

모션 효과로 렌더링된 보행 동작의 사용자 경험 평가

User Experience Evaluation of Motion-Rendered Human Gaits

이효승
Hyoseung Lee

포항공과대학교
POSTECH
lhslhg@postech.ac.kr

유용재
Yongjae Yoo

포항공과대학교
POSTECH
dreamseed@postech.ac.kr

최승문
Seungmoon Choi

포항공과대학교
POSTECH
choism@postech.ac.kr

요약문

본 논문에서는 사람의 걸음걸이 동작을 측정하여 이를 4D 모션 플랫폼으로 렌더링한 다음, 사용자 실험을 통하여 사실감 및 몰입도를 평가하고, 형용사 어휘 평가를 통해 모션 자극이 어떻게 느껴지는지 그 경험을 평가하였다. 실험 결과, 모션 자극의 움직임이 중간 정도이고, 약간 느린 정도의 걸음에서 가장 높은 사실감과 몰입도를 기록하였으며, 걸음을 나타내는 어휘를 선택한 결과도 이와 연관이 있음을 보였다.

주제어

모션 효과, 4D, 걸음걸이, 인지, 형용사 평가

1. 서론

4D 효과는 3D (또는 2D) 영상 등에 덧붙여진 의자의 움직임 (모션), 진동, 바람 등의 다양한 움직임 및 환경 효과를 의미한다. 이러한 다양한 4D 효과를 이용하여 다양한 방법으로 사용자의 경험을 증진시키는 연구가 진행되었는데, 주로 시각 정보와 연동되어 주인공이나 주요 물체 등의 움직임을 모션 효과를 이용하여 나타내거나, 총성이나 폭발과 같은 특정 음향 효과의 느낌을 진동을 통하여 배가시키는 등[3] 기 존재하는 영화와 같은 콘텐츠의 시청각 효과를 증강하는 방향의 연구가 진행되었다. 이러한 연구들은 시장에 빠르게 적용되어 4D 영화관, 테마파크의 어트랙션 (4D 놀이기구 등) 등이 이미 쉽게 접근 가능한 수준으로 보급되었다. 이와 더불어, 4D 효과는 급속도로 발전한 가상 현실(VR) 분야와 접목하여 체험형 콘텐츠에도 빠르게 적용되고 있다. 게임 내 캐릭터나 환경 등의 움직임에 따라 4D 효과를 제공하는 VR 게임이나, 지진 등의 각종 상황을 체험형으로 교육하는 콘텐츠 등이 개발되었다.

체험형 콘텐츠를 위한 4D 모션에서 가장 중요하고 자주 사용되는 효과 중 하나로 보행 동작을 꼽을 수 있다. 예를 들어, 가상 현실에서의 게임 등에서 캐릭터 등의 움직임, 로봇이나 이족 보행 동물 등의

움직임 등을 4D 모션 효과로 제공함으로써 더 향상된 사용자 경험을 제공할 수 있다.

본 연구에서는 이러한 보행 동작의 4D 효과 생성을 위한 기초 연구로, 사람이 4D 의자와 같은 모션 플랫폼에 앉았을 때 접하는 부분이 골반 부분임에 착안하여 관성 센서(Inertial Measurement Unit; IMU)를 이용하여 사람의 여러 가지 걸음걸이에서의 골반 움직임을 측정하고, 보행 동작이 주기적 운동임을 이용하여 보행 동작에서의 골반 움직임을 프로파일링 하였다. 이 프로파일을 사용한 주기 함수를 활용, 보행 효과에서의 움직임을 계수화(Parameterization) 하고, 4D 모션으로 렌더링한 다음 형용사 평가를 통해 사용자가 어떻게 느끼는지를 평가하였다.

본 논문의 2 장에서는 보행 동작의 함수 및 계수화, 3 장에서는 실험 방법, 4 장에서는 결과 및 고찰에 대하여 기술하였다.

2. 보행 동작의 계수화

2.1 데이터 수집

만 19-25 세의 9 명의 남성들을 (평균 연령 23.6 세, 신장 173.7 cm, 체중 76.1 kg) 대상으로 건물 내 복도 직선 구간을 일정한 속도로 8 회 (4 회 걷기, 4 회 조깅) 반복하여 걷도록 하여 보행 동작을 센서로 측정하였다. 바지 위 꼬리뼈 (골반) 부위에 IMU 센서를 부착하여 roll, pitch, yaw 의 3 축 방향각, 3 축 각속도, x, y, z 가속도를 100Hz 의 샘플링 속도로 측정하였다.

2.2 측정 데이터 전 처리

데이터 전 처리 과정은 1) 통신 오류 및 노이즈로 인한 이상 값(Outlier) 제거, 2) Smoothing, 3) 오프셋 제거 순으로 수행되었다. 우선, 이상 값은 센서 값의 평균으로부터 표준편차의 3 배밖에 있는 값들로 정의하였다. 이 때, 여러 축 중에서 일부 축의 값만 이상 값으로 판별될 경우 다른 축의 값은 보존하고 해당 축만 삭제한 뒤 선형 보간을 하였다. 그리고,

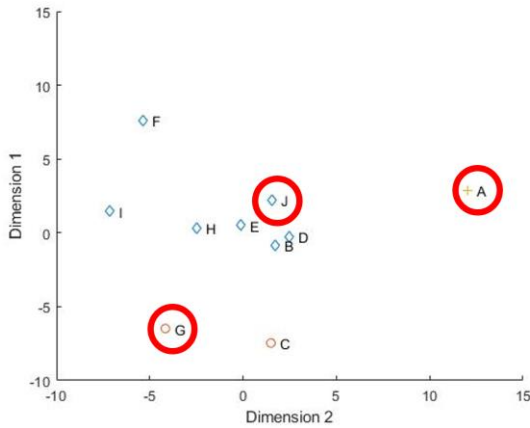


그림 1. 보행 동작 효과 MDS 및 K-means 클러스터링 결과 Smoothing 과정에서는 고주파 노이즈를 제거하기 위해 모든 축에 window 크기가 5 인 이동 평균 필터를 이용하였다. 마지막으로 모션 플랫폼의 동작영역을 고려하여 저주파의 큰 동작과 Offset 에 해당하는 부분을 Etkin 의 washout 필터[4]를 사용, 제거하였다.

2.3 보행 동작 효과 렌더링 및 주기함수화

수집된 9 명의 보행 동작 데이터에서 방향 각 정보와 가속도 정보를 활용하여 보행 동작 효과를 렌더링 하였다. 본 연구에 사용된 6 자유도 모션 플랫폼 (이노시물레이션, iMP6-M150, 그림 4)의 동작 효과 기술 형식은 일정한 샘플링 주기 간격으로 모션 플랫폼의 위치 및 방향각 정보를 나열한 형식이다. 수집된 보행 동작 데이터를 동작 효과로 렌더링하기 위해 위치 정보는 가속도 정보를 이중 적분하여 계산하였고 방향각 정보는 전처리 된 방향각 정보를 그대로 이용하였다.

보행 동작이 주기 운동임에 착안하여, 9 명의 보행 동작 효과 각각에 대해 걸음걸이의 한 주기에 대한 동작 효과의 개형을 구한 뒤 이를 주기함수화 하였다. 이를 위하여, 교차 상관함수를 이용하여 한 주기의 길이를 찾아냈으며, 이를 이용하여 전체 동작 효과를 매 걸음 단위로 분할하였다. 이후, 분할 된 동작 효과들에 대해 시간 지연 등을 통해 위상을 일치시킨 다음 평균 값을 취해 대표적 동작 효과 한 주기를 구하였다. 이 한 주기의 모션을 주기함수로 반복함으로써 보행 동작에 대한 함수의 개형을 구하였다. (그림 3)

이 때, 각 사람마다 생성된 보행 모션의 크기 차이의 영향을 줄이고자 보행 동작 효과의 Root Mean Square 일률을 구한 후 이 역수를 곱하여 보행 동작 효과의 크기를 동일하게 맞추었다.

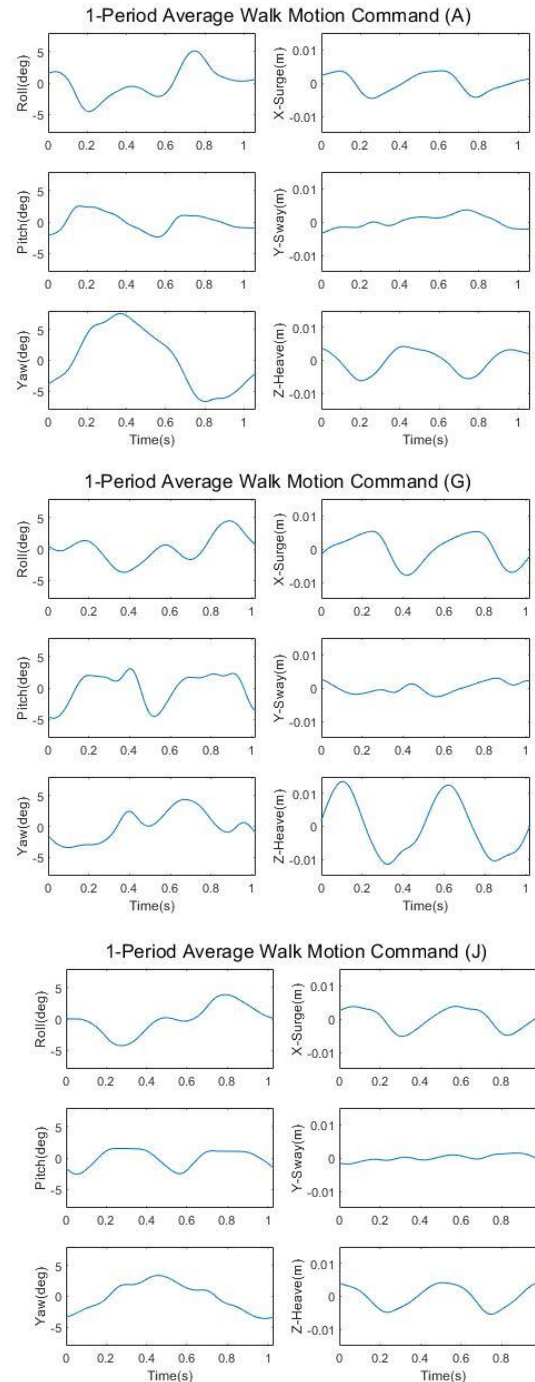


그림 2. 대표 보행 동작 효과 목록. 피험자 A: 신장 171cm, 체중 98kg, 피험자 G: 신장 174cm, 체중 72kg, 피험자 J: 신장 167cm, 체중 55kg

2.4 보행 동작 효과 프로파일링

2.3 과정에서 얻어진 9 명의 보행 동작 함수에 대해 이들이 얼마나 차이가 있는지를 알아보기 위해, 각 9 개의 함수 개형 간의 Pairwise Dynamic Time Warping 값을 구하고[2], 이를 공간 상의 거리로 시각화하여 나타내는 다차원 분석(Multidimensional Scaling)[5]을 진행하였다. 그 결과, 그림 1 과 같이 {A}, {G, C}, {나머지} 3 가지 그룹으로 분류할 수

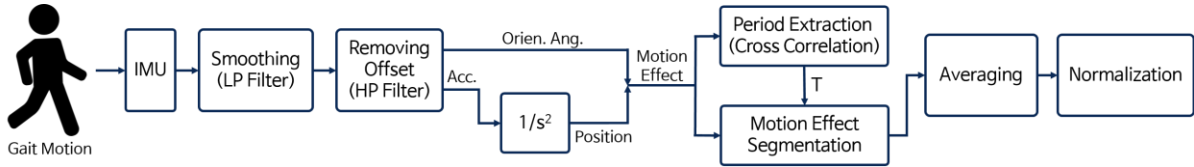


그림 3. 보행 동작 효과 생성 전체 과정

있었다. 각각의 그룹에서 A, G, J의 보행 시 측정된 데이터를 바탕으로 보행 모션을 모델링하여 추출하여 실험에 활용하였다 (그림 2).

3. 실험 방법

3.1 보행 모션 효과

2장에서 얻어진 보행 모션의 프로파일 3종에 대하여, 보행감을 인지하는 데 있어 중요한 요소가 될 것으로 예상되는 보행 모션의 크기(폭)와 주기를 3개씩 선정하여 총 27가지의 모션 효과를 생성하였다. 보행 모션의 크기는 Scaling Factor 60%, 80%, 100%를 적용하여 조절하였으며, 모션의 주기로 0.8초, 1초, 1.2초를 사용하였다. 보행 모션은 10초 간 제시되었다.

3.2 실험 장비 및 환경

6자유도 모션 플랫폼을 이용하여 실험을 진행하였다. 피험자는 그림 4과 같이 모션 플랫폼에 부착된 의자에 앉되, 보행 중에 인간의 상체는 흔들림을 보정함을 감안하여 최대한 보행과 유사한 경험을 재현하기 위하여 기대지 않은 상태로 실험을 진행하였다.

3.3 피험자

전정 기관 등 감각에 이상이 없는 9명 (남 8, 여 1)의 20대 대학생이 실험에 참여하였다.

3.4 실험 과정

실험은 트레이닝 세션과 2번의 동작 효과 평가 세션으로 구성되었다. 트레이닝 세션에서는 실험 과정 및 질문들에 대하여 안내하였으며, 27가지의 동작 효과를 무작위 순서로 체험하여 피험자들이 보행 동작 효과에 익숙해지도록 하였다. 이후, 동작 효과 평가 세션에서는 피험자들이 27가지 중 무작위로 제시되는 보행 동작 효과를 체험 후, 실제감 및 실제 걸음과의 유사성을 평가하였으며, 걸음과 관련된 형용사들을 사용하여 모션의 느낌을 평가하였다. 마지막으로, 걸음과 관련된 어휘 중 가장 관련성이 높은 한 개를 선정하도록 하였다. 사실감과 몰입감 평가는 100점 만점으로 슬라이더 바를 움직여 평가를 진행하였다. 마지막으로, 보행 동작

효과와 어울리는 걸음걸이를 표현하는 어휘는 표준국어대사전[1]에서 추출하였으며, 선정된 단어들은 표 4-5와 같이 총 14개 단어들을 사용하였다.

4. 결과 및 토의

우선, 모션 효과의 크기 및 주기, 프로파일에 따른 평균 사실감 및 몰입감 결과를 표 1부터 표 3까지 나타내었다. 실험 결과, 모션 효과의 크기가 60%일 때 가장 높은 사실감과 몰입감 점수를 보였으며, 사실감과 몰입감 모두 통계 분석 결과 유의미한 차이를 나타내었다. ($F(2, 16) = 25.53, p < .001$, $F(2, 16) = 20.55, p < .001$) 주기는 0.8s로 빠른 걸음을 나타내었을 때 사실감이 비교적 떨어지는 것으로 나타났으며, 1.0s와 1.2s의 주기는 서로 비슷한 수준의 사실감과 몰입감을 보였다. 이 결과 역시 통계적으로 유의미하게 나타났다. ($F(2, 16) = 5.74, p = .0132$, $F(2, 16) = 4.17, p = .0349$). 프로파일은 사실감과 몰입감 모두 통계적으로 유의미하지 않았다.

표 1. 크기에 따른 사실감 및 몰입감 점수

크기	60%	80%	100%
사실감	75.27	65.12	58.20
몰입감	69.94	60.70	53.52

표 2. 주기에 따른 사실감 및 몰입감 점수.

주기	0.8s	1.0s	1.2s
사실감	61.66	68.56	68.37
몰입감	55.90	64.36	63.89

표 3. 프로파일에 따른 사실감 및 몰입감 점수

프로파일	A	G	J
사실감	62.74	67.13	68.72
몰입감	57.30	63.60	63.25

표 4. 모션의 크기 및 주기에 따른 어휘 응답 결과

	모션 크기 (%)			모션 주기 (s)		
	60	80	100	0.8	1.0	1.2
어휘						
바른걸음	32	18	8	11	35	12
팔자걸음	6	13	8	2	7	18
휘청걸음	6	14	29	12	20	17
발끝걸음	12	5	0	3	7	7
비틀걸음	8	12	11	4	11	16
항새걸음	6	18	30	6	26	22
소걸음	6	3	5	0	2	12
갈지자걸음	8	12	8	4	12	12
자국걸음	18	4	3	0	6	19
쟁걸음	28	15	3	40	6	0
오리걸음	6	11	12	13	9	7
봉충걸음	6	12	12	5	8	17
종종걸음	18	13	10	38	2	1
통통걸음	1	11	23	22	11	2

표 4의 관련 어휘 선택 결과에서는, 작은 모션 움직임(60%)은 피실험자들이 주로 바른걸음, 쟁걸음으로 느꼈으며, 큰 모션 걸음(100%)의 경우 휘청걸음, 항새걸음, 통통걸음으로 응답하는 것을 확인할 수 있었다. 주기에 따른 움직임과 어휘와의 연관 관계를 살펴본 과, 0.8초 주기의 빠른 걸음에 대해 쟁걸음, 종종걸음, 통통걸음으로 응답하였으며, 1초 주기에 대해 바른 걸음, 항새 걸음으로 응답하였으며, 1.2초 주기에 대해서는 팔자걸음, 휘청걸음, 항새걸음 등의 응답이 분산되어 나타났다. 종합해 보면, 모션의 사실감 및 몰입감 인지에는 적당한 주기 및 강하지 않은 모션의 강도가 중요함을 알 수 있으며, 관련된 걸음걸이 관련 어휘 선택 결과 움직임의 크기 및 주기와 관련이 있음을 확인할 수 있었다.

종합적으로 사실감 및 몰입감, 그리고 어휘 평가 결과에서 모션 자극의 파라미터에 따라 뚜렷한 경향성을 발견할 수 있었으며, 이를 활용하여 다양한 걸음걸이 종류의 4D 모션 효과 생성에 응용할 수 있을 것으로 기대한다.

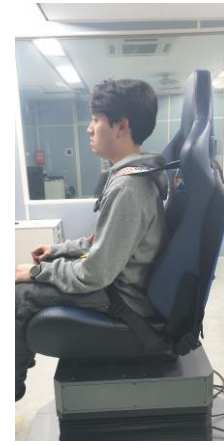


그림 4. 실험 환경: 모션 플랫폼에 앉아있는 모습

5. 결론

본 논문에서는 사람의 걸음걸이 동작을 측정하여 이를 4D 모션 플랫폼으로 렌더링한 다음, 사용자 실험을 통하여 사실감 및 몰입도를 평가하고, 어휘 평가를 통해 모션 자극이 어떻게 느껴지는지 그 경험을 평가하였다. 실험 결과, 모션 자극의 움직임이 중간 정도이고, 약간 느린 정도의 걸음에서 가장 높은 사실감과 몰입도를 기록하였으며, 걸음을 나타내는 어휘를 선택한 결과는 걸음걸이의 크기 및 주기와 연관이 있음을 확인하였다.

사사의 글

본 연구는 2018년도 삼성전자 미래기술육성센터의 재원으로 ICT 창의-과제 사업의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. SRFC-IT1802-05)

참고 문헌

- 표준국어대사전. <https://stdict.korean.go.kr/>.
- Berndt, D.J. and Clifford, J. Using dynamic time warping to find patterns in time series. In Proc. AAAIWS'94, AAAI Press (1994), 359-370.
- Lee, J., Han, B., and Choi, S. Motion effect synthesis for 4D films. IEEE Transacion on Visualization and Computer Graphics 22, 10, IEEE (2016), 2300-2314.
- Etkin, B. Dynamics of Flight Stability and Control. Dover Publications Inc. (1972).
- Hollins, M., Faldowski, R., Rao, S., and Young, F. Perceptual dimensions of tactile surface texture: A multidimensional scaling analysis. Percept. & psychophys. 54, 6 (1993), 697-705.