

◆특집◆ 실버공학

# 노인용 자립형 이동지원기술

류제청\*, 문무성\*\*

## A Novel Mobility Aid for Independent Daily Living of Elderly people

Jei Cheong Ryu\*, Mu Seong Mun\*\*

**Key Words** : Convertible wheelchair(수전동 휠체어), Intra Power Wheelchair System, Column Driving Lift System(컬럼 드라이빙 리프트), Mobility Aid System(이동지원시스템)

### 1. 서론

통계청 자료에 의하면 2000년에 우리나라의 65세 이상 노인 인구가 전체 인구의 7.2% 차지하여 유엔이 정의하는 고령화 사회(aging society)로 진입하였으며, 2019년에는 65세이상 노인의 비율이 전체 인구의 14%(800만명)인 고령사회(aged society)로 진입이 확실시 된다. 이는 이미 고령화 사회를 겪고 있는 일본, 이탈리아, 스웨덴, 미국 등 보다 도 더 빠른 속도로 고령사회로 진입함을 말한다.

최근 사회의 급속한 고령화와 동시에 삶의 질 향상에 대한 노인의 욕구가 증가되고 있다. 이에 따라 실버(노인)계층과 장애인의 삶의 질을 향상시키고 이들이 독립적이고 생산적인 생활을 할 수 있도록 지원하는 기술과 관련 산업의 개발이 활발히 이루어지고 있다. 대표적인 예로 보건복지부에서 지원하는 휴먼텍 21사업은 2002년 12월부터 향후 6년간 10개 연구센터를 운영하여 노인관련 의료공학기술을 개발하고 있으며, 현재 과학기술부와

산업자원부가 기획하는 49개의 차세대 성장동력 연구사업에도 실버산업관련 기기들을 개발하는 내용이 포함되어 있다.

노인관련 의공학 연구개발 분야는 다양하지만 그 중에서 가장 중요한 것은 아무래도 노인들이 일반 생산 활동인구와 더불어 자연스럽게 생활을 하기 위해서는 자유로운 이동권이 보장되어야 한다는 것이다. 이동권리의 확보는 신체재활 및 일상생활 활동과 관련된 노인과 장애인의 삶의 질(Quality of Life) 향상을 위한 필수적 요소이다.

노인과 장애인을 위한 자립형 이동지원기술의 개념은 개호인이나 다른 유사한 역할을 하는 사람의 도움 없이도 재활이동기기(예를 들면, 휠체어)를 이용하여 실내외를 스스로 이동하며 일상생활을 할 수 있게 하는 기술 전체를 의미한다. 이러한 자립형 이동지원기술은 첨단 지능형 재활보조시스템을 통한 일상생활(ADL)지원을 가능하게 한다. 또한 사람의 생체신호에 의해 자율적으로 제어되는 지능형 이동장치 시장은 고부가가치기술이므로 향후 노인 및 장애인 이동장치분야의 기술집약적 신산업 육성이 가능하고 세계시장의 선점(2010년 세계시장규모, 150조원)을 가능하게 할 것이다.

본 논문에서는 자립형이동기술에 대한 국내외 최신기술과 개발경향을 분석하여 다루고자 한다. 또한 향후 연구방향에 대한 IT 기반기술에 의해 구현되는

\* 재활공학연구소 책임연구원

Tel. 032-5000-585, Fax. 032-512-9794

Email jcryu@iris.korec.re.kr

재활공학중 휠체어 지능화 생체신호이용 동력보행보조장치, 장애인 일상생활지원시스템 개발에 관심을 가지고 있다.

\*\* 재활공학연구소 소장

지능형 실내외 이동/이송시스템의 개발에 초점을 맞추도록 한다. 분류는 실외이동지원시스템과 실내이동지원시스템으로 구분하고, 실외이동시스템은 수동/전동 전환형 휠체어[1], IPWS[2], 컬럼 드라이브 리프트[3]에 관하여 소개한다. 실내이동시스템은 천정주행 이동 리프트와 실내 주행형 리프트, 실내휠체어용 환경제어장치(ECS)에 대하여 소개하고자 한다. 또한 향후기술로 HMI (Human Machine Interface)기술을 사용하여 실시간으로 인간의 의지에 따라 이동장치를 제어하는 시스템 개발과 인공지능 리프트와 영상과 음성 등의 매체를 이용하여 사용자와 관리자가 서로 대화를 주고받는 시스템 개발, 사용자의 장애특성을 파악하여 안전 및 불편사항을 판단하고 스스로 서비스하는 시스템 개발에 대해 논하고자 한다.

## 2. 실외이동지원기술

### 2.1 수전동 휠체어(convertible wheelchair)

정확히 말하면 수동/전동 전환형 휠체어(이하 수전동 휠체어)이다. 수전동 휠체어의 개념은 수동휠체어와 전동휠체어의 장점을 살린 휠체어라 할 수 있다. 최근의 수동경량휠체어는 고강도 알루미늄 소재의 발달로 차체의 무게가 8-10kg 정도로 매우 가벼워서 장애인이나 노인이 쉽게 다룰 수 있다. 그러나 우리나라와 같이 거칠은 노면이나 경사로를 수동으로 주행하려면 노인들이나 장애인들에게는 매우 난감한 일이 된다. 이것을 극복하기 위해 수동경량휠체어에 고효율, 고풍력의 전동구동장치를 부착하여 필요한 경우에 수동기능에서 전동기능으로 전환하여 경량휠체어로 주행 불가능한 환경을 극복하는 것이다.

최초의 바퀴 착탈식 수전동 휠체어는 독일의 e-fix사에서 개발되었으나, 구동부가 있는 후륜의 무게가 10kg 정도이고, 구동력도 기존 전동휠체어에 비하여 1/3이므로 본래의 목적이었던 경사로나 장애물, 거친 노면을 극복하고 주행하기에는 역부족으로 보인다. 또한 일본의 야마하에서는 힘 보조형 휠체어(Power assistive wheelchair)가 개발되어 보급되고 있다. 힘보조형 휠체어는 후륜 허브내에 포텐시오 메터(potentiometer)가 들어있어 핸드 럼의 연결부에 의하여 사용자의 힘이 전달되면 사람의 힘 이상의 토오크가 필요할 때 포텐시오 메터가 이를 감지하여 동력을 구동시켜 경사로나 험로를 극

복하게 도와준다. 힘 보조형 휠체어의 장점은 적은 배터리로 장거리를 사용자가 이동할 수 있다. 그러나 이것은 어느 정도 상지근력이 있는 사용자만이 사용할 수 있어 실제 노인들의 이동장치로는 적합하지 않다. 최근의 우리 재활공학연구소에서 개발 완료된 수전동 휠체어는 기존 수전동 휠체어의 한계를 극복한 기술로 평가받는다. 실제로 구동효율과 구동력은 기존의 전동휠체어와 같으며, 바퀴 착탈식으로서 사용자가 사용하기 편리하게 설계되었으며 전체 배터리를 포함한 중량은 약 23kg로 세계적으로 가장 경량의 수전동 휠체어이다.

수전동 휠체어의 구성은 휠체어는 몸체(프레임 및 시트), 구동바퀴(후륜), 동력원인 배터리, 제어부등 부품들을 여러 부분으로 모듈화시켜 조립하게 되어 있으며, 이러한 휠체어는 필요시 이용자 스스로 분해 결합이 가능하여 급한 경사로 주행과 같은 다양한 활동 환경을 가질 수 있으므로 대부분 휠체어의 유형이 수전동 전환방식으로 바뀌어 갈 것으로 전망된다.

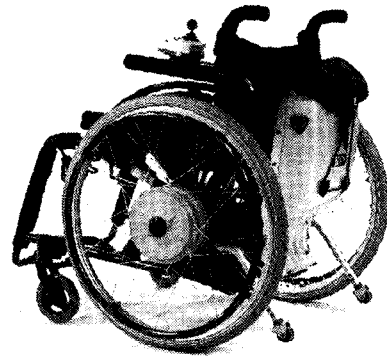


Fig. 1 Convertible Wheelchair(KOREC)

### 2.2 Intra Power Wheelchair System(IPWS)

IPWS의 개념은 새로운 전동휠체어 구동개념으로 모든 구동체를 휠체어 후륜에 집적시켜 더욱 단순한 이동시스템을 구현하는 것이다. 최초의 개념은 J.V.Masi[2]에 의해 제안되었다. IPWS 시스템은 3개의 유닛으로서 조이스틱 컨트롤 유닛과 두개의 Intra Power 후륜으로 구성되어 있다. IPWS는 24" 후륜 내에 NiMH 배터리와 충전회로, 구동드라이버 및 통신회로, 모터 등으로 구성되어 있다. IPWS

는 25kg 의 무게에 시간당 10km를 주행할 수 있다. IPWS의 장점은 기존의 전동휠체어에 비하여 구조가 단순하고 모듈별로 분리할 수 있다. 또한 수동/전동 전환형 휠체어는 배터리와 구동장치가 별도로 있으나 IPWS는 후륜 내에 집적되어 있어 사용자의 다루기가 용이하다.



Fig. 2 Intra Power Wheelchair System (e-fix Co. Ltd, Germany)

### 2.3 Column Driving Lift System(CDS)

기존의 계단을 극복하는 이동수단으로 계단형 휠체어 리프트 시스템이 있었다. 그러나 계단을 오르내리는 리프트는 사고의 위험성이 항상 존재한다.

가장 많이 쓰이는 수직형 리프트는 로우프 견인식과 유압식이 있다. 이것은 기계실이 있어야하므로 많은 설치공간을 차지하고 설치비용이 과다하며, 형상의 제약이 많으므로 다양한 형태의 심미적 건축물에 제약이 많다. 특히 로우프식과 유압식은 안전장치가 이중으로 되어있으나, 로우프가 끊어지거나 유압장치에 누설이 있을 때 간혹 리프트추락(예, 오이도 역의 장애인 수직 리프트)으로 인하여 탑승한 노약자나 장애인이 생명을 잃거나 2차 장애를 당하고 있다. 장애인 및 노약자를 위하여 필요한 차세대 수직형 이동수단의 개발조건은 저속형, 저충형이면서 사고로부터 가장 안전한 구조를

갖추어야 한다. 컬럼 드라이빙 리프트(Column Driving Lift, 이하 CDS라 함)는 이러한 조건에 맞는 장애인 노약자용 차세대 이동수단으로 대안임에 틀림없다. CDS의 구성은 이동시 진동을 흡수해주는 복합소재의 컬럼과 에어베어링 원리에 의하여

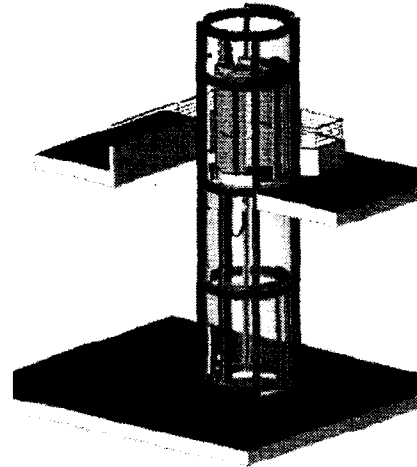


Fig. 3 Schematic of Column Driving Lift System(KOREC)

움직이는 스피들과 스피들 너트가 핵심이 된다. 이 시스템은 컬럼이 하중을 지지해주는 구조로서 컬럼 내에 스피들이 스피들 끝단에 설치되어 있는 구동 모터의 회전에 의하여 스피들이 회전하게 되면 스피들 너트가 리프트에 연결되어 상하 이동을 하게

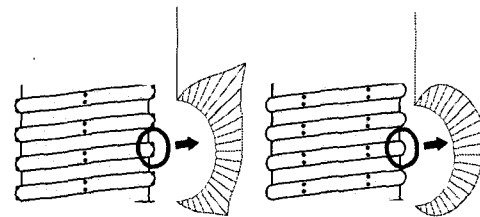


Fig. 4 Pressure Distribution of Spindle System by Principle of Air Bearing[4]

된다. 이때 스피들과 너트사이의 마찰은 기계의 수

명과 깊은 관련성이 있다. 만일 스펀들 너트사이의 면 마찰이 생기면 소음이 발생하고 진동이 생기며, 마모에 의하여 쉽게 망가지게 될 것이다. 또한 에너지가 비효율적으로 낭비되어 시스템 부하에 의해 제 성능을 발휘하지 못한다. 이 문제를 해결하기 위하여 스펀들과 너트 사이에 고압의 공기를 충전시켜 리프트를 부양하는 에어베어링을 사용한다. 에어베어링은 7bar 정도의 압력을 유지하여 리프트를 부양하며 스펀들의 가공허용오차는 약 20 $\mu$ m 이하여야 한다. 스펀들의 크기는 1개당 1.2m 로서 매우 가공이 까다롭다. 컬럼은 진동을 방지하고 열에 의해 크기의 변화가 매우 적어야 하므로 고분자 소재와 콘크리트를 결합한 소재를 사용하고 있다.

#### 2.4 미래의 이동지원시스템

미국의 딘 케이먼이 발명한 미래형 전동휠체어 'iBOT'은 계단을 오르내리고 굴곡이 심한 지면과 잔디밭을 무리 없이 주행할 수 있는 전천후 전동휠체어이다. 'iBOT'은 자이로센서와 4륜 구동의 회

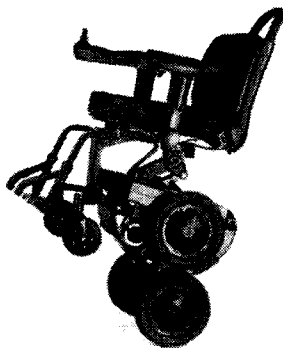


Fig. 5 iBOT System[5]

전식 바퀴가 달려 중심을 잡고 계단을 오르내리게 되어있다.

'iBOT'의 가장 큰 특징은 소형 바퀴 2개와 중형 바퀴 2개로 제작된 기존 휠체어와 달리 동일한 크기의 바퀴 4개가 회전하면서 계단을 오르내린다. 자이로센서를 이용한 균형제어 시스템이 갖춰있어 운전자는 조이스틱으로 작동시키는 컨트롤러를 이용하면서 상체를 앞으로 숙이거나

뒤로 제치면 위험 없이 계단을 이용할 수 있으나, 조종이 다소 복잡하다는 결점이 있다.

또한 독일, 이탈리아, 스웨덴, 영국 등이 공동으로 참여하고 있는 'MOBILE project'[6]를 눈여겨볼 필요가 있다. MOBILE 시스템은 보행지원, 행동지원, 물건 나르기, 기억을 대신하는 보조재활 수단이다. 이것은 주로 음성인식에 의한 대화가 가능하며, 노인의 저시력, 청각장애, 정교한 움직임의 감소를 도와준다. 주요기능은 보행기능의 지원과 앉고/일어서는 기능의 지원, 힘 반향 센서에 의한 노인이 사용하는 힘의 크기에 따른 힘의 보조적 지원을 한다. 그리고 HMI (Human-machine-interface)기능은 일상생활관리시스템, 개개인에 적절한 시간 일정관리, 노트북 기능 등 다양한 기능을 지원하고 있다. 환경제어(Environmental Control System, ECS)기능은 현관문의 열고 닫음, 가전제품의 스위치 기능, 전등의 스위치 기능 등을 지원하며 휴대폰과 연결되어 인터넷 네트 워킹 기능을 지원한다. MOBILE 시스템은 노인을 보조하는 대부분의 기능이 포함된 인공지능형 이동시스템으로 우리가 향후 10년 내에 개발해야할 미래형 이동지원시스템이다.

### 3. 실내이동지원기술

#### 3.1 천정주행 리프트

일본 또는 유럽, 미국 등 선진국에서는 노인의 입욕시의 욕조, 또는 취침시의 침대로 이동하기 위해 천정 주행방식의 리프트를 많이 사용한다. 이 리프트는 슬링시트에 사람을 태워서 매단 다음 천정이나 벽에 고정된 레일을 따라서 이동한다. 호이스트(매달음) 장치는 사람을 태워서 이동영역을 일직선으로부터 상 하면으로 확대한다. 특히 개호하는 사람이 환자를 직접 들어 옮기는 등의 위험하고 힘든 작업을 할 필요가 없어서 매우 유용하다. 공공노인복지시설이나 개인의 집 전체에 레일을 설치하면 실내에서의 계단의 오르내림이나 욕실, 화장실로의 이동이 원활해지며, 개호인 없이도 노인 혼자 원하는 장소로 이동할 수 있는 리모콘 조작에 의한 주행과 상하 오르내림이 가능하다. 방향을 전환할 때는 레일 중간에 턴테이블 시스템이 있어서 자동인식에 의하여 방향을 바꾸게 된다.

### 3.2 실내 주행형 지능형 이동리프트(홈 케어 지원)

거동이 불편한 노인이나 장애인들이 실내 일상 생활을 도와줄 재활보조기기를 원한다. 로봇에서 접근하는 지능형 홈서비스 로봇은 이런 문제를 해결할 수 있는 유일한 수단이나 기술적으로 매우 실



Fig. 6 Trans lifter (Guldman Co, Denmark)

현이 어렵다. 실내주행 지능형 리프트는 실질적으로 복잡한 기술 없이도 가장 필요한 기능으로 노인들이나 장애인의 일상생활을 도울 수 있다. 다음은 실내주행 지능형 이동 리프트의 기능과 실현기술들을 나타낸 것이다.

#### 실내이동기능

- 실내보행보조
- 의자, 침대로부터 일어서거나 앉기 지원통신
- 원격진료가능 서비스
- 자동 비상 폴
- 가정기기(비디오 폰, TV, 음악 등) 리모트 제어
- 휴먼인터페이스로서 음성인식과 멀티미디어 터치스크린

#### 기술적 가정관리

- 홈 인프라 디바이스(히터, 에어컨디셔너, 전등, 창문, 현관문, 보안/비상 시스템 등)의 제어

#### 개인관리

- 개인 안전 모니터링
- 생체변수 모니터링(맥박, 호흡, 혈압, 체온 등)

- 정신변수의 모니터링(거동, 활동, 반응성 등)
- 건강관리등

#### 기술적 실현도

##### 기구적 개념

- 홈 환경에 적합한 이동 플랫폼
- 노인의 이동기능 돕기 위한 힘 반향 기구 및 구동장치
- 관련 제어 시스템

##### 전기적 개념

- 고용량, 고효율 배터리
- 자동 배터리 재충전
- 리모트를 위한 센서 인터페이스
- 홈 인프라 스트럭처의 인터페이스 컨트롤시스템
- 모듈러, 확장성 제어시스템 하드웨어
- 제어기와 센서의 표준화
- 저비용 아키텍처 설계
- 충분한 하드웨어 용량
- 환경인지
- 동력학적 경로 플래닝
- 임무, 행동, 실행 플래닝
- 충돌회피와 방해물 극복
- 보행 지원시 힘 반향 제어



Fig. 7 Floor Lifter(Abilities Co, Japan)

#### 4. 결론

노인과 장애인을 위한 자립형 이동지원기술은 국민의 삶의 질 (Quality of Life) 향상과 실버계층의 건강한 일상생활 활동권 (Independent Activity of Daily Living) 확보를 통하여 선진 복지 국가로 나아가기 위한 필수적인 복지기술로서 제어계측기술과 고출력 소형 경량 액츄에이터기술 확보, 무인 촉각감지, 압력감지용 등의 센서기술 확보, 노약자 및 장애자를 위한 인간 친화적 인터페이스 복지 기구의 요소기술을 확보해야 한다. 특히, 기술 집적도가 높은 저가의 고기능 기술을 확보하여 노인이나 장애인의 사회적 이동권을 확보해야 한다.

#### 참고문헌

1. 류제청, “수동/전동 전환형 휠체어 시스템,” 한국정밀공학회지, 제20권, 제2호, pp. 14-18, 2003.
2. J.V. Masi, E.A. Avakian, "Self-Propelled Robotic Wheel Replaces Power Base for Wheelchair Mobility," Assistive Tech. on the Threshold of the New Millenium, IOS Press, pp.220-224, 1999
3. 류제청, “장애인 및 노약자를 위한 컬럼드라이빙 수직리프트의 개발,” 산업자원부 공통핵심기술 개발사업계획서, 2002
4. 박상신, “수직형 리프트용 에어베어링 설계,” 재활공학연구소 연구용역보고서, 2003
5. “iBOT™ Mobility System,”  
[www.independencenow.com/ibot/index.html](http://www.independencenow.com/ibot/index.html)
6. Ulrich Borgolte, "A novel mobility aid for independent daily living of elderly people," Assistive Tech. on the Threshold of the New Millenium, IOS Press, pp.267-271, 1999