

보병의 근력지원을 위한 하지 착용로봇 시스템 개발

Development of a Lower Extremity Exoskeleton for Soldiers Power Augmentation

*엄태웅¹, 유재관¹, 백주현¹
 *T. W. Um¹, J. K. Ryu¹, J. H. Baek¹
¹LIG넥스원

Key words : Exoskeleton, Wearable Robot

1. 서론

뛰어난 하드웨어 기술에 비해 상대적으로 연구의 역사가 짧은 인공지능은 기술면에서 로봇 발전의 병목기술(bottleneck technology)로 여겨져 왔다. 착용로봇의 개발은 이와 같은 인공지능적 한계를 인체와의 결합을 통해 극복하려는 시도 중 하나이며, 인체는 로봇의 우수한 물리적 능력을 활용할 수 있다는 점에서 군사, 의료, 산업 등 다양한 분야에서 많은 주목을 받고 있다. 특히 군사적 활용과 관련해서는 Raytheon社의 전신착용로봇인 XOS2, Lockheed Martin社의 하지착용로봇인 HULC 등이 미래 군사기술로서의 착용로봇의 큰 활용 가능성을 보여주고 있다.

본 논문에서는 보병의 근력지원을 위한 하지착용로봇 시스템 LEXOS (Lower Extremity Exoskeleton for Soldiers)의 개괄을 설명하였다. LEXOS는 인체의 기구메커니즘을 고려하여 설계된 총 13 자유도(능동관절 4 자유도)의 하지 착용로봇으로서 간결한 기구 구성과 높은 착용성이 특징인 보병 지원용 하지 착용로봇이다.

2. 체계 설계조건 분석

착용로봇은 인체와 결합되어 운용되기 때문에 인체의 치수 및 ROM(range of motion)을 고려한 설계가 필수적이다. 특히 인체와 로봇의 기구적 불일치(kinematic incompatibility)로 인해 발생하는 저항력은 제어기법의 개선 등으로는 해결되기 힘든 근본적 문제점을 야기한다는 점에서 로봇의 기구메커니즘

설계는 더욱 신중히 다루어져야 한다.

또한 적절한 하지 근력 보조와 관절 구동기의 초과성능 설계를 방지하기 위해서는 인체의 보행 토크를 고려한 관절 구동기의 설계가 필요하다. 실제로 착용로봇 관련 다수의 연구 사례에서 인체의 동작 소요토크를 착용로봇 관절 구동기의 사양선정 기준으로 활용하고 있다.

표 1은 표준 인체와 미국 Berkeley 대학이 개발한 하지 착용로봇 BLEEX의 사양을 기준으로 선정한 LEXOS의 ROM 및 구동토크 선정 결과이다.

Table 1 Comparison of State-of-the-Art Lower Extremity Exoskeletons

	Human	BLEEX	LEXOS
Hip (R/P/Y)	40/35°	16/16°	20/5°
	140/15°(140Nm)	121/10°(150Nm)	140/15°(150Nm)
	30/60°	35/35°	35/35°
Knee (P/Y)	140/10°(140Nm)	121/0°(120Nm)	140/0°(150N)
	15/50°	-	-
Ankle (R/P)	50/20°	45/45°	45/45°
	35/20°(165Nm)	20/20°(200Nm)	20/20°

LEXOS는 경량 기구 구성을 위해 비교적 작은 토크가 소요되는 무릎의 비틀림 회전(Y) 액추에이션을 생략하였다. 또한 발목의 소요 부하를 무릎관절로 분산, 발목의 액추에이션 생략함으로써 경량의 발 모듈을 구성하였고, 이를 통해 하지 말단의 중량을 최소화함으로써 운용 시 발생하는 동작 저항감을 최소화하였다.

3. 하지 착용로봇 시스템 개발

앞 장에서 도출된 설계요건을 바탕으로 Fig. 1 과 같은 하지 착용로봇 LEXOS 를 개발 하였다.



Fig. 1 Lower Extremity Exoskeleton for Soldiers (LEXOS)

개발된 하지착용로봇 LEXOS 는 표준 인체를 기준으로 170±10cm 신장의 사용자가 착용 가능하도록 다리와 허리에 길이조절 기능을 적용하였다. 또한 기본 치수는 표준인체자료 및 목업(mock-up) 제작을 통해 결정되었으며, 이를 통해 기구적으로 인체 친화적(human-friendly) 설계를 완성하였다.

또한 동작 저항감 최소화를 위한 경량 설계를 위해 보행 시상면(sagittal plane) 상의 무릎/엉덩이 구동 관절에만 모터를 장착 하였으며, 나머지 관절은 간결한 수동관절을 구성함으로써 기구 경량화를 달성하였다. LEXOS 의 자유도 구성은 아래와 같다.

Table 2 LEXOS Degrees of Freedom

	Waist	Hip	Knee	Ankle
Active	0	2	2	0
Passive	1	4	0	4

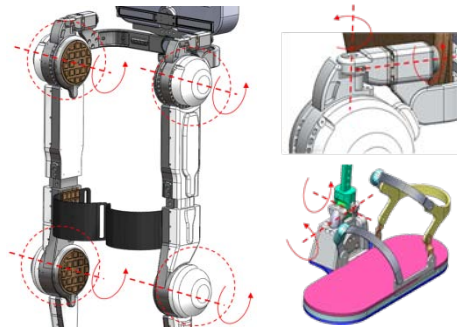


Fig. 2 LEXOS Degrees of Freedom

4. 결론

본 논문에서는 보병의 근력지원을 위한 하지 착용로봇 LEXOS 의 개발을 다루었다. LEXOS 는 인체의 ROM, 소요 토크 등이 고려된 총 13 자유도의 인체 친화형 (human-friendly) 하지 착용로봇으로서 향후 HRI (Human-Robot Interaction) 제어기법 적용을 통해 미래병사 체계에 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

1. Zoss, A., Kazerooni, H., Chu, A., "On the Mechanical Design of the Berkeley Lower Extremity Exoskeleton (BLEEX)", *Proceedings of the IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)*, 3132-3139, 2005.
2. Cenciari, M., Dollar, A. "Biomechanical Considerations in the Design of Lower Limb Exoskeletons", *Proceedings of the IEEE International Conference on Rehabilitation Robotics (ICORR)*, 1-6, 2011.
3. Novacheck, T., "The Biomechanics of Running" *Gait and Posture*, 7, 77-95, 1998.
4. Crowell, H., Boynton, A., Mungiole, M., "Exoskeleton Power and Torque Requirements Based on Human Biomechanics", Army Research Lab Aberdeen Proving Ground MD, Technical Report, ARL-TR-2764, 2002.