

걸음걸이 관리를 위한 시각적 피드백 시스템 디자인

Visual Feedback System Design for Gait Management

요약문

본 연구는 올바른 보행의 중요성을 알아보고, 걸음걸이 관리를 위한 시각적 피드백 시스템을 제안한다. 이전의 연구들은 걸음걸이 측정 방법과 기술개발에 집중했지만, 사용자의 만족도, 행동변화에 대한 연구는 부족했다. 이 논문에서 제안하는 시스템은 실시간으로 걸음걸이 형태를 감지하는 웨어러블 디바이스와 사용자가 걸음걸이를 관리할 수 있도록 정보를 제공하는 어플리케이션으로 구성된다. 본 연구는 사용자에게 올바른 걸음걸이에 대한 동기부여를 높여주고 걸음걸이가 교정될 수 있도록 도움을 줄 것으로 기대한다.

ABSTRACT

The gait is an important part of healthy life. In this study, we design a visual feedback system for gait management. Previous studies are primarily focused on technology to accurately measure walking. Therefore, we suggest a system to monitor gait in real-time and provide visual feedback information. System structure involves wearable device and Smartphone application. The goal of our study is to increase motivation and help to correct the gait for user.

주제어

Gait, Wearable device, Healthcare, Monitoring system, Data visualization, Visual feedback

1. 서론

잘못된 보행 자세는 척추, 관절, 골반 등의 신체 불균형을 가져온다. 비정상적인 보행이 지속 될 경우 각종 신경계를 압박하여 척추질환을 유발하거나[1] 골반, 무릎관절의 뒤틀림을 가져오기도 한다. [2] 걸음걸이는 의학적인 측면에서는 직·간접적으로 신체건강에 영향을 미치는 요소로, 심리·문화적인 측면에서는 인상과 성격을 판단하는 요소가 되기도 한다.[3]

기존의 걸음걸이와 관련된 연구들은 다양한 방식으로 연구되었다. 여러 대의 카메라 장비와 EMG 트랜스미터, 압력 측정 플랫폼을 활용하여 걸음걸이를 분석하기도 하며[4] 특정 질환을 앓고 있는 환자들의 걸음걸이를 보다 전문적으로 연구하기도 한다.

일반적으로는 신체 부위에 센서나 디바이스를 장착하여 움직임을 측정하고 이를 분석하는 방식으로 연구가 이루어진다. 주로 측정되는 신체부위는 허벅지, 종아리, 발목, 손목 등인데 연구에 따라서 허리나 머리에 장비를 착용하기도 한다.[5] 또는 지면과 같이 걸음을 걸을 수 있는 매트에 센서를 장착하여 걸음걸이를 측정하기도 한다[6] 연구목적에 따라서 걸음걸이 유형을 분류하거나 잘못된 걸음걸이를 인식하여 교정해준다.

대부분의 걸음걸이 연구의 최종목적은 의학적인 치료 또는 건강과 관련이 있다. 정량적인 걸음걸이 측정에 관한 연구들은 병원이나 실험실 등에서 이루어져왔다. 기존의 걸음걸이 분석 연구들은 크게 2 개의 한계점을 가진다. 첫째는 고가의 실험 장비이다. 압력센서 카펫, 가속도계 등 신체에 부착하는 디바이스를 포함하여 많은 어시스트 장비가 포함되어 비용이 증가한다. 때문에 일반인들이 쉽게 접하기가 어렵다. 둘째는 실험자의 평상시 걸음걸이를 측정하기 어렵다는 것이다. 일상생활과는 다른 통제된 환경이고 여러 장비를 착용하기 때문에 심리적인 부담이 가중되기 때문이다.[7]

이러한 한계점을 해결하고 대안적인 분석의 필요성으로 장비를 간소화하고 비용을 줄이려는 노력의 연구들이 늘어나고 있다. 신발 안창에 센서나 장비를 부착하여 걸음걸이를 분석하는 연구가 많이 진행되고 있다. 비용이 감소하고 휴대와 착용감이 다른 장비에 비해 간편하기 때문이다.[8][9]

최근에는 웨어러블 컴퓨팅 플랫폼 기술을 활용하여 적은 비용과 실시간으로 걸음걸이를 측정하고 피드백 받을 수 있는 연구들이 많이 진행되고 있다.[4-12] 신발 밑창이나 신발에 직접 센서를 장착하고 무선통신이나 블루투스로 데이터를 전송한다. 사용자는 분석된 데이터를 애플리케이션을 통해 피드백 받는다. 피드백의 형태는 다양한 방식으로 이루어진다. 청각과 시각, 진동의 자극으로 피드백을 제공한 연구도 있고[10] 발바닥의 압력분포를 그림과 그래프를 통해 보여주기도 한다.[7] 재미를 더하기 위해 걸음걸이 상태를 캐릭터의 표정으로서 피드백을 주는 연구도 있었다.[11]

그동안 걸음걸이와 관련된 많은 연구들은 어떻게 걸음걸이를 측정하고 어떤 기술을 사용할지에 집중해왔다. 상대적으로 사용자의 긍정적인 행동 변화를 높일 수 있는 정보의 시각화와 피드백에 관한 연구는

미흡하다. 본 논문에서는 사용자가 걸음걸이를 변화하도록 동기부여를 높이고 적극적으로 참여할 수 있도록 시각적으로 쉽고 재미있는 피드백을 주는 방법에 대해 연구하고자 한다.

본 논문의 연구 목적은 다음과 같다. 첫째, 사용자의 현재 걸음 상태를 정확히 측정한다. 둘째, 측정된 데이터를 분석하여 어플리케이션을 통해 사용자에게 전달한다. 셋째, 사용자가 스스로 걸음걸이를 교정할 수 있도록 시각, 청각적 피드백을 제공한다.

본 연구는 비정상적인 보행의 형태 중, 안장걸음(toe in walking)과 팔자걸음(toe out walking)을 중심으로 걸음걸이 연구를 진행하였다.

2. 시스템 구조

본 연구에서 제안하는 시스템은 사용자의 걸음걸이 데이터를 수집하는 웨어러블 디바이스와 시각적 피드백을 제공하는 스마트폰 어플리케이션으로 구성된다[그림 1].



그림 1. 시스템 구조

2-1 웨어러블 디바이스

사용자의 걸음걸이 데이터를 실시간으로 수집하기 위해 일상생활에서 착용이 가능한 신발형태의 웨어러블 디바이스 프로토타입을 제작하였다. 사용자의 편리성을 위해 미니 아두이노(arduino)을 사용하여 무게와 크기를 줄였다. 가속도센서, 자이로센서, 압력센서, 블루투스가 장착되었다.

2-2 정상보행과 비정상보행

우리는 안장걸음과 팔자걸음을 비정상 보행으로 구분하였다. 보행자의 걸음걸이가 안장걸음인지 팔자걸음인지 판별하는 기준은 아래 연구를 바탕으로 정의하였다.

Dieter[12]는 정상걸음과 안장걸음, 팔자걸음을 발바닥의 압력차이와 각도로 구별하였다. 발바닥을 9 부위로 나누어 압력센서를 부착한 후 걸음을 걸었을 때(정상, 안장, 팔자 걸음)압력의 차이를 알아보는 실험을 진행했다. 그 결과는 [그림 2]의 (A)이다.

9 개 부위 중 7 곳에서 압력의 차이를 보였다. 본 연구는 미니 아두이노를 사용했기 때문에 7개 부위를 축소하여 5 곳에 압력센서를 부착하였다. 5 개 압력센서의 위치는 [그림 2]의 (B)와 같다.

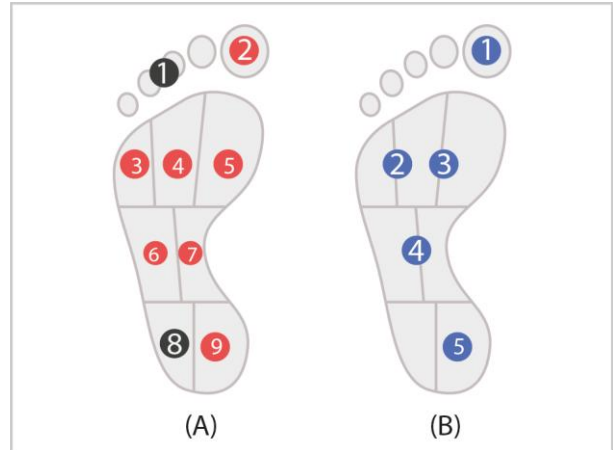


그림 2. 압력센서 부착부위 [12]

검은색 번호= 압력변화 없음 ; 빨간색 번호 = 압력변화 있음 ; 파란색 번호 = 본 연구의 센서위치

가속도 센서와 자이로 센서는 정상걸음과 비정상걸음의 각도를 판별하는데 사용된다. 정상걸음, 안장걸음, 팔자걸음을 구분하는 각도 역시 Dieter 의 연구에서 착안하였다.[표 1]

표 1.3 가지 걸음걸이 각도 [12]

걸음걸이	안장걸음	정상걸음	팔자걸음
각도	-19.9	6.9	31.93
표준편차	6.2	4.3	9.2

또한 블루투스를 사용하여 정확한 데이터를 얻고, 스마트폰 어플리케이션으로 데이터를 전송하도록 하였다.

2-3 스마트폰 어플리케이션

웨어러블 디바이스에서 받은 데이터를 분석하고, 사용자의 걸음걸이 정보를 화면에 표시할 수 있다. 스마트폰을 활용하는 이유는 사용자가 언제 어디서나 자신의 걸음걸이를 확인할 수 있는 장점이 있기 때문이다.

3. 디바이스 디자인

3-1 웨어러블 디바이스

(1) 3 축 가속도, 자이로 센서

사용자의 걸음걸이를 측정하기 위해 3 축 가속도 및 자이로 센서를 사용하며 이를 신발의 안창에 설치하여 사용자의 걸음걸이를 측정한다.

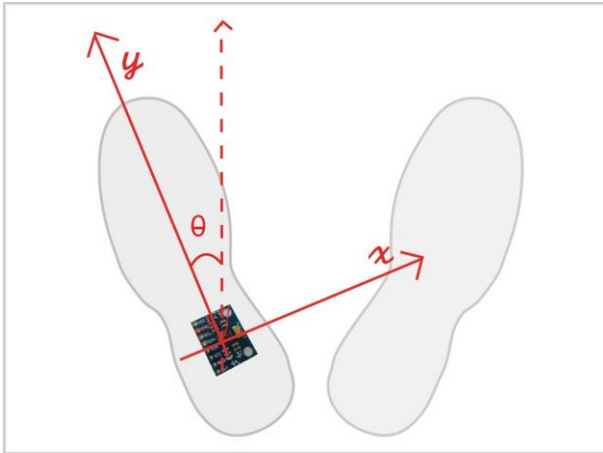


그림 3. 3 축 가속도, 자이로 센서

일반적으로 정상적인 걸음걸이는 발끝이 15도~20도 이상 벌어지지 않은 상태를 지칭한다.

발끝이 바깥으로 기준치 이상 벌어졌을 경우 팔자걸음, 안쪽으로 벌어졌을 경우 안장걸음으로 분류할 수 있으며, 본 연구에서는 이를 3 축 가속도 및 자이로 센서를 사용하여 판단한다[그림 3]. 센서의 y-축 방향을 신발과 평행한 방향이 되도록 설치할 경우, x-축은 신발과 수직방향이 되며, 걸음을 걸을 때 사용자의 이동 방향을 x 축과 y 축의 가속도 값을 이용하여 표현할 수 있고, 이 값을 센서의 y-축 방향과 비교함으로써 사용자의 발이 진행방향으로부터 얼마나 벌어져 있는지를 측정할 수 있다.

센서가 지면에 평행한 방향에 있다고 가정할 때, y 축 방향의 가속도 값을 AA_Y 라 하고, x 축 방향의 가속도 값을 AA_X 라 하면, 진행방향에 대해 발끝이 벌어진 각도 θ 는

$$\theta = \frac{AA_X}{AA_Y}$$

이며, $|\theta| > 20^\circ$ 이고 θ 값이 양수일 경우 팔자걸음, 음수일 경우 안장걸음으로 판단한다. 오차율을 줄이기 위해 사용자가 발을 내딛는 동안에만 값을 측정하여 상태를 나타내며, 센서가 지면에 평행하지 않을 경우, 자이로 값을 사용하여 AA_X 및 AA_Y 를 구한다.

(2) 압력센서

사용자의 걸음걸이를 측정하는 데에 3 축 가속도, 자이로 센서뿐만 아니라 압력센서를 안창에 설치하여 사용하였다.

기존 연구 결과[12] 를 활용하여, 걸음걸이가 변화할 때 압력의 차가 가장 크게 나는 곳에 압력센서를 설치하였으며, 각각의 압력센서에서 측정된 압력 값을 사용하여 사용자의 걸음걸이 방식을 판단하며 이를 3 축 가속도, 자이로 센서를 통해 측정된 결과와 비교하여 결과의 신뢰성을 높이고자 하였다.

(3) 블루투스

3 축 가속도 및 자이로, 압력센서를 이용해 측정된 사용자의 걸음걸이 방식 및 그 정도에 대한 값을 블루투스를 통해 모바일 기기로 전송함으로써 사용자와의 피드백을 유도할 수 있게 한다.

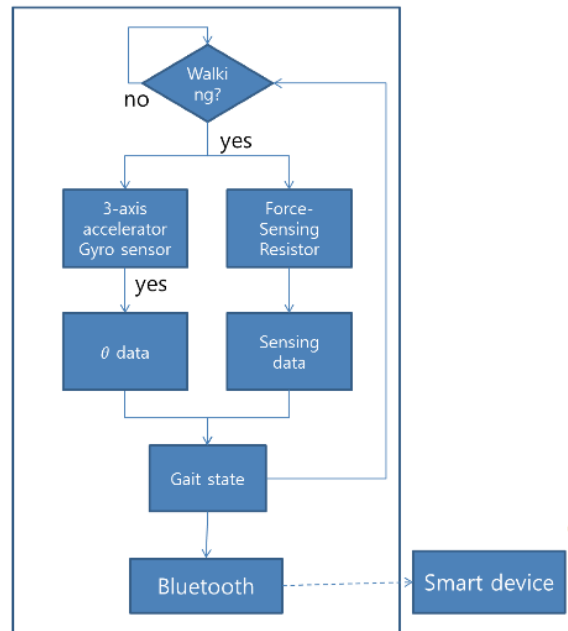


그림 4. 디바이스 센싱 데이터 플로우

실험을 위해 제작한 프로토타입은 [그림 5]이다.

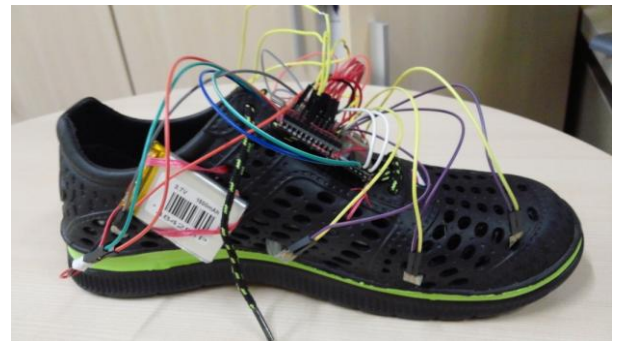


그림 5. 웨어러블 디바이스 디자인

3-2. 스마트폰 어플리케이션

일반적으로 걸음걸이 교정 프로그램의 목표는 환자의 걸음걸이를 분석하고 환자 스스로 교정할 수 있도록 하는 것이다. [13] 이전 연구에 따르면 전문적인 실험실에서 걸음걸이 분석데이터를 토대로 치료를 추천하였을 때 85% 이상이 수용했다는 결과가 있다. [1] 하지만 전문적인 장비가 없는 병원이나 집에서 치료를 받는 경우, 데이터의 부족은 교정의 어려움을 가져올 수 있다. 본 연구는 이러한 단점을 보완하여, 사용자가 언제 어디서나 스마트폰 어플리케이션을 통하여 걸음걸이를 모니터링하고 피드백을 받을 수 있도록 하고자 한다.

이전 연구에 따르면 정보를 제한된 숫자로 제시한 것보다 그래프로 분석하여 주었을 때, 사용자의 정보 이해도가 높기 때문에 시각화 작업을 진행했다.[14]

어플리케이션의 주요 기능은 측정 데이터를 기반으로 (1) 보행 정보의 통계 및 시각화 (2) 보행 자세의 재현(simulation) 이다.

(1) 보행 정보의 통계 및 시각화

보행 정보의 통계 및 시각화 화면은 하루, 일주일 단위의 걸음걸이와 운동량을 확인할 수 있도록 구성했다.

[그림 6]의 원 바깥 선은 걸음걸이를 나타내고, 원의 안쪽 그래프는 운동량을 나타낸다. 바깥 선의 빨간색상은 비정상걸음, 초록색은 정상걸음을 나타낸다.

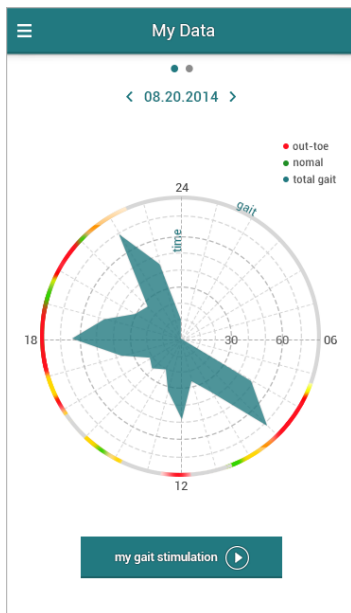


그림 6. 하루 걸음걸이 통계 및 시각화

[그림 7]은 정상걸음과 비정상 걸음의 비율을 일주일 단위로 나타낸다. 화면 윗부분에 위치한 빨간색 가로 직선은 사용자가 설정한 목표 걸음 수 이다. 하단의 숫자는 월요일부터 축적된 정상보행 걸음 수와 비정상 걸음을 나타낸다.

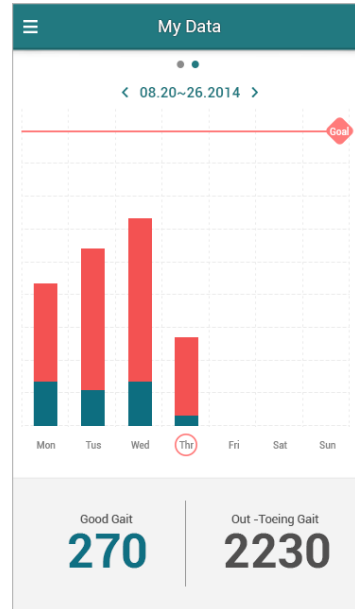


그림 7. 일주일 걸음걸이 통계 및 시각화

(2) 보행자세의 재현(simulation)

[그림 8]은 실제 모습이 아닌 메타포(Metaphor)를 사용하여 사용자의 주의를 효과적으로 끌도록 하였다[15].

중양 2줄의 흙 길 은 정상보행의 기준을 나타내고, 흙 길을 벗어나서 꽃밭을 밟는 모션은 비정상 보행을 나타낸다. 꽃밭은 밟지 말아야 하는 메타포로서 바르게 걸어야 한다는 동기부여를 줄 수 있을 것으로 기대한다.

낙엽이 밟히는 소리를 녹음하여 꽃밭이 밟히는 효과음을 제공하여, 시각적 자극과 청각적 자극을 함께 줌으로써 보다 높은 동기부여를 사용자에게 제공할 것을 기대한다.

구동 방식은 하루 동안 걸은 총 시간을 60 걸음(30 초)으로 압축하여 보여주는 것이다. 예를 들어 K 라는 사람이 하루에 3000 걸음을 걸었다고 가정한다. 그 중 정상걸음이 500 걸음, 팔자걸음을 2500 걸음을 걸었다. 그럼 K 의 보행자세 시뮬레이션은 흙 길로 걷는 영상(정상걸음)을 10 보, 꽃 밭을 밟아 꽃이 꺾어지는 영상(팔자걸음)을 50 보 걷는 영상을 보여준다.

이미지 위의 숫자는 오늘의 정상걸음 비율과 어제의 정상걸음 비율로, 어제보다 높은 비율을 기록했을 때 푸쉬 알림을 준다. 비율과 함께 이모티콘을 제시하여 전달하고자 하는 메시지를 강조했다.

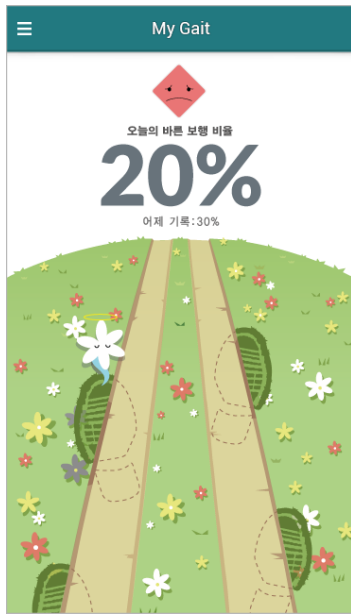


그림 8. 하루 걸음걸이 재현

4. 결론

이 연구에서는 보행상태를 분석할 수 있는 웨어러블 디바이스와 분석된 데이터를 시각화하는 스마트폰 어플리케이션 시스템 설계를 제안했다. 본 연구의 시스템은 걸음걸이 데이터를 지속적으로 수집하여 사용자가 언제 어디서나 원할 때 모니터링이 가능하도록 하였다. 언제 정상걸음으로 걸었고, 어디서 비정상 걸음으로 보행했는지 확인이 쉽게 가능하며, 사용자의 보행 관리를 도울 것으로 기대한다.

이 시스템은 앞으로 비대칭 보행(양 발의 속도, 각도, 보폭의 차이가 있는 걸음걸이)이나 발을 끌면서 걸을 경우 몸의 다른 부분에 이상이 있음을 알려주어 예방 차원으로서 접근할 수 있도록 할 수 있다.

또한 뇌성마비나 파킨슨병과 같은 특정 환자군을 대상으로 재활과 원격의료의 유용성을 가질 것으로 기대한다.

현재까지 [그림 1]의 웨어러블 디바이스의 구현을 위해 프로토타입 제작이 완료되었다. 전체 시스템 개발이 완료되면 시스템 성능평가를 위해 사용자 만족도, 착용감, 행동변화 등을 측정하고, 테스트를 진행할 예정이다.

참고 문헌

1. 김세원, "카이로프랙틱을 이용한 디스크 환자의 임상적 고찰", 상명대학교 석사학위논문 (2008).
2. 고은애, 홍수연, 이기광, 안근옥, "보행 시 의도적인 발 디딤 각도 변화가 하지 관절 부하에 미치는 영향", Korean Journal of Sport, Biomechanics, 23, 1 (2013), 85-90.
3. 이소영, and 이훈구. "나이와 연관된 걸음걸이 특징이 성격특질 지각에 미치는 영향: 비교문화 연구." 한국심리학회지: 사회 및 성격 10.1 (1996): 137-158.
4. Novel electronics, Inc. Pedar-x (2012), <http://www.novelusa.com>
5. Tao, Weijun, et al. "Gait analysis using wearable sensors." Sensors 12.2 (2012): 2255-2283.
6. Ibara, Kiryu, Kenta Kanetsuna, and Masahito Hirakawa. "Identifying Individuals' Footsteps Walking on a Floor Sensor Device." Active Media Technology. Springer International Publishing, (2013). 56-63.
7. Xu, Wenyao, et al. "Smart insole: a wearable system for gait analysis." Proceedings of the 5th International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments. ACM, (2012).
8. Bamberg, Stacy J. Morris, et al. "Gait analysis using a shoe-integrated wireless sensor system." Information Technology in Biomedicine, IEEE Transactions on 12.4 (2008): 413-423
9. Benocci, Marco, et al. "A wireless system for gait and posture analysis based on pressure insoles and Inertial Measurement Units." Pervasive Computing Technologies for Healthcare, 2009. PervasiveHealth 2009. 3rd International Conference on. IEEE, (2009).
10. Redd, Christian B., and Stacy J. Morris Bamberg. "A wireless sensory feedback device for real-time gait feedback and training." Mechatronics, IEEE/ASME Transactions on 17.3 (2012): 425-433.
11. Zhang, Ting, et al. "Android TWEETY—A wireless activity monitoring and biofeedback system designed for people with Anorexia Nervosa." Medical Measurements and

- Applications (MeMeA), (2014) IEEE International Symposium on. IEEE, (2014).
12. Dieter Rosenbum, "Foot loading patterns can be changed by deliberately walking with in-toeing or out-toeing gait modifications", *Gait & Posture* 38 (2013), 1067-1069.
13. M. Whittle and B. Heinemann, "Gait Analysis: An Introduction." New York: John Wiley and Sons (2005)
14. Michael Chau, "Visualizing web search results using glyphs: design and evaluation of a flower metaphor", *ACM Transaction on Management Information System*, 2,1,(2011)
15. Dezheng feng and Kay L.O'Halloran, "The Visual Representation of Methphor", *Review of Cognitive Linguistic*, 11,2(2013),320-335