

1. (1) Bezier 곡선 상 점 계산 (10 점)

$$\mathbf{P}_0 = [2, 2, 0]^T, \mathbf{P}_1 = [2, 3, 0]^T, \mathbf{P}_2 = [3, 3, 0]^T, \mathbf{P}_3 = [3, 2, 0]^T$$

$$\mathbf{P}(u) = \sum_{i=0}^3 B_{3,i}(u) \mathbf{P}_i = (1-u)^3 \mathbf{P}_0 + 3u(1-u)^2 \mathbf{P}_1 + 3u^2(1-u) \mathbf{P}_2 + u^3 \mathbf{P}_3 \quad (5\text{점})$$

$$\mathbf{P}(u=0.5) = [2.5, 2.75, 0]^T \quad (5\text{점})$$

(2) Cubic B-spline 곡선으로 계산해도 동일함 (10 점)

$$\mathbf{P}(u) = \sum_{i=0}^3 \mathbf{P}_i N_{i,k}(u), \quad 0 \leq u \leq n-k+2$$

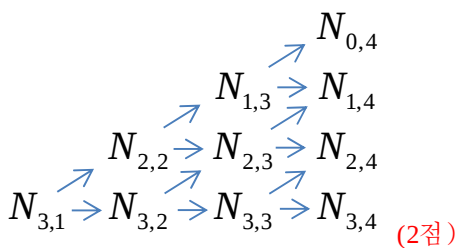
$$n=3, k=4 \rightarrow t_0=0, t_1=0, t_2=0, t_3=0, t_4=1, t_5=1, t_6=1, t_7=1 \quad (3\text{점})$$

$$N_{3,1} = \begin{cases} 1 & t_3 \leq u < t_4 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \rightarrow \begin{cases} N_{2,2} = \frac{(u-t_2)N_{2,1}}{t_3-t_2} + \frac{(t_4-u)N_{3,1}}{t_4-t_3} = \frac{uN_{2,1}}{0} + \frac{(1-u)N_{3,1}}{1} = 1-u \\ N_{3,2} = \frac{(u-t_3)N_{3,1}}{t_4-t_3} + \frac{(t_5-u)N_{4,1}}{t_5-t_4} = \frac{uN_{3,1}}{1} + \frac{(1-u)N_{4,1}}{0} = u \end{cases}$$

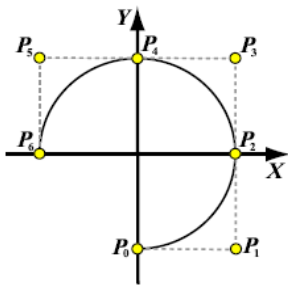
$$\rightarrow \begin{cases} N_{1,3} = \frac{(u-t_1)N_{1,2}}{t_3-t_1} + \frac{(t_4-u)N_{2,2}}{t_4-t_2} = \frac{uN_{1,2}}{0} + \frac{(1-u)N_{2,2}}{1} = (1-u)^2 \\ N_{2,3} = \frac{(u-t_2)N_{2,2}}{t_4-t_2} + \frac{(t_5-u)N_{3,2}}{t_5-t_3} = \frac{uN_{2,2}}{1} + \frac{(1-u)N_{3,2}}{1} = u(1-u) + (1-u)u = 2u(1-u) \\ N_{3,3} = \frac{(u-t_3)N_{3,2}}{t_5-t_3} + \frac{(t_6-u)N_{4,2}}{t_6-t_4} = \frac{uN_{3,2}}{1} + \frac{(1-u)N_{4,2}}{0} = u^2 \end{cases}$$

$$\rightarrow \begin{cases} N_{0,4} = \frac{(u-t_0)N_{0,3}}{t_3-t_0} + \frac{(t_4-u)N_{1,3}}{t_4-t_1} = \frac{uN_{0,3}}{0} + \frac{(1-u)N_{1,3}}{1} = (1-u)^3 \\ N_{1,4} = \frac{(u-t_1)N_{1,3}}{t_4-t_1} + \frac{(t_5-u)N_{2,3}}{t_5-t_2} = \frac{uN_{1,3}}{1} + \frac{(1-u)N_{2,3}}{1} = u(1-u)^2 + 2u(1-u)^2 = 3u(1-u)^2 \\ N_{2,4} = \frac{(u-t_2)N_{2,3}}{t_5-t_2} + \frac{(t_6-u)N_{3,3}}{t_6-t_3} = \frac{uN_{2,3}}{1} + \frac{(1-u)N_{3,3}}{1} = 2u^2(1-u) + (1-u)u^2 = 3u^2(1-u) \\ N_{3,4} = \frac{(u-t_3)N_{3,3}}{t_6-t_3} + \frac{(t_7-u)N_{4,3}}{t_7-t_4} = \frac{uN_{3,3}}{1} + \frac{(1-u)N_{4,2}}{0} = u^3 \end{cases}$$

$$\rightarrow \mathbf{P}(u) = (1-u)^3 \mathbf{P}_0 + 3u(1-u)^2 \mathbf{P}_1 + 3u^2(1-u) \mathbf{P}_2 + u^3 \mathbf{P}_3 = \sum_{i=0}^3 C_i u^i (1-u)^{3-i} \mathbf{P}_i \quad (\text{수식 전개가 맞는 경우에만 인정})$$



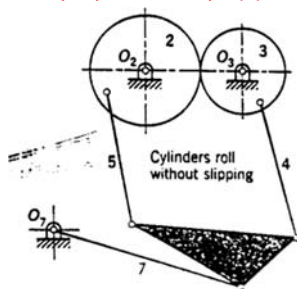
2. (10 점: 조정점 3, 매듭값 4, 가중치 3)

(오더) $k = 3$ (조정점 7개) $n = 6$ $P_0 = (0, -1), P_1 = (1, -1), P_2 = (1, 0), P_3 = (1, 1), P_4 = (0, 1), P_5 = (-1, 1), P_6 = (-1, 0)$ (매듭값 10개) $\underbrace{0, 0, 0}_{P_0}, \underbrace{\frac{1}{3}, \frac{1}{3}, \frac{2}{3}}_{P_2}, \underbrace{\frac{2}{3}, \frac{2}{3}, \frac{1}{3}}_{P_4}, \underbrace{1, 1, 1}_{P_6}$ (호모지니어스 좌표/가중치) $w_1 = w_3 = w_5 = \frac{1}{\sqrt{2}}, w_0 = w_2 = w_4 = w_6 = 1$

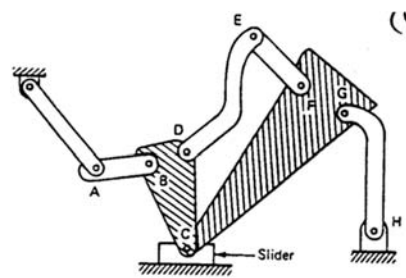
3. (각 2 점, 틀리면 1 점씩 감점, 12 점 만점)

이동 \ 회전	0	1	2	3
0		Revolute, Helical		Spherical
1	Prismatic	Cylinder		
2		Planar		

4. (각 5 점, 링크수와 조인트수 맞으면 각 2 점씩)



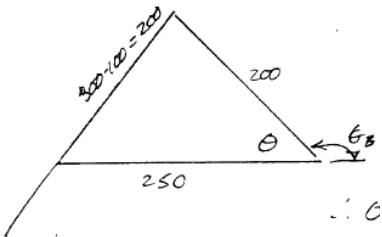
(1) $L=7, J=9, DOF=3(7-1)-2(9)=0$



(2) $L=9, J=11, DOF=3(9-1)-2(11)=2$

5.

(1) (5점) 	(2) $s = 100(\text{input}), l = 300, p = 200, q = 250$ $s + l = 100 + 300 = 400$ $p + q = 200 + 250 = 450$ $\rightarrow s + l < p + q$ (Grashof linkage!) (5점) shortest link rotates $360^\circ \rightarrow$ crank-rocker (5점)
(3) extreme case 고려 (그림 각 3점)	(보너스 각10점) $\cosine\ law: a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos \theta \rightarrow \cos \theta = \frac{b^2 + c^2 - a^2}{2bc}$ $\cos \theta = \frac{250^2 + 200^2 - 400^2}{2(250)(200)} = -0.575 \rightarrow \theta = 125.1^\circ$ $\theta_A = 180 - \theta = 54.9^\circ$

	cosine law: $a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos \theta \rightarrow \cos \theta = \frac{b^2 + c^2 - a^2}{2bc}$ $\cos \theta = \frac{200^2 + 250^2 - 200^2}{2(200)(250)} = 0.625 \rightarrow \theta = 51.3^\circ$ $\theta_B = 180 - \theta = 128.7^\circ$
---	---

6. (7 개 방법, 각 1 점, 매칭문제 각 1 점 (총 20 점))

Material extrusion (소재압출식): 미국의 스트라타시스가 1988 년 특허를 낸 '압출적층조형(FDM)'이 대표적인 소재압출식 3D 프린팅기술이다. 열에 녹는 플라스틱 등 재료를 반고체상태로 만들어 층층이 쌓아 원하는 형태로 만드는 방식으로 가장 대중적인 기술이다. 완성된 제품의 옆면에는 쌓는 과정에서 생긴 선자국이 보여 후가공을 거쳐야 한다.

Vat photopolymerization (광경합식): 미국의 3D 시스템이 1986 년 개발한 '광경화성수지조형(SLA)'기술이 대표적이다. 빛에 반응하는 물질을 액체상태로 만든 다음 레이저로 쏘아 도면대로 재료를 굳히는 방식으로 부피가 큰 산업용 제품을 만드는데 적합하다. 제품 겉면이 깔끔해 치과 치료용 제품이나 보석 등 섬세한 제품을 만드는데도 활용한다.

Powder bed fusion (분말소결식): 가루형태로 만든 재료에 레이저를 쏘아 모양을 만든 다음 롤러로 누르고 그 위에 다시 재료를 쌓는 방식이다. 1980 년대 중반 미 텍사스대 연구팀이 개발한 '선택적 레이저소결(SLS)'기술이 대표적이다. 나일론, 세라믹, 알루미늄, 스테인리스 등 다양한 소재를 활용할 수 있고 남은 분말은 재사용할 수 있지만, 3D 프린터 자체의 가격대가 높은 편이다.

Material jetting (소재분사식): 잉크젯프린터와 같은 원리로 가는 관으로 재료를 방울방울 떨어뜨려 쌓은 다음 자외선으로 굳힌다. 이런 기술을 활용한 3D 프린터를 폴리젯(polyjet)이라고 부른다.

Binder jetting (결합재분사식): 가루형태인 주재료에 액체상태인 결합재를 쏘아 원하는 모양으로 만드는 방식으로 MIT 에서 1993 년 개발했다.

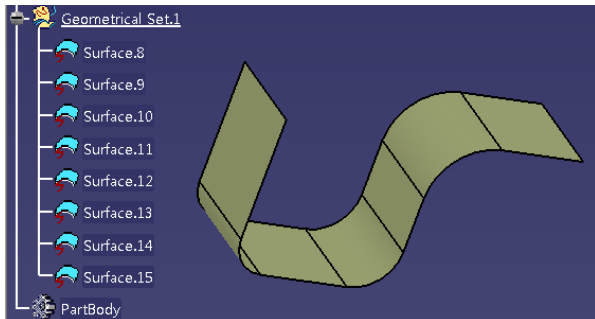
Sheet lamination (판재적층식): 얇은 판 형태로 만든 종이, 금속, 합성수지 등 재료에 초음파를 쏘아 용접한 다음 컴퓨터수치제어시스템으로 원하는 모양대로 만드는 방식이다.

Directed energy deposition (직접용착식): 첨단 철강산업에서 주로 사용하는 방식으로 금속분말이나 금속 선에 레이저나 플라스마 등으로 열을 가해 녹인 다음 로봇팔을 이용해 원하는 형태로 만들어 굳힌다.

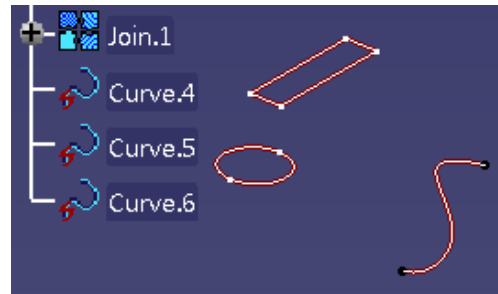
(1)	Stereolithography [Vat photopolymerization]	(2)	Digital light processing [Vat photopolymerization]
(3)	Multi-jet modeling (MJM) [Material jetting]	(4)	Fused deposition modeling [Material extrusion]
(5)	Electron beam melting [Powder bed fusion]	(6)	Selective laser sintering [Powder bed fusion]
(7)	Selective heat sintering [Powder bed fusion]	(8)	Direct metal laser sintering [Powder bed fusion]
(9)	Powder bed and inkjet head printing [Binder jetting]	(10)	Plaster-based 3D printing [Binder jetting]
(11)	Laminated object manufacturing [Sheet lamination]	(12)	Ultrasonic consolidation [Sheet lamination]
(13)	Laser metal deposition [Directed energy deposition]		

7. Generative Shape Design 에서 아래 기능에 대해 설명하고 두 가지 모델에 적용한 결과를 각각 서술하시오.

Disassemble: 여러 개의 sub-elements 로 이루어진 surface 나 curve 를 분해함 (2 점)



(2점)

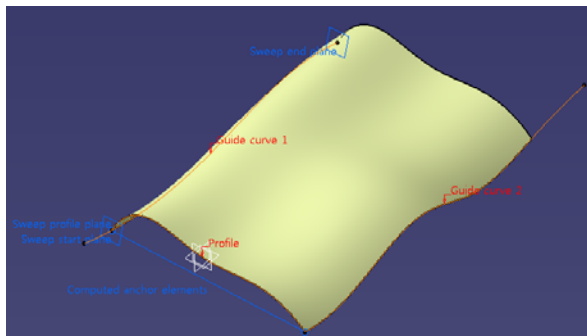


(2점)

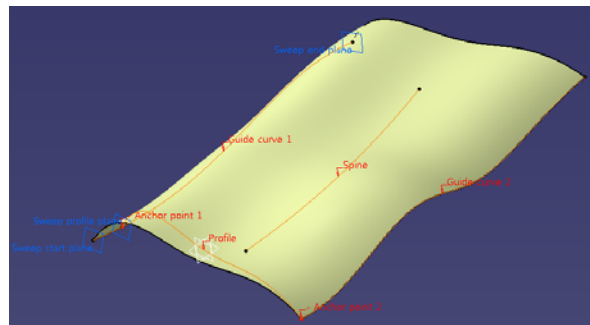
8. 두 개의 guide curves 를 모두 지나지 않고 중간에 곡면 생성이 멈춤. (4 점)

→ 두 개의 guide curves 를 이용하여 Spine 생성함. (2 점)

Spine 생성 후 Anchor points 로 Profile 의 끝 점 두 개를 선택함. (2 점)



적용 전



적용 후

9. 새로운 Component, Product, Part 를 생성한다.

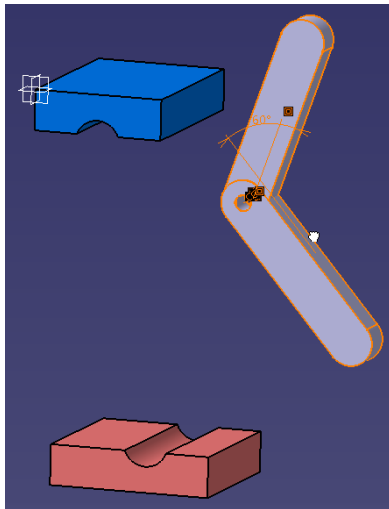
Component 의 경우 다른 Product 나 Part 등을 하위항목으로 포함할 수 있으나, 별도의 파일로 저장하지는 않는다. (2 점)

Product 의 경우 다른 Product 나 Part 등을 하위항목으로 포함할 수 있고, 별도의 파일로 저장하여야 한다. (2 점)

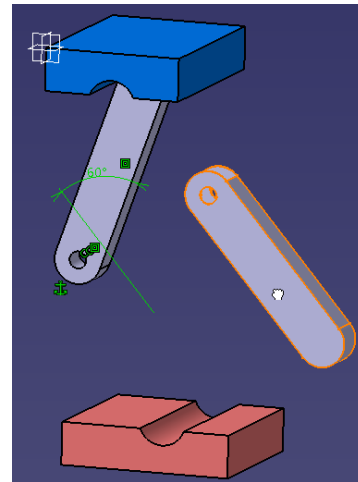
Part 의 경우 새로운 Part 를 추가하고, 별도의 파일로 저장하여야 한다. (2 점)

10. Sub-assembly 를 이용하여 상하 관계가 사라짐. (혹은 다시 생성)

Sub-product 내 두 개의 파트를 독립적으로 움직일 수 있음. (5 점)

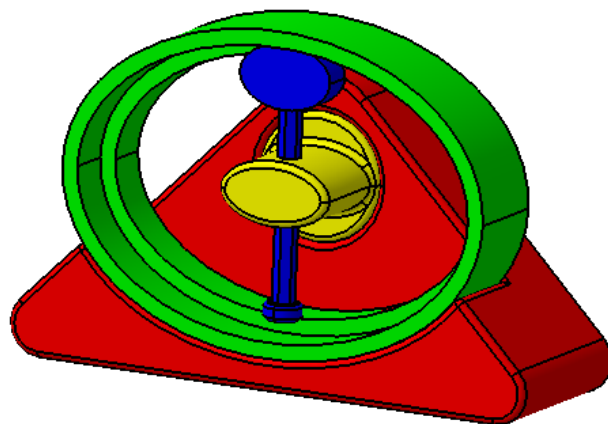
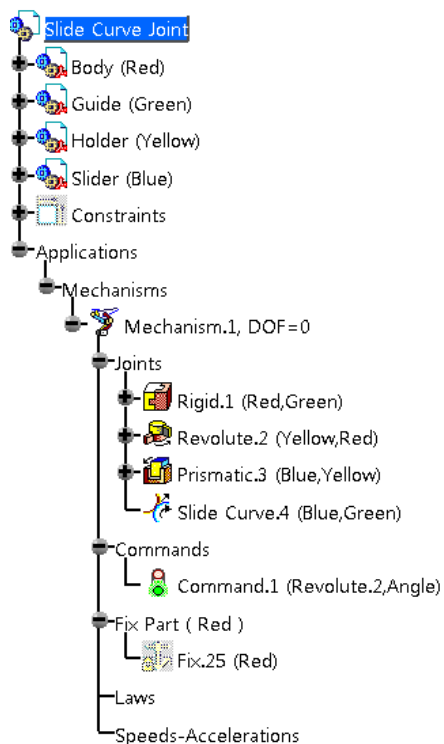


적용 전



적용 후 (5점)

11.



Rigid, Revolute, Prismatic, Slide Curve, Fix joints (각 2 점)