

휴대폰 폴더용 힌지기구의 윤곽 설계에 관한 연구

박종근#, 이수준*

A Study on the Contour Design in the Hinge Mechanism for a Folder of a Mobile Phone

Jong-keun Park# and Soo Jun Lee*

ABSTRACT

A total stroke of an opening or closing motion of a hinge mechanism in a folder-type mobile phone is composed of two portions. In the first portion, human fingers act a force to open or close the folder. In this portion, the rotating folder compresses the coil spring installed in the mechanism. In the last portion, this compressed coil spring generates a torque to rotate the folder. The main merit of this study is that we have designed a hinge mechanism to be operated by a uniform torque in the first portion of the total stroke. The uniform torque means that it is constant along the folder's swing angle. This mechanism will give softer feeling to human fingers. A pair of contours in the mechanism plays an important role. It transforms rotation into translation in the first portion; on the other hand, it transforms translation into rotation in the last portion. In this study, we have developed an algorithm to obtain the pair of contour curves. We divided the total contour curves into finite sub-intervals. Assuming that the curves in every sub-interval are parabolas, we have obtained the coefficients of them by solving systems of nonlinear equations recursively.

Key Words : Contour design (윤곽 설계), Hinge mechanism (힌지기구), Mobile phone (휴대폰), Uniform torque (균일 회전력)

기호설명

(A) = moving part of hinge mechanism
 (B) = fixed part of hinge mechanism
 E = neutral range not sliding down in folder's rotational stroke
 F = spring force exerted on hinge mechanism
 H = horizontal force applied by human fingers
 H' = imaginary horizontal force so that the moving

part slides down at a constant speed v'
 P_0 = closed position of folder
 P_1 = neutral position of folder
 P_2 = opened position of folder
 P_3 = position of folder nearly perpendicular to main body
 r = rounding radius of peak area of (B)
 R_e = effective radius of contours in hinge mechanism

✉ 접수일: 2008 년 1 월 18 일; 게재승인일: 2008 년 6 월 11 일
 # 교신저자: 경남대학교 기계자동차공학부
 E-mail: jkpark@kyungnam.ac.kr Tel. (055) 249-2621
 * 경남대학교 대학원 기계공학과

- R_i = inner radius of contours in hinge mechanism
- R_o = outer radius of contours in hinge mechanism
- T = torque exerted on part (A) by human fingers
- T' = torque exerted on part (A) by compressed coil spring
- T_1 = opening torque at position P_0
- T_2 = closing torques at position P_2
- T_3 = closing torques at position P_3
- (x, y) = coordinates of contour curve of (A)
- (x^*, y^*) = coordinates of rounding center of (B) in single contour type
- θ_e = slope angle of contour at radius R_e
- θ_i = slope angle of contour at radius R_i
- θ_o = slope angle of contour at radius R_o
- μ = coefficient of kinetic friction
- φ_1 = first portion of opening stroke of folder
- φ_2 = total rotational stroke of folder

1. 서론

힌지기구는 기계를 구성하는 부품 중에서 매우 중요한 역할을 하는 부품임에도 불구하고 지금까지 연구과제로서의 중요성을 별로 인정받지 못하였다. 그것은 구조와 기능이 단순하여 새로운 기구나 이론을 개발하기 쉽지 않기 때문이다. 힌지기구에 관한 연구들 중에서 ^{1,4} 전자석의 힘을 이용하여 힌지기구를 구동시키는 연구가 있다. 이와 같은 경우에는 직접접촉에 의한 마찰이나 마멸이 없는 반면 전자장이 주위에 불필요한 피해를 줄 우려가 있다.¹ 문이 회전운동이 아닌 어떤 주어진 강제운동을 할 수 있도록 6 절 기구를 이용하여 힌지기구를 고안한 연구가 있고,² 문을 닫을 때에 필요한 회전력을 발생시키기 위하여 유연성 재료를 사용한 힌지기구에 관한 연구도 있다.³ 인공위성에 장착되는 태양전지판을 전개하기 위하여 균일한 회전력을 발생시키는 힌지기구에 관한 연구가 수행되기도 하였지만 ⁴ 본 연구와 직접적인 연관성을 찾기 어렵다.

휴대폰의 폴더에 사용되는 힌지기구의 작동 원리를 Fig. 1 에 나타낸다. 이 중에서 운동부품 (A)와 고정부품 (B)가 중요한 역할을 한다. 전자는 폴더와 함께 회전하는 반면 후자는 휴대폰의 본체에 고정되어 있다. 사람의 손가락이 폴더를 열거나 닫을 때 운동부품 (A)가 폴더와 함께 회전하고 이와

동시에 두 부품 (A) 와 (B)의 직접접촉에 의하여 운동부품 (A)가 왼쪽으로 미끄러진다. 이 축방향의 미끄럼운동이 내부에 장착된 코일스프링을 압축시킨다. 이것이 폴더의 전체 운동 행정에서 전반부이다. 접촉이 두 곡면의 정점을 통과하면 내리막 경사가 되고 전반부에서 압축된 코일스프링이 두 내리막 경사의 직접접촉으로 회전력을 발생시켜서 폴더를 회전시킨다. 이것이 후반부이다. Fig. 2 에서 φ_2 가 전체 행정이고 열 때에는 φ_1 이 전반부, $\varphi_2 - \varphi_1$ 이 후반부이지만 닫을 때에는 $\varphi_2 - \varphi_1$ 이 전반부, φ_1 이 후반부이다. Fig. 2 에서 영역 E는 3.1 절에서 설명될 것이다.

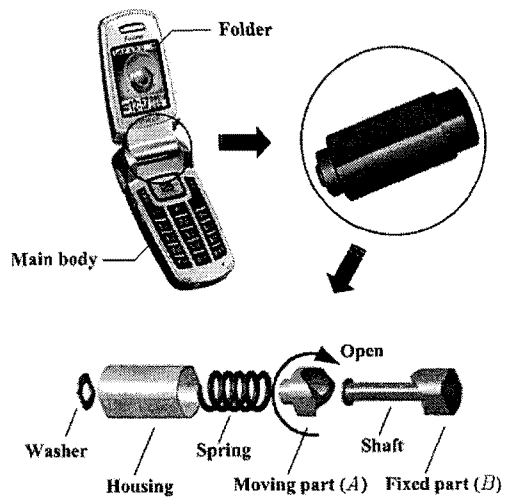


Fig. 1 Hinge mechanism in a folder-type mobile phone

현재 실용화되고 있는 휴대폰 힌지기구의 설계조건들 중 하나를 Fig. 2 에 나타낸다.⁵ 여기서는 3 지점에서 회전력이 정의되어 있다. 즉, P_0 위치에서 여는 회전력이 T_1 이고 P_2 와 P_3 에서 닫는 회전력이 각각 T_2 와 T_3 이다. 대부분의 휴대폰 메이커가 이와 동일하거나 유사한 설계조건을 사용하고 있다. 이러한 설계조건 하에서는 지정된 3 지점 이외의 위치에서는 임의의 회전력을 가질 수 있으므로 폴더의 운동이 부드럽지 못할 가능성이 많다.

지금까지 휴대폰 힌지기구의 윤곽 설계는 기술자의 경험이나 감각에 의존하여 왔고 이론적이고 체계적인 연구는 수행되지 못하였다.

본 연구에서 Fig. 1 의 두 부품 (A)와 (B)에 포함되어 있는 한 쌍의 윤곽을 설계하는 계산논리

(algorithm)를 개발하였다. 특히 본 연구에서는 폴더의 회전운동의 전반부에서 균일한 회전력으로 폴더가 작동되도록 함으로써 사람의 손가락이 받는 느낌이 부드러우도록 하였다는 것이 최대의 특징이다.

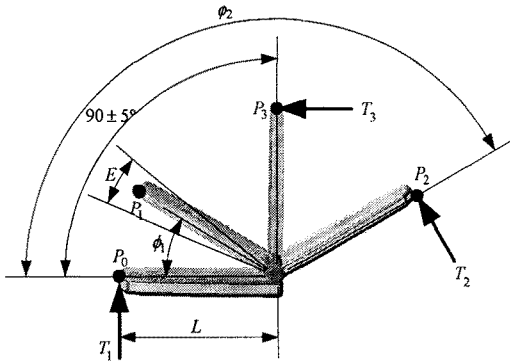
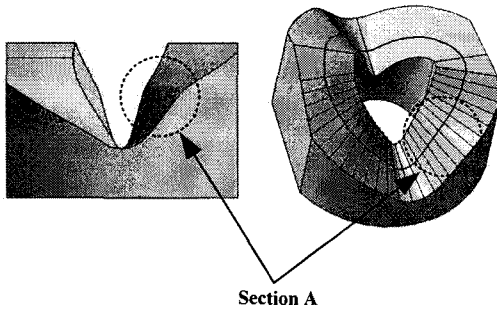


Fig. 2 Three-point torque condition for hinge mechanism design



Section A
Fig. 3 Contact lines on contour

보통 휴대폰의 힌지기구에는 두 가지가 있다. 한가지는 고정부품 (B)의 꼭대기 부분만이 운동부품 (A)의 전체 윤곽과 접촉하는 경우이다. 이런 경우에는 운동부품 (A)의 전체 윤곽과 고정부품 (B)의 꼭대기 부분의 곡률반경을 결정해야 한다. 이런 기구를 우리는 ‘단일윤곽형(single contour type)’이라고 부르겠다. 이런 형의 기구는 힌지기구의 외경이 작아도 되는 일반적인 휴대폰에 주로 장착된다. 다른 한가지는 두 부품 (A)와 (B)에 동일한 윤곽이 만들어져서 서로 접촉하는 경우이다. 이것을 우리는 ‘쌍둥이윤곽형(twin contours type)’이라고 부르겠다. 이런 기구는 카메라가 장착된 휴대폰과 같이 힌지기구의 외경이 비교적 큰 경우에 주로 사용된

다.

2. 접촉 기하학과 힘의 평형 조건

2.1 접촉 기하학

Fig. 1에 나와 있는 두 부품 (A)와 (B)가 공통 회전축 주위로 회전할 때 두 블록 윤곽이 균일하게 접촉하여야 한다. 만일 접촉부의 탄성변형을 무시한다면 이 접촉부분은 Fig. 3에 나타낸 바와 같이 직선이 되고 이 직선은 회전축과 수직으로 만난다. 이 직선을 우리는 ‘접촉선(contact line)’이라고 부르겠다.

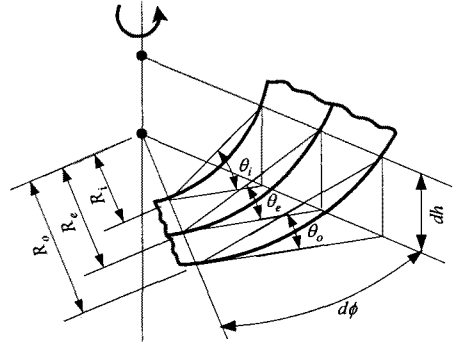


Fig. 4 Geometrical relations of contour

Fig. 3의 A부분을 확대하여 Fig. 4에 나타낸다. 여기서, R_i , R_e , R_o 는 각각 내부, 유효, 외부 반경이고 θ_i , θ_e , θ_o 는 각각 해당 반경에서의 경사각이다.

경사각 θ 가 반경에 따라 변하므로 유효 반경 R_e 를 정의하여 이 유효 반경에 대하여 힘의 평형 조건을 세우고 윤곽을 설계하는 것이 편리하다.

두 블록 윤곽이 접촉할 때 접촉부의 미소 탄성 변형은 접촉선 상에서 발생하고 접촉 부분의 미소 넓이는 반경 즉 축에서부터의 수직 거리에 비례한다. 회전축에 관한 면적 1차 모멘트(polar moment of area)를 고려하면 유효 반경 R_e 는:

$$R_e = \frac{2(R_o^3 - R_i^3)}{3(R_o^2 - R_i^2)} \quad (1)$$

Fig. 4에 나타낸 바와 같이 접촉선의 미소 회전각 $d\phi$ 에 의한 미소 진행거리 dh 는 반경과 상

관없이 일정하므로 다음의 관계가 성립한다.

$$\theta_i = \tan^{-1} \left(\frac{R_e}{R_i} \tan \theta_e \right) \quad (2)$$

$$\theta_o = \tan^{-1} \left(\frac{R_e}{R_o} \tan \theta_e \right) \quad (3)$$

2.2 힘의 평형 조건

휴대폰을 열거나 닫을 때 전체 회전 행정의 전반부에서 사람의 손가락이 폴더에 회전력을 가한다. 이런 상황을 평면 평형 상태로 Fig. 5 에 나타낸다.

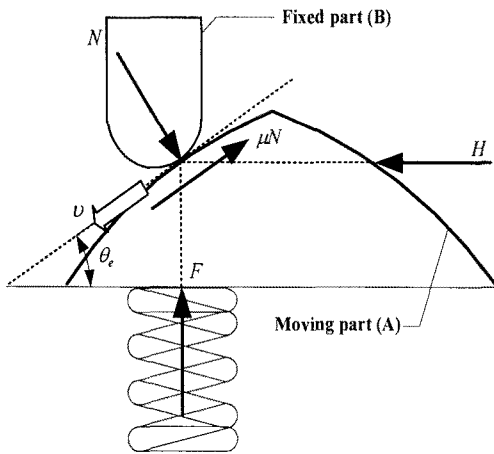


Fig. 5 Force equilibrium state in pushing-up motion

스프링력 F 를 받고 있는 운동부품 (A)에 사람의 손가락이 수평 방향의 힘 H 를 가하여 일정 속도 v 로 경사면을 미끄러져 올라가는 경우를 나타낸다. 부품 (A)에 대하여 힘의 평형조건을 고려하면:

$$\theta_e = \tan^{-1} \left(\frac{H - \mu F}{\mu H + F} \right) \quad (4)$$

사람의 손가락이 부품 (A)에 가하는 실제의 회전력은:

$$T = HR_e \quad (5)$$

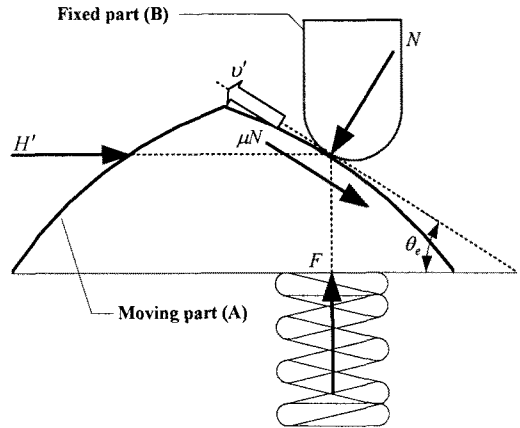


Fig. 6 Force equilibrium state in sliding-down motion

폴더의 전체 운동 행정 중 후반부에서는 압축되어 있는 코일 스프링이 회전력을 발생하여 폴더를 회전시키는 것이고 이 상황이 Fig. 6 에 나와 있다. 즉, 압축된 코일 스프링이 운동부품 (A)에 힘 F 를 가하여 내리막 경사를 미끄러져 내려온다. H' 은 이 운동부품이 일정한 속도 v' 로 미끄러지기 위한 가상의 힘이다. 이때의 힘의 평형조건은:

$$\theta_e = \tan^{-1} \left(\frac{\mu F + H'}{F - \mu H'} \right) \quad (6)$$

다시 정리하면:

$$H' = \frac{F \tan \theta_e - \mu F}{1 + \mu \tan \theta_e} \quad (7)$$

이 때 코일 스프링에 의하여 발생하는 회전력은:

$$T' = H'R_e \quad (8)$$

전체의 회전 행정 ϕ_2 가 180° 보다 작기 때문에 Fig. 5 와 6 과 같은 접촉이 반경 R_e 인 원주상의 마주보는 두 점에서 동시에 발생한다. 수평 방향의 힘 H 와 H' 는 이 두 군데 힘의 합이다.

3. 윤곽 설계

3.1 단일윤곽형

서론에서 언급한 바와 같이 단일윤곽형의 힌지 기구를 설계하기 위해서는 운동 부품 (A)의 유효 반경 R_e 상에서의 윤곽곡선을 결정해야 한다. 이를 위하여 편의상 운동부품 (A)가 고정되고 고정부품 (B)가 (A)의 윤곽을 따라서 움직인다고 가정한다.

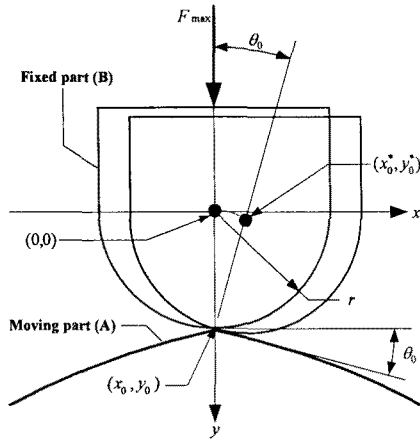


Fig. 7 Starting position in design procedure for single contour type

설계를 시작하는 초기 위치를 Fig. 7 에 나타낸다. 단일윤곽형에서는 고정부품 (B)의 꼭대기 부분만이 (A)의 윤곽과 접촉한다. 이 꼭대기 부분의 곡률반경은 r 이다.

단계 1

두 부품 (A)와 (B)의 정점이 서로 접촉할 때 코일 스프링의 압축변위가 최대값을 가진다. 만일 스프링상수와 이 최대 변위를 미리 결정한다면 스프링의 최대 하중은:

$$F_{max} = k\delta_{max} \tag{9}$$

만일 열 때와 닫을 때의 회전력 T_1 과 T_2 , 그리고 윤곽의 내부 및 외부 반경 R_i 와 R_o 를 미리 결정하면 식 (5)를 이용하여 H 를 계산할 수 있다. Fig. 2 의 ϕ_1 부분에 해당하는 윤곽을 설계하기 위해서는 T_1 을 사용해야 하고 $\phi_2-\phi_1$ 부분을 위해서는 T_2 를 사용해야 한다. Fig. 7 에 나타낸 시작 위치에서 스프링력은 F_{max} 과 거의 같으므로 반경 R_e 에서 초기 경사각은:

$$\theta_0 = \tan^{-1}\left(\frac{H - \mu F_{max}}{\mu H + F_{max}}\right) \tag{10}$$

여기서, 미끄럼마찰계수 μ 는 재료에 따른 상수로서 미리 알 수 있다.

만일 고정부품 (B)의 꼭대기 부분의 곡률반경 r 을 미리 결정한다면 부품 (A)의 윤곽곡선의 초기 위치와 부품 (B)의 꼭대기 부분의 곡률의 중심의 초기 위치는 각각:

$$x_0 = 0 \tag{11}$$

$$y_0 = r \tag{12}$$

$$x_0^* = r \sin \theta_0 \tag{13}$$

$$y_0^* = r(1 - \cos \theta_0) \tag{14}$$

만일 부품 (B)의 꼭대기 부분의 곡률의 중심이 (0, 0)와 (x_0^*, y_0^*) 사이에 놓인다면 식 (7)의 가상적인 수평 방향의 하중 H' 이 음수가 될 수 있고 이는 폴더가 스프링의 미는 힘 만으로는 움직일 수 없는 상황을 말한다. 이를 산업 현장에서 중립구역이라 하며 Fig. 2 에서 영역 E에 해당한다.

단계 2

Fig. 8 에 나타낸 바와 같이 전체의 윤곽곡선을 유한한 구간으로 나눈다. 이 때의 일정한 높이 간격을 Δy^* 로 두고 각각의 등분점에서 다음을 계산한다.

$$y_i^* = i\Delta y^*, \quad i = 1, 2, \dots \tag{15}$$

$$F_i = k(\delta_{max} - y_i^*), \quad i = 1, 2, \dots \tag{16}$$

$$\theta_i = \tan^{-1}\left(\frac{H - \mu F_i}{\mu H + F_i}\right), \quad i = 1, 2, \dots \tag{17}$$

$$y_i = y_i^* + r \cos \theta_i, \quad i = 1, 2, \dots \tag{18}$$

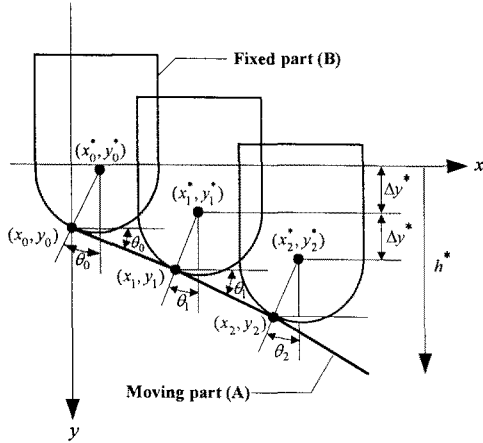


Fig. 8 Subsequent positions in design procedure for single contour type

단계 3

미지의 좌표값 x_i 와 x_i^* ($i = 1, 2, \dots$)를 구하기 위하여 두 점 (x_{i-1}, y_{i-1}) 과 (x_i, y_i) 사이의 윤곽곡선을 포물선으로 가정한다. 두 끝점은 포물선의 방정식을 만족시켜야 하므로:

$$y_{i-1} = a_i x_{i-1}^2 + b_i x_{i-1} + c_i, \quad i = 1, 2, \dots \quad (19)$$

$$y_i = a_i x_i^2 + b_i x_i + c_i, \quad i = 1, 2, \dots \quad (20)$$

두 끝점 (x_{i-1}, y_{i-1}) 과 (x_i, y_i) 에서 기울기는 $\tan \theta_{i-1}$ 와 $\tan \theta_i$ 이므로:

$$\tan \theta_{i-1} = 2a_i x_{i-1} + b_i, \quad i = 1, 2, \dots \quad (21)$$

$$\tan \theta_i = 2a_i x_i + b_i, \quad i = 1, 2, \dots \quad (22)$$

각각의 구간에서 4 개의 미지수 a_i, b_i, c_i, x_i ($i = 1, 2, \dots$)는 4 개의 서로 독립인 비선형방정식, 식 (19) - (22)를 이용하여 계산된다. 해를 구하는 방법은 여러 가지가 있겠지만 본 연구에서는 1 차원 최소화기법인 황금분할탐색법(golden section search method)⁶을 이용하였다. 구체적으로 설명하면 4 개의 미지수 중 x_i 에 x_{i-1} 보다 큰 임의의 값을 대입하고 식 (20) - (22)를 이용하여 나머지 미지수 a_i, b_i, c_i 를 구한다. 식 (19)를 음함수(implicit function)로 표시한 후 이것의 제곱을 목적함수로 두고 앞에서

구한 미지수의 값들을 대입한다. 이 목적함수값을 최소화시켜서 영으로 수렴시키는 x_i 를 황금분할탐색법을 이용하여 구하면 이것이 위의 비선형연립방정식의 해이다.

x_i 를 구한 후에는 x_i^* 는:

$$x_i^* = x_i + r \sin \theta_i, \quad i = 1, 2, \dots \quad (23)$$

지금까지 설명한 해를 구하는 과정은 x_i 를 구하기 위하여 x_{i-1} 의 값을 필요로 하므로 한 구간씩 진행되는 반복계산이고 Fig. 2 의 ϕ_1 부분을 계산하기 위해서는 x_i^* 가 $\phi_1 R_e$ 보다 커질 때까지, 그리고 $\phi_2 - \phi_1$ 부분을 위해서는 x_i^* 가 $(\phi_2 - \phi_1) R_e$ 보다 커질 때까지 계산을 반복해야 한다.

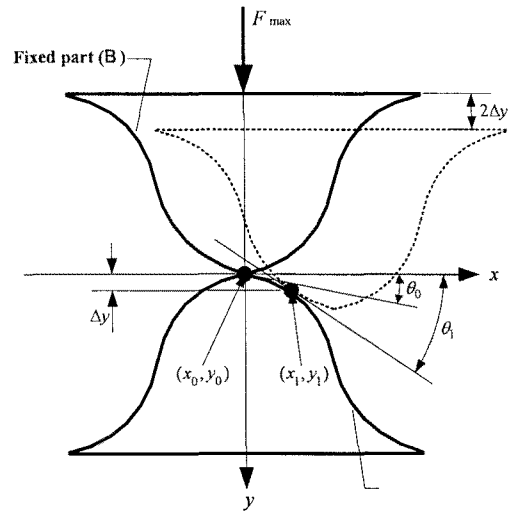


Fig. 9 Design procedure for twin contours type

3.2 쌍둥이윤곽형

쌍둥이윤곽형을 Fig. 9 에 나타낸다. 그림에서 실선으로 나타낸 바와 같이 두 윤곽곡선의 정점이 좌표의 원점에서 접촉할 때 두 윤곽곡선은 좌표의 원점에 대하여 대칭이다. 3.1 절에서와 마찬가지로 이 위치에서 최대 스프링력과 초기 경사각이 식 (9)와 (10)에 의하여 각각 계산된다.

Fig. 9 에 나타낸 바와 같이 전체의 윤곽곡선을 유한한 구간으로 나눈다. 이 때의 일정한 높이 간격을 Δy 로 두고 각각의 등분점에서 다음을 계산한다.

$$y_i = i\Delta y, \quad i=1,2,\dots \quad (24)$$

$$F_i = k(\delta_{\max} - 2y_i), \quad i=1,2,\dots \quad (25)$$

$$\theta_i = \tan^{-1}\left(\frac{H - \mu F_i}{\mu H + F_i}\right), \quad i=1,2,\dots \quad (26)$$

앞에서와 같이 두 점 (x_{i-1}, y_{i-1}) 과 (x_i, y_i) 사이의 윤곽곡선을 포물선으로 가정하면 다음의 식들이 성립한다.

$$y_{i-1} = a_i x_{i-1}^2 + b_i x_{i-1} + c_i, \quad i=1, 2, \dots \quad (27)$$

$$y_i = a_i x_i^2 + b_i x_i + c_i, \quad i=1, 2, \dots \quad (28)$$

$$\tan \theta_{i-1} = 2a_i x_{i-1} + b_i, \quad i=1, 2, \dots \quad (29)$$

$$\tan \theta_i = 2a_i x_i + b_i, \quad i=1, 2, \dots \quad (30)$$

해를 구하는 방법도 3.1 절과 동일하다. 다만, 한 구간씩 진행하는 반복계산이 Fig. 2 의 φ_1 부분을 계산하기 위해서는 x_i 가 $0.5\varphi_1 R_e$ 보다 커질 때까지, 그리고 $\varphi_2 - \varphi_1$ 부분을 위해서는 x_i 가 $0.5(\varphi_2 - \varphi_1) R_e$ 보다 커질 때까지 계산을 반복해야 한다.

Table 1 Basic condition for contour design

Items	Types of contours	
	Single contour	Twin contours
d_o	4.6 mm	7.0 mm
d_i	2.0 mm	2.0 mm
μ	0.15	0.15
φ_1	45°	45°
φ_2	155°	155°
T_1	5000 gf·mm	5000 gf·mm
T_2	3500 gf·mm	3500 gf·mm
k	700 gf/mm	700 gf/mm
δ_{\max}	4.3 mm	5.0 mm
r	0.3 mm	undefined

4. 윤곽 설계 결과

3 장에서 설명한 바와 같은 해를 구하는 과정을 FORTRAN 언어를 사용하여 프로그램하였다. 본

연구에서 사용한 설계조건을 Table 1 에 정리한다. 이것은 대부분의 휴대폰 메이커들이 채택하는 조건과 비슷하다. 폴더를 여는 동작이 닫는 동작보다 쉽도록 하기 위하여 φ_1 이 전체 회전 행정 φ_2 의 절반보다 훨씬 작다.

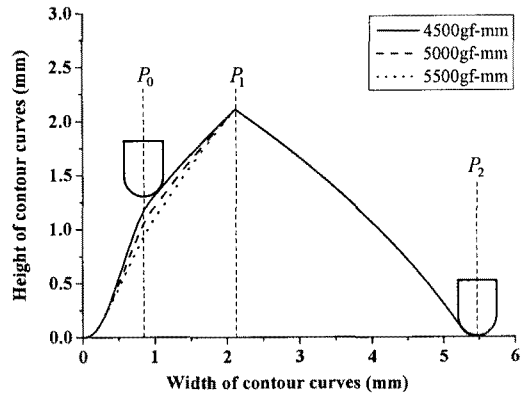


Fig. 10 Contour curves of moving part while varying T_1

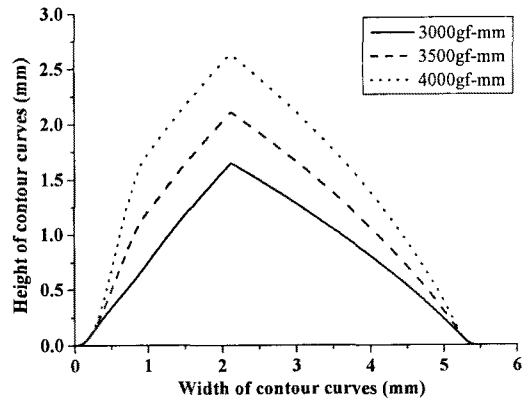


Fig. 11 Contour curves of moving part while varying T_2

4.1 단일윤곽형

본 연구의 결과로 구해진 유효반경 R_e 에서 운동부품 (A)의 윤곽곡선을 Fig. 10 과 11 에 나타낸다. Fig. 10 은 회전력 T_1 을 변화시켰을 때의 결과이고 Fig. 11 은 T_2 를 변화시켰을 때의 것이다.

Table 1 을 이용하면 유효반경 R_e 는 1.735mm 이고 이 반경에서 원주의 절반은 5.452mm 이며 이것이 Fig. 10 과 11 에 있는 곡선의 전체 폭이다. 폴더의 전체 회전 행정 φ_2 가 180° 보다 작기 때문에

두 부품 (A)와 (B)의 접촉은 이 원주 상의 마주보는 두 점에서 동시에 이루어진다. 따라서 반경 R_c 에서의 전체 윤곽곡선은 여기에 있는 곡선들 중 하나를 연결하여 두 번 사용하면 된다.

Fig. 10 과 11 에서 왼쪽으로 경사진 부분이 Fig. 2 의 ϕ_1 부분이고 오른쪽 경사가 $\phi_2-\phi_1$ 부분이다. 여기서 고정부품 (B)가 운동부품 (A) 대신 움직인다고 상상한다. 휴대폰의 폴더가 닫혀 있을 때 고정부품 (B)가 Fig. 10 의 P_0 위치에 놓이게 된다. 왼쪽 끝에서 P_0 까지의 수평거리가 0.757mm 이다. P_0 위치에서의 경사는 폴더가 닫혀 있을 때에도 닫히는 방향의 초기 회전력을 위해서 필요하지만 왼쪽 끝에서 이 위치까지의 곡선은 불필요하다.

중립 위치가 Fig. 10 에 P_1 으로 표시되어 있다. ϕ_1 이 45° 이고 이것은 반경 R_c 인 원주에서 1.363mm 이므로 그림의 왼쪽 끝에서 P_1 까지의 수평거리가 2.120mm 이다. 폴더가 완전히 열렸을 때 고정부품 (B)는 Fig. 10 의 P_2 위치에 놓인다. $\phi_2-\phi_1$ 이 110° 이고 이것은 반경 R_c 인 원주 상에서 3.332mm 이므로 왼쪽 끝에서 P_2 까지의 수평거리가 5.452mm 이고 이것은 이 윤곽곡선의 전체 폭과 동일하다.

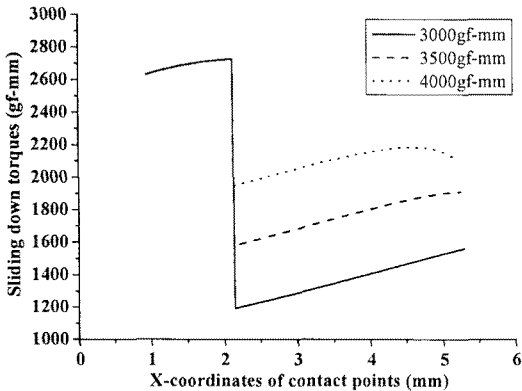


Fig. 12 Sliding down torques while varying T_2

$\phi_2-\phi_1$ 부분에서 압축된 코일스프링이 폴더를 움직이는 회전력, 즉 식 (8)의 결과값을 Fig. 12 에 나타낸다. 만일 이 값이 영보다 작으면 스프링의 힘이 약하여 폴더를 움직이지 못하는 경우이고 확실한 운동을 위하여 이 값이 1500 gr·mm 를 넘도록 설계하는 것이 좋다고 생각된다.

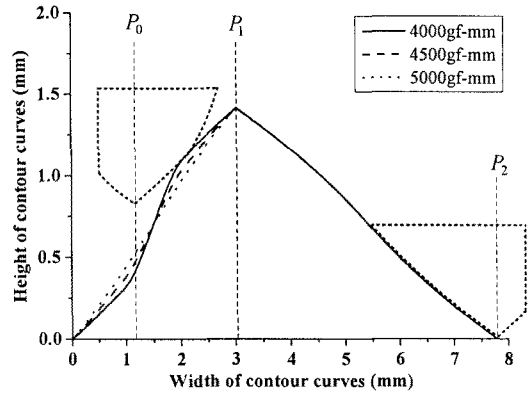


Fig. 13 Contour curves of twin contours type while varying T_1

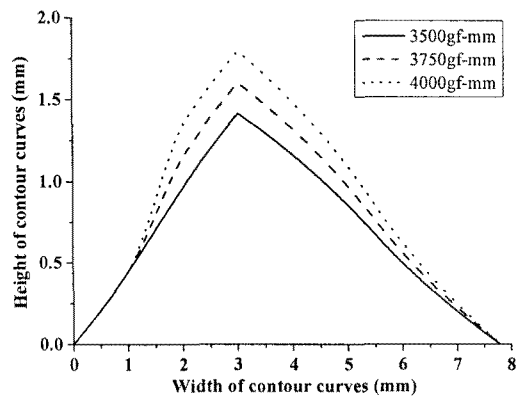


Fig. 14 Contour curves of twin contours type while varying T_2

4.2 쌍둥이윤곽형

앞에서 언급한 바와 같이 쌍둥이윤곽형은 두 부품 (A)와 (B)에 동일한 윤곽곡선을 사용한다. Fig. 13 과 14 에 나타난 바와 같이 이 윤곽곡선은 윗부분이 볼록곡선(convex curve)인 반면 아랫부분은 오목곡선(concave curve)이다. Fig. 9 에 도시한 바와 같이 두 볼록곡선끼리 접촉하므로 곡선의 윗부분만 사용된다. Fig. 13 이 T_1 을 변화시켰을 때의 결과이고 Fig. 14 가 T_2 를 변화시킨 결과이다.

Table 1 을 이용하면 유효반경 R_c 가 2.481mm 이고 이 반경에서 원주의 절반이 7.796mm 이며 이것이 Fig. 13 과 14 에 있는 곡선의 전체 폭이다.

폴더가 닫혀 있을 때 고정부품 (B)가 Fig. 13 의

P_0 위치에 놓이게 된다. 왼쪽 끝에서 P_0 까지의 수평거리가 1.083mm 이고 여기까지의 곡선은 불필요하다.

중립 위치가 Fig. 13 에 P_1 으로 표시되어 있다. ϕ_1 이 45° 이고 이것은 반경 R_c 인 원주에서 1.949mm 이므로 그림의 왼쪽 끝에서 P_1 까지의 수평거리가 3.032mm 이다. 폴더가 완전히 열렸을 때 고정부품 (B)는 Fig. 13 의 P_2 위치에 놓인다. 왼쪽 끝에서 P_2 까지의 수평거리가 7.796mm 이고 이것은 이 윤곽곡선의 전체 폭과 동일하다.

두 가지 윤곽형에 공통적으로 윤곽곡선의 경사도는 회전력에 비례하지만 힌지기구의 외경, 스프링상수 그리고 스프링의 최대 변위에 반비례한다. 휴대폰의 경우 힌지기구가 차지하는 공간이 작기 때문에 스프링상수를 크게 하기에는 한계가 있다.

힌지기구와 같이 직접접촉에 의하여 힘을 수직 방향으로 전달하기 위해서는 윤곽곡선의 경사도는 45° 가 가장 적합하다. 경사도를 줄이면 윤곽곡선의 높이가 작아지고 기구가 차지하는 공간을 줄일 수 있지만 이런 경우에도 경사도는 30° 보다 작아지지 않아야 한다. 따라서 경사도는 30° 와 45° 사이가 적당하다.

본 연구의 결과가 아직 실용화되지 않아서 실험을 통하여 다른 제품과 성능을 비교하지는 못했지만 본 연구에서 고안한 힌지기구의 최대의 장점은 균일한 회전력에 의해서 폴더가 움직이므로 손가락이 받는 느낌이 부드럽고 유연할 것이다. 실용화되고 있는 다른 힌지기구의 경우 Fig. 2 에 나와 있는 바와 같이 미리 정해진 서너 군데에서만 회전력이 정의되므로 이외의 다른 위치에서는 임의의 값을 가질 수 있고 따라서 폴더의 회전 동작이 거칠게 느껴질 수 있다.

5. 결론

대부분의 휴대폰 메이커에서 채택하고 있는 힌지기구의 설계조건은 세 점 회전력 혹은 네 점 회전력 조건이다. 이것은 미리 정해진 서너 군데 위치에서만 회전력이 정의되고 그 외의 다른 위치에서는 임의의 회전력을 가진다. 본 논문에서 연구한 힌지기구는 균일한 회전력으로 폴더가 작동하도록 하였다는 것이 특징이다.

회전 행정의 전반부에서는 사람의 손가락이 폴더에 회전력을 가한다. 힌지기구 안에 장착되어 있

는 두 윤곽곡면의 직접접촉에 의하여 폴더의 회전 운동이 병진운동으로 변환되어 코일스프링을 압축시킨다. 회전 행정의 후반부에서는 이 윤곽곡면에 의하여 스프링력이 회전력으로 변환되어 폴더를 회전시킨다.

본 연구의 핵심은 균일한 회전력에 의하여 폴더가 작동할 수 있도록 위의 윤곽곡면을 설계하는 계산논리를 개발하였다는 것이다. 이 계산논리를 요약하면 유효반경에서의 윤곽곡선을 유한한 개수의 구간으로 나누고 각각의 구간에서 윤곽곡선을 포물선으로 가정한 후 이 포물선들의 계수를 비선형 연립방정식을 풀어서 구하였다.

후 기

이 결과물은 2008 학년도 경남대학교 학술연구 장려금 지원에 의하여 이루어졌음.

참고문헌

1. Lee, K., Kim, C. and Park, K., "Development of an Eddy-Current-Type Magnetic Floor Hinge," IEEE Trans. Industrial Electronics, Vol. 53, No. 2, pp. 561 - 568, 2006.
2. Crocesi, S. and Pennestri, E., "Kinematic Synthesis of a Curve-Scribing Mechanism for Prescribed Finite Motion," Mechanism and Machine Theory, Vol. 40, No. 1, pp. 91-98, 2005.
3. Watt, A. M. and Pellegrino, S., "Tape-Spring Rolling Hinges," Proc. of the 36th Aerospace Mechanisms Symposium, pp. 1-14, 2002.
4. Chung, H., "A Study on Hinge Mechanism and Development Motion of Satellite Solar Array System (Korean)," a master's thesis in In-ha University, 2005.
5. Prexco Co., Ltd, "Hinge Specifications," Prexco Co., Ltd, p. 5, 2002.
6. Fletcher, R., "Practical Method of Optimization," John Wiley & Sons, Vol. 1, pp. 28-29, 1980.