

# 동역학 시뮬레이션 기반 뱀 로봇의 운동 특성 분석 Dynamic Simulation Based Motion Analysis of Snake Robot

\*#신호철<sup>1</sup>, 권정주<sup>1</sup>

\*#H. C. Shin<sup>1</sup>(smarthc@kaeri.re.kr), J. J. Kwon<sup>1</sup>

<sup>1</sup>한국원자력연구원

Key words : Snake robot, Dynamic simulation, Motion analysis

## 1. 서론

뱀은 주로 땅을 미끄러지며 움직인다. 그러나 사실 그들은 다른 동물들에 비해 빠르지 않다. 대님뱀(양반뱀), 비단구렁이 그리고 그 밖의 다른 몇몇 뱀들은 1시간에 겨우 1.5km정도를 갈 수 있다고 한다. 그럼에도 뱀은 좁은 구멍이나 틈을 쉽게 통과할 수 있고, 수직지형을 등반가능하며, 비교적 안정된 이동방식의 형태를 가지고 있다. 이러한 장점을 가진 뱀의 운동 특성에 대해 여러 나라에서 운동 특성 분석 및 다양한 locomotion을 개발하기 위한 연구가 계속 진행되고 있다.

본 논문에서도 뱀 로봇의 다형성 제어를 위한 운동 특성 분석을 수행하였다. 그림 1의 뱀 로봇을 시뮬레이션 기반으로 기구/동역학 모델로 생성하여 동역학 시뮬레이션을 통해 뱀 로봇의 운동 특성에 대한 분석을 수행하고자 한다.



Fig. 1 Target Snake robot

## 2. 동역학 시뮬레이션을 위한 뱀 로봇 모델링

기존의 뱀/뱀로봇에 대한 시뮬레이션 연구에서는 지면과의 마찰 및 접촉에 관해 제약적인 조건을 설정해 놓고 연구를 진행되었다. 하지만 본 연구에

서는 이를 극복하고 좀 더 현실적이고, 추후 로봇 개발 적용에 효과적인 시뮬레이션을 위해 RecurDyn 이라는 상용 동역학 시뮬레이션 프로그램을 사용하였다. 또한 RecurDyn 은 마찰 및 접촉이 요구되는 동역학 시뮬레이션에 강점을 가지고 있어, 지면과 마찰 및 접촉을 이용해서 이동하는 뱀 로봇의 동역학 시뮬레이션에 적용하였다

사행운동, 옆구르기 운동과 같은 이동 방법을 구현하기 위해서는 3차원적인 관절의 움직임이 필요하며 이러한 시뮬레이션을 위해 3차원 공간상에서 3차원 동작을 구현할 가상모델이 필요하다. 본 연구의 가상 모델은 기존 논문을 기반으로 설계되었고 모듈과 모듈 사이에 회전축이 90° 로 배치된 2축 회전 관절로 연결되어 있는 구조를 띤다.

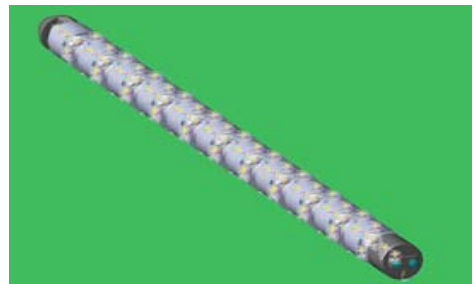


Fig. 2 Snake robot Simulation Modeling

## 3. 다형성 제어 시뮬레이션

다형성 운동제어란 뱀과 같이 하나의 몸 형태로 환경에 따라 여러 가지 형태로 몸을 움직여서 환경을 극복하는 것을 말한다.

이를 위해 우선, 뱀/뱀로봇의 이동 방법을 수식을 일반화하여 정리하면 표 1과 같다. 여기서  $\theta_{v\_rev(n)}$ 는 수직축관절의 각도이며,  $\theta_{h\_rev(n)}$ 는 수평축관절의 각도이다. n 은 1, 2, ..., N(number of

module)이며, A와B는 진폭,  $\omega$ 는 파동 주기,  $\phi_{n-1}$ 는 모양 주기,  $\delta$ 는 shift angle를 의미한다. 그리고 기호가 같다는 것은 같은 값이 적용된다는 의미이다.

Table 1. Generalized Equation of Snake Robot Locomotion

이동방법	수식의 일반화
사행운동 (Side-Winding)	$\theta_{v\_rev(n)} = A * \sin(\omega * time + \phi_{n-1})$ $\theta_{h\_rev(n)} = B * \sin(\omega * time + \phi_{n-1})$
직선운동 (Linear Progression)	$\theta_{v\_rev(n)} = A * \sin(\omega * time + \phi_{n-1})$ $\theta_{h\_rev(n)} = B$
옆구르기운동 (Lateral Rolling)	$\theta_{v\_rev(n)} = A * \sin(\omega * time)$ $\theta_{h\_rev(n)} = A * \sin(\omega * time + \delta)$
슬리더링운동 (Slithering)	$\theta_{v\_rev(n)} = A * \sin(\omega 1 * time + \phi_{n-1})$ $\theta_{h\_rev(n)} = B * \sin(\omega 2 * time + \phi_{n-1})$
기둥승월운동 (Pole Climbing)	$\theta_{v\_rev(n)} = A * \sin(\omega * time + \phi_{n-1})$ $\theta_{h\_rev(n)} = A * \sin(\omega * time + \phi_{n-1} + \delta)$

표 1의 각 운동 방법별 Amplitude, Wave Frequency, Shape Frequency, Shift Angle 값들을 변화시키면서 시뮬레이션을 수행하였다. 그림 3은 여러 시뮬레이션 중 사행운동에 대한 Amplitude, Wave Frequency, Shift Angle 값들의 변화에 따른 시뮬레이션 결과를 차례로 나열한 것이다. 이와 같이 요소 변화별 경향을 사행운동 외에 직선운동, 옆구르기운동, 슬리더링운동, 기둥승월운동에 대해 수행하여 표 2로 정리하였다.

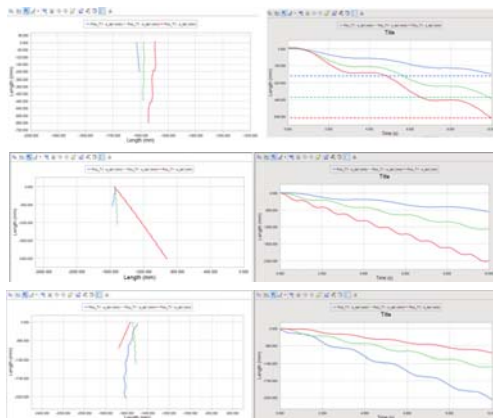


Fig. 3 A Variety of Snake robot Simulation – Side Winding

Table 2. Generalized Equation of Snake Robot Locomotion

이동방법	조건변화에 대한 경향 분석
사행운동	A가 작을수록, B가 클수록, $\omega$ 가 클수록 $\phi_{n-1}$ 가 작을수록 이동속도가 빠름.
직선운동	A가 클수록, $\omega$ 가 클수록 $\phi_{n-1}$ 가 작을수록 이동속도가 빠름. 하지만, A와 $\phi_{n-1}$ 는 운동 안정성과 상반됨.
옆구르기운동	A가 작을수록, $\omega$ 가 클수록 이동속도가 빠름. $\delta$ 는 90°가 최적임.
슬리더링운동	A가 작을수록, B가 클수록, $\omega$ 가 클수록, $\phi_{n-1}$ 가 작을수록 이동속도가 빠름. 하지만, A와 $\phi_{n-1}$ 는 운동 안정성과 상반됨.
기둥승월운동	$\omega$ 가 클수록 이동속도가 빠름. A는 기둥 굵기에 따라 결정되며, $\phi_{n-1}$ 는 기둥을 감는 나선의 간격을 결정한다. $\delta$ 는 90°가 최적임.

#### 4. 결론

본 연구에서는 뱀 로봇 시뮬레이션 모델을 이용하여 다형성 운동제어를 위한 연구를 수행하였다. 뱀의 다양한 이동방법 및 뱀 로봇의 이동방법에 대한 조사를 기초로 하여 다형성 제어 시뮬레이션 모델을 생성하였고, 다형성 제어를 이동방법의 수식 일반화 및 내부 요소들을 변경하면서 이동방법별 경향을 분석하여 결과로 제시하였다. 추후 연구로 실제 실험적 검증들을 위한 뱀 로봇을 개발하여 시뮬레이션 결과와의 검증을 수행하고자 한다.

#### 후기

본 연구는 기초기술연구회의 협동연구사업: 융복합 Seed형 과제(Seed-11-3)의 일환으로 수행되었음.

#### 참고문헌

1. S. Hirose, *Bibliologically Inspired Robots: Snake-like Locomotorts and Manipulators*, Oxford University Press, Oxford, 1993.
2. J.K. Hopkins, B.W. Spranklin, S.K. Gupta, "A survey of snake-inspired robot designs", *Bionispiration and Biomimetics*, Vol. 4, No. 2, 2009.
3. Changlong Ye, Shugen Ma, Bin Li, Yuechao Wang, "Turning and Side Motion of Snake-like Robot", *Proceeding of the 1999 IEEE/ICRA*, New Orleans, LA, April, 2004.
4. 심재한, "파충류의 생태적 의미와 보호방안", 2004 한국토양동물학회 학술대회, pp. 1-4, 2004.