

〈論 文〉

두개의 RSSR 기구로 이루어진 와이퍼기구의 최적설계

최진호* · 최동훈** · 서명원*** · 서진원***

(1994년 8월 5일 접수)

Optimum Design of Wiper Mechanisms Consisting of Two RSSR Mechanisms

Jin Ho Choi, Dong-Hoon Choi, Myung-Won Suh and Jin Won Suh

Key Words : RSSR Mechanism (RSSR 기구), Wiper (와이퍼), Optimum Design (최적설계)

Abstract

In this paper, an optimization program for the design of wiper mechanisms is developed to minimize jerky motion while satisfying design constraints on kinematic and torque performances, mobility condition, and packaging. The lengths/orientations of the links and the position of a driving motor are selected as the design variables. In our optimum design program for wiper mechanisms, an optimization module interacts with an analysis module which calculates kinematic and force/torque properties, until convergence. The optimization results of a particular wiper mechanism are presented to illustrate the effectiveness of the program developed.

1. 서 론

와이퍼 설계는 크게 와이핑 면적(wiping area)을 결정하는 단계, 결정된 와이핑 면적안에서 오차각(error angle)을 검토하여 기준치 안에 들어오도록 하는 피벗(pivot) 위치 및 피벗각도를 결정하는 단계, 그리고 결정된 피벗위치 및 피벗각도를 가지고 첫번째 단계에서 결정된 와이핑면적 안에서 원활한 운동을 실현시키기 위한 기구를 결정하는 단계로 이루어진다. 이 중 기구를 결정하는 단계는 와이퍼의 운동을 결정하는 단계로 와이퍼의 성능을 좌우하는 중요한 설계단계이다. 와이퍼기구는 두개의 RSSR 공간기구로 이루어져 그 해석 및 설계가 용이하지 않을 뿐 아니라 상당히 제한된 공간내에서 운동을 하기때문에 와이퍼에 요구되어지는 성능을 만족시키기 위한 기구를 결정하는 문제는 어려운 문제이다. 실제로 와이퍼기구 설계는 작도에 의존

한 초보적인 단계에 머물고 있어 경험을 바탕으로 한 시행착오적인 비효율적 설계방식에 의해 이루어지고 있는 실정이다. 이와 같은 방식에 의한 와이퍼기구 설계과정은 많은 시행오차를 거쳐야 하므로 새로운 차종의 와이퍼를 설계하는데 많은 시간이 걸릴 뿐 아니라 최적의 성능을 낼 수 있는 와이퍼기구를 설계할 수 없는 단점을 가지고 있다.

따라서 본 연구에서는 와이퍼설계에서 어려운 문제로 되어 있는 와이퍼기구 결정단계를 체계적이고 효율적으로 수행하기 위하여, 와이퍼기구를 위한 운동학적 해석 및 힘/토크 해석을 자동적으로 수행하기 위한 해석프로그램을 개발하고, 개발된 해석 프로그램을 바탕으로, 제한된 공간내에서 요구되어지는 성능을 모두 만족시키며 가장 원활한 운동을 하는 최적의 기구를 결정할 수 있는 와이퍼기구 최적설계 전산프로그램을 개발하고자 한다.

2. 기구 해석

Fig. 1(a)는 본 연구의 대상인 두개의 RSSR 기구로 이루어진 와이퍼기구를 나타내는 그림이며,

*정회원, 한양대학교 대학원

**정회원, 한양대학교 기계설계학과

***정회원, 기아자동차(주)

Fig. 1(b)는 와이퍼기구의 해석을 위하여 모델링한 그림이다. Fig. 1에서 보는 바와 같이 와이퍼기구는 구동모터에 의해 크랭크가 일정한 속도로 회전하여 승객 쪽의 와이퍼 1과 운전자 쪽의 와이퍼 2가 각각 요동함으로써 원하는 면적을 닦을 수 있도록 구성된 기구이다.

2.1 운동학적 해석

와이퍼기구는 Fig. 1(b)에 도시한 바와 같이 $a_0 - a_1 - b_1 - b_0$ 와 $a'_0 - a'_1 - b'_1 - b'_0$ 의 두개의 RSSR 기구로 이루어진 공간기구이다. 이와 같은 와이퍼기구를 위한 운동학적 해석은 $a_0 - a_1 - b_1 - b_0$ 로 구성된 RSSR 기구에 관한 운동학적 해석을 수행한 후, 그 결과를 $a'_0 - a'_1 - b'_1 - b'_0$ 로 구성된 RSSR 기구에 입력하여 운동학적 해석을 수행하는 순차적인 과정으로 이루어진다. RSSR 기구의 위치해석은 커플러 링크의 길이가 기구가 운동을 하는 모든 위치에서 항상 일정하여야 한다는 구속조건으로부터 수행되어지며 속도해석, 가속도해석 및 저크해석은 위치해석을 위한 구속조건식을 시간에 대해 미분함으로써 얻어지는 구속조건식으로부터 수행된다.⁽¹⁾ 기구의 운동 중 가속도의 변화에 의한 저크가 크면 와이퍼가 유리창을 원활히 닦지 못하는 원인이 되며, 설계의 관점에서 이러한 저크가 가능한

한 적게 발생할 수 있도록 기구를 구성하여야 하기 때문에, 본 연구에서는 운동학적 해석에 저크 해석까지 포함시켰으며 최적화를 위한 성능지수로 저크를 고려하였다.

2.2 힘/토크 해석

힘/토크 해석방법은 링크의 관성효과를 고려한 동적 힘/토크 해석과 각 링크의 관성효과를 무시한 정적 힘/토크 해석으로 나뉘어 진다. 기구의 속도 및 가속도에 의한 각 링크의 관성효과를 무시할 수 없는 경우에는 반드시 동적 힘/토크 해석을 수행해야 하나, 모터의 구동속도 및 각 링크의 관성이 작은 기구의 경우 정적 힘/토크 해석을 수행하는 것이 효율적이다. 본 연구의 대상인 와이퍼기구의 경우 모터의 구동속도 및 각 링크의 관성이 그다지 않으므로 설계를 위한 기구의 힘/토크 해석은 정적 해석으로 충분할 것으로 사료된다. 실제로 본 연구에서는 A사에서 양산되어지는 와이퍼기구에 대하여 다양한 모터의 구동속도 영역에서 정적 힘/토크 해석과 동적 힘/토크 해석을 모두 수행하여 비교하여 본 바, 와이퍼기구의 힘/토크 해석은 정적 해석으로 충분함을 알 수 있었다. 특히, 본 연구에서 수행하고자 하는 와이퍼 최적설계의 경우, 와이퍼기구에 대한 설계기준치는 모터의 단위입력 속도(1 rad/sec)에 대하여 제시되어져 있는데, 이 경우의 정적 해석과 동적 해석은 거의 정확히 일치하였다. 따라서 본 연구에서는 최적화를 위한 와이퍼기구에 대한 힘/토크 해석은 반복적인 해석을 요구하는 최적설계의 효율성을 위하여 정적 해석을

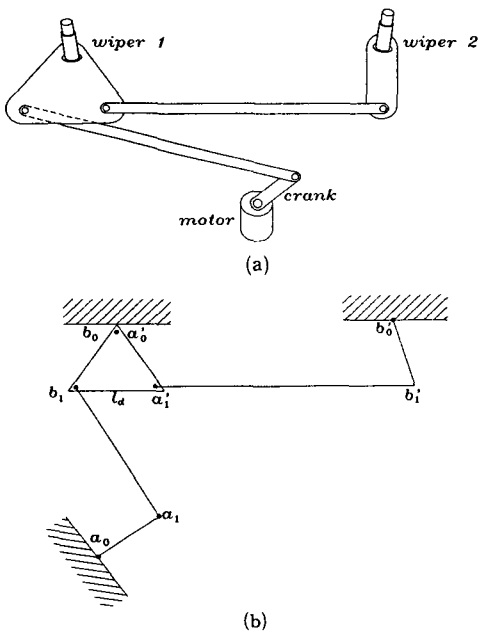


Fig. 1 A wiper mechanism

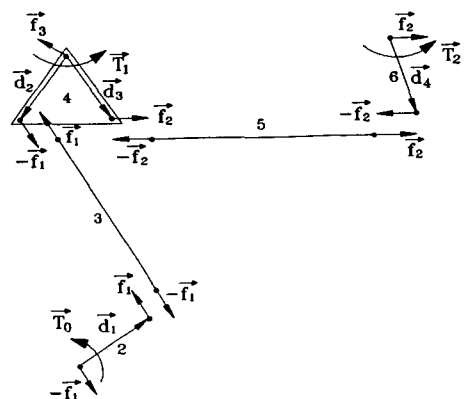


Fig. 2 Free body diagrams for static force/torque analysis

수행하였다.

Fig. 2는 와이퍼기구의 정적 힘/토크 해석을 위하여 각 링크에 작용하는 힘 및 토크를 나타낸 자유물체도이다.

Fig. 2의 와이퍼기구에서 각 링크의 관성을 무시하였으므로, 커플러링크인 링크 3과 링크 5의 조인트에 걸리는 조인트 힘은 각 링크의 길이방향으로 작용하며 각 링크의 양단에서 크기는 같고 방향이 반대이다. 링크 2, 링크 4 그리고 링크 6에 대하여 각각 모멘트 평형방정식을 세우면 아래의 식(1)~(3)과 같이 되며, 두 개의 외부 토크가 주어지면 원하는 운동을 하기 위하여 요구되는 나머지 하나의 토크 및 각 커플러링크에 걸리는 조인트 힘들이 계산되어진다.

$$\vec{T}_0 + \vec{d}_1 \times \vec{f}_1 = 0 \tag{1}$$

$$\vec{T}_1 + \vec{d}_2 \times (-\vec{f}_1) + \vec{d}_3 \times \vec{f}_2 = 0 \tag{2}$$

$$\vec{T}_2 + \vec{d}_4 \times (-\vec{f}_2) = 0 \tag{3}$$

3. 설계 고려사항

와이퍼기구는 운동을 하는 동안 원하는 면적을 충분히 닦으며 원활하게 운동할 수 있도록 설계되어야 한다. 본 연구에서는 이러한 와이퍼기구 설계 고려사항을 다음과 같은 4가지 조건으로 분류하여 고찰하였다.

3.1 운동학적 조건

각 와이퍼가 운동을 하는 동안 원하는 면적을 충분히 닦지 못하거나 두 와이퍼 사이의 위상차가 심하게 되면 운전자의 시야를 방해할 수 있다. 승객 쪽과 운전자쪽에서의 와이핑면적은 각각의 와이퍼에서 발생하는 최대 와이핑각에 의해 결정되어진다. 따라서 설계자는 각 와이퍼에서 발생하는 최대 와이핑 각이 원하는 값들로부터 적절한 오차범위내에서 결정되도록 기구를 구성하여야 한다. 이러한 조건을 수식화하면 식(4)와 식(5)가 된다. 식(4)와 식(5)에서 β_1 과 β_2 는 각각 와이퍼 1과 2에서 발생한 각을 의미한다. 또한 본 연구에서는, 두 와이퍼 사이의 큰 위상차를 막고 원활한 운동을 위하여 크랭크 각 180° 근처에서 각 와이퍼의 운동방향이 전환될 수 있도록 하는 구속조건을 식(6)과 식(7)과 같이 고려하였다. 식(6)과 식(7)에서 α_1 과 α_2 는 각 와이퍼가 전진스트로크에서 후진스트로크로 운동방

향을 전환할 때의 크랭크 각을 의미한다. 식(4)~식(7)에서 $\beta_1^l, \beta_1^u, \beta_2^l, \beta_2^u, \alpha_1^l, \alpha_1^u, \alpha_2^l, \alpha_2^u$ 는 설계자에 의해 주어지는 한계치를 의미한다. 또한 본 논문에서 $\max x$ 및 $\min x$ 는 각각 한 사이클동안에 변화하는 x 의 값들 중 최대값 및 최소값을 의미한다.

$$\beta_1^l \leq \max \beta_1 \leq \beta_1^u \tag{4}$$

$$\beta_2^l \leq \max \beta_2 \leq \beta_2^u \tag{5}$$

$$\alpha_1^l \leq \alpha_1 \leq \alpha_1^u \tag{6}$$

$$\alpha_2^l \leq \alpha_2 \leq \alpha_2^u \tag{7}$$

각 와이퍼에서 발생하는 각속도의 크기가 어느 한계치 이상이 되면 모터에 높은 부하가 걸릴 수 있으며, 각 와이퍼에서 발생하는 각가속도의 크기가 어느 한계치 이상이 되면 모터에 높은 동적부하가 걸릴 수 있다. 또한 각 와이퍼에서 발생하는 각저크의 크기가 어느 한계치 이상이 되면 각 와이퍼가 저키(jerky)운동을 하게 되어 와이퍼의 진동이나 소음등의 원인으로 작용할 수 있다. 따라서 각 와이퍼에서 발생하는 각속도, 각가속도, 그리고 각저크의 크기가 적절한 한계치 이하에서 발생할 수 있도록 기구를 구성하여야 한다. 이와 같은 조건은 식(8)에서 식(13)과 같이 수식화되어질 수 있다. 식(8)~식(13)에서 β_1 과 β_2 위에 있는 점은 시간에 대한 미분을 나타내며, $V_1, V_2, A_1, A_2, J_1, J_2$ 는 설계자에 의해 주어지는 상한치들을 의미한다.

$$\max |\dot{\beta}_1| \leq V_1 \tag{8}$$

$$\max |\dot{\beta}_2| \leq V_2 \tag{9}$$

$$\max |\ddot{\beta}_1| \leq A_1 \tag{10}$$

$$\max |\ddot{\beta}_2| \leq A_2 \tag{11}$$

$$\max |\ddot{\beta}_1| \leq J_1 \tag{12}$$

$$\max |\ddot{\beta}_2| \leq J_2 \tag{13}$$

3.2 토크조건

모터에 걸리는 부하가 모터용량을 초과하게 되면 기구가 운동을 하지 못하고 정지할 수 있으며, 또한 모터 부하 변동이 심하면 진동 및 소음을 일으켜 기구가 불안정하게 된다. 따라서 설계자는 모터에 걸리는 최대부하가 어느 한계치를 초과하지 않도록 하며, 각 스트로크에서 모터에 발생하는 최대부하의 차이가 어느 한계치내에 있도록 기구를 구성하여야 한다. 본 연구에서는 이와 같은 조건을 식(14)와 식(15)와 같이 수식화하였다. 식(14)에서 T_0 는 한 사이클동안 모터에 발생하는 부하를 의미

하며 T_m 은 모터에 발생하는 부하의 한계치를 의미한다. 식(15)에서 T_{0r} 와 T_{0r} 은 각각 전진스트로크와 후진스트로크에서 모터에 발생하는 부하를 의미하며 T_{a1} 은 각 스트로크에서 모터에 발생하는 최대부하 사이의 한계치를 나타낸다.

$$\max|T_0| \leq T_m \tag{14}$$

$$|\max|T_{0r}| - \max|T_{0r}|| \leq T_{a1} \tag{15}$$

또한 와이퍼 1과 와이퍼 2에서 발생하는 토크가 너무 작거나, 두 와이퍼 사이나 두 스트로크 사이에서 발생된 최대토크의 차가 어느 한계치를 넘어서면 기구가 원활한 운동을 하지 못하고 정지하는 경우가 발생할 수 있다. 따라서 설계자는 이와 같은 경우를 방지하기 위하여, 각 와이퍼에서 적절한 토크를 발생시킬 수 있도록 기구를 구성하여야 한다. 본 연구에서는 이와 같은 설계 고려사항을 식(16)~식(20)과 같이 수식화하였다. 식(16)과 식(17)은 와이퍼 1과 2에서 발생하는 토크들의 최소치가 어느 한계치 이상이 되도록 하는 조건이다. 식(18)은 두 와이퍼 사이에 발생하는 최대토크의 차가 어느 한계치 이하에 있도록 하는 조건이다. 식(19)와 식(20)은 각 와이퍼에 대한 스트로크들 사이에서 발생하는 최대토크의 차가 어느 한계치 이하에 있도록 하는 조건이다. 식(16)~식(20)에서 T_1 과 T_2 는 각각 와이퍼 1과 2에서 발생하는 토크를 나타내며 T_{s1} , T_{s2} , T_{a2} , T_{a3} , T_{a4} 는 한계치들을 나타낸다. 또한 첨자 f , r 은 각각 전진스트로크와 후진스트로크를 의미한다.

$$\min|T_1| \geq T_{s1} \tag{16}$$

$$\min|T_2| \geq T_{s2} \tag{17}$$

$$\min|T_1| - \min|T_2| \leq T_{a2} \tag{18}$$

$$|\min|T_{1f}| - \min|T_{1r}|| \leq T_{a3} \tag{19}$$

$$|\min|T_{2f}| - \min|T_{2r}|| \leq T_{a4} \tag{20}$$

3.3 가동성조건

와이퍼기구에서 크랭크는 반드시 360° 회전하도록 설계되어야 하며 구성된 기구는 실제 조립 가능한 기구가 되어야 한다. 따라서 본 연구에서는 RSSR 기구에 대한 가동성조건(mobility condition)⁽¹⁾을 적용하였다. 먼저 Fig. 1에서 $a_0 - a_1 - b_1 - b_0$ 로 구성된 RSSR 기구에 대하여 크랭크가 360° 회전하기 위한 조건을 식(21)과 같이 수식화하였다. 식(21)에서 l_{c1} 은 커플러링크 $a_1 - b_1$ 의 길이를 나타내

며, $L_{min}(a)$ 와 $L_{max}(a)$ 는 각각 크랭크가 a 만큼 회전 하였을 때의 상태에서 기구의 구성을 가능하게 하는 커플러링크의 최소길이 및 최대길이를 나타낸다. 또한 와이퍼 1과 와이퍼 2를 연결하는 $a_0' - a_1' - b_1' - b_0'$ 로 구성된 RSSR 기구에 대하여는 기구가 조립 가능하도록 하는 조건을 식(22)와 같이 수식화하였다. 식(22)에서 l_{c2} 는 커플러링크 $a_1' - b_1'$ 의 길이를 나타내며, $L_{min}(\beta_1)$ 과 $L_{max}(\beta_1)$ 은 각각 $a_0' - a_1' - b_1' - b_0'$ 로 구성된 RSSR 기구에서의 입력링크 $a_1' - b_1'$ 가 β_1 만큼 회전하였을 때의 상태에서 기구의 구성을 가능하게 하는 커플러링크의 최소길이 및 최대길이를 나타낸다.

$$\max[L_{min}(a)] \leq l_{c1} \leq \min[L_{max}(a)], \tag{21}$$

$$0 \leq a \leq 2\pi$$

$$\min[L_{min}(\beta_1)] \leq l_{c2} \leq \max[L_{max}(\beta_1)], \tag{22}$$

$$0 \leq \beta_1 \leq 2\pi$$

3.4 패키징조건

와이퍼는 자동차내의 한정된 공간에 조립되어야 하는 자동차 부품으로서 상당한 공간적 제약을 받고 있다. 따라서 설계자는 설계변수로 선택된 모터의 위치나 링크의 길이 및 방향을 임의로 선택할 수 없다. 이와 같은 패키징조건을 식(23)과 같이 수식화하였다. 식(23)에서 x_i 는 i 번째 설계변수를 나타내고 n 은 설계변수의 수를 나타내며, x_i^l 과 x_i^u 는 각각 i 번째 설계변수의 하한치와 상한치를 나타낸다. 또한 Fig. 1에서의 b_1 과 a_1' 사이의 길이 l_a 도 식(24)와 같이 구속되어야 하며, 식(24)에서 l_a^l 과 l_a^u 는 각각 b_1 과 a_1' 사이의 길이 l_a 에 대한 하한치와 상한치를 나타낸다.

$$x_i^l \leq x_i \leq x_i^u, \quad i=1, \dots, n \tag{23}$$

$$l_a^l \leq l_a \leq l_a^u \tag{24}$$

4. 최적화문제 수식화

앞 절에서 설명한 구속조건을 만족하게 하는 설계를 적정설계라 한다. 수 많은 적정설계치들 가운데, 설계자가 설정한 중요한 성능지수를 최대화하거나 최소화하는 최적설계치를 얻을 수 있다면 그것은 설계자에게 매우 유익한 일이 될 것이다. 따라서 본 연구에서는 각 와이퍼가 가능한 한 원활한 운동을 하도록 하기 위하여, 크랭크가 360°회전하는 동안 와이퍼 1과 2에서 발생하는 저크의 적분을

성능지수로 선택하였다. 이와 같은 성능지수는 식 (25)와 같이 표현될 수 있으며, 식(25)에서 β_1 와 β_2 는 각각 와이퍼 1과 2에서 발생하는 각 저크를 나타낸다.

$$f(x) = \int_0^{2\pi} \{\ddot{\beta}_1^2 + \ddot{\beta}_2^2\} da \quad (25)$$

설계변수는 설계환경에 따라 설계자가 임의로 선택할 수 있다. 본 연구에서는 모터의 위치와 링크길이 및 방향을 식(26)과 같이 설계변수로 선택하였다. 식(26)에서 a_{0y} 와 a_{0z} 는 각각 자동차의 진행방향을 x 축, 측면 방향을 y 축, 수직방향을 z 축으로 하였을 경우, $y-z$ 평면상에서의 모터의 위치를 나타낸다. x 축 방향으로의 모터의 위치는 고정된 값으로 처리하여 설계변수에서 제외시켰다. 또한 (l_1, l_2, l_3, l_4) 는 각각 Fig. 3에서 보는 바와 같이 링크 a_0-a_1 , 링크 b_1-b_0 , 링크 $a_0'-a_1'$, 링크 $b_1'-b_0'$ 의 길이를 나타내며, θ_1 은 크랭크축에 대한 링크 a_0-a_1 의 초기설계점으로부터 변동각을 나타내고, θ_2 은 피봇 1 축에 대한 링크 b_1-b_0 의 초기설계점으로부터 변동각을 나타내며, θ_3 은 피봇 1 축에 대한 링크 b_1-b_0 와 링크 $a_0'-a_1'$ 의 사이각 γ 의 초기설계점으로부터 변동각을 나타내고, θ_4 은 피봇 2축에 대한 링크 $b_1'-b_0'$ 의 초기설계점으로부터 변동각을 나타낸다.

$$x = [a_{0y}, a_{0z}, l_1, l_2, l_3, l_4, \theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4]^T \quad (26)$$

본 연구에서 설정한 와이퍼기구 설계를 위한 최적화 문제는, 식(4)~식(24)와 같이 표현되는 설계구

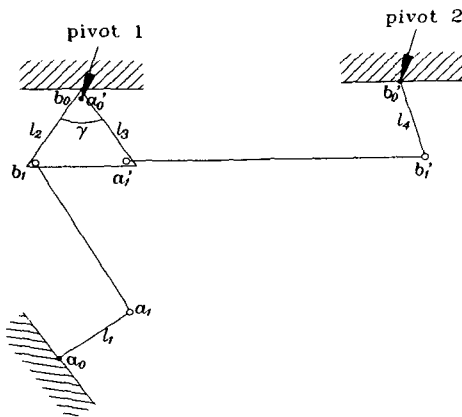


Fig. 3 Design variables

속조건하에서 식(25)와 같이 표현되는 목적함수를 최소화하는 식(26)과 같이 표현되는 설계변수를 찾는 문제로 정의될 수 있으며, 이것을 수식화하면 아래와 같이 표현될 수 있다.

$$\text{Minimize } f(x) \quad (27)$$

$$\text{subject to } g_j(x) \leq 0, j=1, \dots, m \quad (28)$$

$$x_i^l \leq x_i \leq x_i^u, i=1, \dots, n \quad (29)$$

식(28)은 식(4)~식(22) 그리고 식(24)와 같이 표현되는 설계고려사항을 의미하는 것으로서 최적화 문제의 부등식 구속조건을 의미한다. 여기서 m 은 부등식 구속조건을의 개수를 나타내며 본 연구에서는 27의 값을 가진다. 식(29)에서 n 은 설계변수의 개수를 의미하는 것으로 본 연구에서는 10의 값을 가진다.

5. 최적설계 프로그램

본 연구에서는 앞에서 정의한 최적설계 문제를 풀기 위하여, 먼저 와이퍼기구를 위한 해석프로그램을 작성하였고, 작성된 해석프로그램을 근거로 최적화를 수행하기 위하여 구속조건이 있는 문제를 구속조건이 없는 문제로 변환하여 최적화를 수행하는 ALM기법을 이용한 IDOL⁽²⁾을 사용하였다. 이와 같이 구성된 와이퍼기구를 위한 최적설계의 기본적인 흐름도는 Fig. 4와 같다.

최적화를 위한 설계기준치 및 임의의 초기설계에 의한 입력데이터가 사용자에게 의해 입력모듈에서 주어지게 되면, 먼저 와이퍼 시스템의 최적화를 위한 가함수를 구성한다. 이제 운동학적 해석 및 힘/토크 해석으로 구성된 해석모듈에 의해 가함수 계산 및 유한차분법에 의한 설계 민감도해석을 수행함으로써 가함수를 최소화하는 최적해를 구한 후 수렴성 여부를 판정한다. 수렴조건을 만족시키지 못할 경우에는 라그랑지승수값 및 벌칙계수값을 개선하여 새로운 가함수를 구성한 후 전술한 과정을 반복한다. 이와 같은 반복적인 작업이 수렴할 때 까지 수행되어지며, 최적화가 다 수행되어진 후, 출력모듈에서는 테이블의 형태로 최적화 수행결과를 주며, 또한 그래프의 형태로 초기설계점과 최적설계점에서의 와이퍼기구의 성능을 비교하는 각 와이퍼에서의 속도, 가속도, 저크 및 토크 등의 다양한 결과들을 보여준다.

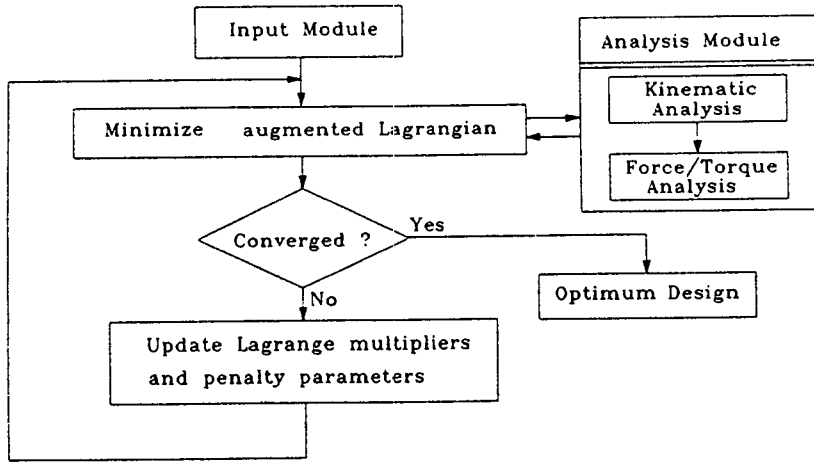


Fig. 4 Skeleton flowchart of an optimum design program

6. 와이퍼 최적설계 결과 및 고찰

본 연구를 통하여 개발한 와이퍼기구 최적설계 프로그램을 이용하여 실제 와이퍼기구에 대한 최적화를 수행하였다. 와이퍼 1의 최대 와이핑각이 95° 근처에서 발생하도록 식(4)의 상한치는 95.5°, 하한치는 94.5°로 제한하였고, 와이퍼 2의 최대 와이핑 각은 85° 근처에서 발생하도록 식(5)의 상한치는 85.5°, 하한치는 84.5°로 하였으며, 전진스트로크에서 후진스트로크로 운동방향을 전환할 때의 크랭크 각이 180° 근처에서 발생하도록 식(6)과 식(7)에서 상한치는 185°, 하한치는 175°로 제한하였다. 또한 식(23)의 설계변수 중 모터의 위치 및 링크 길이에 대한 상하한치와 식(24)의 링크길이에

대한 제한조건의 상하한치는 현재값에 대하여 ±20%로 제한하였고, 초기위치로부터의 각 링크의 회전각에 대한 상하한치는 ±0.5 rad으로 제한하여 최적화를 수행하였다. 속도, 가속도, 저크 및 힘/토크에 관계하는 제한조건에 들어가는 한계치는 참고문헌(3)에서 실험적 방법에 의해 제시한 기준치를 사용하였다.

초기설계점과 최적설계점에서의 와이퍼기구의 성능을 그래프로써 비교하였다. Fig. 5와 Fig. 6은 모터의 회전에 대한 와이퍼 1과 와이퍼 2의 와이핑 각을 그래프로 나타낸 것이다. 초기치에서는 와이퍼 1에서 발생된 와이핑 각이 원하는 와이핑 각보다 적게 나왔는데 최적치에서는 원하는 와이핑 각을 주고 있다. 반대로 와이퍼 2에서는 초기치에서 발생된 와이핑 각이 원하는 와이핑 각보다 크게 나

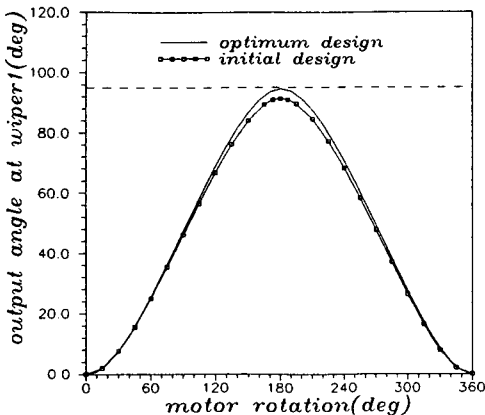


Fig. 5 Comparison of wiping angle for wiper 1

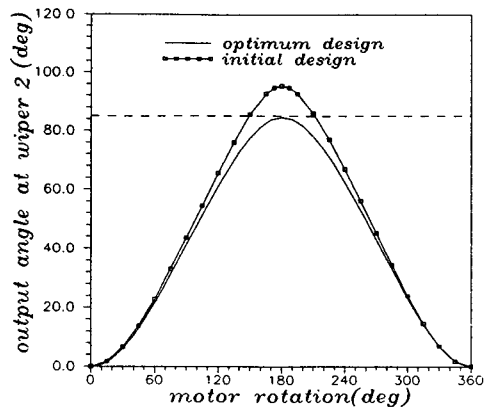


Fig. 6 Comparison of wiping angle for wiper 2

왔는데 최적치에서는 원하는 와이핑 각을 주고있다. 또한 각 와이퍼에 발생하는 각속도, 각가속도 및 각저크도 바람직한 방향으로 개선된 것을 Fig. 7~Fig. 12에서 볼 수 있다. 대체로 초기치에서도

설계요구조건을 만족하고 있으나 Fig. 12에서 보는 바와 같이 와이퍼 2에서 발생하는 저크는 한계치를 넘어서고 있어 설계 요구조건을 만족하지 않았으나, 최적치에서는 위배된 구속조건을 바로 잡아 모든

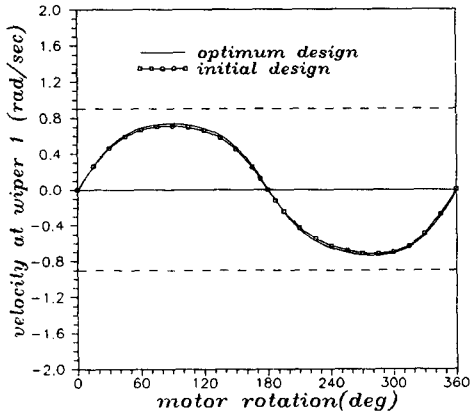


Fig. 7 Comparison of angular velocity for wiper 1

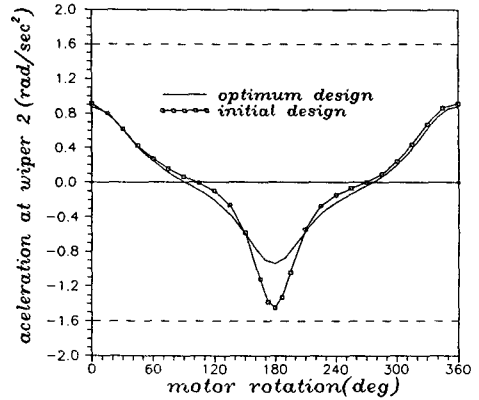


Fig. 10 Comparison of angular acceleration for wiper 2

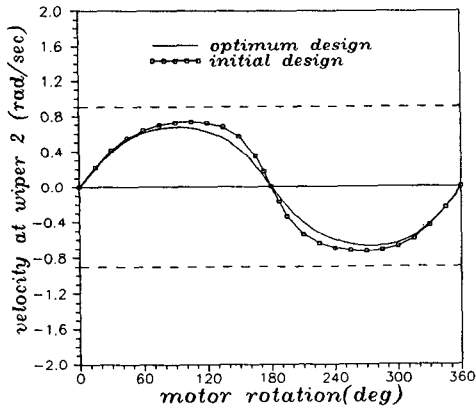


Fig. 8 Comparison of angular velocity for wiper 2

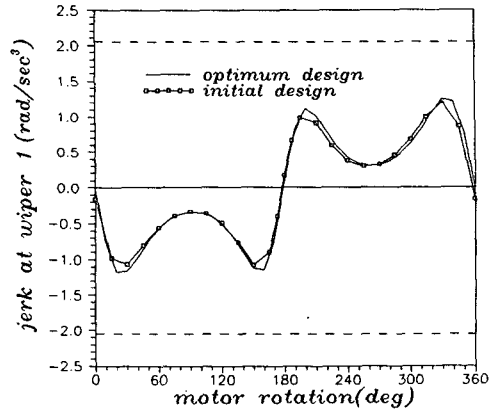


Fig. 11 Comparison of angular jerk for wiper 1

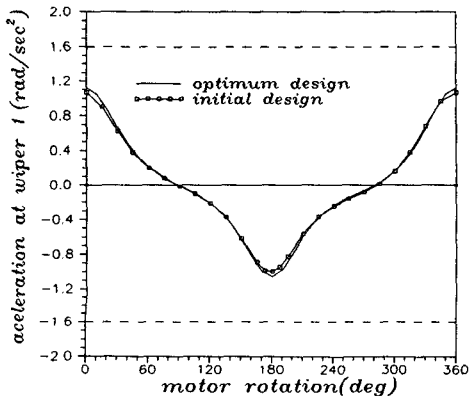


Fig. 9 Comparison of angular acceleration for wiper 1

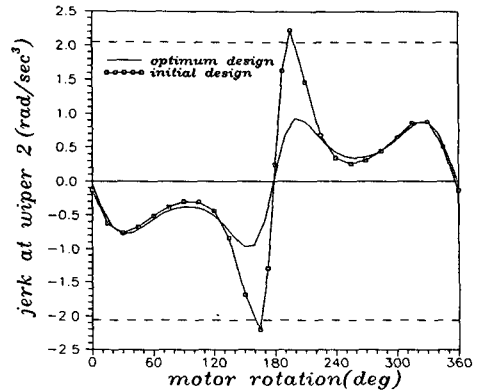


Fig. 12 Comparison of angular jerk for wiper 2

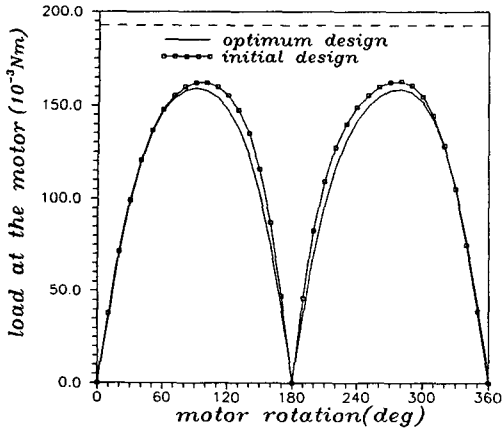


Fig. 13 Comparison of load at motor

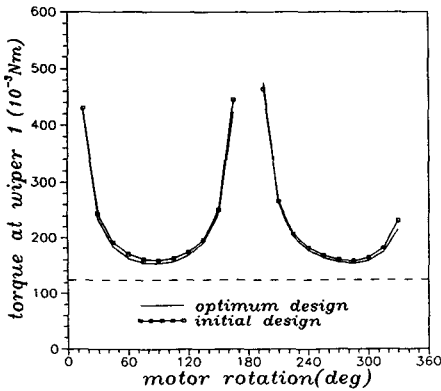


Fig. 14 Comparison of available torque for wiper 1

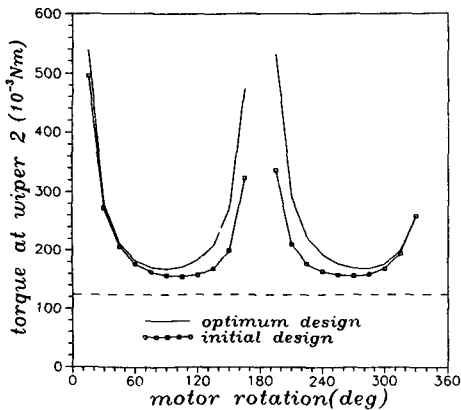


Fig. 15 Comparison of available torque for wiper 2

설계요구조건을 만족하도록 하였다. Fig. 13은 모터에 작용하는 부하를 초기치와 최적치에서 비교한 그래프이다. Fig. 13에서 보는 바와 같이 초기치에서도 모터에 작용하는 부하의 최대치는 한계치내에 있으나 최적치에서 부하분포가 약간 개선된 것을 알 수 있다. Fig. 14와 Fig. 15는 와이퍼 1과 2에서의 발생되는 토크를 초기치와 최적치에서 비교한 것으로 모두 설계요구조건을 만족하고 있으나, 최적치에서의 와이퍼 2의 토크분포가 개선된 것을 알 수 있다.

7. 결 론

본 연구에서는 두개의 RSSR 공간기구로 이루어진 와이퍼기구를 위한 해석모듈을 개발하였고, 개발된 해석 모듈을 바탕으로, 초기설계점과 제한 조건들의 한계치가 주어지면, 와이퍼기구를 자동으로 설계 할 수 있는 와이퍼기구 최적설계 프로그램을 개발하였다. 최적설계 프로그램을 통해 얻어진 최적해는 와이퍼기구를 구성하는 링크의 길이 및 방향과 모터의 위치를 체계적이며 효과적으로 구해주며, 구하여진 해는 원하는 구속조건들을 만족하며 주어진 설계 환경하에서 가장 원활한 운동을 하게 하여 준다.

개발된 프로그램을 실제 와이퍼기구에 적용하여 최적설계를 수행함으로써 본 연구에서 개발한 프로그램의 유효성을 입증하였다.

참고문헌

- (1) Shu C. H. and Radcliffe C. W., 1978, *Kinematics and Mechanism Design*, Jhon Wiely and Sons.
- (2) Kim, M. S. and Choi, D. H., 1993, *IDOL Version 2.0 User's Guide*, Technical Report No. AMOD-93-01, Applied Mechanics & Optimal Design Lab., Dept. of Mechanical Design and Production Engineering, Hanyang University.
- (3) Singh, H. Ford Co., 1971, "Windshield Wiper Linkage Analysis," *SAE Pap 710254*.