 컴퓨터 그래픽 표현” 한국 컴퓨터 산업교육학회 논문집 2001.6.24
 [9] 최성진 “역학” 북스힐 ,1999,,pp353
 [10] 정병태 “우주공간에서 동역학적으로 완전 폐쇄된 계의 질량중심의 강제 이동에 대한 새로운 방법”,한국 항공우주 학회 춘계학술 발표회 논문집,1996.4.27,PP405-408
 [11] Marcelo Alonso,EdwardJ.Finn , “PHYSICS” ADDISON - WESLEY, pp301,1992
 [12] 박상준 ,고신관,주광태,신영호, 공 편저. “대학일반물리학”정훈 출판사,pp91-92,1995
 [13.]대한기계학회 “2001 년도2월 동역학 및 제어부분 동계 워크숍 논문집”
 [14] 정 병태 “폐쇄된 계에서 강체의 순간중심 과 코리올리 힘의 관계에서 비 관성 운동효과”,한국 항공우주학회 춘계발표 논문집 ,2002.4.12., pp 568-571