

VectorWatch : 기어 메커니즘을 이용하여 가상의 힘을 제공하는 웨어러블 디바이스

VectorWatch : Virtual Force Using a Geared Wrist-Wearable Device

엄도연

Doyeon Eum

한국과학기술원 산업디자인학과
Dep. of Industrial Design, KAIST
logic6660@naver.com

제승우

Seungwoo Je

한국과학기술원 산업디자인학과
Dep. of Industrial Design, KAIST
seungwoo_je@kaist.ac.kr

안드레아 비앙키

Andrea Bianchi

한국과학기술원 산업디자인학과
Dep. of Industrial Design, KAIST
andrea@kaist.ac.kr

요약문

우리는 특수한 기어 메커니즘을 통해 사용자에게 가상의 힘을 느끼게 하는 웨어러블, VectorWatch 를 제안한다. 가상의 물리력을 구현하기 위해 감속 메커니즘과 특수 변속 메커니즘을 사용했다. 감속 메커니즘은 6 개의 기어로 이루어져 모터의 토크를 56.8 배 증가시킨다. 모터토크가 증가됨의 따라 저전압 소형 모터로도 충분한 양의 토크를 제공할 수 있게 한다. 특수 변속 메커니즘은 2 개의 기어로 이루어져 있어 축에 달린 무계추를 자동변속 시켜주는 역할을 한다. 무계추는 네 가지 다른 구간을 회전하게 되는데 빠른 구간, 감속 구간, 느린 구간, 가속 구간으로 구성되어 있고 빠른 구간의 회전 속력은 느린 구간의 회전 속력의 4.4 배이다. 이를 통해 추가적인 소프트웨어 없이 토크와 가속을 부여하게 되고 하드웨어만으로 사용자에게 가상의 물리력을 전달할 수 있다.

또한 우리는 VectorWatch 가 사용될 수 있는 3 가지 시나리오를 제안한다. 손목에 착용하게 되는 VectorWatch 는 손의 자유도가 높아 다양한 상황에 활용된다. 첫째는 네비게이션으로 사용자에게 가상의 물리력으로 방향과 정보를 안내해 사용자의 시선을 분산시키지 않고 직관적으로 정보를 전달하는 것이다. 둘째는 타블렛에서의 내재 상호작용과 정보전달로 사용자에게 물리력을 가해 공감각적인 경험을 유도하거나 효과적으로 정보를 전달하도록 돕는 것이다. 마지막은 가상현실, 증강현실에 있어 사용될 수 있는데 디지털에 존재하는 가상의 물체에 물리적 속성을 더해 몰입감과 현실감을 늘리는 데에 있다.

주제어

Virtual Force, 웨어러블, 기어 메커니즘, 햅틱

1. 서론

햅틱 디바이스는 일반적으로 위치, 방향, 힘, 토크, 진동의 변화 등을 이용하여 사용자와 촉감을 통해

상호 작용한다. 이러한 디바이스는 사용자에게 가상 또는 원거리 환경에서 풍부한 정보를 수신하고 일상 생활에서 겪을 수 있는 다양한 감각을 가상으로 느낄 수 있도록 한다.

관련 연구로 Murer 는 타블렛에서 운동량을 느낄 수 있도록 flywheel 을 결합하여 TorqueScreen 을 제안하였다[1]. 사용자는 두 손으로 TorqueScreen 을 쥐으로써 스크린을 통한 시각적 감각을 넘어서 촉각을 통한 공감각적인 아웃풋들을 느낄 수 있게 된다. Winfree 역시 flywheel 를 이용하여 가상의 힘을 제공하는 핸들 형태의 디바이스, iTorqU 을 제안하였다[2]. 그리고 iTorqU 의 운동량을 예측하고 측정해서 그 결과가 동일한 것을 통해 실제적으로 가상의 힘이 작용되는 것을 확인하였다. 이러한 연구들은 사용자에게 더 다양한 경험을 제공하는데 사용된다. Teck 은 라켓에 토크와 가속을 부여해서 사용자에게 공의 움직임 전달하는 가상 테니스 시스템을 제안한 바 있다[3]. 이를 통해 사용자는 가상의 테니스 게임에 더 크게 몰입하게 된다.

하지만, 손으로 타블렛이나 핸들 형태의 디바이스를 쥐어야 하기 때문에 사용되는 상황이 제한적이게 된다. 타블렛과 결합된 경우 스크린을 터치할 때와 같이 손을 사용하는 상황에 제약을 받고 핸들에 결합된 경우 테니스와 같이 제한된 상황에만 사용할 수 있다. Teck 은 테니스 시스템이 특정 용도에만 활용가능하다는 한계점을 밝힌 바가 있다[3]. 또, TorqueScreen[1]과 iTorqU[2]의 경우 크기가 커서 다른 디바이스들과 합쳐지기 힘들고 많은 전압이 필요하다는 단점이 있다.

우리는 회전하는 무계추의 가속과 감속을 반복하여 사용자로 하여금 가상의 힘을 느낄 수 있게 하는 웨어러블 햅틱 디바이스, VectorWatch 를 제안한다. VectorWatch 는 손목에 착용하는 시계 형태의 디바이스로서 적은 전력을 이용하여 사용자가 가상의 힘을 통한 방향성을 느낄 수 있도록 구현되었다.

2. 본문

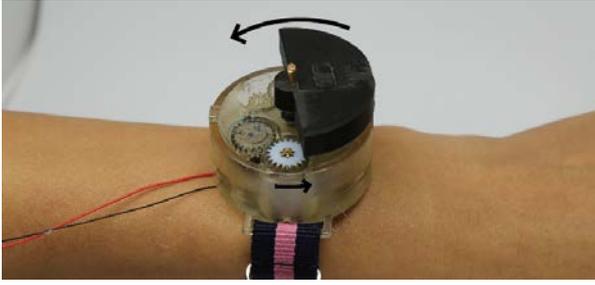


그림 1 VectorWatch 는 손목에 착용하는 웨어러블 디바이스이다. (화살표는 무계추가 돌 때의 회전속력의 크기를 나타낸다.)

그림 1의 VectorWatch 는 상단의 무계추의 회전속력 변화를 통하여 가상의 힘을 구현한다. 이를 위해 우리는 감속 메커니즘과 특수 변속 메커니즘을 개발하였다.

감속 메커니즘은 모터 토크를 증가시키기 위한 메커니즘으로써 저전압에서도 충분한 토크를 전달하기 위한 목적으로 설계되었다. 특수 변속 메커니즘은 무계추의 회전방향에 따라 다른 회전속력을 만들어 힘의 방향성을 갖게 하는 메커니즘이다. 본문에서는 하드웨어의 구성과 이와 같은 두 종류의 메커니즘을 구현하기 위해 사용한 6종의 기어를 설명한다.

2.1 하드웨어 구성

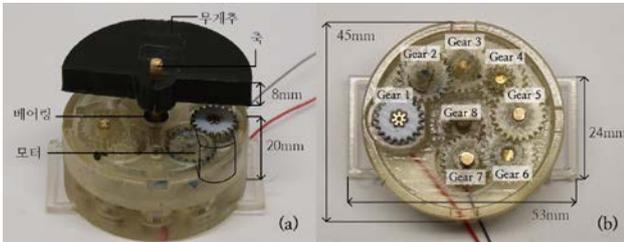


그림 2 VectorWatch 은 8개의 기어, 베어링, 축, 무계추, 모터로 구성되어 있다.

VectorWatch 는 기어, 베어링, 축, 무계추, 모터로 구성되어 있다. 축은 3T 직경의 구리봉 18mm 6개와 38mm 1개를 사용하였다. 베어링은 내경 3mm, 외경 6mm, 높이 2mm(MR63 L-630 l630 WA673) 18개를 이용했다. 베어링은 회전할 때의 마찰을 최소화하고 기어와 축을 결합하는 용도로 사용되었다. 모터는 3V DC Micro Motor (FF-N20PA-10190, 12100rpm, 9.4g·cm, 0.045A)을 사용하였다. 기어는 그림 2-(b)와 같이 Gear 1-8으로 총 8개를 제작하였고 VeroWhite와 VeroClear 재질로 3D프린팅 하였다. 무계추의 경우 PolyLactic Acid (PLA) 재질로 3D프린팅 하였고 질량은 6g이다.

2.2 감속 메커니즘

모터에서 시작된 힘은 Gear 1에서 Gear 8까지 회전시키고 이는 무계추를 회전시켜 가상의 힘을 만들어낸다. 이때 우리는 토크가 작은 모터를 사용함에 있어 최종적으로 무계추에 전달되는 힘을 늘리기 위하여 Gear 1-6을 통해 토크를 늘리는 감속 메커니즘을 개발하였다.

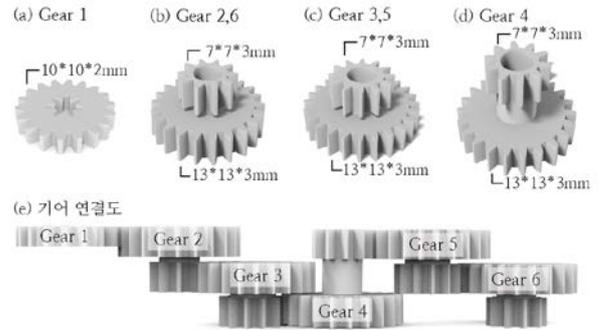


그림 3 Gear1-6의 크기와 기어 연결도

그림 3-(a) Gear1은 모터에 부착된 모듈 0.4, 기어잇수가 7인 기어를 모듈 0.5, 기어잇수 18인 기어로 바꿔주는 역할을 한다. 그림 3-(a),(b),(c) Gear 2-6은 2단 평기어이다. 각 기어의 크기는 그림 3과 같고 각 기어들의 평기어 사이의 연결 부위에 최소 0.5mm 씩의 높이 차를 주었다.

표 1. 기어 간 가속비 (모듈 0.5)

	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	총계
기어잇수	18:22	10:24	12:22	10:24	12:22	
감속비	1.2	2.4	1.8	2.4	1.8	56.8

표 1은 서로 연결되어 있는 기어들 사이의 기어잇수비와 감속비를 나타내고 있다. 위의 표를 통해 우리는 모터에서 시작된 토크가 Gear1-6까지 전달됨으로써 증가된 토크량을 계산할 수 있다. Gear 6-7에서도 감속이 기어잇수 10:24, 가속비 1.8의 변화가 이루어진다. 이러한 메커니즘을 통하여 9.4g·cm이었던 토크가 총 533.82g·cm의 토크로 Gear7에 전달된다.

2.3 특수 변속 메커니즘

Gear 7, 8의 경우 무계추가 달린 Gear 8에서 방향에 따라 회전속력이 자동으로 변하게 하기 위해 특수 변속 메커니즘을 만들었다. Gear7은 2단 기어로 상단부는 Gear6와 연결되어 있고 하단부는 Gear 8과 함께 그림 4와 같은 특수 변속 메커니즘으로 구성되어 있다.

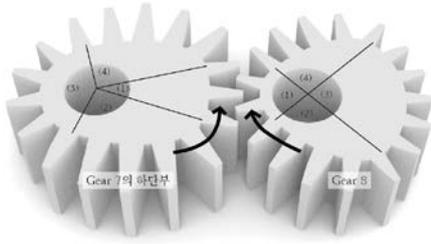


그림 4 특수 변속 메커니즘 위한 기어 (Gear 7,8)

특수 변속 메커니즘의 경우 포함된 기어의 피치원이 원형이 아니다. 축으로부터 각도별 피치원까지의 거리가 계속 변해 각도별 가속비가 다르다. 이는 크게 네 구간으로 나누어서 가속비를 설명할 수 있다. (1) 구간은 빠른 구간, (3)구간은 느린 구간이다. (2) 구간은 감속 구간, (4) 구간은 가속 구간으로 각각 타원의 일부인 피치원을 가져서 매끄럽게 기어가 돌아가도록 했다. 기어들은 모두 아래의 3 가지 기준에 의해 설계되었다.

- 기어 축 간의 거리가 일정해야 한다.
- 각 구간 별로 피치원끼리의 둘레가 같아야 한다.
- 기어가 끊기는 부분 없이 연속적으로 돌아야 한다.

(2), (4) 구간에서는 타원이기에 기어 축 간의 거리가 일정하지 않지만 기어의 이 높이에 차이를 주어서 기어가 무리없이 돌아가게 하였다.

표 2. Gear 8의 각도별 연결 가속비 (피치원 단위: mm)

Gear	(1)빠른 구간	(2)감속 구간	(3)느린 구간	(4)가속 구간	
7	피치원	R = 6.2*	A=6.2, B=3.8	R = 3.8	A=6.2, B=3.8
	각도	45.5°	90°	134.5°	90°
8	피치원	R = 3.3	A=5.7, B=3.3	R = 5.7	A=5.7, B=3.3
	각도	90°	90°	90°	90°
가속비		2.4	·	0.55	·

*피치원이 타원의 일부인 경우 장축과 단축의 길이를 명시하였다.

3. 시나리오

VectorWatch 는 가상의 힘을 느끼게 하는 시계 형태의 웨어러블 디바이스이다. 크기가 작고 가벼워 실생활에서 사용이 가능하고 손목에 착용해 손의 자유도가 높아져 다양한 상황에서 활용될 수 있다.

3.1 네비게이션

운전자들에게는 방향 정보를 포함한 많은 정보를 전달해야 한다. 기존 제품들은 청각, 시각을 이용하여 정보를 전달하는데 시각으로 정보를 전달할 경우 운전 중에 시선을 뺏기게 된다. VectorWatch 를 통해

가상의 힘으로 방향을 알려준다면 이를 방지할 수 있고 전달되는 방향으로 운전자가 직접 힘을 느껴 더 직관적으로 정보를 알게 된다.

3.2 타블렛

타블렛에 경우 다양한 경우에 활용이 가능한데 크게 두 가지로 구분할 수 있다. 첫째는 내재 상호작용으로 TorqueScreen[1]처럼 사용자에게 공감각적인 느낌을 줄 수 있다. 시계 형태이기 때문에 타블렛을 터치 인식하는 기존 게임 방식을 해치지 않고 사용자에게 더 큰 몰입감을 제공한다. 둘째는 정보 전달으로 타블렛에서 경고나 알람이 울리는 상황에서 사용자가 물리적인 힘을 느껴 직관적이고 효율적으로 정보를 전달할 수 있게 한다.

3.3 VR, AR

증강현실, 가상현실에서는 가상의 물체에 물리적 속성을 추가할 수 있어 현실감을 더하는 데에 쓰일 수 있다. Teck 은 가상 테니스 시스템에서 라켓 형태의 햅틱 디바이스를 이용해서 사용자가 공의 움직임을 물리적으로 했다[3]. 이와 같이 다양한 상황에서 활용될 수 있고 시계 형태이기 때문에 라켓이나 핸들 형태의 디바이스보다 더 다양한 상황에 사용될 수 있을 것이다.

4. 결론 및 후속 연구

VectorWatch 는 시계 형태의 디바이스로서 사용자가 가상의 힘을 통한 방향성을 느낄 수 있도록 구현되었다. 손목에 착용되기 때문에 손의 자유도를 높여 다양한 상황에 맞춰 활용될 수 있다. 감속 기어 메커니즘과 특수 기어 메커니즘을 이용해서 추가적인 소프트웨어 없이 하드웨어로만 완성된 것이 큰 장점이다.

후속 연구에서는 하드웨어의 방향 정확도와 토크를 정량화하여 실험하고, 사용자들에게 사용성 테스트를 진행할 계획이다. 또한, 하드웨어의 특징을 살려 다른 신체 여러 부위에서의 활용과 관련해서도 연구할 계획이다.

사사의 글

이 연구는 한국과학기술원의 URP 프로그램과 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의 Grand ICT 연구센터지원사업(IITP-2016-R6812-16-0001)의 지원을 받아서 수행되었다.

참고 문헌

1. Murer, Martin, et al. "TorqueScreen: Actuated Flywheels for Ungrounded Kinaesthetic Feedback in Handheld Devices." Proceedings of the Ninth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction. ACM, (2015)
2. Winfree, Kyle N., et al. "A high fidelity ungrounded torque feedback device: The iTorqU 2.0." EuroHaptics conference, 2009 and Symposium on Haptic Interfaces for Virtual Environment and Teleoperator Systems. World Haptics 2009. Third Joint. IEEE, (2009)
3. Teck, Fong Wee. "Force and torque simulation in virtual tennis." Proceedings of the Workshop at SIGGRAPH Asia. ACM, 2012.