

논문 2010-47SC-4-9

하중모델을 이용한 자동차 운동 분석과 자율 예측 시스템 알고리즘

(Predictive Algorithm of Self-Control System using Load Control Model applied to Automobile Dynamic)

왕 현 민*, 우 광 준*

(Hyun-Min Wang and Kwang-Joon Woo)

요 약

최첨단 항공 기술을 3차원 공간이 아닌 평면에서 움직이는 자동차에 적용함으로써, 미래자동차의 가장 큰 목표인 “안전성”을 크게 향상시킬 수 있으며, 무인 자율 자동차 개발에 한발 더 다가갈 수 있다. 이것은 디지털 비행제어시스템에서 항공기의 운동 역학 모델이 구현되어, 자율 비행이 가능하도록 제어값이 찾아지므로 이루어진다. 이러한 첨단 항공 기술을 평면상에서 운동하는 자동차에 적용한다면, 무인 항공기와 같이 자율 운행할 수 있도록 제어 될 수 있을 것이다. 본 논문에서는 첨단 항공기의 비행 제어 시스템 모델로 사용되는 하중 제어 모델을 자동차에 적용하여 자동차의 운동 역학을 재해석하고, 하중제어 모델에서 자동차 움직임에 따른 승차감 분석을 한다. 또한 승차감 향상을 위한 해결 방법을 제시한다. 그리고 자동차의 자율 주행, 차선 변경 및 지능형 제동 시스템을 구현하기 위한 하중 제어 모델의 사용 예를 제시한다.

Abstract

Applying high technology of aerospace to automobile, so it is able to progress safety which is a goal of future automobile and to approach development of self-control automobile. This is realized dynamic model of airplane at DFCS(Digital Flight Control System). The DFCS calculates control values for self-control flight. If this high technology applies to automobile, then it is able to be maneuvered automobile like UAV's self-control flight. In this paper is reanalyzed automobile dynamic applied load control model used high-tech of airplane. It analyzes riding comfortable according to movement of automobile using the load control model, presents method of solution for improvement riding comfortable and presents example of self-control system used the load control model for self-control driving.

Keywords : Digital Flight Control System, Automobile Dynamic, Self-Control Driving, Load Control Model

I. 서 론

현대의 첨단 항공기의 비행 제어 기술은 무인화를 통한 완벽한 자율(self control) 비행의 실현에 있다. 이것은 디지털 비행제어 시스템(DFCS, Digital Flight Control System)에 의해 이륙, 착륙, 임무 수행, 전투, 정보 수집등 조종사가 하는 모든 일을 대신하고 있다.

이렇게 무인으로 항공기가 비행 임무를 수행한다는 것은 디지털 비행 제어 시스템의 성능 수준에 따라 임무 수행성과 신뢰성(제어성/안정성)을 보장한다는 의미이다. 이러한 최첨단 항공 기술을 3차원 공간이 아닌 평면에서 움직이는 자동차에 적용함으로써, 미래자동차의 가장 큰 목표인 “안전성”을 크게 향상시킬 수 있으며, 무인 자율 자동차 개발에 한발 더 다가갈 수 있을 것이다. 디지털 비행제어시스템에서 항공기의 운동 역학 모델이 구현되며, 자율 비행이 가능하도록 제어값이 찾아진다. 이러한 첨단 항공 기술을 평면상에서 운동하는 자동차에 적용한다면, 무인 항공기와 같이 자율 운

* 정회원, 단국대학교 전자공학과
(Dankook University dept. of Electrical Engineering)
접수일자: 2009년5월26일, 수정완료일: 2010년7월9일

행할 수 있도록 제어 될 수 있을 것이다.

많은 선진 자동차 메이커에서는 이미 이러한 기술을 적용하고 있다. 예를 들면, 무인기 충돌회피기술(CAS, Collision Avoidance System), 일정고도 및 거리 유지 비행, 지정 경로 비행, 자동 착륙 기술등이 자동차에 적용되어 액티브 크루즈 컨트롤(ACC, Active Cruise Control), 지능형 자동 제동 시스템(IABS, Intelligent Active Break System), 차선 이탈 경보시스템(LDWS, Lane Departure Warning System)등과 같은 시스템이 되며, 보다 향상된 안전성을 확보하고 있다. 지금까지와 같이, 앞으로도 계속 첨단 항공우주 기술이 자동차에 적용되어 지능형 능동 자율 자동차로 발전될 것이다.

본 논문에서는 첨단 항공기의 비행 제어 시스템 모델로 사용되는 “하중 제어 모델”을 자동차에 적용하여 자동차의 운동 역학을 재해석하고, 하중제어 모델에서 자동차 움직임에 따른 승차감 분석을 한다. 또한 승차감 상향을 위한 해결 방법을 제시한다. 그리고 자동차의 자율 주행 및 지능형 속도 제어 시스템을 구현하기 위한 하중제어 모델의 사용 예를 제시한다.

II. 항공기 하중 제어 모델^[1-3]

제어되는 항공기에서의 제어 시스템은 비행 속도의 크기와 방향을 가능한 빠르게 변화시킬 수 있어야 한다. 이러한 항공기 제어성능을 판단할 수 있는 요건들을 보면, 속도의 크기, 방향 변화를 나타내는 접선 가속도와 수직 가속도로 이루어진다. 따라서 중력장에서 비행하고, 가속도를 생성하는 비행 특성을 살펴볼 때, 결과적으로 가속도와 중력을 고려한 하중(중력수)에 대한 개념 정의에 따라, 경로에 대한 접선 또는 수직의 하중(중력수) 값으로서 항공기의 제어성능 평가가 이루어진다.

항공기 하중에 대한 관계를 나타내는 벡터는 다음과 같이 정의된다. 이때 하중 벡터(\bar{n}) 값은 항공기의 동체 좌표계에서 나타내어진다.

$$\bar{n} = \frac{\bar{N}}{G} \tag{1}$$

여기서 $G=mg$ 이고 m 은 질량, g 는 중력가속도이다. \bar{N} 은 항공기에 작용하는 모든 힘으로서 중력 가속도는 포함하지 않는다.

하중 벡터 \bar{n} 의 방향은 힘 벡터 \bar{N} 의 방향에 일치한

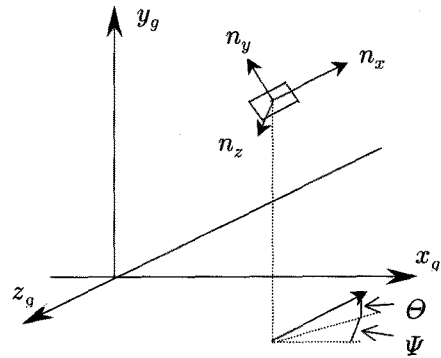


그림 1. 분석 좌표계
Fig. 1. Coordinate system.

다. 하중 벡터는 항공기 무게에 대한 힘 \bar{N} 벡터의 배수로 나타내진다. 또한 식(1)에서 보는 바와 같이 하중 벡터는 힘 벡터 \bar{N} 의 방향과 같으며 힘 벡터 \bar{N} 의 크기에 밀접한 관계를 갖는다.

그림 1에서 x_g, y_g, z_g 는 지상좌표계이고 항공기에서의 n_x, n_y, n_z 는 동체좌표계를 나타낸다. θ 는 받음각, ψ 는 경로각을 나타낸다.

뉴턴 제2법칙의 운동 역학식은 식(1)의 하중 정의를 사용하여 단위가 없는 다음과 같은 식으로 쓸 수 있다.

$$\dot{x}_1 = gn_x - g \sin x_2 \tag{2a}$$

$$\dot{x}_2 = \frac{g}{x_1} n_y - \frac{g}{x_1} \cos x_2 \tag{2b}$$

$$\dot{x}_3 = -\frac{g}{x_1 \cos x_2} n_z \tag{2c}$$

여기서 $x = [V \ \theta \ \psi]^T$ 이고, 식(2)는 항공기 무게 중심 속도(V), 받음각(θ), 경로각(ψ), 중력을 포함하고 각축에 작용하는 하중을 포함한다. 또한 이 식(2)를 하중에 대한 식으로 풀면 운동 역학 파라미터 x_1, x_2, x_3 으로 표현되는 다음의 하중 식이 얻어진다.

$$n_x = \frac{1}{g} \dot{x}_1 + \sin x_2 \tag{3a}$$

$$n_y = \frac{x_1}{g} \dot{x}_2 + \cos x_2 \tag{3b}$$

$$n_z = -\frac{x_1}{g} \dot{x}_3 \cos x_2 \tag{3c}$$

위 식(3)의 오른쪽 운동 역학 파라미터 x_1, x_2, x_3 들은 비행 특성 성분이 되고, 시간에 대한 파라미터들의

도함수로 나타내진다. 따라서 하중이 비행 속도와 방향을 변화시키는 비행 성능 특성이 된다.

다음 III장에서는 지금까지 살펴본 항공기의 하중 제어 모델 개념을 자동차에 적용하여 운동 역학을 해석해보자.

III. 하중 모델에서 자동차 운동 역학

3.1. 진행 방향에 대한 운동 해석

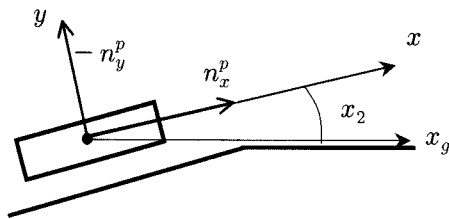


그림 2. 진행 방향 주행 운동 역학
Fig. 2. Dynamic of Moving Forward.

위 그림은 자동차가 오르막을 올라갈 때 발생하는 운동 역학을 나타낸다. x_2 는 지상 좌표계 x_g 와 자동차의 진행 방향 축 x 와 이루는 각이다.

오르막에서 자동차는 n_x^p 의 승차감 하중이 진행축 x 에서 발생하고, 자동차 수직 축 y 에서 n_y^p 가 발생한다. 이와 같은 진행 방향에 대한 승차감 하중 모델 식은 다음과 같다.

$$n_x^p = \frac{1}{g} \dot{x}_1 + \sin x_2 \tag{4}$$

$$n_y^p = \frac{x_1}{g} \dot{x}_2 + \cos x_2 \tag{5}$$

여기서 x_1 은 자동차 속도, x_2 는 지상좌표계와 자동차가 이루는 각, 즉 노면에 따라 자동차가 앞뒤의 기울어짐 정도를 나타내는 각도이다.

오프로드를 포함한 도로 직선 주행하는 자동차에서 승차감 하중은 노면 기울기(울퉁불퉁한 정도) x_2 , 자동차 주행 속도 x_1 , 노면 기울기 변화량 \dot{x}_2 에 의해 정의된다.

[예제 1.] 자동차가 고르지 못한 노면을 일정한 속도로 주행할 때 승차감 하중 값 분석하고 보다 나은 승차감을 갖는 자동차 하중 제어값을 찾아라.

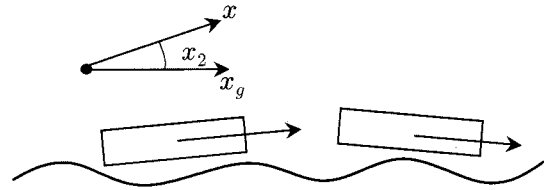


그림 3. 오프로드 주행
Fig. 3. Off-Load Driving.

- ▶ 고르지 못한 노면 : x_2 값이 미세한 변화가 일어난다.
- ▶ 일정한 속도의 주행 : 가속도 $\dot{x}_1 = 0$ 이다.

□ 승차감 하중값 n_x^p

x 축에 대한 승차감 하중은 가속도 $\dot{x}_1 = 0$ 이므로 다음과 같다.

$$n_x^p = \frac{1}{g} 0 + \sin x_2 = \sin x_2 \tag{6}$$

위 식에서 알 수 있듯이, 일정한 속도로 주행할 때 승차감 하중 n_x^p 은 노면 상태 x_2 값에만 의존한다.

즉, 노면 상태 x_2 가 증가하면 승객이 앞으로 쏠리는 느낌을 갖고, 실제 쏠리게 된다.

- ▶ $n_x^p > 0$ 일 때 자동차가 진행방향으로 감속할 때 발생하는 승차감 하중값
- ▶ $n_x^p < 0$ 일 때 자동차가 진행방향으로 가속할 때 발생하는 승차감 하중값

□ 승차감 향상을 위한 하중 제어 값 $n_x^{(control)}$

발생된 승차감 하중 n_x^p 를 상쇄시키기 위한 하중 제어값 $n_x^{(control)}$ 은 다음과 같다.

$$-n_x^{(control)} + n_x^p = -n_x^{(control)} + \sin x_2 = 0 \tag{7a}$$

$$n_x^{(control)} = n_x^p = \sin x_2 \tag{7b}$$

하중 제어 $n_x^{(control)}$ 에 의해 발생하는 승차감 하중 방향이 음(-)의 방향임을 나타낸다. 따라서 $n_x^{(control)}$ 가 된다. 그러므로 하중제어 $n_x^{(control)}$ 에 의해 생성되는 승차감 하중과 노면상태에 따른 승차감하중의 합이 상쇄되어 0이 되어야 보다 나은 승차감의 자동차가 된다.

즉 노면 상태에 따라 x_2 의 미세 변화에 따라 하중 제어값도 변한다. 즉 노면 상태에 따라 일정한 주행 속도를 유지하기 위해 진향 방향에 대한 가감속이 일어난다.

- ▶ $n_x^{(control)} > 0$ 일 때 자동차가 진행방향으로 가속 하도록 제어된다.
- ▶ $n_x^{(control)} < 0$ 일 때 자동차가 진행방향으로 감속 하도록 제어된다.

가감속하기 위한 방법으로는 엔진 제어 시스템에 의 해 할 수 있으며, 자동차의 항력 계수의 증감을 통해서 도 할 수 있다. 지금까지의 예제1에서는 일정한 속도에서 살펴보았다.

다음으로 일정한 속도가 아닌, 속도의 가감속이 일 어날 때, 승차감 하중을 고려한 하중제어 값은 다음과 같다.

$$n_x^{(control)} = n_x^{ac} + n_x^p = n_x^{ac} + \sin x_2 \quad (8)$$

여기서 $n_x^{ac} = \frac{1}{g} \dot{x}_1 + \sin x_2$ 은 자동차의 가감속을 위해 발생시키는 하중 제어 값이다.

노면에 따라 자동차를 미세 가감속할 수 있는 엔진 제어 장치를 장착하면 보다 나은 승차감을 갖는 자동차 를 만들 수 있다. 고속 주행시 가감속 장치로 항력을 이 용하는 방법도 있을 것이다.

□ 승차감 하중값 n_y^p

y축에 대한 승차감 하중은 식(5)로 다음과 같다.

$$n_y^p = \left(\frac{x_1}{g} \dot{x}_2 + \cos x_2 \right)$$

위 식에서 알 수 있듯이, 일정한 속도의 주행에서 승 차감 하중 n_y^p 은 노면 상태 x_2 의 변화량과 x_2 에 의존 한다.

즉, 노면 상태 x_2 값과 x_2 의 증가량에 따라 승객이 위로 앞으로 쏠리는 느낌을 갖고, 실제 쏠리게 된다. 즉 $n_y^p > 1$ 때, 승객은 아래로 가라앉는 느낌을 갖고, 실제 아래로 가라앉는다. $n_y^p > 1$ 때, 승객은 위로 뜬 느낌을 갖고, 실제로 위로 뜬다. 이와 같은 반응은 노면 상태 x_2 와 주행 속도에 따라 미세하게 발생한다.

- ▶ $n_y^p > 1$ 일 때 자동차가 위쪽으로 높아질 때 발생 하는 승차감 하중값 (승객 아래쪽 하강느낌)
- ▶ $n_y^p < 1$ 일 때 자동차가 아래쪽으로 낮아질 때 발 생하는 승차감 하중값 (승객 위로 상승 느낌)

□ 승차감 향상을 위한 하중 제어 값 $n_y^{(control)}$

발생된 승차감 하중 n_y^p 를 상쇄시키기 위한 하중 제 어값 $n_y^{(control)}$ 은 다음과 같다.

$$n_y^{(control)} + n_y^p - 1 = 0 \quad (9a)$$

$$n_y^{(control)} = 1 - n_y^p = 1 - \left(\frac{x_1}{g} \dot{x}_2 + \cos x_2 \right) \quad (9b)$$

$$n_y^{(control)} = 1 - \left(\frac{x_1}{g} \dot{x}_2 + \cos x_2 \right) \quad (9c)$$

- ▶ $n_y^{(control)} > 1$ 일 때 자동차가 위쪽으로 상승하도 록 제어된다.
- ▶ $n_y^{(control)} < 1$ 일 때 자동차가 아래쪽으로 하강하 도록 제어된다.

찾아진 하중 제어값은 자동차가 위, 아래쪽으로 상승 및 하강하도록 제어 하는 방법이다. 이것은 앞, 뒤 서스 펜션의 길이에 의해 할 수 있다.

예를 들면, x_2 가 양(+의 값에서는 자동차가 아래로 하강하도록 제어 되어야 한다. 이때 앞 서스펜션의 길 이는 감소시키고, 뒤 서스펜션의 길이는 증가시킴으로 서 양(+의 x_2 값의 보상을 이룰 수 있다. 이와 함께 중 요한 것은 앞뒤 서스펜션의 길이를 동시에 감소시킴으 로써 자동차를 낮게 하여야 한다.

x_2 가 음(-의 값에서는 자동차가 위로 상승하도록 제어 되어야 한다. 이때 앞 서스펜션의 길이는 증가시 키고, 뒤 서스펜션의 길이는 감소시킴으로써 음(-의 x_2 값의 보상을 이룰 수 있다. 이와 함께 중요한 것은 앞뒤 서스펜션의 길이를 동시에 증가시킴으로써 자동차 를 높게 하여야 한다.

또한 하중 제어값 $n_y^{(control)}$ 은 승차감 하중 n_y^p 값이 수 평 상태에서의 값 1을 유지하도록 하여야 한다.

$$n_y^{(control)} = 1 - n_y^p = 1 - \left(\frac{x_1}{g} \dot{x}_2 + \cos x_2 \right) \quad (10)$$

오프로드 및 평지에서 주행할 때 승차감을 좋게 하기 위해서는 ①기울어짐 각 x_2 를 최소화하여야 한다. ②최소화 하는 방법으로 서스펜션에 의해 자동차의 기울어짐 정도와 \dot{x}_2 를 작게 하는 것이다. ③또한 좋은 서스펜션과 함께 자동차의 미세 가감속 제어 장치가 추가된다면 보다 나은 승차감을 갖는 자동차를 만들 수 있다.

3.2. 선회에 대한 운동 해석

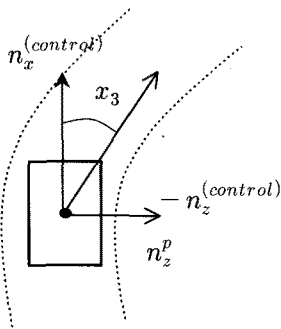


그림 4. 선회 주행
Fig. 4. Turing Driving.

위 그림은 자동차의 선회 운동을 나타낸다. 주행중 조향장치에 의해 자동차가 선회할 때 발생하는 측면에 대한 승차감은 n_z^p 로 표시한다. 그림은 조향장치에 의해 x_3 의 각도로 선회할 때를 나타낸다. 승차감 하중은 다음과 같은 식으로 쓸 수 있다.

$$n_z^p = - \frac{x_1}{g} \dot{x}_3 \cos x_2 \quad (11)$$

여기서 x_3 는 선회 각도이고 \dot{x}_3 는 선회각도 변화량이다. 또한 x_2 는 노면의 앞뒤 기울기를 나타낸다.

[예제 2.] 자동차가 선회할 때 측면에 작용하는 승차감 하중을 분석하고 보다 나은 승차감을 위해 자동차 하중제어 값을 찾아라.

□ 승차감 하중 n_z^p

위 식(11)에서 알 수 있듯이, 선회각도 변화량 \dot{x}_3 , 주행 속도 x_1 , 노면 기울기 x_2 에 밀접한 연관을 갖는다.

따라서 측면 승차감 향상을 위해 선회각도 변화량을 최소화하면서 선회가 이루어져야 하고, 주행속도를 줄여야 한다. 또한 식에서 노면 기울기위 증감은 측면 승차감을 향상시킴을 알 수 있다.

예를 들어, 평면의 노면을 선회할 때 $\cos x_2 = 1$, 선회각 변화량이 \dot{x}_3 이므로 $n_z = - \frac{x_1}{g} \dot{x}_3$ 이 된다.

다시 말해, 선회 시 승차감 향상을 위해서는 다음과 같은 조건을 성립해야 한다.

- ① 선회할 때 속도를 줄여야 한다. (x_1 감소시킨다.)
- ② 선회할 때 선회 각도변화를 \dot{x}_3 를 줄여야 한다. 즉 부드럽게 조향장치를 제어해야한다.
- ③ 선회할 때 자동차가 앞 또는 뒤로 기울어짐이 증가하여야 한다. 즉 일정한 속도로 선회할 때 앞뒤 서스펜션에 의해 자동차의 기울기를 주어야 한다.
- ④ 또한 감속하여 선회할 때는 자동차는 앞쪽이 높아져야 하고 가속하여 선회할 때는 앞쪽이 낮아져야 한다.

□ 승차감 향상을 위한 하중 제어 값 $n_z^{(control)}$

선회에 따라 발생된 승차감 하중을 상쇄시키기 위한 하중 제어값 $n_z^{(control)}$ 은 다음과 같다.

$$n_z^{(control)} + n_z^p = 0 \quad (12a)$$

$$n_z^{(control)} + n_z^p = n_z^{(control)} - \frac{x_1}{g} \dot{x}_3 \cos x_2 = 0 \quad (12b)$$

$$n_z^{(control)} = \frac{x_1}{g} \dot{x}_3 \cos x_2 \quad (12c)$$

이 식에서 선회할 때 승차감 향상을 위해 하중 제어는 다음의 조건을 정의 할 수 있다.

- ▶ x_2 값 증감할 때 n_z^p 값이 감소하므로, 선회할 때 자동차 전체를 높아지거나, 낮아지게 하여야 한다. 즉 앞뒤 서스펜션을 동시에 높이거나 낮아지면서 x_2 값을 만들어야 한다.
- ▶ 선회 각도 변화량을 크지 않게 조향 장치를 제어하여 \dot{x}_3 값을 만든다.
- ▶ 선회할 때 주행속도를 원하는 하중제어 값으로 제어 한다.

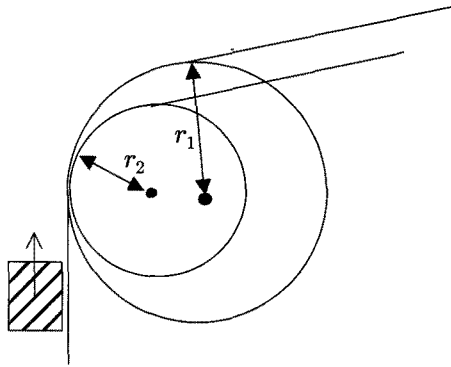


그림 5. 선회 반경과 도로
Fig. 5. Turing Radius and Path.

다음으로 자동차의 선회 반지름 식을 살펴보자.
오른쪽 선회할 때 측면 축 z 에 작용하는 승차감 하중은 선회 반지름 중점의 반대 방향을 향한다. 왼쪽 선회할 때 또한 선회 반지름 중점의 반대 방향으로 작용한다. 그림 5에서는 선회 반지름에 따른 선회 정도를 나타내었다. 선회 반지름은 다음과 같은 식으로 정의한다.

$$r_z = \frac{x_1^2}{gn_z^{(control)}} \cos x_2 \quad (13)$$

식 (13)에서 알 수 있듯이, 선회 반경은 도로의 굴곡에 따른 곡률 반지름이다. 즉 조향장치로 인하여 측면 하중제어 값 $n_z^{(control)}$ 값이 커지면 커질수록 자동차의 선회 반경은 작아짐을 알 수 있다. 또한 자동차 앞뒤 기울기 x_2 값의 증감에 따라라도 선회 반경이 감소함을 알 수 있다.

IV. 예측 자율 시스템

하중제어 모델을 사용한 자동차 자율 주행을 위한 제어 시스템 제작을 위한 제어 알고리즘을 제시한다. 자율 주행 자동차를 위해 곡선 도로 주행 알고리즘, 차선 변경 알고리즘, 예측 제동 시스템 알고리즘을 예로 살펴본다.

4.1. 예측 자율 주행 시스템

자동차가 주행할 때 전방감지시스템(FRS, Front Radar System)에 의해 곡선 도로를 실시간으로 감지한다. 감지된 도로 데이터는 하중 제어 모델과 예측기로부터 도로의 선회 반경을 실시간 계산한다. 다음으로 선회 반경을 기반으로 자동차 선회 반경을 제어 값

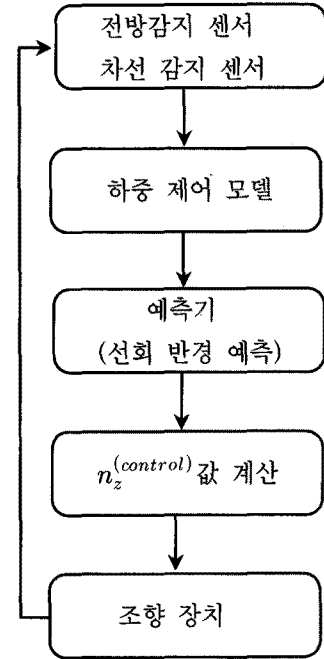


그림 6. 자율 주행 시스템
Fig. 6. Self-Control System.

$n_z^{(control)}$ 을 계산한다. 그리고 이 제어 값은 조향 장치에 입력된다.

다음은 $n_z^{(control)}$ 함수의 예이다.

$$n_z^{(control)} = f(x_1, x_2, x_3, \dot{x}_1, \dot{x}_2, \dot{x}_3, t, r_z) \quad (14)$$

4.2. 차선 변경 시스템

차선 변경 시스템 알고리즘을 살펴보기 위해 다음을 가정한다. 오른쪽 차선에 차가 없다. 앞차는 차선 변경

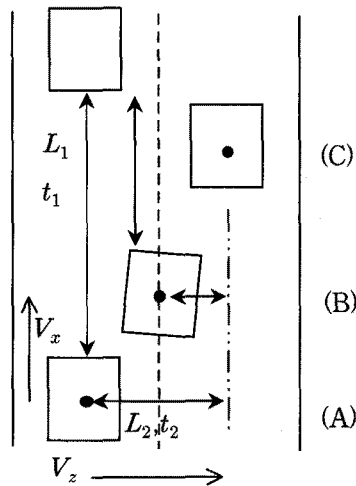


그림 7. 차선 변경
Fig. 7. Change Lane.

없이 주행한다. 뒤에 오는 차는 없다.

이때 자동차는 (A)지점에서 (B)지점으로 차선을 변경하도록 한다. 하중 제어 모델과 예측기에서는 (A)지점에서 앞차와의 거리 L_1 과 앞차와의 예측 추돌 시간 t_1 을 실시간 계산하고 차선 변경 거리 L_2 와 차선 변경 완료 시간 t_2 를 실시간 계산 한다. 안정한 차선 변경 수행 조건으로 앞차와의 예측 추돌 시간 보다 차선 변경 완료 시간이 커야 함을 쉽게 알 수 있다.

x_3 에 따른 도로상에서의 자동차 속도는 다음과 같다.

$$x_1 \cos x_3 = V_x, \quad x_1 \sin x_3 = V_z$$

앞차와 충돌 예측 시간과 차선 변경 완료 시간은 각각 다음과 같다.

$$\frac{L_1}{V_x} = t_1, \quad \frac{L_2}{V_z} = t_2$$

차선 변경 조건식은 다음과 같다.

$$t_1 > t_2, \quad \frac{L_1}{V_x} > \frac{L_2}{V_z} \tag{15}$$

이 식(15)은 앞차가 동시에 차선을 바뀌도 성립한다. 지금까지 차선변경의 기본적인 예만을 살펴보았다.

이러한 개념을 실제 적용하기 위해서는 자동차의 여러 가지의 주행 상황에 따라 적용할 수 있는 개량된 알고리즘을 만들어야 할 것이다.

4.3. 자동 제동 시스템

자동 제동 시스템은 전방 감지 시스템으로부터 앞차와의 거리 L_1 과 추돌 예측 시간 t_1 을 하중 제어 모델과 예측기로부터 실시간 계산한다. 그리고 $n_x^{(control)}$ 값이 계산되고 제동장치에 입력된다.

다음은 $n_x^{(control)}$ 함수의 예이다.

$$n_x^{(control)} = f(x_1, x_2, x_3, \dot{x}_1, \dot{x}_2, \dot{x}_3, t_p, L_1, L_p) \tag{16}$$

여기서 t_p 는 제동에 의한 자동차 정지 예측 시간, L_p 는 정지하는데 예측 거리이다. 이러한 값들은 하중 모델 예측기에서 실시간 계산되어 진다.

자동 제동 시스템의 안전한 제동 조건은 다음과 같다.

$$L_1 > L_p \tag{17}$$

식(17)의 안전한 제동 조건은 실제 적용하기 위해서

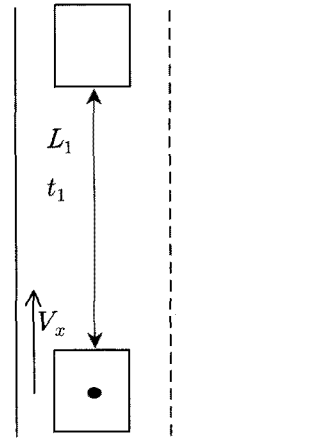


그림 8. 자동차 제동 환경
Fig. 8. Situation of Break.

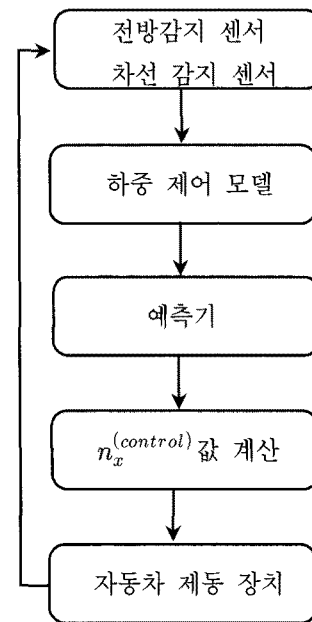


그림 9. 능동 브레이크 시스템
Fig. 9. Active Break System.

는 여러 가지의 주행 상황에 따라 적용할 수 있는 개량된 조건을 만들어야 할 것이다.

지금까지 하중 모델의 실제 적용예를 살펴보았다. 다음 식들은 하중 모델을 위한 자율 예측 시스템을 위한 자동차 하중 제어 모델과 승차감 하중 모델을 나타내었다.

$$\dot{x}_1 = gn_x^{(control)} - g \sin x_2 \tag{2'a}$$

$$\dot{x}_2 = \frac{g}{x_1} n_y^{(control)} - \frac{g}{x_1} \cos x_2 \tag{2'b}$$

$$\dot{x}_3 = -\frac{g}{x_1 \cos x_2} n_z^{(control)} \tag{2'c}$$

$$n_x^p = \frac{1}{g} \dot{x}_1 + \sin x_2 \quad (3'a)$$

$$n_y^p = \frac{x_1}{g} \dot{x}_2 + \cos x_2 \quad (3'b)$$

$$n_z^p = -\frac{x_1}{g} \dot{x}_3 \cos x_2 \quad (3'c)$$

$$r_z = \frac{x_1^2}{gn_z^{(control)}} \cos x_2 \quad (13)$$

위에 나타낸 식에서 알 수 있듯이, 자동차의 승차감은 진향방향의 속도, 자동차의 기울기, 조향장치의 제어 능력을 밀접하게 상호연관 되어 있음을 확인 하였다.

V. 결 론

본 논문에서는 첨단 항공 비행제어시스템에 사용되는 하중 제어 모델을 적용해 평면에서 자동차의 주행을 살펴보았다. 제시한 하중제어모델과 승차감 하중 식은 노면에 따른 자동차의 자율 주행을 위한 제어값과 승차감 향상을 위한 제어값을 쉽게 찾을 수 있게 해주고, 수식의 물리적 의미에 의한 제어 목표의 물리적 해결방법을 제시해 준다. 본 논문에서 제시한 하중 모델에서의 제어를 위해서는 하중 제어 모델과 승차감 모델을 기반으로 한 차량 통합 제어 시스템(Integrated Vehicle Management System), 하중 제어값에 따른 능동 제어 서스펜션(Active Electronically Controlled Suspension), 자율 예측 주행을 위한 전자 제어 조향 시스템(Electronically Controlled Direction System), 전방감지 시스템(FRS, Front Radar System)등의 연구 개발이 필요하다.

지금까지 항공기술을 자동차에 적용하여 살펴보았으며, 본 논문에서 제시한 기초 이론을 적용하면 보다 나은 승차감과 안전한 자동차를 만드는데 기여할 것으로 믿는다.

참 고 문 헌

- [1] 왕현민, 우광준, “비행 물체의 유도제어 시스템 설계를 위한 하중(중력수) 제어 모델의 성능분석,” 전자공학회논문지, 제46권 SC편, 제1호, 87-96쪽, 2009년 1월
- [2] 왕현민, “엠티앤(MIN) 설계 방법”, 특허등록 : 10-0954627, 한국, 2010..

- [3] 왕현민, “움직이는 물체의 운동 하중제어 모델과 경로 특성(M-설계방법)”, 제어·자동화·시스템 공학회 대전충청지부 학술대회 논문집, 한국, pp.62-66, 2007. 12.
- [4] 왕현민, 우광준, “민(Min)설계 방법을 이용한 무인기 수평이동제어 알고리즘에 관한 연구” 전자공학회논문지, 제46권 SC편, 제3호, 59-65쪽, 2009년 5월
- [5] 탁민제, 방효충, 김유단, 홍성경, 김병수, “비행동역학 및 제어”, 경문사, 1판, 2004.
- [6] 현대자동차, <http://www.hyundai.co.kr>
- [7] GM대우 자동차, <http://www.gmdaewoo.co.kr>
- [8] 폭스 바겐 코리아, <http://www.volkswagen.co.kr>
- [9] 메르세데스 벤츠 코리아, <http://www.mercedes-benz.co.kr>
- [10] 아우디 코리아, <http://www.audi.co.kr>

저 자 소 개

왕 현 민(정회원)-교신저자
2010년 3월 대한전자공학회 논문지
제 47 권 SC편 제 2 호 참조

우 광 준(정회원)
2007년 11월 대한전자공학회 논문지
제 44 권 SC편 제 6 호 참조