

多角歩行로봇의 개발

2천년대 實用化 전망

임 준 홍

(韓國航空大교수·항공전자공학)

일반적으로 산업용로봇은 잘 정돈된 작업환경하에서 작업을 하는 것으로서 몸체는 고정된 채 팔과 손을 이용하는 것이 대부분이다. 이와는 달리 해저작업, 원자력발전소, 토목공사현장등 작업환경이 불균형하고 험난한 곳에서 사람대신 작업을 하는 로봇을 위해서는 사람과 같이 두 다리 혹은 여러개의 다리를 갖는 보행로봇의 개발이 필수적이다. 또한 현재의 이동메카니즘(바퀴나 무한궤도를 이용하는 것들)으로는 갈 수 없는 험난한 지형을 가고자 할 때, 장애물을 넘어가야 할 때 또 층계를 올라갈 때 등에도 다각보행 로봇이 필요하게 된다. 실제로 지구의 땅덩어리중 약 50%의 지형만이 바퀴나 무한궤도를 이용하여 갈 수 있고 훨씬 많은 부분은 동물이나 사람같이 다리를 이용하여야만 갈 수 있다. 또한 다리를 이용하면 지면이 물렁물렁하거나 딱딱하거나 혹은 미끄러운 곳도 갈 수 있는등 로봇의 이동성(mobility)을 향상시킬 수 있는 장점이 있다.

다각 보행 로봇 개발의 또 하나의 중요한 동기는 동물이나 사람이 어떻게 다리를 이용하여 이동을 하는 지를 보다 잘 이해 하고자 하는데 있다. 그럼으로써 그 결과를 장애자를 위한 재활의학 또는 스포츠공학 등에 이용하게 된다.

다각 보행 로봇은 20여년 전부터 미국, 일본 등지와 영국, 소련등 유럽권에서 꾸준히 개발되어 왔다. 그러나 기계적 구조의 복잡성과 제어의 어려움 때문에 아직도 기술수준은 초기단계에 머물러 있는 형편이다.

◇ 보행로봇시스템

다각보행 로봇시스템은 크게 실제로 움직이는 다리 자체의 기계시스템과 그 다리가 원하는 대로 움직이도록 제어해 주는 제어시스템으로 나눌 수 있다. 또한 제어시스템은 과제 혹은 명령이 주어졌을때, 현재의 로봇의 움직임을 관찰하여 앞으로 움직여야할 로봇 몸체의 움직임을 결정하여 주는 관리제어시스템과 로봇 몸체가 원하는 대로 움직일 수 있도록 각 발의 동작 즉 발들의 이동속도, 이동체적, 걸음새 등을 결정하여 주는

보행제어시스템, 그리고 주어진 발의 동작으로부터 각 관절의 움직임의 구하고 관절의 구동부(actuator)의 입력을 결정하여 주는 서보제어시스템의 세계의 계층적 구조로 생각할 수 있다.

▲ 기계시스템 : 보행로봇시스템이 실용적으로 되기 위해서는 빠른 속도로 이동할 수 있어야 하며 에너지효율이 극대화 되어 적은 동력이 소모되고 가능한 큰 하중운반능력을 가져야 할 것이다. 보행로봇은 일반 산업용로봇와는 달리 이동을 하는 것이므로 궁극적으로는 자체내의 동력원을 갖추어야 한다. 현재까지의 연구보고로는 ODEX-I로봇은 비행기용의 경량의 battery를 장착하여 한번 충전으로 1~2시간 정도 작동할 수 있고, 오하이오 주립대학의 6각로봇 ASV의 경우 900cc 엔진을 동력원으로 사용하고 있다. 그외의 대부분의 보행로봇은 외부에서 동력을 공급하여 전선을 끌고다녀야 하는 약점이 있다. 따라서 보행로봇의 다리기구의 설계시에는 에너지 손실을 적게하는 효율적인 구조설계, 자체 중량의 최소화, 효율적인 동력이용 등을 고려하여야 한다. 또한 간단한 구조로 좋은 이동성과 안정성을 가지며, 동력을 줄이기 위해 각 관절에 걸리는 힘이 작도록 하고, 구동부를 구동하지 않고도 정지상태를 유지할 수 있도록 다리기구가 설계되어야 한다.

현재까지 만들어진 다리기구 중에서 축도기구(Pantograph)는 에너지효율이 좋으며 한편 수직·수평운동이 독립되어 있어 제어하기 쉬운 장점이 있어 우수한 것으로 평가되고 있다.

이외에 보행로봇 설계시 고려되어야 할 사항은 다리의 수와 배열이다. 다리의 수가 많으면 상대적으로 무거운 하중에 강하고 안정성이 좋으나 움직이는 동작은 느리다. 반대로 다리의 수가 적으면 안정성이 나쁨으로 제어의 어려움이 있으나 보다 빠르고 민첩한 동작을 취할 수 있는 장점이 있다. 다리의 배열은 인간과 같은 포유류의 배열, 파충류의 배열과 곤충류의 배열의 3가지로 나눌 수 있다. 포유류의 배열은 빠르고 보행에 효과적이며 파충류의 배열은 느리나 안정되고, 곤충류의 배열은 몸의 안정을 취하면서도 몸을 전후좌우로 기민하게 움직일 수 있다.

이상의 장단점을 살펴보면 다리의 수와 배열은 그 사용목적에 따라 달라질 수 있다. 보통은 6다리가 일반적이는데 이는 6다리는 두쌍의 3다리로 나눌 수 있으므로 안정되면서도 상대적으로 빠른 속도를 낼 수 있음이다.

▲ 제어시스템 : 관리제어시스템의 형태는 무선으로 제어하는 원격조종제어방식, 자동차와 같이 보행로봇의 운전자가 탑승하여 조정하는 방식, 제어 Computer에 연결된 Keyboard와 Joystick으로 조정하는 방식 등이 있다. 이상의 방법들은 인간이 이동경로, 속도, 방향등의 고차원의 결정사항을 담당하고 복잡한 저차원의 제어는 자동적으로 수행되도록 컴퓨터를 제어루프에 포함시키는 것이 목적이다. 그러나 보행로봇의 궁극적 개발목표 중 하나는 자율적으로 환경을 인식하여 주어진 과제를 수행할 수 있도록 이동경로, 속도, 방향 등을 결정할 수 있어야 한다는 것이다. 이를 위하여 해결해야할 문제점들은 외부환경과 현재의 로봇의 상태를 감지하는 센서시스템과 인식된 상황으로부터 과제를 수행하도록 스스로 로봇의 움직임을 결정할 수 있는 지능적인 시스템이 이루어져야 한다는 것이다.

보행로봇의 상태를 감지하기 위해서는 각 다리의 발과 관절의 위치, 속도 등을 감지해야 하고, 몸체의 위치, 자세등을 측정해야 한다. 또한 외부 환경 즉 장애물의 감지, 지형의 형태의 관측등이 필요하다. 이를 위하여 초음파센서, 접촉센서, 시각장치등을 생각할 수 있다. 이중 시각 장치는 외부로부터 가장 많은 정보를 얻을 수 있는 감각기능이다. 그러나 일반적으로 카메라로부터 받아들여지는 영상처리는 복잡하고 많은 시간을 요하므로 실제로 적용되기에는 아직도 많은 연구가 필요한 실정이다. 이에 관한 연구는 일본 오사카대학 연구팀의 빌딩과 같은 잘 정돈된 환경하의 동적영

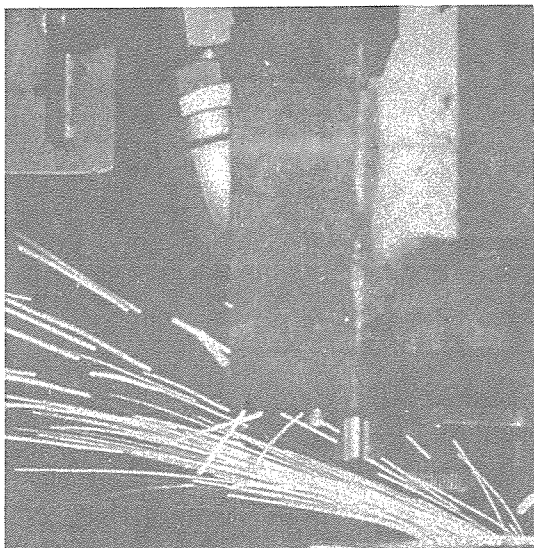
이 글은 한국전자통신연구소가 주최한 '87 "정보통신의 해"기념 『전자통신 종합학술대회』에서 발표된 것이다.

상처리나 혹은 미국 오하이오 주립대학팀의 두대의 카메라를 이용 거리를 측정하는 방법등의 단순한 영상처리방법이 알려지고 있다.

한편 자율경로계획기능은 주변환경에 대한 모든 정보가 미리 완전히 알려져 있고 변하지 않는다는 가정하에서 경로를 계획하는 방법이 있으나 환경이 바뀌는 상황하에서 응용하기 위하여는 아직도 많은 연구가 필요하다. 따라서, 보행로봇과 같이 지형, 장애물등의 환경이 변화할 때 효과적으로 환경을 인지하여 앞으로의 운동을 판단하는 관리제어시스템 개발이 필수적이라 할 수 있다.

보행로봇은 산업용 로봇과 마찬가지로 구동원에 의해 구동되는 관절로 연결된 link들의 직렬연결(Series)로 볼 수 있다. 이러한 보행로봇의 제어목표는 몸체의 안정된 동작을 유지할 수 있도록 하는 각 구동원의 입력의 집합을 찾는 것이다. 따라서 가장 근본적인 문제는 안정도, 즉 넘어지지 않고 움직일 수 있음이라고 할 수 있다. 그 해결방법으로는 정적안정(Static Stability)을 유지하며 이동하는 방법과 동적안정(dynamic stability)으로 이동하는 방법이 있다. 이는 보행로봇제어의 핵심적문제로 다음의 3장에서 자세히 다루도록 한다.

서보제어시스템이 갖추어야 할 필요조건들은 앞에서 언급한 기계적 이유로 소형, 경량이며 에



너지 고효율이고 유연한 적응동작이 가능하여야 함 등이다.

따라서 이러한 조건을 고려하여 각 관절의 구동원이 결정되어야 한다. 현재까지로는 교류서보전동기가 적합하다고 볼 수 있으나, 앞으로 소형, 경량, 고출력의 구동원의 개발에 관한 연구가 필요하다라고 할 수 있다.

이외에도 많은 자유도를 갖는 다리의 관절들의 효과적인 협동제어 방법에 관한 연구가 필요하다.

실제 몸체 추진시의 협동제어를 위하여는 각 다리가 지면을 통해 연결되어 있으므로 몇개의 Closed Kinematic Chain을 고려하여 제어를 해야 한다. 이에 관련된 연구로는 보행로봇의 몸체이동을 위한 운동학적방법과 산업용로봇가 Closed Kinematic Chain을 이룰때의 운동학적 제어방법등을 들 수 있다.

◇보행제어

보행로봇의 제어목표는 안정된 동작을 유지하도록 각 다리의 움직임 제어하는 것이다. 또한 몸체의 자세를 유지하며, 이동속도를 제어하며 부정지형(Irregular Terrain)에 유연하게 적응할 수 있어야 한다. 이 중 가장 근본적인 문제는 안정성, 즉 넘어지지 않고 균형을 유지하며 움직일 수 있음이라고 할 수 있다. 균형을 유지하는 방법은 능동적(Active Balancing)과 정적(Static Balancing)의 두 가지 방법이 있다.

정적으로 균형을 유지하는 방법은 보통 4다리 이상의 다각보행로봇에 이용되고 있다. 지면에 지지하고 있는 발들을 연결한 다각형의 Convex Hull을 지지평면(Supporting plane)이라 하고, 어느 순간 몸체가 가속되지 않으며 몸체의 무게중심의 사영(Projection)이 지지평면 내에 있으면 보행로봇은 넘어지지 않고 안정을 유지한다. 이를 정적안정도(Static Stability)라 한다. 이는 예를들면 언제나 3다리 이상씩이 지지하고 있으면 이루어질 수 있다. 따라서 정적안정을 유지하며 걷기 위하여는 발들을 옮기는 순서와 그 상대적인 시간을 조정하는 것이 중요하게 된다.



정적안정을 유지하며 걷는 것은 가속도가 거의 없어야 하고, 언제나 최소한 3다리 이상은 지면에 있어야 하므로 그 이동속도가 느리다. 따라서 다리의 수가 적거나 빠른 속도로 이동하기 위하여는 보행로봇의 동력학(Dynamics)을 고려한 제어가 필수적이다. 한다리 혹은 두 다리만이 지면에 있을 때 정적으로는 불안정하지만 로봇의 역학을 이용하여 넘어지지 않도록 하고 추진하는 속도를 얻게 하도록 구동부의 입력을 결정한다. 이럼으로써 로봇은 능동적으로 균형을 잡으며 빠른 속도로 이동할 수 있다. 이러한 경우 로봇의 역학을 가능한 정확히 알아내야 하는 것이 필수적이다. 그러나 보행로봇의 역학은 매우 복잡하므로

근사적으로 보다 간단한 모델을 구하는 연구가 많이 진행되어 왔다. 실제로 능동적으로 균형을 잡으며 이동하는 로봇으로는 CMU의 hopper 와 동경대학의 BIPER 등이 있으나 실험적인 단계로 평지에서만 가능한 것이고 물렁물렁한 지형 부정지형 등에서는 역학이 달라지는 등의 문제등 더 많은 연구가 필요하다.

◇ 결론

이상에서 다각보행로봇의 개발에 필요한 기술들과 문제점들에 대하여 간략하게 살펴보았다. 전반적인 기술수준들은 아직 초기단계에 머물고 있지만 그 중에서도 기구적구조, 보행방법 및 발걸음새 등에 대해서는 비교적 많은 연구가 있어 왔다. 그러나 이러한 연구도 대부분 평지, 일정한 속도, 정칙걸음새등 제한된 경우에 한한 결과이고, 부정지형에서의 보행방법, 자유걸음새 등에 관한 연구가 필요하다.

또한 다각보행로봇의 지능을 높이기 위해 필요한 시각장치들을 비롯한 여러 감지장치의 개발 및 그 인터페이스, 외부환경의 적응성 및 학습기능등의 인공지능에 관한 연구는 거의 없는 실정이다.

그러나 지난 10여년간의 보행로봇의 개발속도와 그 주변관련 기술의 개발속도로 미루어 보건데, 앞으로 10년 뒤인 2000년대에는 실제 응용가능한 다각보행로봇의 출현이 예상된다.

— 침단의 齒科用 —

형틀재료

침단의 오염방지 특성을 지닌 압축소재로 만들어져 義齒의 틀을 효과적으로 형성시킬 수 있으며 한 번 사용하고 버릴 수 있는 치과용 재료가 영국의 전문기업에 의해 개발되었다.

이 Eezitray의 치틀재료는 필요에 따라 누구에게나 적절한 크기와 형상으로 주조될 수 있으며 치과용 틀이재료로서의 齒型보존 능력이 뛰어나도록 구멍이 뚫린 패턴의 설계방식을 채택하고 있는 것이 특징이다. 재료는 단일형태 또는 여러가지의 크기 및 형상의 것이 섞인

25개의 카톤팩 포장방식으로 공급되며, 각 카톤에는 넓적한 트레이에 고정시킬 수 있는 손잡이가 내장되어 있다.

다른 모델인 Elastigel의 치재료는 탄성이 특히 뛰어나 신뢰성이 높은 齒型형성을 가능하게 해주며 냄새가 없고 사용하기 매우 간편하다.