

실시간 Social Distance 추적에 의한 감성 상호작용 인식 기술 개발

Recognition of Emotion Interaction by Measuring Social Distance in Real Time

이현우* · 우진철* · 조아영* · 조영호** · 황민철***†

Hyunwoo Lee* · Jincheol Woo* · Ayoung Cho* · Youngho Jo** · Mincheol Whang***†

*상명대학교 감성공학과

*Department of Emotion Engineering, Sangmyung University

**감성과학연구센터

**Emotion Science Center

***상명대학교 휴먼지능정보공학과

***Department of Intelligence Information Engineering, Sangmyung University

Abstract

This study developed a method which recognizes emotional interactions from the social distance by a beacon wearable device. The recognized interaction was evaluated by comparing with the cardiovascular synchrony from photoplethysmogram (PPG). The interaction was recognized when social distance was maintained for a certain period of time. The cardiovascular synchrony was estimated by correlation analysis between beat per minute (BPM) from PPG. The maintenance time was determined by Mann-Whitney U test between the cardiovascular synchrony of interaction and non-interaction groups. Fifteen groups (2 persons per a group) participated in the experiment and they were asked to wear the beacon and PPG wearable devices in daily life. Experimental results showed that the interaction groups had more higher cardiovascular synchrony than non-interaction groups and the significant interaction time was determined to be 11 seconds ($p=.045$). Consequently, the real-time measurement and evaluation of the social network in real space was expected to be improved.

Key words: Social Distance, Emotional Interaction, Beacon, Wearable Device

요약

본 연구는 비콘 기반의 웨어러블 디바이스를 통해 Social Distance로부터 감성 상호작용을 인식하기 위한 기술을 개발하였다. 인식된 상호작용은 Photoplethysmogram(PPG)로부터 추정된 심혈관 동시성과 비교하여 평가되었다. 상호작용은 Social Distance가 일정 시간 이상 유지되었을 경우 인식되었으며, 심혈관 동시성은 PPG로부터 계산된 Beats Per Minute(BPM) 간의 상관분석을 통해 추정되었다. Social Distance로부터 유효한 상호작용을 인식하기 위한 유지시간을 결정하기 위해 상호작용 대상일 때와 아닐 때의 심혈관 동시성에 대해 Mann-Whitney U test를 실시하였다.

※ 본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의 정보통신·방송 연구개발사업(2015-0-00312, 융·복합 콘텐츠 Social 감성인지와 Social Intelligence 모델 활용 Life Logging 기반 기술 개발)과 2016년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(No.2011-0030079)의 일환으로 수행하였음.

† 교신저자 : 황민철 (상명대학교 휴먼지능정보공학과)

E-mail : whang@smu.ac.kr

TEL : 02-2287-5293

FAX : 02-2287-0072

15개 집단(집단 당 2명)이 실험에 참여하였으며, 이들은 일상생활에서 비콘 및 PPG 웨어러블 디바이스를 착용하도록 요청받았다. 그 결과, 본 연구에서 인식한 상호작용 대상은 더 높은 심혈관 동시성을 보이는 것으로 나타났으며, 유효 상호작용 시간은 통계적 유의차를 보이는 11초로 결정되었다($p=.045$). 결과적으로 실 공간에서의 사회관계망에 대한 실시간 측정과 평가를 할 가능성을 높였다.

주제어: 사회적 거리, 감성 상호작용, 비콘, 웨어러블 디바이스

1. 서론

인간은 사회 속에서 타인과의 상호작용으로부터 다양한 사회적 관계를 경험한다. 사회적 관계가 복합되어 사회 집단을 형성하며, 이는 사회를 구성하는 기본 단위이다. 사회 구조를 이해하고 사회적 관계를 결정하기 위해서는 개인 간의 상호작용을 인식하는 것이 중요하다.

사회적 상호작용은 일상생활을 경험하는 실 공간이나 Social Network Service(SNS), 가상현실(Virtual Reality)과 같은 가상공간에서 작용한다. 인터넷이 발달함에 따라 가상공간에서의 상호작용이 주로 연구되어 왔다. 하지만 최근 웨어러블 디바이스의 발달로 인해 정면 영상, 생리적 반응, 위치 그리고 감성과 같이 일상을 기록하는 다양한 라이프로그 데이터가 생성되면서, 실 공간에서의 경험의 중요성이 증대되었다. 이에 따라 상호작용은 일상생활에서 측정될 수 있는 다양한 변수들에 의해서 인식되고 있다. 상호작용하는 집단과 그렇지 않은 집단을 영상으로 촬영하여 외현적 움직임의 차이를 비교한 결과, 상호작용하는 집단 내의 개인들은 유사한 외현적 움직임을 나타내는 경향을 보였다(Jo et al., 2015). 감성적으로 상호작용하는 개인 간에는 심혈관 반응이 유사한 경향이 있다고 보고되고 있다(Feldman, 2006, 2011; Woo et al., 2015). 또한 서로 가깝게 살고 상호작용하는 사람들은 더 강한 사회적 관계를 형성한다(Newcomb, 1960; Festinger, 1950). 인간은 친숙한 것을 선호하며 타인과 더 많이 접촉할수록 개인과 집단 간의 상호작용을 촉진시키기 때문에 물리적으로 가까운 사람들이 사회적 관계를 형성할 가능성이 높다(Ebbesen, 1976). 결과적으로 상호작용을 하는 집단은 서로 내외현적으로 유사한 반응을 보이며, 이는 서로 간의 물리적 거리가 가까울수록 그 정도와 빈도가 증가함을 알 수 있다. 따라서 상호작용을 유발하는 물리적 거리를 결정하는 것은 유효한 감성 상호

작용을 인식하는 데에 기여할 수 있다.

물리적 거리는 근접학에 의거하여 Table 1과 같이 심리적 거리감에 영향을 미친다(Hall, 1966). 심리적 거리감은 대상에 대한 지각 수준에 영향을 미치고(Liberman et al., 2007), 이는 상호작용이 형성되고 유지되는데 매우 중요한 요소이다(Sanderson, 2008). 사회적 관계는 가족, 친구, 또는 지인과의 상호작용으로부터 형성되며, 이는 심리적 거리감 중에서 Social Distance(3.7m)로 정의된다. 실제로 Social Distance는 Leader와 Follower의 관계(Cole, 2009), 도덕적 판단(Hyun, 2009), 그리고 사회적 관계 형성(Lammers, 2012)과 같은 사회적 현상들에 직접적인 영향을 미친다고 보고되고 있다. 게다가 Social Distance의 효과는 fMRI를 이용한 뇌 반응 실험에 의해 동일한 자극이라도 실제로 다른 생리적 반응을 보인다고 검증된 바 있으며(Parkinson, 2014), 유효한 감성 인자로 활용되고 있다(Bogardus, 1947). 따라서 사회적 관계를 결정하는데 영향을 미치는 상호작용은 Social Distance를 추적함으로써 인식될 수 있다.

Table 1. Psychological distance according to physical distance

Psychological distance	Physical distance	Examples
Intimate distance	15cm~46cm	Allow for touching or whispering
Personal distance	46cm~1.2m	Interaction with close friends or family members
Social distance	1.2m~3.7m	Interaction with acquaintances
Public distance	3.7m~7.6m	Situation of speech or lecture

본 연구는 실시간으로 Social Distance를 추적하여 감성 상호작용을 인식하였다. 이를 위해 비콘 기반의 웨어러블 디바이스와 안드로이드 스마트폰으로 구성된 인식 시스템을 개발하였다. 본 연구의 방법론은 감성 상호작용 시에 유발되는 심혈관 반응의 동시성에

의해 평가되었다. 심혈관 반응의 동시성은 선행연구에 의거하여 Photoplethysmogram(PPG)로부터 추정되었다(Woo et al, 2015). 결론적으로 Social Distance의 유지시간에 따른 심혈관 동시성으로부터 상호작용 인식의 효과를 평가하였고, 이를 기반으로 유효한 상호작용 시간을 정의하였다.

2. 시스템 구성

본 연구는 Social Distance와 심혈관 반응을 실시간으로 측정하기 위해 Fig. 1과 같이 비콘(a), PPG 센서(b), 안드로이드 스마트폰(c), 그리고 웹 서버(d)로 구성된 시스템을 개발하였다.

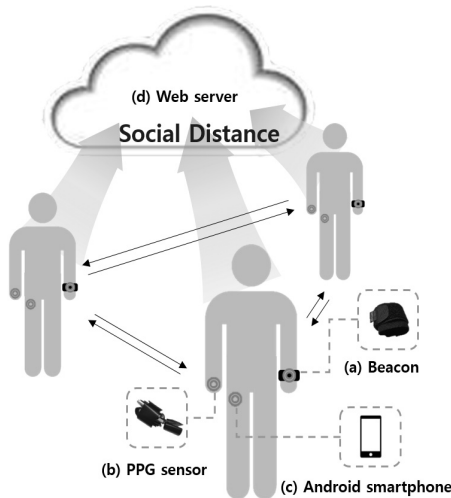


Fig. 1. The system configuration consisting of beacon, PPG sensor, android smartphone, and web server

2.1. 비콘

Social Distance를 추적하기 위해서는 타인과의 물리적 거리를 실시간으로 측정해야 한다. 물리적 거리는 일반적으로 두 개인의 위치로부터 거리를 계산하는 방식으로 측정된다. 개인의 위치는 Global Positioning System (GPS) 또는 실내측위와 같은 기술을 통해 측정될 수 있다. GPS는 위성으로부터 수신되는 신호를 통해 위치를 측정하는 기술이다. 실외에서는 높은 정확도를 가지고 있지만, 실내에서는 위성 신호의 품질을 보장할 수 없기 때문에 부정확하다는 한계를 보인다. 실내측위 기술은 여러 지점들에 위치한 신호 송신기로

부터의 수신 세기를 통해 실내에서 높은 정확도로 위치를 측정할 수 있다(Liu et al., 2007). 신호 송신기는 Wi-Fi, 자기장, 그리고 비콘 등으로 활용된다. 하지만 실내측위 기술은 신호 송신기가 설치된 특정 지역에 종속적이기 때문에 일상생활에 적용되기 어렵다. 본 연구에서는 위와 같은 문제점을 해결하기 위해 Fig. 2와 같이 비콘 기반의 웨어러블 디바이스를 사용하였다. 비콘을 착용한 개인이 각각 신호 송신기의 역할을 하고, 이로부터 방출되는 신호를 타인이 수신하여 직접 거리를 계산한다면, 지역에 종속적이지 않으며 근거리에서 비교적 높은 정확도로 거리를 측정할 수 있을 것이다. 비콘은 저전력 블루투스 센서인 HM-10을 사용하였고, 팔찌형 웨어러블 디바이스로 제작하기 위해 손목보호대를 활용하였다. 비콘은 자신의 식별 정보가 담긴 신호를 1초 주기로 발생시키도록 하였다. 이 때, 사용자의 식별 정보가 아닌 특정 비콘의 식별 정보를 사용함으로써 익명성을 보장하였다.

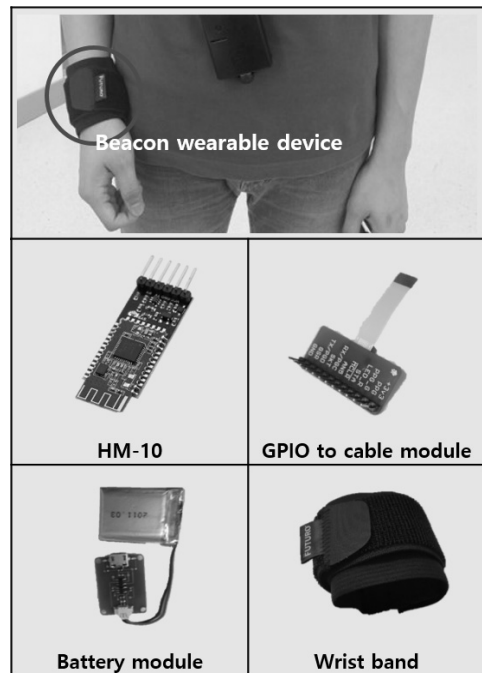


Fig. 2. Overview of the beacon wearable device

2.2. PPG 센서

일반적으로 PPG 신호는 이동이 제한된 환경에서 측정된다. 하지만 실시간으로 Social Distance를 추적하며 심혈관 반응을 측정하기 위해서는 이동이 자유로운 환경에서 PPG 신호가 측정될 수 있어야 한다. 따라서 본

연구에서는 Fig. 3과 같이 PPG 센서를 손가락에 착용할 수 있는 웨어러블 디바이스 형태로 제작하였다. PPG 신호는 약 100Hz의 Sampling Rate로 측정되며, 메인보드에 내장되어 있는 블루투스 센서를 통해 안드로이드 스마트폰과 연결되어 실시간으로 전송된다.

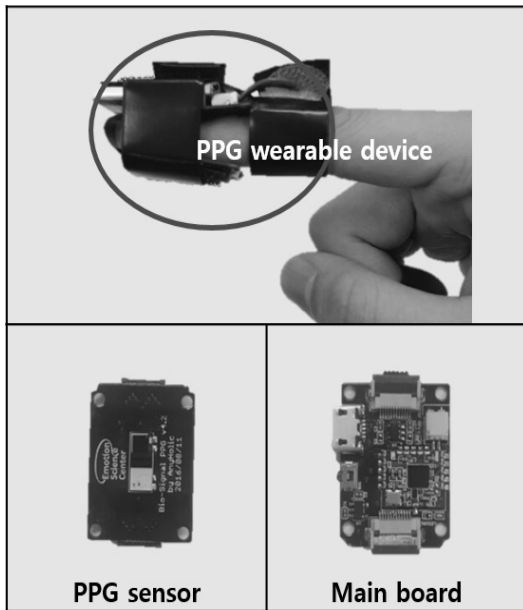


Fig. 3. Overview of the PPG wearable device

2.3. 안드로이드 스마트폰

안드로이드 스마트폰은 비콘으로부터 물리적 거리를 측정하고 PPG 센서로부터 신호를 수집한다. 비콘으로부터 수신된 신호는 신호 세기를 의미하는 Received Signal Strength Indication(RSSI) 값과 Transmit Power(TX-Power) 값을 통해 물리적 거리로 계산된다. 계산된 거리가 Social Distance 범위인 3.7m 이내라면, 비콘의 식별 번호와 함께 웹 서버에 저장된다. PPG 신호는 본 연구에서 제안한 기술을 검증하기 위한 기준으로만 사용되고 실제 기술에는 포함되지 않다. 따라서 안드로이드 스마트폰의 로컬 저장소에 저장하였고 신호 전송으로부터 발생할 수 있는 데이터 손실을 최소화하였다.

2.4. 웹 서버

웹 서버에는 사용자 식별 정보, 비콘 식별 정보, 그리고 두 사람 간의 물리적 거리가 저장된다. 안드로이드 스마트폰에서 저장되는 비콘의 식별 정보는 Table

2를 기반으로 상대방의 식별 정보로 변환된다. 개인마다 고유의 PID를 가지도록 하였고, 비콘도 독립적인 DEVICE_ID를 가지도록 하였다. 최종적으로 웹 서버에 저장되는 정보는 Table 3과 같으며, 특정 시간에 타 인과의 물리적 거리를 확인할 수 있도록 하였다.

Table 2. Description of subject

Information	Description
PID	Identification of users
DEVICE_ID	Identification of beacons

Table 3. Description of distance

Information	Description
PID_A	Identification of user a
PID_B	Identification of user b
DISTANCE	Distance between user a and user b
TIME	Time

3. 연구 방법

3.1. 피실험자

본 연구에 참여한 피실험자는 거동에 이상이 없고 심혈관 질환이 없는 일반인을 대상으로 하였다. 총 15 집단(평균나이 26.83±1.83)이 참여하였으며, 각 집단에는 2명의 피험자가 포함되었다. 모든 피험자에게 연구 목적을 제외한 실험 방법에 대해 설명하였으며, 실험 전에 충분한 휴식을 취하고 술, 카페인, 담배를 자제하도록 요청하였다. 또한 실험을 위해 본 연구에서 개발한 비콘과 PPG 센서를 착용하고 안드로이드 스마트폰을 지참하도록 하였다.

3.2. 실험절차

본 연구는 실시간으로 물리적 거리를 측정하고 Social Distance를 추적하여 감성 상호작용을 인식하는 기술을 개발하였다. 기존 선행 연구를 기반으로 감성 상호작용 시에 발생하는 심혈관 동시성을 통해 본 기술을 검증하고자 하였으며, 물리적 거리와 생체 신호를 측정하기 위한 실험을 진행하였다. 피험자들은 추가적인 자극 없이 평소와 동일한 환경에서 동일한 일

상을 지내도록 요청받았다. 실험은 30㎡ 면적의 공간에서 총 6시간동안 실시되었다.

3.3. 분석 방법

본 연구에서는 실험을 통해 물리적 거리와 PPG 신호를 측정하였다. 두 사람 간의 물리적 거리는 Social Distance로 분석되었고, 동일한 시간에 측정된 PPG 신호는 심혈관 동시성으로 분석되었다. Social Distance는 유지시간에 의해서 상호작용으로 인식되었고, 이를 검증하기 위하여 상호작용 대상일 때와 아닐 때의 심혈관 동시성을 각각 비교하였다. 결과적으로 두 집단 간 유의미한 차이를 보이는 유지시간을 유효 상호작용 시간으로 결정하였다.

3.3.1. Social Distance

물리적 거리는 다음과 같이 Social Distance로 분석되어 상호작용으로 인식되며, 분석 과정에 따른 데이터의 형태는 Fig. 4와 같다.

두 사람 간의 물리적 거리는 1Hz의 Sampling Rate로 측정된다. 만약 동일한 시간에 물리적 거리가 중복

되어 측정된다면, 두 거리의 평균으로 계산하였다.

사회적 거리는 3.7m 이내의 물리적 거리로부터 결정된다. 만약 물리적 거리가 3.7m보다 크거나 측정되지 않았다면, 사회적 거리가 아닌 것으로 결정되었다.

상호작용은 사회적 거리가 일정 시간 이상 유지되었을 경우 인식되었다. 유지시간은 심혈관 동시성과 비교하여 유효한 상호작용을 인식할 수 있는 시간을 결정하기 위해 3초에서 20초 사이로 평가되었다.

3.3.2. 심혈관 동시성

PPG 신호는 다음과 같이 심혈관 동시성으로 분석되며, Fig. 5와 같은 형태를 보인다.

PPG 신호는 약 100Hz의 Sampling Rate로 측정되었다. 블루투스 통신으로 인해 가변적인 Sampling Rate로 측정되기 때문에, 이를 고정시키기 위해 Cubic Spline Interpolation(McKinley et al., 1998)을 이용하여 100Hz로 보간하였다.

QRS Peak Detection Algorithm(Pan & Tompkins, 1985)을 통해 Peaks를 검출하였다. 이를 Sliding Window(Window Size: 5 seconds, Interval Size: 1 second) 방식으로 Beats Per Minute(BPM)을 계산하였다. BPM은

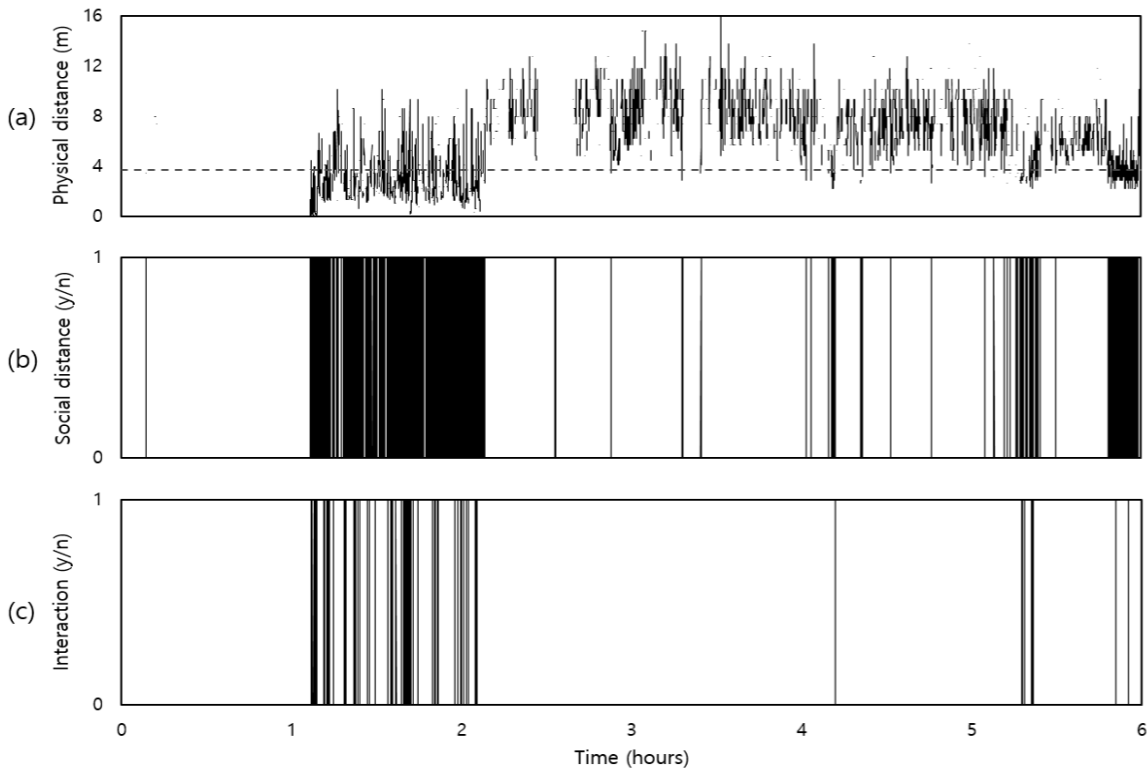


Fig. 4. Data processing of the social distance from the physical distance between two person (Example where the maintenance time is 11 seconds). (a) The physical (b) The social distance. (c) The interaction groups

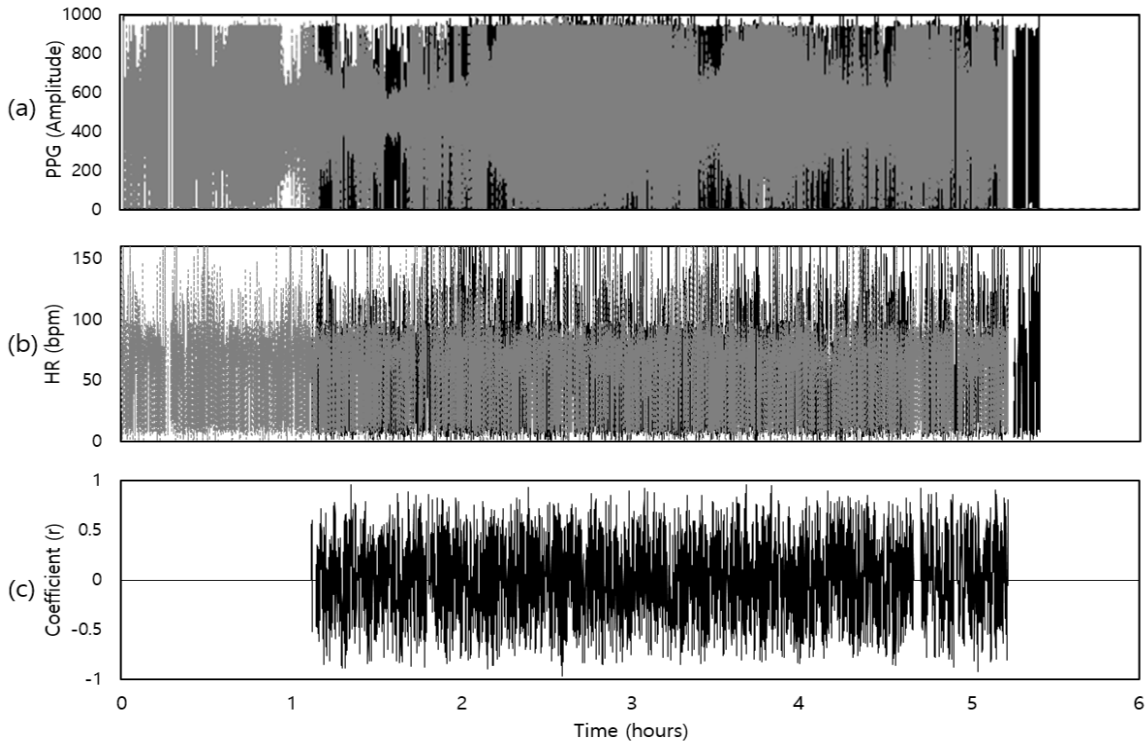


Fig. 5. Data processing of the Cardiovascular synchrony from the PPG signals between two person (Example where the maintenance time is 11 seconds). (a) The raw PPG signal. (b) The BPM by QRS peak detection (Window size: 5 seconds, Interval size: 1 second). (c) The correlation coefficient between BPMs between two person (Window size: 11 seconds, Interval size: 1 second)

Window 구간의 평균 Peak to Peak Intervals(PPI) 값으로부터 식 1과 같이 계산되었다.

$$BPM = 60 / \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N PPI_i \quad (1)$$

두 사람 간의 심혈 동시성은 최종적으로 BPM 간의 Pearson 상관분석을 통해 상관계수로 결정되었다. 상관분석은 Sliding Window(Interval Size: 1 second) 방식으로 진행되었으며, Window Size는 Social Distance로부터 상호작용을 인식하기 위해 결정한 유지시간과 동일하게 적용하였다. 만약 BPM이 제대로 측정되지 않은 구간이 있다면, 그 구간은 상관분석을 실시하지 않았으며 상호작용에 따른 심혈관 동시성에 대한 분석에서도 제외하였다.

4. 결과

Social Distance로부터 인식된 상호작용에 따라 심혈관 동시성의 차이를 분석한 결과는 Fig. 6과 같다.

Social Distance의 유지시간에 따라 상호작용 대상인 그룹(Interaction)과 상호작용 대상이 아닌 그룹(Non-interaction)을 구분하였고, 두 그룹 간의 심혈관 동시성의 차이를 계산하였다. 그 결과, 유지시간이 14초와 15초인 경우를 제외한다면 상호작용 대상인 그룹의 심혈관 동시성이 상호작용 대상이 아닌 그룹보다 더 높았다. 두 그룹 간의 심혈관 동시성의 차이가 평균적으로 가장 큰 유지시간은 18초였다.

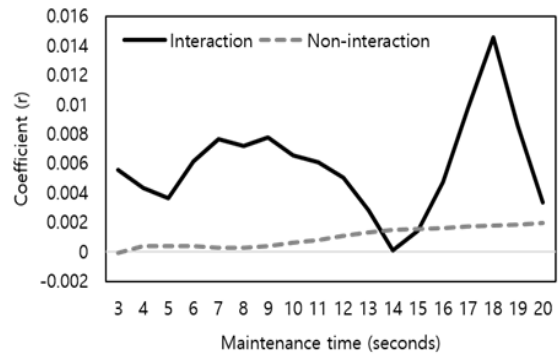


Fig. 6. The difference of cardiovascular synchrony between interaction and non-interaction groups according to maintenance time

유지시간에 따른 상호작용 인식의 유효성을 평가하기 위해 상호작용 대상일 때와 아닐 때의 심혈관 동시성에 대한 통계적 유의차를 비교하였다. 이 때 해당 데이터에 대한 정규성 검정을 실시 후, 비모수 추정인 Mann-Whitney U test를 수행하였다. 그 결과, 유지시간이 11초인 경우에 상호작용 여부에 따라 심혈관 동시성에 대해 유의미한 차이가 있음을 확인하였다($p = .045$). 심혈관 동시성은 18초인 경우에 가장 큰 차이를 보였으나, 통계적으로 유의미하지 않았다($p = .870$). 따라서 유효 상호작용 시간은 상호작용 대상인 그룹이 상호작용 대상이 아닌 그룹보다 높은 심혈관 동시성을 보일 뿐만 아니라, 통계적으로 유의한 차이를 보이는 11초로 결정되었다.

5. 결론 및 논의

본 연구는 비콘을 활용한 웨어러블 디바이스를 통해 실시간으로 Social Distance를 추적하여 감성 상호작용을 인식하였다. 인식된 상호작용은 심혈관 동시성과 비교하여 평가되었다. 그 결과로 심혈관 동시성은 상호작용 대상일 때가 아닐 때보다 높았으며, 이를 위한 유효 상호작용 시간은 11초로 결정되었다. 결론적으로 본 연구에서 제안한 상호작용 인식 기술은 유효하였다.

전반적으로 본 연구는 두 가지 중요한 결과를 보였다. 첫째, 실 공간에서의 상호작용이 물리적 거리로부터 실시간으로 인식되었다. 물리적 거리와 상호작용에 대한 대부분의 연구들은 오프라인으로 상호작용을 인식하고 있다(Cole, 2009; Hyun, 2009; Lammers, 2012). 하지만 상호작용의 발생 시점은 불분명하기 때문에 과거의 상호작용에 대한 서비스는 무의미하다(Whang et al., 2011). 따라서 상호작용은 실시간으로 인식될 필요가 있으며, 이에 대한 서비스를 제공해야 한다. 본 연구는 실시간으로 상호작용을 인식하였기 때문에 실시간 상호작용 서비스에 적용될 수 있다. 결과적으로 실 공간에서의 사회관계망에 대한 실시간 측정과 평가를 할 가능성을 높였다.

둘째, 본 연구는 비콘 기반의 웨어러블 디바이스를 통해 상호작용을 인식하였다. 웨어러블 디바이스에 대한 기존의 연구들은 일반적으로 생체 신호, 심장 반응, 그리고 사용자의 행태 등을 추출하고 있다(Chen,

2015; Wilhelm, 2006). 이러한 요소들은 감성 상호작용을 인식할 수 있는 유효한 감성 인자들이다. 추후 이러한 감성 인자들과 본 연구에서 제안한 기술을 모두 고려한다면 고차원의 감성 상호작용을 인식할 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구는 Social Distance로부터 실 공간에서의 상호작용을 실시간으로 인식하기 위한 새로운 상호작용 인식 기술을 제안하였으며, 심혈관 동시성을 기반으로 인식된 상호작용의 유효성을 평가한 연구로서 그 의의가 있을 것으로 사료된다. 추후 사물 인터넷(IOT) 환경이 구축될 미래 사회에 적용된다면, 실시간으로 실 공간에서의 사회관계망을 구축하고 평가하는 데에 응용될 수 있을 것으로 기대된다.

REFERENCES

- Bogardus, E. S. (1947). Measurement of personal-group relations, *Sociometry*, 10(4), 306-311. DOI: /10.2307/2785570
- Chen, M., Zhang, Y., Li, Y., Hassan, M., & Alamri, A. (2015). AIWAC: Affective interaction through wearable computing and cloud technology, *Wireless Communications, IEEE*, 22(1), 20-27. DOI: 10.1109/MWC.2015.7054715
- Cole, M. S., Bruch, H., & Shamir, B. (2009). Social distance as a moderator of the effects of transformational leadership: Both neutralizer and enhancer, *Human Relations*, 62(11), 1697-1733. DOI: 10.1177/0018726709346377
- Ebbesen, E. B., Kjos, G. L., & Konečni, V. J. (1976). Spatial ecology: Its effects on the choice of friends and enemies, *Journal of Experimental Social Psychology*, 12(6), 505-518. DOI: 10.1016/0022-1031(76)90030-5
- Feldman, R. (2006). From biological rhythms to social rhythms: Physiological precursors of mother-infant synchrony, *Developmental Psychology*, 42(1), 175-188. DOI: 10.1037/0012-1649.42.1.175
- Feldman, R., Magori-Cohen, R., Galili, G., Singer, M., & Louzoun, Y. (2011). Mother and infant coordinate heart rhythms through episodes of interaction synchrony, *Infant Behavior and Development*, 34(4),

- 569-577. DOI: 10.1016/j.infbeh.2011.06.008
- Festinger, L., Back, K. W., & Schachter, S. (1950). *Social pressures in informal groups: A study of human factors in housing*, Stanford, Calif: Stanford University Press. DOI: 10.2307/3348388
- Hall, E. T. (1966). *The hidden dimension*, New York: Doubleday.
- Hyun, J., Eom, K., & Han, K. (2009). Effects of social distance and mood on moral judgment – focusing on moral dilemmas (사회적 거리와 정서가 도덕 판단에 미치는 영향), *Science of Emotion & Sensibility*, 12(4), 411-424.
- Jo, Y. H., Lee, J. N., Kim, H. J., Woo, J. C., Lee, Y. J., & Whang, M. C. (2015). Group ID issuing model using temporal explicit movement in social life logging, In Park, D. S., Chao, H. C., Jeong, Y. S., & Park, J. (Eds.), *Advances in Computer Science and Ubiquitous Computing* (pp. 177-183). Singapore: Springer. DOI: 10.1007/978-981-10-0281-6_26
- Lammers, J., Galinsky, A. D., Gordijn, E. H., & Otten, S. (2012). Power increases social distance, *Social Psychological and Personality Science*, 3(3), 282-290. DOI: 10.1177/1948550611418679
- Liberman, N., Trope, Y., & Wakslak, C. (2007). Construal level theory and consumer behavior, *Journal of Consumer Psychology*, 17(2), 113-117. DOI: 10.1016/S1057-7408(07)70017-7
- Liu, H., Darabi, H., Banerjee, P., & Liu, J. (2007). Survey of wireless indoor positioning techniques and systems, *Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews, IEEE Transactions on*, 37(6), 1067-1080. DOI: 10.1109/TSMCC.2007.905750
- McKinley, S., & Levine, M. (1998). Cubic spline interpolation, *College of the Redwoods*, 45(1), 1049-1060.
- Newcomb, T. M. (1960). Some varieties of interpersonal attraction, In J. G. Peatman & E. L. Hartley (Eds.), *Festschrift for Gardner Murphy* (pp. 171-182). Oxford, England: Harper.
- Pan, J., & Tompkins, W. J. (1985). A real-time QRS detection algorithm, *IEEE Transactions on Bio-medical Engineering*, 32(3), 230-236. DOI: 10.1109/TBME.1985.325532
- Parkinson, C., Liu, S., & Wheatley, T. (2014). A common cortical metric for spatial, temporal, and social distance, *The Journal of Neuroscience : The Official Journal of the Society for Neuroscience*, 34(5), 1979-1987. DOI: 10.1523/JNEUROSCI.2159-13.2014
- Sanderson, J. (2008). The blog is serving its purpose: Self-Presentation strategies on 38pitches. com, *Journal of Computer-Mediated Communication*, 13(4), 912-936. DOI: 10.1111/j.1083-6101.2008.00424.x
- Whang, M., Kim, J., Mun, S., & Park, S. (2011). Emotion modeling and recognition technology (감성 모델링 및 인식 기술), *Journal of Korea Robotics Society*, 8(4), 34-44.
- Wilhelm, F. H., Pfaltz, M. C., & Grossman, P. (2006). Continuous electronic data capture of physiology, behavior and experience in real life: Towards ecological momentary assessment of emotion, *Interacting with Computers*, 18(2), 171-186. DOI: 10.1016/j.intcom.2005.07.001
- Woo, J., Kim, Y., Shin, S. S., Jo, Y. H., Choi, H., & Whang, M. (2015). Cardiovascular synchrony for determining significant group in social life logging, In Park, D. S., Chao, H. C., Jeong, Y. S., & Park, J. (Eds.), *Advances in Computer Science and Ubiquitous Computing* (pp. 193-199). Singapore: Springer. DOI: 10.1007/978-981-10-0281-6_28

원고접수: 2016.07.04

수정접수: 2017.06.28

게재확정: 2017.07.07