

# CPG를 이용한 휴머노이드 로봇 Nao의 보행궤적 생성

## Generation of Walking Trajectory of Humanoid Robot using CPG

이재민\* · 서기성\*

Jaemin Lee and Kisung Seo<sup>†</sup>

\*서경대학교 전자공학과

<sup>†</sup>Dept. of Electronics Engineering, Seokyeong University

### 요 약

본 연구에서는 발끝 궤적을 미리 설계하지 않고, CPG(Central Pattern Generator)를 이용하여 동적으로 생성할 수 있는 기법을 제안한다. 생성된 발끝 궤적은 CPG의 진동적인 출력에 따라 가변적인데, 이는 발끝 궤적이 CPG 진동적인 출력 신호의 맵핑 함수로 주어지기 때문이다. 이를 통해 환경에 적응적인 궤적을 생성할 수 있는 토대를 마련할 수 있다. 제안된 기법의 효율성을 검증하기 위해서, Webots 시뮬레이션을 통해 휴머노이드 로봇 Nao에 대한 실험을 수행하고, 성능과 동작 특성을 분석한다.

**키워드** : CPG(Central Pattern Generator), 발끝 궤적, 휴머노이드 보행, Nao

### Abstract

The paper introduces dynamic generation technique of foot trajectories using CPG(Central Pattern Generator). In this approach, the generated foot trajectories can be changeable according to variable outputs of CPG in various environments, because they are given as mapping functions of the output signals of the CPG oscillators. It enables to provide an adaptable foot trajectory for environmental change. To demonstrate the effectiveness of the proposed approach, experiments on humanoid robot Nao is executed in the Webot simulation. The performance and motion features of CPG based approach is analyzed.

**Key Words** : CPG(Central Pattern Generator), Foot Trajectory, Humanoid Walking, Nao

## 1. 서 론

1970년대 Vokobratovic이 이족보행의 제어와 안정성에 관한 모델링을 처음 제시한 후[1], 휴머노이드 보행에 관한 많은 이론 및 실험에 대한 연구가 진행되어 왔다.

구체적으로, 역진자 모델을 도입하여 휴머노이드 보행을 모델링하고, 이를 사용하여 안정적 보행을 보장하는 로봇의

무계중심에 대한 ZMP 궤적을 생성하며, 이에 따라 보행에 대한 발끝 궤적을 생성하는 것이 주된 접근법으로 널리 알려져 있다[2-4]. 그러나 이 방법들은 사전에 기준궤적을 미리 생성하므로, 고정된 궤적으로는 지형의 변화에 적용할 수 없는 단점이 있다.

동물의 생체 신경시스템에 존재하는 CPG(Central Pattern Generator) [5]라는 신경망은 보행등의 규칙적이고 적응적인 움직임을 발생하는 것으로 알려져 있다. 이에 근거하여 로봇에 필요한 다양한 주기적 패턴의 움직임을 생성하기 위해 CPG를 이용한 보행연구가 활발히 진행되고 있다[6-9].

본 논문에서는 사전에 기준궤적을 생성하지 않는 대신에, 생물학적 CPG 모델을 이용한 가변적인 발끝 궤적을 생성하는 기법을 소개한다. 이를 위하여 CPG 노드들로 이루어진 CPG 네트워크를 구성하고, 여기서 나온 출력 파형을 변환하여 x축과 z축에 대한 발끝 궤적을 생성한다.

Aldebaran사의 휴머노이드 로봇 Nao에 대해서, Webots 기반의 시뮬레이션을 통해 생성된 걸음새의 특성을 분석하고, Aldebaran사에서 제공하는 보행 패턴과 비교한다. 그리고 주기와 보폭 및 발 높이를 변화시켜 이에 따른 보행 속도의 성능 분석도 수행한다. 전체 내용은 본 연구자들의 사전 연구[10]를 확장한 것이다.

접수일자: 2013년 3월 31일

심사(수정)일자: 2013년 7월

게재확정일자 : 2013년 8월 5일

<sup>†</sup> Corresponding author

본 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (NRF-2011-0009958)

본 논문은 본 학회 2012년도 춘계학술대회에서 선정된 우수논문을 확장한 것입니다.

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## 2. 기존 접근법 및 CPG의 적응성

### 2.1 발끝 궤적 사전 설계

휴머노이드 로봇 또는 이족 로봇의 보행은 보행패턴 생성과 자세 안정화로 나누어진다. 보행 패턴 생성은 외부 지면 환경이나 로봇 자체의 동적 특성 및 보행 흐름에 알맞도록 주기적으로 생성되어야 하며, 자세 안정화의 경우 실시간 센서 피드백을 활용하여 로봇의 균형을 항상 유지시켜야 한다[3]. 보행패턴 생성과 자세 안정화 두 가지 모두 중요하나, 적합한 보행패턴 생성이 되지 않으면, 자세 안정화의 노력이 무용지물이 될 수 있으므로, 보행패턴 생성이 좀 더 우선이라고 볼 수 있다. 특히, 평지에서는 보행패턴의 역할의 비중이 더욱 높다. 보행패턴은 양 발의 수직방향 (z) 및 전진방향 (x)에 대한 위치 궤적들을 나타내는 것으로 이후 발끝 궤적으로 표현한다.

현재 대부분의 걸음새 생성 기법은 사전에 발끝 궤적을 생성하여 평지에서는 비교적 안정적인 보행을 수행할 수 있으나, 발끝 궤적이 고정되어 있으므로 약간의 지형변화에도 대처하기 힘들다. 또한 실시간으로 동적인 발끝 궤적을 구하는 것은 복잡한 연산 때문에 거의 불가능하다.

### 2.2 CPG (Central Pattern Generator)

CPG 모델은 생물체의 신경망들이 서로 신호를 주고 받으며, 비선형적인 주기신호를 발생시키는 원리를 모델링한 것이다[3]. CPG에 사용되는 수식은 몇 가지 모델이 있으며, 본 논문에서는 그림 1과 같은 Matsuoka의 CPG 모델을 사용하며, 다음 식으로 표현된다.

$$\begin{aligned} \tau_i \dot{u}_i &= -u_i - \sum_j w_{ij} y_j - \beta v_i + s_0 + f_i \\ \tau_i \dot{v}_i &= -v_i + y_i, \quad y_i = \max(u_i, 0) \end{aligned} \quad (1)$$

수식 (1)에서  $u_i$ 는  $i$ 번째 뉴런의 내부 상태이고,  $v_i$ 는  $i$ 번째 뉴런의 자기억제를 나타내는 피로도,  $y_i$ 는  $i$ 번째 뉴런의 출력을 나타낸다. 또한,  $s_0$ 는 정상 입력신호이고  $\tau$ 는 시상수,  $\beta$ 는  $u, v$ 의 적응에 대한 변수,  $w_{ij}$ 는 뉴런간의 연결 강도,  $f_i$ 는 피드백 신호를 나타낸다.

CPG 는 그동안 도롱뇽이나 뱀형 로봇, 그리고 4족 로봇 보행의 관절각 생성에 주로 사용되어 왔다. 예로, 도롱뇽 모방 로봇에 CPG 모델을 적용하여 걷다가 헤엄을 치는 전이 과정이 CPG 파형의 적응적 수정을 통해 자연스럽게 이루어짐을 보이고 있다[6]. 또한, 4족로봇에 대해서 CPG 모델을 사용하여 회전, 대각선, 측면으로의 전(omnidirectional) 방향 보행 및 각 보행간의 부드러운 전이를 얻고 있다[9].

그러나, 고도의 안정성이 요구되는 이족로봇에 대해서는 CPG 모델이 아직까지는 만족스럽게 적용되지 못하고 있다.

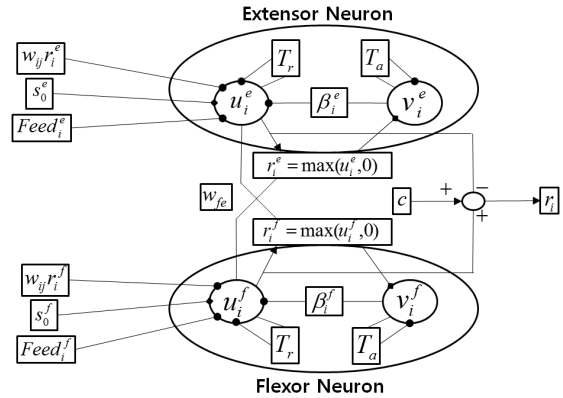


그림 1. CPG Unit의 내부 구조  
Fig. 1. Inner structures of CPG unit

## 3. CPG 기반 휴머노이드 보행 궤적 생성

사전 설계된 발끝 궤적의 고정된 단점을 해결하기 위하여, 생물학적 CPG 모델을 도입하여, 실시간으로 동적인 발끝 궤적을 구할 수 있는 기법을 제안한다. 즉, CPG 모델에서 생성된 신호를 변환하여 발끝의 궤적을 생성함으로써, 외부 요인으로 인한 CPG 파형의 변화가 동적으로 가변적인 발끝 궤적을 설계하도록 한다.

따라서, 환경이나 지형의 변화에 따른 피드백 정보를 이용할 경우, 향후 비평탄 지형에 대한 적응적인 발끝 궤적 생성이 가능하다. 본 연구의 범위는 동적으로 가변적인 궤적을 생성할 수 있음을 보이는 데에 초점을 맞추고, 지형의 변화에 대한 적응 보행은 후속 연구로 미룬다.

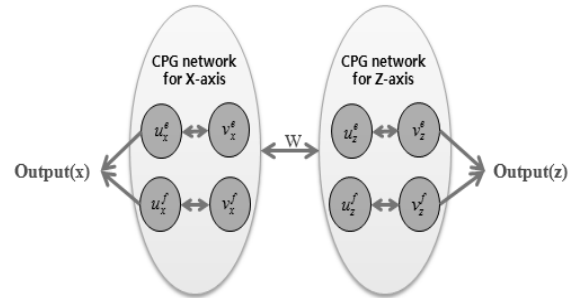


그림 2. CPG 연결 구조  
Fig. 2. Structures of CPG connections

그림 2는 CPG 파형을 생성하기 위한 CPG 네트워크의 연결 구조이다. 각 CPG 단위의 내부 메카니즘에 의한 파형과 두 CPG 단위(unit) 간의 연결 가중치의 영향을 통해 나온 전체 네트워크의 출력파형이 그림 3과 같이 x축과 z축에 대한 궤적을 생성한다. 이 주기적인 파형에서 전진에 필요한 x축으로의 이동량과 발끝 높이에 필요한 z축으로의 한 주기에 대한 변량만을 그림 4와 같이 추출한다.

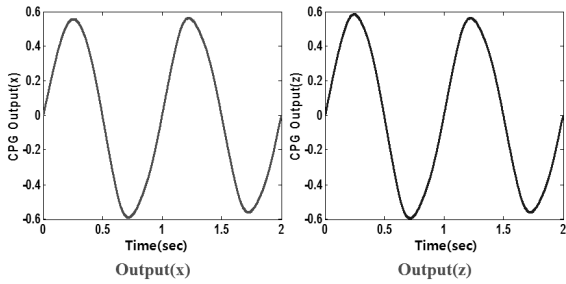


그림 3. CPG 네트워크로부터의 출력파형  
Fig. 3. Output waveform from the CPG network

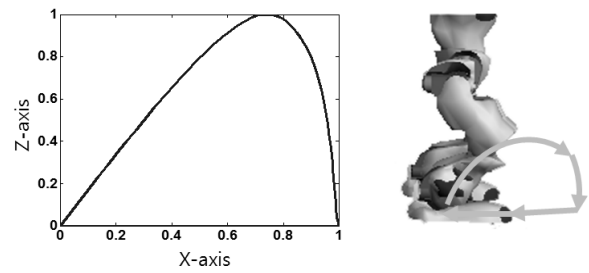


그림 6. 발끝의 궤적  
Fig. 6. Foot trajectory

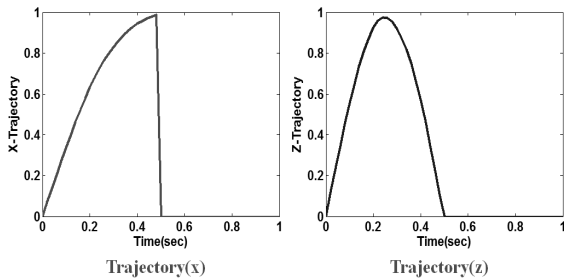


그림 4. CPG 출력파형으로부터 추출된 한 주기 파형  
Fig. 4. Extracted waveform form CPG for a period

생성한 x축과 z축에 대한 출력 파형을 수식 (2), (3)을 통해 한 주기에 대한 x축과 z축에 대한 궤적으로 변환할 수 있다. 수식 (2), (3)에서 t는 시간을 의미하며,  $r_1, r_2$  는 x축과 z축에 관한 CPG 네트워크의 결과 파형이고,  $k_1, k_2, k_3$  는 이득 값이다.

$$Trajectory_x = \begin{cases} (r_1 + tk_2)k_1 & \text{if } t < 0.5 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

$$Trajectory_z = \begin{cases} r_2k_3 & \text{if } t < 0.5 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

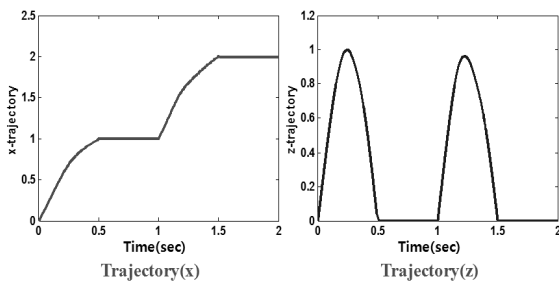


그림 5. x 축과 y 축에 대해서 변환된 궤적  
Fig. 5. Transformed trajectory for x and y axis

그림 5는 두 주기 동안의 한 발의 움직임을 표현한 것으로 위상을 0.5초 뒤로 하면 반대쪽 발의 궤적을 생성할 수 있다. 한 주기에 대해서 x축과 z축의 두 궤적을 시간으로 결합하면 그림 6과 같은 발끝의 궤적을 얻을 수 있다.

그림 6과 같이 궤적을 생성하였을 때, x축과 z축의 범위는 0과 1사이이다. 실제 궤적을 로봇에 적용할 경우, 발의 보폭을 x축에 곱하고 발이 들어올리는 최대 높이를 z축에 곱한다. 그러나 x축과 z축에 대한 궤적만 가지고 로봇에 적용하였을 경우 앞뒤로 움직이는 피치(pitch) 관절만 움직이기 때문에 생성한 궤적을 따라 움직이는 것이 어렵다.

휴머노이드 로봇이 CPG 네트워크를 통해 생성한 발끝의 궤적을 따라가게 하기 위해서는 몸체의 무게중심(CoM)에 대한 제어가 필요하다. 사전에 CoM의 기준궤적을 생성한 뒤, 궤적에 대한 좌우로 움직이는 롤(roll) 관절을 생성하여 좀 더 안정적인 보행 패턴을 생성할 수 있다.

#### 4. 시뮬레이션 및 결과

##### 4.1 휴머노이드 로봇 Nao

휴머노이드 로봇 Nao는[11] Aldebaran 사의 중소형 휴머노이드 로봇이다. 총 25개의 관절과 머리 부분의 터치 센서, 가슴부분의 초음파 센서와 버튼이 있고 발 부분에 터치 센서와 발바닥의 압력센서로 구성되어 있다. 다리 부분은 앞뒤로 움직이는 피치(pitch) 관절 6개와 좌우로 움직이는 롤(roll) 관절 4개로 구성되어 있고 골반 관절이 1개로 구성되어 있다.

##### 4.2 기본 시뮬레이션 및 결과

표 1. 뉴런의 초기값과 CPG 파라미터  
Table 1. Initial values of a neuron and CPG parameters

Initial values of neuron						
$u_x^e$	$v_x^e$	$u_x^f$	$v_x^f$			
0.0337	0	0.1947	0.037			
$u_z^e$	$v_z^e$	$u_z^f$	$v_z^f$			
0.0337	0	0.1947	0.037			
CPG parameters(a period of one foot : 1 sec)						
$Tr$	$Ta$	$s0$	$\beta$	$w_{fe}$	$w_{xz}$	$w_{zx}$
0.1125	0.245	1.0	1.8	1.6	0	0

Cyberbotics 사의 Webots를 이용하여 휴머노이드 로봇 Nao에 대한 시뮬레이션을 수행하였고, 초기 CPG 네트워크의 파라미터는 표 1과 같이 설정하였다. 뉴런의 초기값은 x축에 대한 파형과 z축에 대한 파형을 동일하게 만들기 위해 같은 값을 넣었으며, CPG 파라미터는 주기와 진폭에 대한

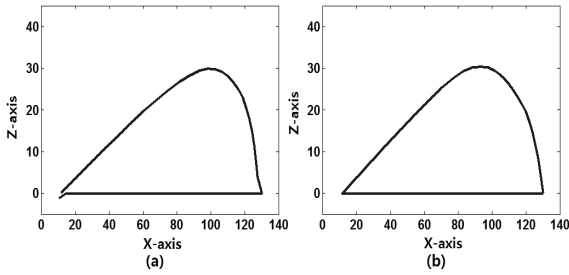


그림 7. 왼발(a)과 오른발(b)의 궤적  
Fig. 7. Left(a) and right(b) foot trajectory

설정이다. 표 1의 파라미터를 이용하여 보폭이 120mm이고, 발을 들어올리는 최대 높이가 30mm인 그림 7과 같은 발의 궤적을 생성하였다.

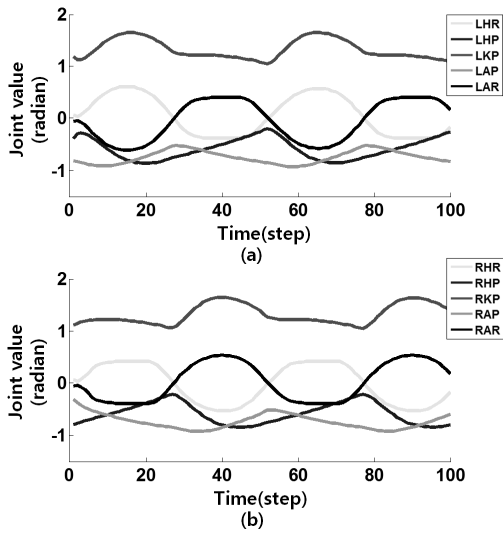


그림 8. 왼발(a)과 오른발(b)의 관절 궤적  
Fig. 8. Left(a) and right(b) joint trajectory

그림 8은 좌우에 대한 발, 무릎, 엉덩이의 관절 궤적을 나타내며, 샘플링 구간은(step) 40ms이고 25개 구간(1초)마다 양발이 교대로 움직임을 알 수 있다. 그림 9에는 Aldebaran사에서 제공하는 Forwards50의 보행 패턴(위)과 본 연구에서의 CPG 기반 보행패턴(아래)를 비교한 결과가 나와 있다.

Aldebaran사의 기본 보행 패턴은 속도가 7cm/s 이지만 CPG 네트워크를 통해 생성된 보행 패턴의 경우 속도가 11cm/s로 성능이 우수하며, 동일한 시간에 기존 보행패턴보다 더 이동한 거리가 긴 것을 알 수 있다. 이를 통해 제안된 CPG 기반 접근법에 의해 생성된 발끝의 궤적이 적정 속도 이상에서 안정적인 움직임을 보이는 것을 확인하였다.

### 4.3 CPG 파형변화에 의한 가변적 발끝 궤적의 생성

제안된 CPG 기반의 기법으로 동적으로 가변되는 발끝 궤적의 생성이 가능함을 보이기 위해서, 반복된 발끝 궤적을 출력하였다. CPG 단위의 내부 파형의 미세 변화로 인해 그림 10과 같이 발끝 궤적이 스스로 변화함을 알 수 있다.

향후, 그림 1의 CPG 단위 그림의 좌측의 Feed 입력에 지형의 변화에 대응하는 센서값을 연결하면, 이에 따라 전체 CPG 네트워크가 지형에 적합한 파형을 생성할 수 있다. 본 연구에서는 지형에 대한 피드백 값을 고려하기 전 단계로, 지형에의 적응성은 고려하지 않고 있다.

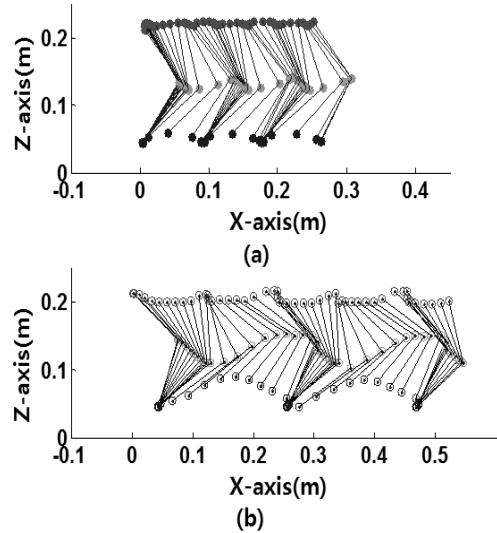


그림 9. 기본 보행 패턴(a)과 CPG 기반 접근법(b)의 실제 보행 움직임 궤적  
Fig. 9. Walking trajectory of the existing approach (a) and the proposed approach (b)

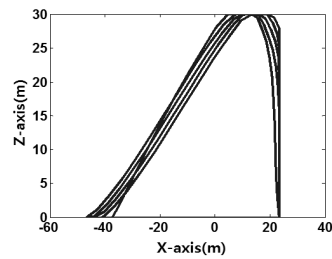


그림 10. CPG 기반 궤적의 자동적 변형  
Fig. 10. Automatic modification of CPG based foot trajectories

### 4.4 CPG 기반 생성 궤적에 대한 파라미터 변화 분석

표 2. 주기가 0.8초에서의 보폭과 발높이에 대한 속도 (cm/sec),  $Tr = 0.098$ ,  $Ta = 0.196$

Table 2. Velocities (cm/sec) by step length and height in 0.8sec period,  $Tr = 0.098$ ,  $Ta = 0.196$

Step length Height	9(cm)	10(cm)	11(cm)	12(cm)
3(cm)	10.17	11.33	12.74	14.11
4(cm)	10.06	11.31	13.50	14.04
5(cm)	0.00	0.00	0.00	0.00
6(cm)	0.00	0.00	0.00	0.00

적정 이상의 성능을 보이는 CPG기반 발끝궤적에 대해서 CPG 및 보행궤적 관련 파라미터를 변화시켜 성능을 분석하였다. 표 2-4는 한 걸음의 주기와 발의 보폭, 발을 들어올리는 높이변화에 따른 속도이다. CPG 네트워크에서 주기에 관련된 파라미터는 Tr과 Ta이므로 이 두 수치를 바꾸어 줌으로써 궤적을 생성하는 파형의 주기를 조정하였다. 각 주기별(0.8, 1.0, 1.2sec) 보폭과 발높이를 변화시켜 얻은 속도 성능 결과가 표 2-4에 나와 있다.

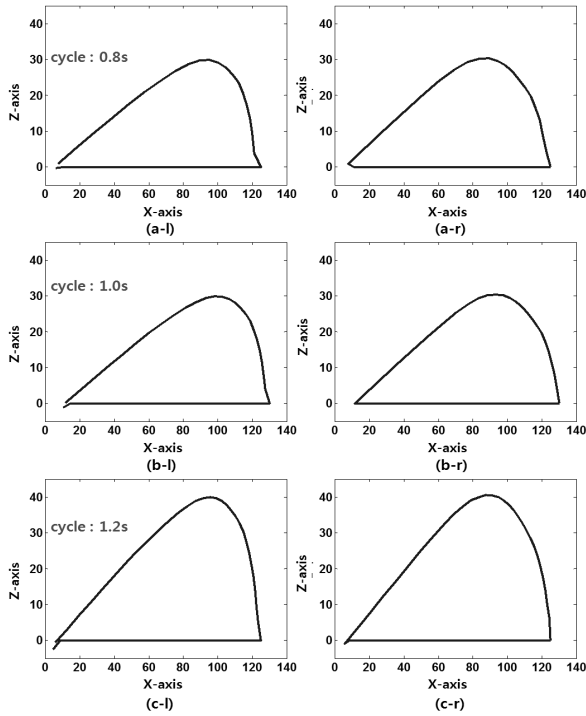


그림 11. 주기별 왼발(l)과 오른발(r)의 궤적  
Fig. 11. Left (a) and right (b) foot trajectory for each period

표 3. 주기가 1.0초에서의 보폭과 발높이에 대한 속도 (cm/sec), Tr = 0.1225, Ta = 0.245  
Table 3. Velocities (cm/sec) by step length and height in 1.0sec, Tr = 0.1225, Ta = 0.245

Step length Height	9(cm)	10(cm)	11(cm)	12(cm)
3(cm)	8.27	9.16	10.00	<b>11.09</b>
4(cm)	8.15	9.01	10.07	10.94
5(cm)	7.83	9.04	9.87	0.00
6(cm)	0.00	0.00	0.00	0.00

주기가 0.8초인 표 2에서의 속도는 보폭이 12cm이고, 발의 높이가 3cm일 때 14.11cm/s로 모든 주기에 대해서 가장 빠른 것을 확인할 수 있다. 그러나 주기가 0.8일 때, 발을 들어올리는 높이가 5cm이상일 경우 넘어지는 것을 알 수 있다. 표 3에서는(주기 1.0초) 보폭이 12cm이고, 발의 높이가 3cm일 때 11.09cm/s로, 주기가 1.2초인 표 4에서는 보폭이 12cm이고, 발의 높이가 4cm일 때 9.95cm/s로 상대적 우수함을 나타내었다. 주기가 1.2로 길어질수록 높은 보폭에 대해 안정적으로 걷는 것을 확인할 수 있다.

표 4. 주기가 1.2초에서의 폭과 발높이에 대한 속도 (cm/sec), Tr = 0.147, Ta = 0.294  
Table 4. Velocities (cm/sec) by step length and height in 1.2sec period, Tr = 0.147, Ta = 0.294

Step length Height	9(cm)	10(cm)	11(cm)	12(cm)
3(cm)	6.95	7.68	8.63	9.44
4(cm)	7.01	7.77	9.50	<b>9.95</b>
5(cm)	6.88	7.63	9.25	9.84
6(cm)	6.95	7.58	8.52	0.00

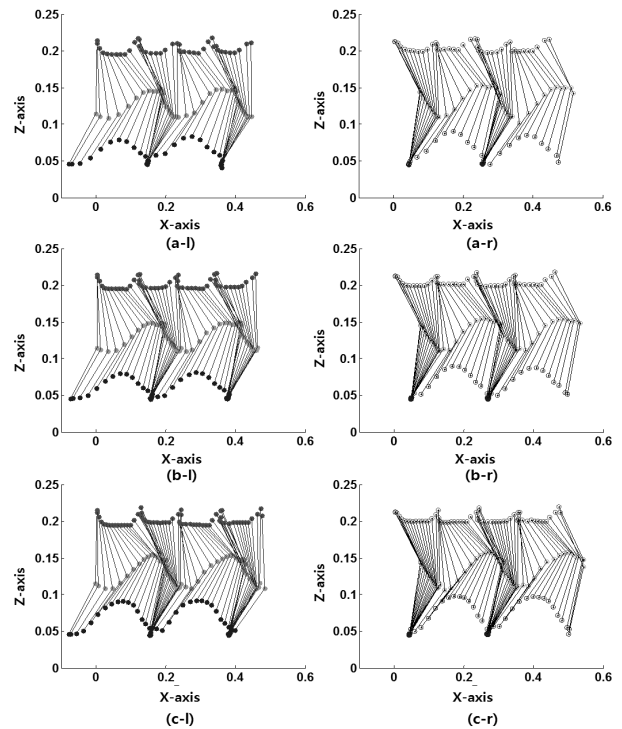


그림 12. 주기별 왼발(a)과 오른발(b)의 보행 궤적  
a) 주기 0.8초, b) 1.0초, c) 1.2초  
Fig. 12. Left (a) and right (b) walking trajectory for each period a) 주기 0.8초, b) 1.0초, c) 1.2초

그림 10에는 위의 각 주기별 가장 빠른 궤적이 나와 있다. 주기가 0.8초(a)와 1초(b)의 궤적은 유사하게 나오며, 주기가 1.2초의 경우 발 높이가 3cm로 변화함에 따라 다른 모양의 궤적이 생성되었다.

그림 11은 그림 10의 궤적에 대한 하반신의 보행 동작을 나타낸다. 전체적인 관절의 움직임은 유사하지만 (a)와 (b)에 비해 (c)의 발끝 궤적 움직임이 더 큰 것을 알 수 있으며, 골반 및 무릎의 궤적이 다름을 확인할 수 있다.

### 5. 결론

본 논문에서는 사전에 생성하는 기준궤적을 이용한 휴머노이드 보행방법이 아닌, CPG 네트워크를 이용하여 매 시간으로 보행 궤적을 생성하는 방법을 제안하였다. 제안된 기법은 CPG 네트워크를 통해 생성된 파형을 x축과 z축에 대한 궤적으로 변환하여 휴머노이드 로봇에 적용하였으며

시뮬레이션 수행으로 안정적으로 보행함을 확인하였다. 추가로 주기에 영향을 미치는 CPG 파라미터를 조정하여 주기별로 발폭과 발높이를 바꾸어 속도 성능 및 보행 동작을 비교 및 분석하였다.

향후 연구에서 CPG 파라미터 중 Tr, Ta뿐만 아니라 뉴런의 초기값과 나머지 파라미터를 이용해 보행 궤적에 어떤 영향을 끼치는지 연구하고, CPG의 특성인 적응성을 검증하기 위해 피드백 정보를 이용하여 다양한 환경에서 안정적인 보행 패턴을 가지는 움직임에 대해 연구가 필요할 것으로 보인다.

## References

- [1] M. Vokobratovic, A.A. Frank, D. Juricic, "On the Stability of Biped Locomotion," *Biomedical Engineering, IEEE Transactions on*, vol. BME-17, no. 1, pp. 25,36, Jan. 1970.
- [2] S. Lee and H. Kim, "Reference ZMP Trajectory Generation and Implementation for a Biped Robot via Linear Inverted Dumbbell Model" *Journal of the Korean Society of Precision Engineering*, Vol. 29, No. 4, pp. 417-425, 2012.
- [3] J. Y. Kim, I. W. Park, and J. H. Oh, "Experimental realization of dynamic walking of biped humanoid robot KHR-2 using ZMP feedback and Inertial measurement," *Advanced Robotics*, vol. 20, no. 6, pp. 707-736, 2006.
- [4] C. Graf, A. Härtl, T. Röfer, T. Laue, "A Robust Closed-Loop Gait for the Standard Platform League Humanoid," *Proceedings of the Fourth Workshop on Humanoid Soccer Robots in conjunction with the 2009 IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots*, 2009.
- [5] K. Matsuoka, "Mechanisms of frequency and pattern control in the neural rhythm generators", *Biological Cybernetics*, vol. 56, issue 5, pp. 345-353, 1987.
- [6] A. J. Ijspeert. "Central pattern generators for locomotion control in animals and robots: a review," *Neural Networks*, 21(4), pp. 642-653, 2008
- [7] T. Matsubara, J. Morimoto, J. Nakanishi, M. Sato, K. Doya, "Learning CPG-based biped locomotion with a policy gradient method," *Robotics and Autonomous Systems*, vol. 54, no. 6, pp. 911-920, 2006.
- [8] C. Liu, D. Wang, Q. Chen, "Central Pattern Generator Inspired Control for Adaptive Walking of Biped Robots," *Systems, Man, and Cybernetics: Systems, IEEE Transactions on*, no. 99, pp. 1-10, 2013
- [9] C. P. Santos, V. Matos, "CPG modulation for navigation and omnidirectional quadruped locomotion," *Robotics and Autonomous Systems*, vol. 60, no. 6, pp. 912-927, 2012.
- [10] J. Lee, K. Seo, "Generation of Walking Trajectory of Humanoid Robot using CPG," *Proceedings of*

- Korean Institute of Intelligent Systems 2013 Spring Conference*, vol. 23, no. 1, pp. 123-124, 4 2013
- [11] "Forward and Inverse Kinematics for the NAO Humanoid Robot," Technical University of Crete, July 2012

## 저 자 소 개



### 이재민 (JaeMin Lee)

2011년 : 서경대학교 전자공학과 공학사  
2012년 ~ 현재 : 동 대학원  
전자공학과 석사과정

관심분야 : CPG, 휴머노이드 보행, 적응적인 보행패턴 생성  
Phone : +82-2-940-7734  
E-mail : mvp9999@naver.com



### 서기성 (KiSung Seo)

1986년 : 연세대학교 전기공학과 공학사  
1988년 : 연세대학교 전기공학과 공학석사  
1993년 : 연세대학교 전기공학과 공학박사  
1993 ~ 1998년 : 서경대학교 산업공학과,  
전자공학과 조교수

1999 ~ 2003년 : Michigan State University, Genetic Algorithms Research and Applications Group, Research Associate  
2002 ~ 2003년 : Michigan State University, Electrical & Computer Engineering, Visiting Assistant Professor  
2011 ~ 2012년 : Michigan State University, BEACON(Bio/computational Evolution in Action CONSortium) Center, Visiting Faculty  
2003 ~ 현재 : 서경대학교 전자공학과 부교수

관심분야 : 진화 로봇틱스, GP기반 로봇보행, CPG기반 로봇 보행, 물체인식과 추적, 진화최적화.  
Phone : +82-2-940-7734  
E-mail : ksseo@skuniv.ac.kr