

화물차 차량부착용 암형 리프트 설계 프로그램의 개발

박상신*, 안유민**, 김영진***

Development of Design Program for Arm-Type Lift of Truck

Sang-Shin Park*, Yoomin Ahn** and Young-Jin Kim***

ABSTRACT

In this paper, arm-type lifting mechanism which is attached under the frame of truck is analyzed. The three types of motions which are divided into rotation, pure lifting and automatic tilting motions are analyzed kinematically. These motions are visualized by computer graphics using Visual Basic. This program will be used for designer to demonstrate the arm-type lifting mechanism before making real machines. Also this program can change design parameter interactively.

Key words : Arm-type lifting mechanism, Rotation, Pure lifting, Automatic Tilting, Kinematics, Visual Basic, Design Parameter

1. 서 론

최근에 산업구조가 고도화, 고임금화 되어 가고, 차량 1,000만대 시대에 돌입하여 제조업체들이 부담하는 물류비용이 상대적으로 높아짐에 따라 기업의 이윤이 줄어드는 악순환이 거듭되고 있다. 이러한 물류비용을 줄이기 위해서 최대한 화물을 빠르고 쉽게 적재해주기 위한 도구들이 등장하고 있다. 이러한 도구들 중에서 2.5톤 이하의 화물트럭에 적합한 차량 부착용 암형 리프트의 사용은 설치되지 않은 경우에 비해 화물의 적재시간을 반으로 줄일 수 있고, 화물 적재에 필요한 사람의 수도 줄여 인건비도 절약할 수 있는 기구이다.

이러한 기구는 현재 국내에서 일본기술을 들여와 제작하고 있고, 상당한 화물차량들이 이 기구를 부착하고 있다. 그러나 이 기구를 제작하고 있는 회사들은 대부분이 중소 기업이며, 경험에 의존해서 기구들을 설계 제작하였으며, 기구들을 이론적으로 해석하고 기구의 길이나 형상 등을 바꿀 여력이 없는 회사들이다. 따라서 화물차의 용량이 커지는 경우에

대체할 수 있는 기구를 만들지 못하고 있는 실정이다. 그러므로 이론적인 해석을 통하여 실제 기구의 운동을 컴퓨터를 이용하여 기술하고, 컴퓨터 상에서 설계해서 동작하는가를 확인 할 수 있으면, 실제 제작하기 전에 기구설계를 완결할 수 있고, 실험에 들어가는 비용을 절약할 수 있어 제작회사에서는 꼭 필요한 기술이라 할 수 있다.

본 연구에서는 현재 제작되고 있는 암형 리프트를 기구학적으로 해석하고, 그래픽 기법을 이용하여 그 동작을 눈으로 확인할 수 있는 패키지를 만드는 것을 목표로 하였으며, 기구들의 크기를 설계 데이터로 하여 기구의 크기를 사용자가 변경하였을 때 동작하는가를 판별할 수 있도록 한다. 또한 리프트의 회전속도를 작게하면서 필요한 링크의 길이를 줄여 주는 최적의 리프트 설치위치를 찾으려 한다.

2. 암형 리프트의 작동원리

화물차의 차량부착용 상·하역장치인 암형 리프트의 작동원리를 설명한 그림을 Fig. 1에 나타내었다.

그림에서 부품 ①은 화물차의 하부 프레임에 부착되는 하우징이다. 이 부품 안에는 유압실린더가 있어서 ②번 부품과 연결된 축인 입력축(input shaft)을 회전시킴으로써 전체 동작이 시작된다. 이 축이 회

*서울대학교 터보·동력기계연구센터
**한양대학교 공학대학 기계공학과
***정회원, 경희대학교 공과대학 산업공학과

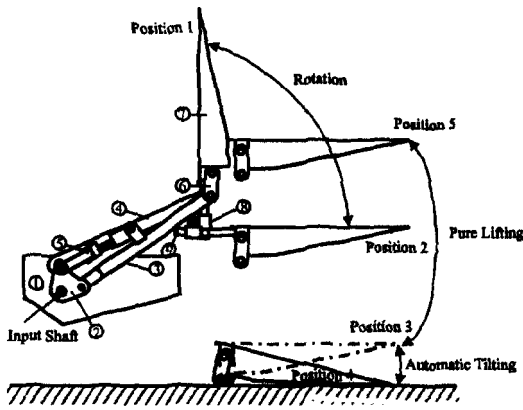


Fig. 1. Schematic diagram for lifting.

전하기 시작하면 ③번 부품과 ⑤번 부품이 ②의 축을 중심으로 회전하게 된다. ④번은 ②번의 회전축과 연직방향으로 일정한 거리에 떨어져 있는 다른 축을 중심으로 회전하게 된다. ⑥번 부품의 양끝 중에서 ③번이 아래에 ④번이 위에 연결된다. 공간적으로는 ④번이 안쪽에 설치되어 있다. ⑦번 부품과 ⑨번 부품은 초기에 한 물체로 동작한다. 입력축이 회전을 시작하면 화물칸의 밑부분에 설치된 ⑧번의 슬라이드와 ⑨번 부품은 미끄럼운동을 하면서 ⑧번의 회전축을 중심으로 1번 위치(position 1)으로부터 2번 위치(position 2)까지 회전하게 된다. ⑦번 부품이 수평이 되고 나면(position 2) ⑧번 부품인 슬라이드는 ⑨번과 떨어질 수 있는 구조로 되어 있으며 수평이 된 후 조금더 하강하면 완전히 떨어지게 된다. 그리고 나서 ⑨번 부품은 그림에는 표시할 수 없지만 레버를 이용해서 플레이트 내로 숨긴다. 그리고 계속 입력축인 ②번이 회전하면 ⑥번 부품의 아래면이 지면에 닿을 때까지 하강하게 된다. 이때가 3번 위치(position 3)이다. 이 때까지는 ⑤번 부품은 미끄럼운동을 할 수 없도록 길이가 구속되어 있기 때문에 초기위치에서의 길이를 계속 유지하고 있다. ⑥번이 지면에 닿게 되면 ⑤번의 길이에 대한 구속이 풀리면서 길이가 줄어들 수 있게 되고, ⑥번이 아래로 하강할 수 없으므로 ②번이 계속 회전함에 따라 ⑥번이 아래면을 기준으로 회전 및 미끄럼운동을 하게 되어 ⑦번 플레이트의 끝이 지면에 닿을 때까지 경사운동을 하게 된다(position 4).

완전히 지면에 붙은 다음에 화물을 밀어 올려놓고 유압실린더를 반대로 작동시키면 ⑦번 플레이트가 수평이 될 때까지 경사운동을 하고, 수평이 되면 ⑤번의 길이가 변하지 않도록 구속된다. 그 후에 계속

유압실린더를 작동시키면 기구끼리 간섭을 일으키지 않는 범위 내에서 상승운동을 하게 되고 이때가 순수 리프트 운동(pure lifting) 구간이 된다(position 5). 물론 이때 ⑨번 부품은 레버를 이용해서 ⑧번 부품과 만나지 않도록 숨겨놓는다.

화물 적재를 마친 경우에는 ⑨번을 다시 ⑧번 부품과 만나도록 해주면 리프트가 상승하다가 슬라이드와 접촉하게 되면서 회전하며 닫히게 된다.

3. 암형 리프트의 기구화 해석

3.1 초기위치 해석

암형 리프트의 동작은 앞 절에서 설명하였던 ②번 부품의 회전 각도가 입력 링크로 되기 때문에 회전 각도의 초기 값을 구해야 한다. 이는 링크의 길이가 다르거나 아니면 차량이 달라지면 슬라이드의 위치가 바뀌기 때문에 설치시마다 초기 값이 다르게 된다. 초기의 위치에서 중요하게 꼭 구해야 하는 것은 ②번 부품의 O_1A 의 각도와 ⑤번 부품의 길이이다. 왜냐하면 ②번 부품의 초기각도부터 시계방향으로 회전을 시작하고, ⑤번 부품의 길이도 차량마다 달라지며, 플레이트가 처음 지면에 닿을 때까지 길이가 구속되기 때문이다. 초기 위치를 해석하기 위한 기구의 골격도(skeleton)를 Fig. 2에 나타내었다.

위치해석을 위한 수식으로는 복소 극좌표계 벡터를 이용한다. Fig. 3에서 보듯이 벡터의 크기는 그 벡터의 길이를 사용하고, 각도는 수평방향에서 반시계 방향으로의 각도를 양의 값으로 한다.

점 a에서 시작해서 점 b에서 끝나는 벡터를 \vec{R}_{ab} 로 나타내고 그 크기는 R_{ab} , 방향은 θ_{ab} 로 정의하면 Fig.

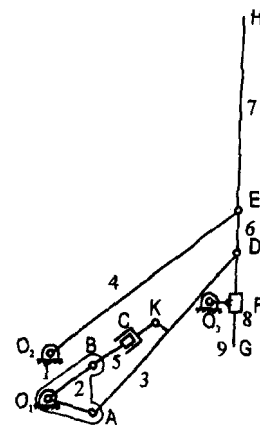


Fig. 2. Skeleton for initial condition.

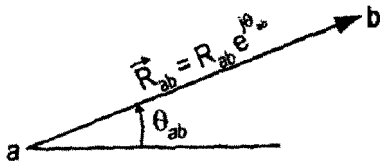


Fig. 3. Definition of complex polar algebra.

3에서 보여주듯이 아래의 식으로 표현할 수 있다.

$$\vec{R}_{ab} = R_{ab} e^{j\theta_{ab}} \quad (1)$$

이러한 기초를 이용하여 초기위치를 해석해나간다. O_1, O_2 사이의 거리는 정해져 있으나 O_3 의 위치는 차량마다 다르기 때문에 적당한 거리를 입력시킨다. 그리고 나머지 링크들의 길이는 모두 주어져 있기 때문에 초기위치해석에서 구해야 할 변수는 θ_{O_1A}, R_{AK} 이다. 왜냐하면 초기에 O_3 의 위치가 결정되었을 때, 이 위치에 맞는 θ_{O_1A} 의 각도로부터 시계방향으로 2번 링크가 회전하기 시작하고, 이때의 BK 사이의 길이는 플레이트가 땅에 닿을 때까지 초기의 길이를 유지하도록 제한되어 있기 때문이다. 초기위치를 해석하기 위해서 우선 O_1, O_2, O_3, D, E 사이의 관계를 Fig. 4에 나타내었다.

초기에 O_1O_2ED 는 평행사변형을 이루도록 조립되기 때문에, $R_{O_2F} = R_{O_2D}$ 의 관계를 유지한다. $R_{O_1O_2}, R_{O_1O_3}$ 는 고정되어 있다. O_2O_3FE 사이의 관계를 Fig.

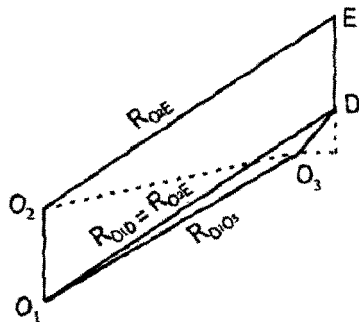


Fig. 4. O_1, O_2, O_3, D, E relation.

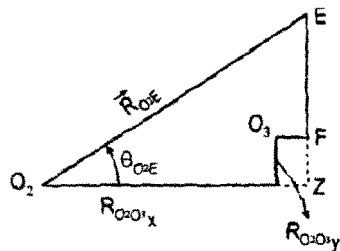


Fig. 5. Relation of O_2O_3FE .

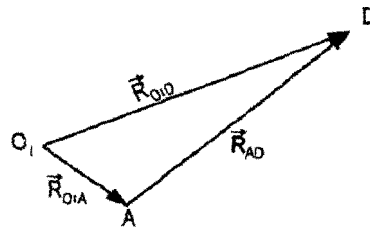


Fig. 6. Relation of O_1AD .

5에 나타내었다.

여기서 Z점은 O_2 에서 그은 수평선과 EF의 연장선이 만나는 점으로 정의하면, ΔO_2ZE 는 직각삼각형이 되므로 다음의 관계식을 만족하게 된다.

$$R_{O_2Z}^2 = R_{O_2E}^2 - (R_{O_2D} + R_{O_2F})^2 \quad (2)$$

$$R_{FE} = R_{O_2Z} - R_{O_2D} \quad (3)$$

$$\theta_{O_2F} = \sin^{-1} \left(\frac{R_{FE}}{R_{O_2E}} \right) \quad (4)$$

초기의 θ_{O_2F} 를 구하였고, 초기위치에서는 $\theta_{O_1D} = \theta_{O_2F}$ 의 관계를 만족하므로 Fig. 6에서 다음의 벡터식을 만족시킬 수 있다.

$$R_{O_1D} e^{j\theta_{O_1D}} = R_{O_1A} e^{j\theta_{O_1A}} + R_{AD} e^{j\theta_{AD}} \quad (5)$$

식(5)에서 R_{O_1D} 는 초기에 R_{O_2E} 와 같고 θ_{O_1D} 는 θ_{O_2E} 와 같으므로 알고 있는 값이다. R_{O_1A} 는 ②번 링크의 길이이므로 알고 있고, θ_{O_1A} 는 미지값이다. 또한 R_{AD} 는 ③번 링크의 길이이므로 알고 있고, θ_{AD} 는 미지값이다. 따라서 (5)식을 정리하면 θ_{O_1A} 와 θ_{AD} 를 얻을 수 있다.

$$\theta_{O_1A} = \pm \cos^{-1} \left(\frac{R_{O_1D}^2 + R_{O_1A}^2 - R_{AD}^2}{2R_{O_1D} R_{O_1A}} \right) + \theta_{O_1D}$$

$$\theta_{AD} = \sin^{-1} \left(\frac{R_{O_1D} \sin \theta_{O_1D} - R_{O_1A} \sin \theta_{O_1A}}{R_{AD}} \right) \quad (6)$$

식 (6)의 앞식에서 각도가 두가지가 나오지만 -만 유효하다. 식 (6)으로부터 초기위치의 θ_{O_1A} 를 구했고 R_{BK} 의 길이를 구하기 위해서 θ_{AK} 의 각도를 구해줄 필요가 있다. 이 관계를 Fig. 7에 나타내었다.

이 각도는 3번 링크의 형상에 의해서 결정된다. 즉 AKD 는 하나의 강체 링크이므로 다음의 관계식을 만족한다.

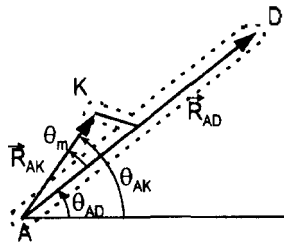


Fig. 7. Relation of AKD.

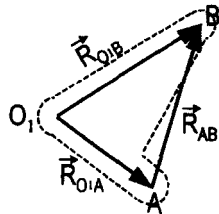


Fig. 8. Relation of O₁AB.

$$\theta_{AK} = \theta_{AD} + \theta_m \quad (7)$$

또한 AB 사이의 길이 및 방향을 구할 필요가 있는데 이는 2번 링크 내에 존재하므로 간단히 구할 수 있고, 그 관계를 Fig. 8에 나타내었다. 이들의 관계식을 나타내면 다음의 식을 얻을 수 있다.

$$R_{O,B} \theta^{j\theta_{O,B}} = R_{O,A} \theta^{j\theta_{O,A}} + R_{AB} \theta^{j\theta_{AB}} \quad (8)$$

식 (8)에서 $\theta_{O,B}$ 는 $\theta_{O,A}$ 와 사이 각의 합이므로 알고 있는 값이다. 따라서 미지수는 R_{AB} , θ_{AB} 이다. (8) 식에서 이 미지수들을 구해주면 다음과 같다.

$$R_{AB} = \frac{\sqrt{R_{O,A}^2 + R_{O,B}^2 - 2R_{O,A}R_{O,B} \cos(\theta_{O,A} - \theta_{O,B})}}{\sin^{-1} \left(\frac{R_{O,B} \sin \theta_{O,B} - R_{O,A} \sin \theta_{O,A}}{R_{AB}} \right)} \quad (9)$$

최종적으로 BK 사이의 거리를 구하기 위한 관계를 Fig. 9에 나타내었고 이들 사이의 관계식은 다음과 같다.

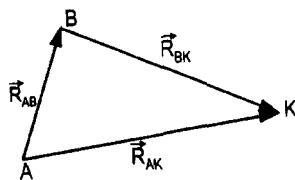


Fig. 9. Relation of ABK.

$$R_{BK} \theta^{j\theta_{BK}} = -R_{AB} \theta^{j\theta_{AB}} + R_{AK} \theta^{j\theta_{AK}} \quad (10)$$

이식을 정리하면 \vec{R}_{BK} 의 정보를 구할 수 있다.

$$R_{BK} = \sqrt{R_{AB}^2 + R_{AK}^2 - 2R_{AB}R_{AK} \cos(\theta_{AB} - \theta_{AK})}$$

$$\theta_{BK} = \sin^{-1} \left(\frac{-R_{AB} \sin \theta_{AB} + R_{AK} \sin \theta_{AK}}{R_{BK}} \right) \quad (11)$$

3.2 회전운동의 위치해석

회전운동을 해석하기 위해서는 먼저 기본 링크들의 자유도를 판별할 필요가 있다. 자유도 판별은 Kutzbach 자유도 판별식을 사용한다^[1].

$$m = 3(n - 1) - 2j_1 - j_2 \quad (12)$$

여기서 m 은 자유도이고, n 의 링크의 갯수, j_1 은 1 자유도 대우이고, j_2 는 2자유도 대우이다.

앞절의 Fig. 2의 끌격도에서 7, 9번 링크는 하나의 링크로 동작한다. 이는 7번과 9번 링크는 상대운동이 없음을 의미하므로 전체 링크의 갯수는 8개가 된다. 반일 BK 사이의 거리를 제한시켜주는 5번 링크가 없어서 7개의 링크로만 이루어져 있다고 가정하면 $n=7$ 이고, 1 자유도 대우는 $O_1, O_2, O_3, A, D, E, F$ 인 7개로 생각될 가능성이 있지만 E 점을 보면 4번 링크와 6번 링크 사이에 1개의 대우가 있고, 6번 링크와 7번 사이에 하나의 대우가 있으므로 E 점에는 2개의 대우가 존재한다. 따라서 전체 대우수는 8개가 된다. 따라서 $m=3(7-1)-2 \times 8=2$ 가 되어 2 자유도이기 때문에 입력링크가 2개가 필요하다. 그러나 BK 사이의 거리가 일정하게 유지되도록 5번 링크가 포함되면 링크의 개수는 8개로 늘어나지만, 1 자유도 대우는 B와 K에 2개가 늘어나게 되어 10개로 되므로, $m=3(8-1)-2 \times 10=1$ 이 되어 1 자유도가 된다. 따라서 입력은 1개만이 필요하게 되고, O_1A 의 각도만 알면 나머지 모든 링크의 위치를 해석할 수 있게 된다.

입력값으로 θ_{O_1A} 가 주어졌을 때, 나머지 모든 링크들의 위치를 해석한다. Fig. 10에 보여진 삼각형을 순서대로 앞절에서 사용하였던 방식으로 벡터식을 만들고 미지수들을 정리하면 다음과 같은 순서로 모든 미지수들을 구할 수 있다.

$$R_{AB} = \frac{\sqrt{R_{O,A}^2 + R_{O,B}^2 - 2R_{O,A}R_{O,B} \cos(\theta_{O,A} - \theta_{O,B})}}{\sin^{-1} \left(\frac{R_{O,B} \sin \theta_{O,B} - R_{O,A} \sin \theta_{O,A}}{R_{AB}} \right)} \quad (13)$$

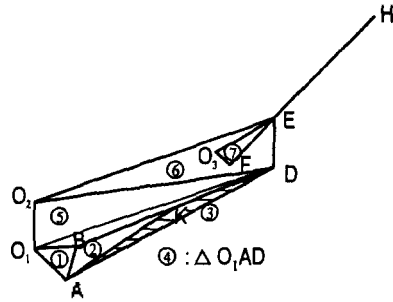


Fig. 10. Triangles for analysis.

$$\theta_{BK} = \pm \cos^{-1} \left(\frac{R_{AK}^2 - R_{AB}^2 - R_{BK}^2}{2R_{AB}R_{BK}} \right) + \theta_{AB} \quad (-\text{만 유효}) \quad (14)$$

$$\theta_{AK} = \sin^{-1} \left(\frac{R_{AD} \sin \theta_{AB} + R_{BK} \sin \theta_{BK}}{R_{AK}} \right)$$

$$\theta_{AD} = \theta_{AK} - \theta_m \quad (15)$$

$$R_{O,D} = \sqrt{R_{OA}^2 + R_{AD}^2 + 2R_{OA}R_{AD} \cos(\theta_{AD} - \theta_{OA})} \quad (16)$$

$$\theta_{O,D} = \sin^{-1} \left(\frac{R_{OA} \sin \theta_{OA} + R_{AD} \sin \theta_{AD}}{R_{O,D}} \right)$$

$$R_{O,D} = \sqrt{R_{OD}^2 + R_{O1}^2 - 2R_{OD}R_{O1} \cos(\theta_{O1} - \theta_{OD})} \quad (17)$$

$$\theta_{O,D} = \sin^{-1} \left(\frac{R_{O,D} \sin \theta_{O,D} - R_{O1} \sin \theta_{O1}}{R_{O,D}} \right)$$

$$\theta_{DE} = \pm \cos^{-1} \left(\frac{R_{OE}^2 - R_{OD}^2 - R_{DE}^2}{2R_{OD}R_{DE}} \right) + \theta_{OD} \quad (+\text{만 유효}) \quad (18)$$

$$\theta_{OE} = \sin^{-1} \left(\frac{R_{OD} \sin \theta_{OD} + R_{DE} \sin \theta_{DE}}{R_{OE}} \right)$$

$$R_{OE} = \sqrt{R_{OF}^2 + R_{OD}^2 - 2R_{OF}R_{OD} \cos(\theta_{OF} - \theta_{OD})} \quad (19)$$

$$\theta_{OE} = \sin^{-1} \left(\frac{R_{OE} \sin \theta_{OE} - R_{OD} \sin \theta_{OD}}{R_{OE}} \right)$$

$$R_{FE} = \sqrt{R_{OE}^2 - R_{OF}^2} \quad (20)$$

$$\theta_{OF} = \pm \cos^{-1} \left(\frac{R_{OF}}{R_{OE}} \right) + \theta_{OE} \quad (-\text{만 유효})$$

식 (13)부터 식 (20)까지의 과정을 입력값인 θ_{O1A} 값을 조금씩 시계방향으로(음의 절대값으로) 증가시켜 가며 θ_{FE} 가 0이 될 때까지 반복하면 된다. 다만 θ_{O1A} 를 단순히 증가시키면 θ_{FE} 가 0보다도 작아지게 되는데 이때 Secant 방법¹²⁾에 의해서 θ_{FE} 가 0이 되도록 θ_{O1A} 를 구했다. θ_{FE} 가 0이 되면 그 이후에는 9번 링크와 8번 링크는 서로 분리되어 회전하지 않고 단순히 하강운동을 하게 된다.

3.3 순수 하강운동의 위치해석

순수 하강운동의 위치해석은 회전운동의 위치해석과 동일하다. 다만 O_3 에 의한 구속이 없기 때문에 3.2절에서 사용하였던 식 중에서 (13) 번식부터 (18) 번식까지만 반복하면 된다. 이들에 의해서 모든 링크의 위치를 해석할 수 있다. 다만 하강운동의 경계는 6번 링크의 D점의 외곽 원호가 지면에 닿을 때이므로, θ_{O1A} 를 시계방향으로 회전시켜가다가 D점의 외곽원호가 지면 보다 낮아지는 경우에 Secant 방법에 의해서 지면과 일치되는 θ_{O1A} 를 구했다.

3.4 최종 경사운동의 위치해석

최종 경사운동은 6번 링크의 D점의 외곽 원호가 지면에 닿은 후에 지면에서 미끄러지며 경사운동을 하게 된다. 이때에는 5번 링크에 설치되었던 길이구속 부품이 풀리면서 짧아질 수 있는 구조로 바뀐다. 즉 BK 사이의 거리는 짧아지게 되는 것이다. 따라서 5번 링크는 기구학적 역할을 상실하게 된다. 이러한 운동의 원리를 Fig. 11에 나타내었다.

R_{O1A} 의 길이와 R_{AD} 길이는 주어져 있고, 입력 값인 θ_{O1A} 가 주어져 있다. 그런데 D점의 연직방향의 좌표는 변하지 않고 수평방향의 좌표만 변하기 때문에 D점의 연직방향의 좌표를 구속시키는 방법에 의해서 최종 경사운동의 해석을 시작한다. D점의 연직방향의 좌표해석을 위한 관계를 Fig. 12에 나타내었다. 절대좌표는 O_1 점을 원점으로 하는 것으로 한다.

먼저 A 점의 y 좌표를 구한다.

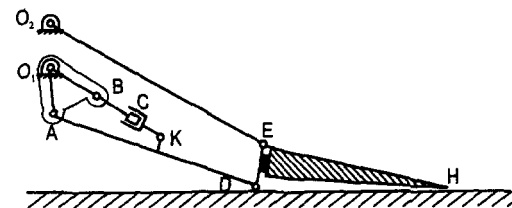


Fig. 11. Automatic tilting motion.

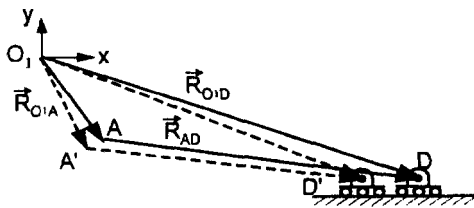


Fig. 12. Relation for final tilting of O_1AD .

$$A_y = R_{O_1A} \sin \theta_{O_1A} \quad (21)$$

그러면 D 점의 y 좌표는 다음의 식으로 표현된다.

$$D_y = A_y + R_{AD} \sin \theta_{AD} \quad (22)$$

여기서 D_y 는 지면에서 6번 링크의 D점의 외곽원호의 반경만큼 올라온 거리이므로 항상으로 주어진 값이기 때문에 θ_{AD} 를 구할 수 있다.

$$\theta_{AD} = \sin^{-1} \left(\frac{D_y - A_y}{R_{AD}} \right) \quad (23)$$

θ_{AD} 가 구해졌기 때문에 3.2 절의 (15) 식부터 (18) 식까지 이용하면, R_{O_1D} , θ_{O_1D} , R_{O_2D} , θ_{O_2D} , θ_{DE} , θ_{O_2D} 를 구할 수 있다. 따라서 모든 좌표가 구해졌고 플레이트의 끝점이 지면에 닿을 때까지 입력값인 θ_{O_1A} 를 시계방향으로 회전시켜가며 구했으며, 지면에 θ_{O_1A} 값은 앞절과 마찬가지로 Secant 방법을 이용하여 구하였다.

4. 설계 프로그램의 개발 및 결과

앞의 3장에서 서술한 기구학적 계산과 이들의 가시화를 위하여 IBM-PC 의 Win95 상에서 Visual BasicTM을 이용하였다. 윈도우는 프로그램이 실행이 되면 화면에 최대가 되도록 하였으며 움직임을 계속해서 나타내도록 하였다. 또한 이 기구를 설치한 화물차의 사용자가 조작하는 것처럼 하기 위해서 내려오다가 올라갈 수도 있고 올라가다가 내려올 수도 있도록 프로그램을 제작하였다. 그래픽 기법은 2차원 상에서 실제계 좌표계를 크기가 가로 세로 각각 1인 윈도우 상으로 매핑하고 다시 화면좌표계로 매핑하는 방법을 이용하였다⁽⁴⁾.

초기에 편집화면을 띄우면 Fig. 13과 같이 전체 조립도와 부품번호가 나타나는 새로운 윈도우가 나타나도록 하였다. 이 윈도우 상에서 마우스로 부품

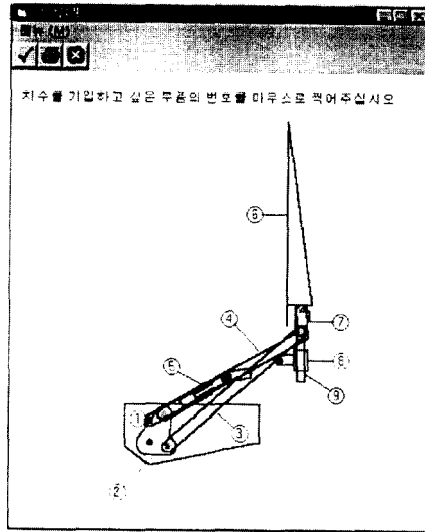


Fig. 13. Screen of initial editing.

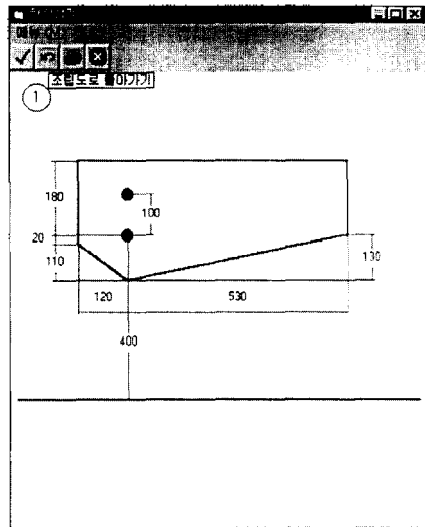


Fig. 14. Screen of part drawing.

번호를 누르면 각 부품이 새로이 그려지며 기구학 해석에서 필요한 수치가 입력되도록 하였다. 또한 내정값 버튼을 만들어서 내정값을 지정 할 수 있게 하였다. 그 예로서 Fig. 13의 1번 부품의 부품번호를 마우스로 눌렀을때 부품도 및 내정값이 표시된 그림을 Fig. 14에 실었다. 나머지 부품들의 부품도도 각각의 부품번호를 누르면 화면에 나타나도록 하였다.

기구학 계산에 필요한 치수들이 모두 입력되고 나서 실행의 메뉴에서 초기위치 설정을 실행시키면

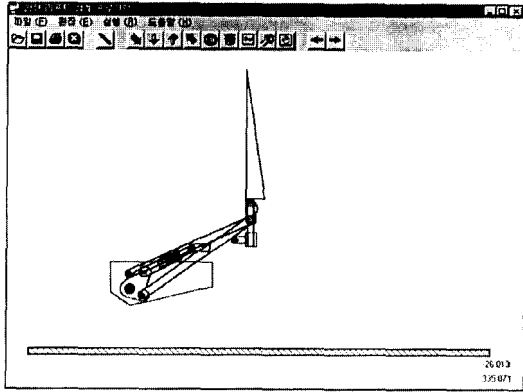


Fig. 15. Screen of initial setting.

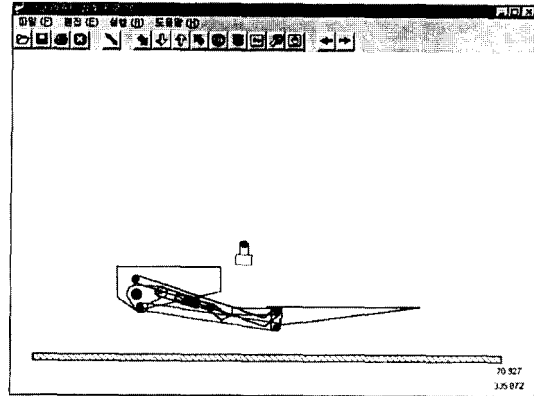


Fig. 18. Screen of pure downward lifting.

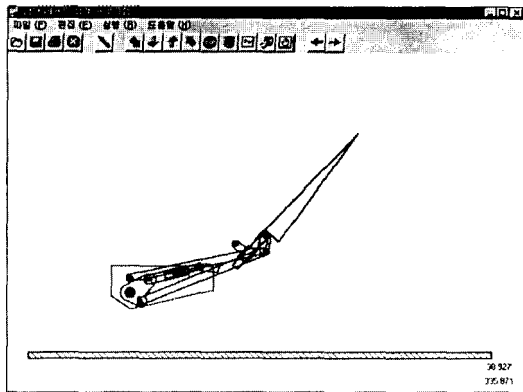


Fig. 16. Screen of rotation.

Fig. 15와 같이 초기 조립도가 화면에 나타난다. 여기서 실행 메뉴의 회전하면서 하강하기를 선택하거나 실행 버튼중 \ 버튼을 누르면 리프트가 회전하면서 하강하기 시작한다. 회전하는 중간의 모습이

Fig. 16에 나타나 있다. 플레이트가 90°가 되는 모습을 Fig. 17에 나타내었다. 계속해서 입력링크인 2번 링크가 회전하면 슬라이드가 분리되면서 플레이트는 수평을 유지한 채로 하강한다. 계속 하강운동을 하고 있는 모습을 Fig. 18에 나타내었다. 더욱 하강하고 나면 6번 링크의 바깥원호가 지면에 닿을 때까지 하강하는데 지면에 닿았을 때의 모습을 Fig. 19에 나타내었다. 참고로 화면의 오른쪽 밑 모서리에 2개의 수치를 나타내었는데 위의 값은 입력링크의 각도이고 밑의 수치는 B점과 K점 사이의 거리, 즉 5번 링크의 길이를 나타내었다. 초기위치에서부터 지면에 닿을 때까지는 이 길이가 변하지 않고 있음을 알 수 있다.

지면에 닿은 후에도 입력링크가 계속 회전하면 6번 링크의 밖 원호를 기준으로 플레이트가 경사운동을 하게 된다. 이러한 경사운동의 모습을 Fig. 20에 나타내었다. 그리고 나서 최종적으로 플레이트

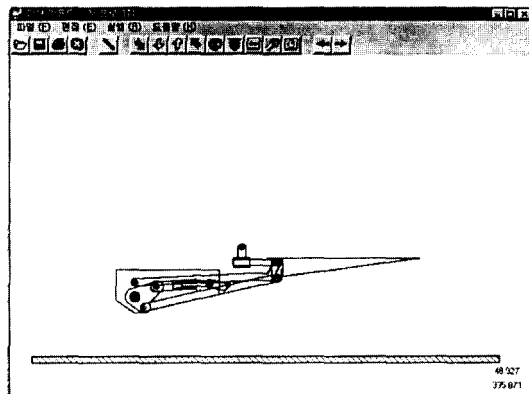


Fig. 17. Screen of the lift when the rotating motion ends.

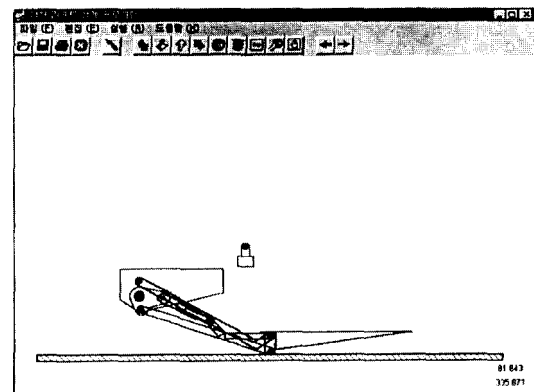


Fig. 19. Screen of the lift when link 6 contacts ground.

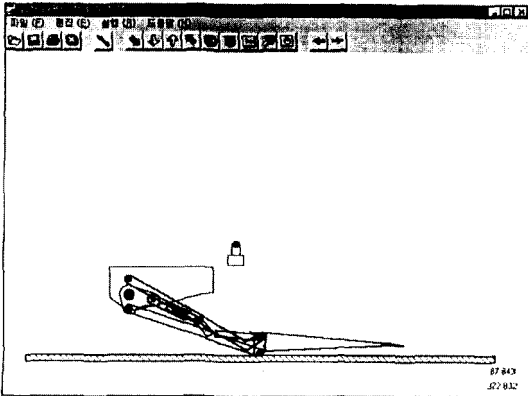


Fig. 20. Screen of automatic tilting.

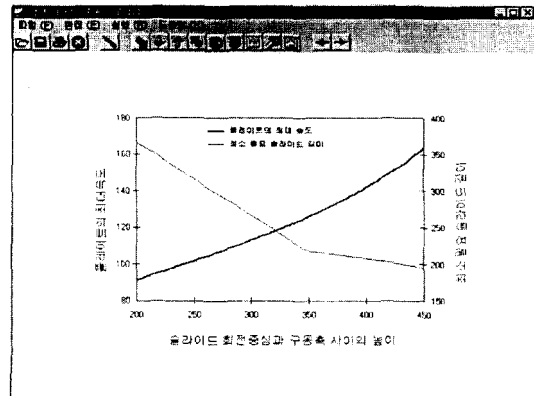


Fig. 23. Optimal position of slider to decrease the velocity of plate.

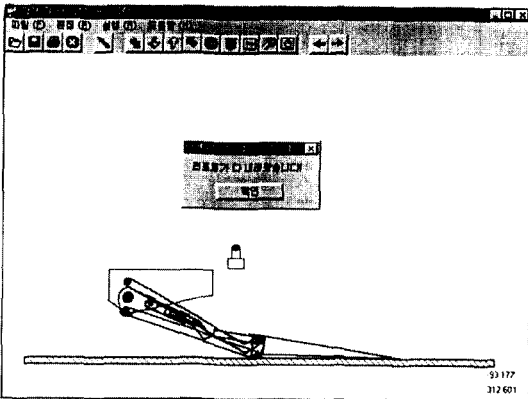


Fig. 21. Screen when downward moving ends.

의 끝이 지면에 닿으면 운동이 끝나게 된다. 이 모습을 Fig. 21에 나타내었다. 프로그램 상에서는 지면에 닿으면 "리프트가 다 내려왔습니다"라는 메시지를 사용자에게 알려주도록 하였다.

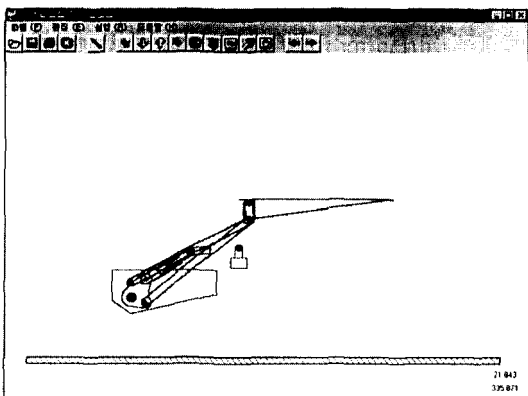


Fig. 22. Screen when pure upward moving ends.

또한 순수 리프트 운동으로 위로 올려주는 버튼 (↑버튼)으로 동작시키고 슬라이드인 9번을 숨겨주면 8번 부품보다 플레이트가 더 올라가게 된다. 최대로 올라간 모습을 Fig. 22에 나타내었다. 계속 올라가다 보면 4번 링크의 끝과 7번 플레이트가 간섭을 일으키는 위치에 도달하게 되고 이 높이 이상으로는 더 올라갈 수 없게 된다.

설계자가 기구의 설계를 하기에 앞서서 본 프로그램을 이용해서 편집화면에서 각 부품도에 치수들을 기입하고, 동작을 시키면 기구가 올바르게 동작하는가를 알 수 있으며 동작이 불가능하면 프로그램내에서 이 치수로는 동작하지 않는다는 메시지를 사용자에게 주고 프로그램을 중단하게 된다. 그럼 다시 치수를 기입하고 동작하는 기구의 치수들을 찾아낼 수 있는 프로그램으로 작성하였다.

또한 플레이트의 속도가 크면 입력 토크가 크게 되고 사용자가 공포감을 느끼게 되는데 이는 회전운동을 유도하기 위한 슬라이드의 설치높이에 따라 다르게 된다. 회전속도를 낮추기 위해서는 슬라이드의 위치가 낮아지면 되지만, 슬라이더의 위치를 낮추면 슬라이드의 미끄럼 운동을 일으키는 안내링크(Fig. 1의 ⑨번 부품)의 길이가 길어지므로 이 부품의 길이를 짧게 해줄 필요가 있다. 따라서 본 프로그램에서는 슬라이드의 입력측으로부터의 설치 높이에 따라 플레이트의 속도를 계산하고 이때 필요한 ⑨번 부품의 최소길이를 계산하여 그래프로 그려주는 루틴을 추가하였다. Fig. 23에는 내정값으로 되어있는 설계 데이터일때의 플레이트의 속도와 필요 슬라이드의 길이를 구하여 만나는 점에서 최적의 설치위치를 나타내는 그래프를 실었다.

5. 결 론

화물차용 암형 리프트 설계 프로그램의 개발을 통해서 다음과 같은 결과를 얻었다.

(1) Visual Basic을 이용하여 기구학 해석을 효과적으로 애니메이션 할 수 있었다.

(2) 9개의 링크로 이루어져 있는 암형 리프트가 1자유도로 움직임을 수학적으로 밝혔다.

(3) 기구의 설계자가 실제 설계에 앞서 데이터를 화면으로 보면서 입력값을 컴퓨터에 주고 동작이 가능한가를 판단할 수 있게 하였다.

(4) 회전 운동시 슬라이드의 설치 위치에 따라 플레이트의 속도가 달라진다. 이는 속도가 크게 되면 입력축의 토크가 커지기 때문에 이의 설치 위치를 최적화 시키기 위하여 플레이트의 속도를 구할 수 있게 하였고 이때 필요한 슬라이드 안내링크의 길이를 구하게 하였다.

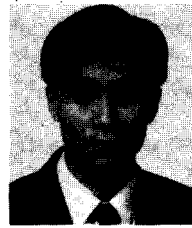
참고문헌

1. Shigley, J.E and Uicher, J.J.Jr., *Theory of Machines and Mechanics*, 2nd Ed., McGraw-Hill, New York, 1995.
2. Chapra, S.C. and Canale, R.P., *Numerical Methods for Engineering*, 2nd Ed., McGraw-Hill International Edition, New York, 1988.
3. Gurewich, N. and Gurewich, O., *teach yourself Visual Basic 4 in 21 days*, 3rd Edition, SAMS Publishing, 1995.
4. 이진우, *컴퓨터 그래픽과 CAD*, 영지문화사, 1990.



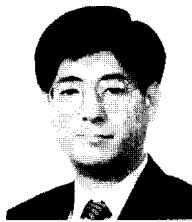
박 상 신

1989년 서울대학교 기계설계학과 학사
 1991년 서울대학교 기계설계학과 석사
 1995년 서울대학교 기계설계학과 박사
 1995년 ~ 현재 서울대학교 터보동력기계 연구센터 연수연구원
 관심분야 : 회전축 진동, 초정밀 공작기계, 공기베어링, 회전축 진단



안 유 민

1984년 서울대학교 기계공학과 공학사
 1986년 서울대학교 기계설계학과 공학 석사
 1992년 Purdue Univ 기계가공학 전공 공학박사
 1994년 ~ 현재 한양대학교 기계공학과 조교수
 관심분야 : 정밀가공학



김 영 진

1982년 서울대학교 기계설계학과 공학 학사
 1984년 서울대학교 기계설계학과 공학 학사
 1991년 미국 University of California at Berkeley 기계공학과, 공학박사
 1988년 ~ 1991년 University of California at Berkeley 기계공학과 연구조교
 1991년 ~ 1993년 University of California at Berkeley 부설 Engineering Systems Research Institute 연구원 (Post-Doc)
 1993년 ~ 현재 서울대학교 부설 정밀기계설계 공동연구소 특별연구원
 1994년 ~ 현재 경희대학교 산업공학과 조교수 재직
 관심분야 : 기계설계 CAD 생산자동화 (이상진단) 인공지능 (전문가 시스템)