

## 8개의 모듈로 구성된 뱀 로봇

박 병 진, 서 재 용, 하 상 형, 전 흥 태  
중앙대학교 전자전기 공학부  
전화 : 02-820-5297 / 핸드폰 : 019-293-9286

### Design and Implementation of Snake Robot with 8 Module

Byung Jin Park, Jae Yong Seo, Sang Hyung Ha, Hong Tae Jeon  
School of Electrical and Electronics Eng., Chung-Ang Univ.  
E-mail : Parkbj76@netian.com

#### Abstract

This paper has been studied the movement of snake robot. In this paper we developed a simulator to simulate the creeping locomotion of a snake robot. This Robot makes possible to analyze the creeping locomotion with the normal-direction slip coupled to gliding along the tangential direction. Using the nonslip condition of the wheels, the robot gains propulsion by means of constrained forces on the wheels caused by bending the joints. The results of simulations show that smooth lateral undulatory motion is achieved.

#### I. 서론

현재 대부분의 지상 이동로봇은 360°회전할 수 있는 모터에 의하여 구동되는 바퀴를 이용한 것이다. 이러한 바퀴 구동방식 로봇은 비교적 효율적으로 동작하고, 제어하기 쉬우며, 평탄한 지형에서는 빠른속도로 주행할 수 있는 장점이 있다. 그러나, 평탄하지 못한 지형, 좁은 지형 요건에서는, 적합하지 않을 수도 있기 때문에, 4족/6족 등의 다리를 가진 로봇을 대안으로 생각해 볼 수 있겠으며, 보다 뛰어난 지형에 적응성을 보일 수 있는 이동로봇으로써, 여러개의 모듈로 구성되어 각 모듈을 구동하여 뱀처럼 땅을 기어가듯 이동

하는 SNAKE 로봇을 제안해보고자 한다.

본 논문에서는, 다리를 가진 로봇보다도 한층 더 지형의 영향에 관계없이 동작할 수 있는 SNAKE 로봇에 대한 가능성을 고찰하고 Servo motor, Microprocessor를 이용하여, 이를 구현하였다.

#### II. 뱀의 운동 원리

뱀의 주된 이동 방식은 측선물결운동(Lateral undulatory motion), 직선운동(Rectilinear motion), 아코디언식 운동(Concertina motion), 사이드 와인딩(Sidewinding)등 4가지이다.

##### 2.1 측선물결운동(Lateral Undulatory Motion)

뱀이 이동할 때 가장 보편적으로 쓰는 방법이다. 그림 1에 나타낸 것처럼 뱀은 근육을 구부려서 머리부터 꼬리까지 수평을 이루는 물결을 만든다. 몸이 이루는 고리로 식물이나 바위, 잔가지 표면의 거친 지역들을 누르면서 앞으로 전진한다.

##### 2.2 아코디언식 운동(Concertina Movement)

몸의 앞부분을 앞으로 이동하고 자신을 지지하기 위해 땅을 누르면서 몸을 조금 감는 방식으로 이동한다. 그 다음엔 등의 끝을 앞으로 밀고 감는다. 다음 등의 끝으로 땅을 누르는데 이것은 다시 앞으로 나가기 위한

지렛대의 역할을 한다. 그림 2에 이 운동을 설명하였다.

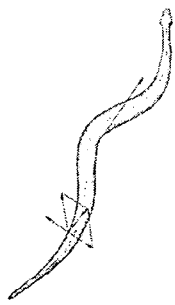


그림 3. 측선물결운동

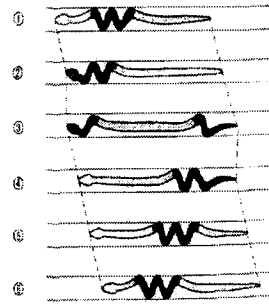


그림 4. 아코디언식 운동

### 2.3 직선이동(Rectilinear Movement)

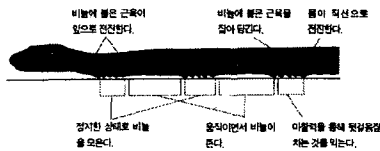


그림 5. 직선이동

그림 3에 나타낸 직선이동은 기는 방법으로 알려져 있다. 직선이동은 근육을 수축시켜 배부분의 비늘을 앞으로 밀어낸다. 비늘 뒤쪽의 뾰족한 부위는 나무껍질이나 토양의 거친 부위를 잡는다.

### 2.4 사행이동(Side Winding)

그림 4에 서 볼 수 있는 것처럼 뱀은 머리와 꼬리를 지지대처럼 쓰면서 몸체를 땅위에 미끄러뜨려 측면으로 움직인다. 그 다음에는 몸과 꼬리를 움직여 몸을 편안한 자세로 해 반복하며 이동한다.

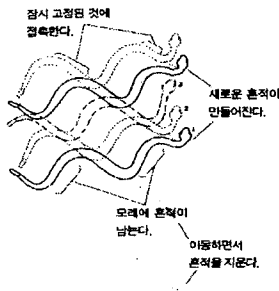


그림 6. 사행이동

본 논문에서는 그림 1에서 묘사한 측선물결운동을 기

본으로, 뱀 로봇의 움직임을 모델링 하였다

## III. 모듈의 구조

뱀 로봇은 총 10개의 모듈로 구성되며, 머리와, 꼬리부를 제외한 몸통부분의 8개 모듈에는 2개의 180°의 동작범위를 갖는 서보모터를 내장하고 있으며, 이로써 각 모듈은 수평 180°, 수직 180°의 2 자유도를 갖는다.

그림 5는 뱀 로봇 모듈의 원형(Prototype)으로서, 2개의 모듈을 연결시켜 놓은 그림이다.

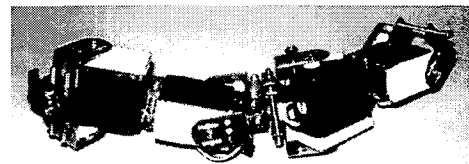


그림 7. 모듈의 원형(原型)

### 3.1 구동모터

Snake로봇을 구동하는 모터는 DC서보 모터로 PWM 방식으로 제어한다. HITEC사의 HS-605BB는 -90°~ 90°의 동작범위에서 동작하며, 5.5kg/cm의 출력토크를 갖는다. 지면에 접촉한 상태에서, 뱀의 각 모듈을 움직여야 하므로, 출력토크가 좋은 모터를 선택하였다.

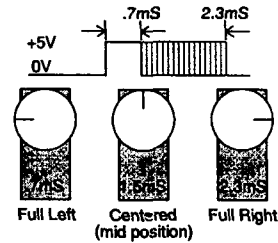


그림 6. 서보모터의 동작

그림 6에서 볼 수 있는 바와 같이 펄스 폭이 1.5msec 인 신호가 3msec 이상 20msec 이내의 주기로 공급되면 0°의 위치에 서보모터가 위치하며, 원하는 각도를 얻기 위해서는 1.5msec 보다 크거나 작은 펄스를 인가하면 펄스폭에 비례하는 각도로 동작한다.

### 3.2 제어부

서보모터는 0.7ms~2.3ms 사이의 펄스 신호로 각도를 조정하는 방식인데, 원하는 각도로 모터를 회전시키기 위해서는 정확한 펄스 신호가 필요하게 된다. 모터의

구동 펄스(100 $\mu$ s)를 정확히 만들어 내지 못하면 모터는 부정확한 펄스로 인한 떨림 현상을 보이게 된다. 이는 모터 자체의 펄스 감지기가 부정확한 펄스에 의하여 바로 다음 위치와 현 위치 사이를 왕복하는 현상이다. 로봇의 정확한 동작을 위해서는 100 $\mu$ s 주기의 정확한 펄스를 만들어내는 동시에, 주변회로를 단순화하여 모듈의 무게를 줄이는 것이 중요하다. 따라서, 8051코어를 가지고 있으며, 플래쉬 메모리를 내장하고 있는 Atmel사의 89C52와 89C2051를 프로세서로 선정하였다.

그림 7에서와 같이 89C52를 메인 모듈로 사용하였고, 89C2051을 서보 드라이버로 사용하였다.

89C52는 통신라인을 통해 모터번호, 모터속도, 모터각도의 명령을 내리면, 89C2051은 이 명령을 통해 적당한 PWM파형을 만들어, 모터를 구동하게 된다.

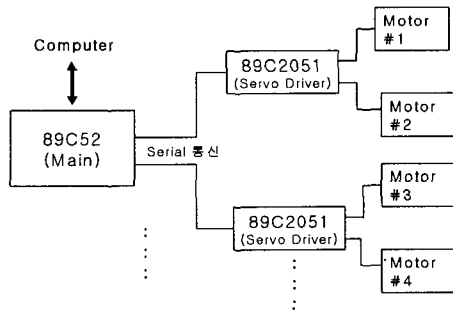


그림 9. 회로 구성도

89C2051에서 100 $\mu$ s 주기의 파형을 만들어내는 방법은 여러 가지 코딩 방법이 있지만, 모터의 각도 변경 후에도 계속 같은 각도를 유지하고 있어야 하기 때문에, 89C2051의 타이머를 이용하여 주기적인 인터럽트를 걸리게 하는 방식으로 코딩하였다.

### 3.3 무동력 바퀴

뱀이 이동할 때, 그림 8에서 볼 수 있는 것과 같이 배 부분에 비늘이 한쪽 방향으로 나 있어 뒤로 밀리지 않고 효과적으로 전진할 수 있다.

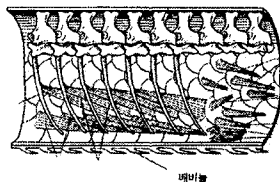


그림 10. 뱀의 비늘

뱀 로봇도 지면과의 접촉부분에 뱀의 비늘과 같은 역할을 하는 장치가 필요하기 때문에, 무동력 바퀴를 부착하였다.

## IV. 이동 알고리즘

바퀴는 로봇이 옆으로(법선방향) 미끄러지는 것을 방지하기 때문에, 로봇이 각 관절을 움직일 때 관절의 움직임을 추진력으로 삼아 전진할 수 있다.

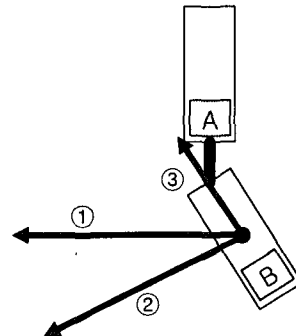


그림 11. 모듈의 진행

이것을 그림 9에 설명하였다. 모듈A의 모터에 의해 모듈B가 ①방향으로 움직이는 힘을 받는다. ①방향으로 가해진 힘을 수평/수직성분으로 분해하면 ②, ③과 같이 나타낼 수 있는데, ②방향으로의 힘은 바퀴와 지면과의 마찰 때문에 실제 반영되지 못하고 ③방향으로만 힘이 전달되게 되어 로봇은 ③방향으로 진행한다.

### 4.1 진행 패턴

본 논문에서는 전술한 바와 같이 축선물결운동을 기본으로, 뱀 로봇의 동작을 모델링 하였다. 축선물결운동으로 진행되는 뱀의 경우 몸을 "S"자 형태로 좌우로 움직이며 이동하는 것을 볼 수 있다.

이것을 이용하여, 각 모듈의 각도에 대한 퍼지 룰 테이블을 작성하여 전진, 후진, 좌/우회전등의 동작을 구성하여 실험하였다.

그림 10은 전진동작시의 로봇의 움직임이다.

뱀 로봇 진행의 추진력은 법선방향에 작용하고 있는 큰 마찰력에 기인한 반작용이라 할 수 있기 때문에, 로봇의 동작성능은 로봇이 만들어내는 모양에 크게 좌우된다. 만약, 각도를 너무 많이 움직이거나 순간적으로 큰 힘으로 모듈을 움직여 모양을 만든다면, 바퀴가 법선방향으로 미끄러지게 되어 로봇은 정해진 경로를 벗어나는 결과가 초래된다.

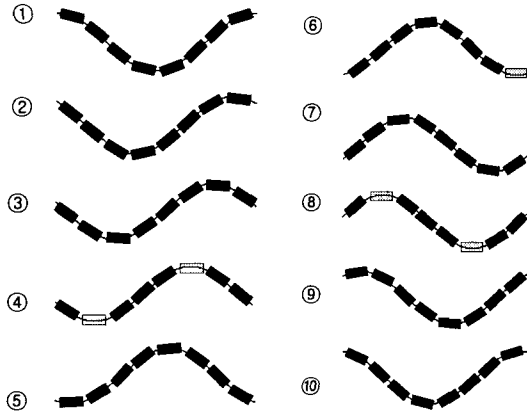


그림10. 로봇의 전진동작

따라서 부드럽고, 효과적으로 이동하기 위해서는 ① 로봇은 항상 적절한 형태를 유지하도록 움직여야 하며 ② 관절의 토크를 제어하여 법선방향의 정지 마찰력을 초과하지 않도록 하여야 한다.

그림 11은 뱀 로봇을 실제 구현하여 시뮬레이션 한 결과의 동영상을 캡처한 사진이다.

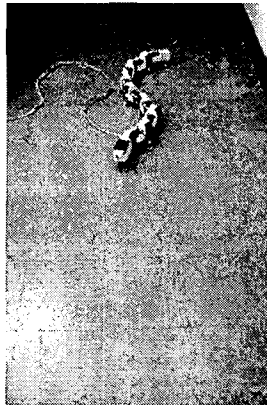


그림 11. 실험결과

Snake Robot의 모듈의 이동방향은 머리에 해당하는 모듈, 즉 제일 앞부분에 있는 모듈의 이동경로를 추종하게 되므로, 머리 모듈의 방향을 제어함으로써 좌/우 회전등의 동작을 구현할 수 있다. 또한 모듈의 구동순서를 꼬리 모듈, 즉 제일 뒷부분에 있는 모듈부터 역순으로 움직여 준다면 실제 뱀이 할 수 없는 후진 동작도 구현할 수 있다.

## V. 결론

본 논문에서는 뱀 로봇의 구조와 동작을 모델링하여

실제 하드웨어로 구현하였다. 구현 결과 실제 뱀의 전진 및 좌/우 회전 동작을 구현할 수 있었다.

이번 논문에서는 뱀의 주행에 초점을 맞추어 연구하였으므로, 수직 방향 180°움직임이 가능한 관절부위는 사용하지 않았는데, 향후 수직방향 모터의 움직임까지 고려하여 동작을 모델링 한다면 지금까지의 주행로봇과는 차별적으로 지형의 영향이 거의 없이 주행 가능할 것이다. 또한 머리부분에 CCD 카메라나 기타 센서등을 부착한다면, 붕괴지역등에서 생존자 파악, 파이프 등의 균열 확인등에 활용될 수 있을 것이다.

감사의 글: 본 연구는 '과학기술부 뇌신경 정보연구사업'에 의해 지원받았습니다.

## 참고문헌

- [1] Hisashi Date, Mitsuji Sampei, "Control of a Snake Robot in Consideration of Constraint Force", Proc. IEEE int. conf. Control Application, pp.966-970. Sep. 2001.
- [2] 심재한, "꿈꾸는 푸른 생명 거북과 뱀", 다른세상, pp.100-102, 2001.
- [3] Masashi Saito, Masakazu Fukaya, "Serpentine Locomotion with Robotic Snakes", IEEE Control Systems Magazine, pp.64-81. Feb. 2002.
- [4] S. Hirose and A. Morishima, "Design and control of a mobile robot with an articulated body", Int. J. Robot. Res., vol. 9, no. 2, pp.99-114, 1990.