Study on Behavioral Characteristics of 3D Touch in Smartphone

ABSTRACT

Objective: 본 연구의 목적은 스마트폰의 새로운 터치 인터랙션인 3D Touch와 기존 터치 인터랙션인 Tap 및 Long press의 누름 행동 특성의 차이를 파악하고, 피드백 제공에 따른 행동 변화를 살펴 보는 것이다.

Background: 3D Touch는 기존 누름 터치 인터랙션인 Tap과 Long press와 누름 행동 측면에서 유사해 충돌이 예상되어, 이를 최소화하기 위한 터치 인터랙션의 행동 특성에 대한 선행적 연구가 필요하다.

Method: 터치 인터랙션의 누름 행동 특성을 측정할 수 있는 3D Touch 탑재된 스마트폰을 이용하여 30명의 피실험자가 각 누름 터치 인터랙션으로 화면 내 30개 버튼을 누르는 과제 수행하도록 하였으며, 이 때 누름 행동 특성으로 최대 누름 압력과 누름 지속 시간을 측정하였다. 피드백에 따른 행동 변화를 파악하고자 피드백이 제공되지 않는 조건과 특정 임계 값에서 피드백이 제공되는 조건에서 과제를 수행하도록 하였다.

Results: 피드백이 제공되지 않는 조건에서는 3D Touch는 강한 힘(318.98 gf, 0.60 sec)으로 눌러 동작시키려는 특성을 보였으며, Long press는 긴 시간(157.12 gf, 1.10 sec) 동안 누르며 Tap은 약하고 짧게(37.92 gf, 0.10 sec) 눌러 동작시키려는 행동 특성을 보였다. 이 때 3D Touch와 Long press는 누름 압력과 시간 측면에서의 서로 교차되는 영역이 발생되었다. 하지만 특정 임계 값에서 피드백이 제공되는 조건에서는 3D Touch와 Long press의 누름 행동 특성이 변화되는 행동 보정 효과를 보였다.

Conclusion: 3D Touch와 Long press는 누름 행동 측면에서의 유사성으로 두 동작 간 충돌이 예상되지만, 피드백이 제공되면 행동 보정을 보이므로 적절한 수준의 임계 압력에서 3D Touch가 동작되어 피드백이 제공된다면 두 동작 간의 충돌을 최소화할 수 있을 것이다.

Application: 본 연구 결과를 통해 사용자들이 기존 터치 인터랙션인 Long press와 구분하기 용이한 3D Touch의 최적 임계 압력 값을 설계하는데 참고할 수 있는 기초 연구 자료로 활용될 수 있을 것으로 예상된다.

Keywords: 3D Touch, Force Touch, Embodied Cognition, Motor Schema, Touch Feedback

1. Introduction

최근 주요 스마트폰 제조사에서 3D Touch 기능이 탑재된 스마트폰을 출시하고 있다. 3D Touch는 디스플레이가 누르는 힘의 크기를 감지하고 구분할 수 있어 사용자에게 새로운 차원의 인터랙션을 가능하게 해 주는 기술이라고 볼 수 있다. 애플의 iPhone 6s 이외에도 Huawei Mate S, ZTE AXON MINI 및 Meizu Pro 6에서도 3D Touch 기능이 탑재되었으며(Figure 1), 시장조사기관 HID에 따르면 2016년에 출시되는 신규 스마트폰의 4대 중 1대에는 3D Touch 기능이 탑재될 전망이라고 한다. 뿐만 아니라 주요 3rd Party 앱에서도 대표적인 3D Touch UI인 컨텐츠 미리보기와 메뉴 바로 가기를 적극적으로 적용하고 있는 3D Touch는

스마트폰의 새로운 터치 인터랙션 표준으로 정착화될 가능성이 높은 것으로 예상된다.

Figure 1. Current status of 3D Touch in mobile devices.

한편, 3D Touch는 누름 압력의 구분을 통해 Z축이라는 새로운 차원을 제공하여 사용자들에게 새롭고 다채로운 경험을 체험할 수 있게 하지만, 기존 사용 방식에 익숙한 사용자들에게는 혼란을 줄 수도 있다. 왜냐하면 기존에 사용되고 있던 Tap과 Long press는 3D Touch와 유사하게 디스플레이를 눌러 동작하는 방식이기 때문에(Table 1), 3D Touch와 혼용하여 사용할 경우 사용자의 의도와는 다른 동작이 실행되어 버릴 수 있기 때문이다. 특히 Long press의 길게 누르기와 3D Touch의 힘을 주어 깊게 누르기는 누름 행동 측면에서 유사하기 때문에 사용자가 이를 구분해 사용하기 어려울 수 있다.

Table 1. Operations for each touch interaction type

Touch type	Description
Tap	Press the surface of touch display and briefly lift the finger
Long press	Press the surface of touch display during certain amount of time
3D Touch	Press the surface of touch display with certain amount of pressure level

현재 스마트폰 OS 별 Long press 활용 현황을 살펴보면, iOS의 경우 홈 화면에서 편집 모드 진입에서만 한정적으로 사용되고 있지만 Android의 경우는 홈 화면에서의 편집 모드 진입 외에도 컨텐츠 리스트에서 컨텍스트 메뉴 불러오기, UI 요소 크기 조절이나 이동 등에 다양하게 활용하고 있다. 따라서 3D Touch를 도입하려는 Android 스마트폰 제조사 입장에서는 3D Touch와 Long press를 사용자가 구분을 쉽게 사용할 수 있도록 설계하는 것이 더욱 중요한 당면 과제라고 할 수 있다.

2. Literature Review

3D Touch에 대한 기존 연구들을 살펴보면, Z축이 새롭게 추가된 인터랙션으로 단순 Touch와 Press를 구분하여 사용할 수 있는 새로운 입력 방식으로써의 가능성을 시사한 다양한 연구들이 진행되어 왔으나(Buxton., 1990; Rekimoto et al.,2003), 스마트폰의 기존 터치 인터랙션인 Tap과 Long press와의 충돌을 최소화할 수 있는 방안에 대한 연구는 부족한 실정이다.

실용적 관점에서 사용자에게 새로운 차원의 경험을 제공해 줄 수 있는 3D Touch가 터치 인터랙션 표준으로 정착화되려면 현재 사용되고 있는 Tap 및 Long press에 대한 누름 행동 특성과 3D Touch에 대한 사용자의 기대 누름 행동의 특성을 파악하여 3D Touch의 임계 압력 설계하는데 참고하여 터치 인터랙션 동작 간의 충돌을 최소화하는 것이 반드시 필요하다고 할 수 있다.

이론적 관점에서는 3D Touch와 다른 터치 인터랙션의 누름 행동 특성을 면밀히 파악 하기 위해서는 체화된 인지(Embodied cognition)와 운동 스키마(Motor schema)에 대한 개념을 살펴볼 필요가 있다. 체화된 인지 이론에서는 어떤 대상에 대한 인지과정이 그 대상에 실제적으로 사용될 때의 인체의 움직임, 나아가 활용되는 맥락 등을 기반으로 이루어진다고 본다(Lakoff & Johnson, 1999). 관련된 연구에 따르면 물리적으로 더 무거운 것을 더 중요하다고 판단하고(Jostmann, Lakens, & Schubert, 2009), 반대로 중요한 것을 더 무겁다고 인지한다(Iris et al., 2011). 이런 관점에서 보면 인지 과정과 인체의 활동은 상호 작용하기 때문에 터치 인터랙션의 측면에서도 학습된 경험이나 이에 대한 개념적 사고와 누름 행동간에 긴밀한 관계가 있을 것으로 보인다. 또한 Bartlett & Burt(1932)와 Schmidt(1975)는 원하는 목표에 어떻게 도달할 것인지에 대한 장기기억에 저장되는 근육 명령들의 포괄적이고 일반적인 명세사항들의 집합을 운동 스키마(Motor schema)라고 하였는데, 이러한 개념을 토대로 보면 터치 인터랙션 별 경험과 개념적 사고에 따른 누름 운동도 일관적인 경향성을 보일 것으로 해석될 수 있을 것이다.

기존 연구를 살펴보면, 누름행동에 영향을 미치는 대표적인 요인으로 피드백과 그립 자세를 고려해야 한다. 첫째, 피드백에 의한 영향에 관한 기존 연구를 살펴 보면, 누름행동시 촉각 피드백이 제공되면 피드백이 제공되지 않았던 경우와 그 수행 결과가 달라지는 것을 알 수 있다. 피드백이 제공되지 않으면 피드백이 제공되는 경우에 비해 더 큰 힘을 가해 누르는 경향이 보고되었으며(Mizobuchi et al, 2005), 궤적에 따른 힘의 강약조절 순서를 학습하는 과제에서 시각 피드백과 촉각 피드백이 함께 제공되었을 때에 가장 높은 학습 효과를 보였다(Morris et al., 2007). 이러한 기존 연구들을 보았을 때 터치 인터랙션에 대한 누름 행동의 특성 파악 시 피드백에 따라 누름 행동의 변화가 예상되기 때문에 이에 대한 고려가 필요하다고 할 수 있다. 특히 Tap과 같이 누름의 강약이나 시간을 조절할 필요가 없는 단순 누름 인터랙션에 비해, 누르는 힘의 크기나 시간에 따라 다르게 동작하는 3D Touch와 Long press의 경우는 누름 동작을 하는 동안 피드백에 따른 정보 처리 및 판단이 계속적으로 요구되기 때문에 피드백에 의한 영향을 고려하는 것이 필수적이라 할 수 있다.

둘째, 스마트폰은 그립한 상태에서 화면을 터치하여 사용하기 때문에 그립 자세에 따라 누름 행동이 달라질 수 있다. 한 손으로 폰을 거치하고 다른 손으로 조작하는 경우 손의 운지가 자유로우나, 한 손으로 그립한 상황에서 같은 손의 엄지 손가락으로 화면을 터치하는 경우 엄지의 운지 범위가 한정적이기 때문에 누름

압력의 강도가 크게 달라질 수 있다. 기존 연구들을 살펴보면 한 손으로 그립한 자세에서 엄지 손가락으로 화면을 터치하였을 때, Figure 2와 같이 터치하는 위치에 따라 사용하기 어려운 영역이 있으며(Hoober, 2013), 이에 따라 물리적인 불편도에 차이가 있었다(Parhi et al, 2006). 이러한 점을 보았을 때 누름의 강약이나 시간을 조절할 필요가 있는 3D Touch와 Long press의 누름 행동 특성 파악 시, 터치 영역에 따른 영향을 살펴보아야 함을 알 수 있다.

(a) Reachable areas for thumb (b) Comfort areas for thumb

Figure 2. (a) Approximate diagram of reachable areas for thumb (Green indicates the area a user can reach easily, red indicates the area a user cannot reach easily), (b) Comfort areas in 9 regions of the device when holding it with one hand (Depth of color indicates more comfort).

3. Purpose of Study

본 연구에서는 스마트폰의 새로운 터치 인터랙션 표준으로 정착화될 가능성이 높은 3D Touch에 대해 기존에 사용되었던 터치 인터랙션인 Tap 및 Long press와의 충돌 없이 사용자들이 쉽게 구분하여 사용할 수 있도록 하기 위해 터치 인터랙션 별 누름 행동 특성의 차이를 도출하는 것을 목적으로 하였다. 또한 누름의 강약이나 시간을 조절할 필요가 있는 3D Touch와 Long press에 대해서는 피드백에 의한 누름 행동 변화와 터치하는 영역에 따른 누름 행동의 차이를 살펴 보았다.

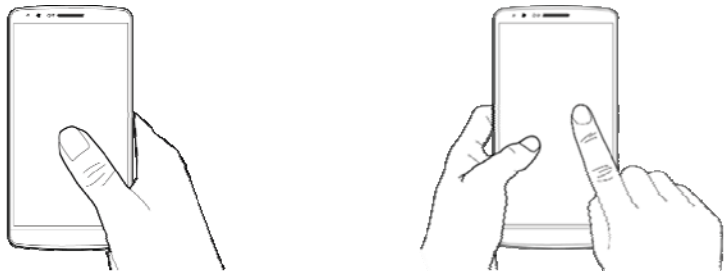
본 연구를 통해 도출된 터치 인터랙션에 따른 누름 행동 특성 연구 결과는 사용자들이 기존 터치 인터랙션과 구분하여 사용하기 용이한 3D Touch 최적 임계 값을 설계하는데 참고할 수 있는 기초 연구자료로 활용될 것으로 기대된다.

4. Method

4.1 Research hypothesis

본 연구의 목적은 스마트폰에서의 3D Touch와 기존 누름 터치 인터랙션인 Tap 및 Long press의 누름 행동 특성의 차이를 알아보는 것이다. 이 때 누름 행동은 스마트폰을 그립하는 자세와 누르는 손가락에 의해 영향을 받을 수 있기 때문에 Figure 3과 같이 스마트폰을 사용하는 대표 자세라고 할 수 있는 한 손 그립으로

엄지로 화면을 누르는 자세와 한 손 거치상태에서 다른 손의 검지로 화면을 누르는 자세에 따른 누름 행동의 차이도 파악하였다. 또한 성별에 따라 누르는 힘의 차이가 있을 수 있기 때문에 그 차이도 파악하여 보았다.



(a) One hand grip (b) Both hands grip

Figure 3. Two main grip postures for smart phone

피드백에 의한 영향이 예상되는 3D Touch와 Long press에 대해서는 피드백 제공 유무에 의한 차이도 살펴보았다. 또한 스마트폰의 화면이 커지면서 한 손 그립 자세에서 운지 범위에 따라 접근하기 어렵고 불편한 영역이 발생하기 때문에 터치 영역에 따른 누름 행동 차이도 살펴 보았다.

본 연구에서 설정된 연구 가설을 정리하면 다음과 같다.

가설 1: 3D Touch의 누름 행동 특성은 사용 자세 및 성별에 따라 Tap과 Long press와의 차이가 있을 것이다.
가설 2: 3D Touch와 Long press는 피드백 제공 여부에 따라 누름 행동 특성의 변화가 있을 것이다.
가설 3: 한 손 그립 자세에서 3D Touch와 Long press는 터치 영역에 따른 누름 행동의 차이가 있을 것이다.

4.2 Experimental design

4.2.1 Independent variable

가설 1의 검증을 위한 독립변수로 Within-subject 요인인 터치 인터랙션 타입(3D Touch, Long press, Tap)과 Within-subject 요인인 사용 자세(한 손 사용, 양 손 사용), Between-subject 요인인 성별(남, 여)을 선정하여 3x2x2 Mixed factors design을 사용하였다. 가설 2의 검증을 위한 독립변수로 Within-subject 요인인 터치 인터랙션 타입(3D Touch, Long press)과 Within-subject 요인인 피드백 제공 여부(피드백 제공, 피드백 미제공)을 선정하여 2x2 Within-subject design을 사용하였다. 가설 3의 검증을 위한 독립변수로 Within-subject 요인인 터치 인터랙션 타입(3D Touch, Long press)과 Within-subject 요인인 터치 영역(세로 열의 버튼들을 총 5개 영역으로 구분)을 선정하여 2x5 Within-subject design을 사용하였다.

4.2.2 Dependent variable

본 실험의 종속변수로는 누름 행동 특성을 정량적으로 파악하기 위해 Figure 4와 같이 최대 누름 압력, 누름

지속 시간을 측정하였다. 이는 3D Touch와 Long press는 누름 압력과 시간에 따라 동작하기 때문이다. 최대 누름 압력은 사용자가 디스플레이 표면에 힘을 가해 누르기(Press) 시작하여 표면으로부터 손가락이 떨어지는 순간(Release)까지 가해진 압력 중 가장 높은 압력을 최대 누름 압력(gf, 1gf=0.001kgf)으로 정의할 수 있다. 누름 지속 시간은 디스플레이 표면을 누르기 시작(Press)하면서부터 표면으로부터 손가락이 떨어지는 순간(Release)까지 소요되는 시간(sec)으로 정의하였다. 본 연구에서는 각 누름 터치 인터랙션으로 누름 과제 수행 시의 최대 누름 압력과 누름 지연시간을 측정하였다.

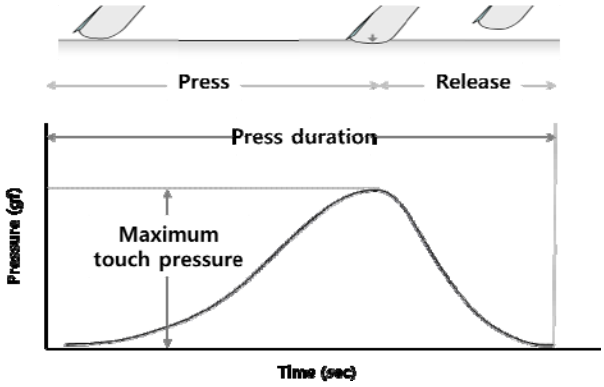


Figure 4. Measurable factors for press behavior

4.3 Apparatus and Experimental task

실험을 위한 누름 행동 측정 장비로 3D Touch 하드웨어가 탑재되어 있는 iPhone 6s plus(5.5인치, 158x78mm)에 누름 압력과 시간을 측정할 수 있는 소프트웨어를 제작하여 실험에 사용하였다. 제작된 실험 장비의 압력 측정에 대한 검교정을 위해 DIGHTECH사의 스위치 필링 시험기를 사용하여 gf 값을 측정하였으며, 이를 해당 실험 장비의 소프트웨어에서 제공되는 API 값과 비교하여 gf 값으로 변환하여 측정 압력 값으로 사용하였다. 해당 장비에서 측정 가능한 압력 범위는 최대 340gf로, 이는 기존 연구 결과에서 물리적 편의성을 고려했을 때 적정한 누름 압력이 300gf인 것(Mizobuchi, 2005)을 고려했을 때 적정 누름 압력 범위 내에서 누름 압력 측정이 가능한 것으로 볼 수 있다. 실험 장비는 Figure 5와 같이 터치 위치에 따라 30개 버튼으로 누름 영역을 구성하였는데, 이는 주요 스마트폰 제조사에서 3D Touch UI 기능이 홈 아이콘에 적용되어 있기 때문에 홈 아이콘의 개수인 30개로 맞추었다.

(a) Screen for setting (b) Screen for task

Figure 5. Experimental apparatus

실험 과제로는 화면에 표시되는 30개의 버튼 중 빨간색으로 표시된 버튼을 주어진 터치 인터랙션으로 누르는 과제를 수행하였다. 과제 수행 시 빨간색 버튼을 누르면 버튼이 사라지고 무작위 순서로 다른 버튼이 빨간색으로 제시되었으며, 30개의 버튼들을 모두 눌러 사라지면 해당조건에 대한 과제가 완료되는 것으로 하였다. 이때 각 조건 별로 과제 수행이 완료되면 버튼 위치 별로 최대 누름 압력, 누름 지연시간이 자동적으로 로그 데이터로 기록되도록 하였다.

가설 2의 검증을 위해 3D Touch와 Long press 과제 수행 시에는 특정 임계 값에 도달 시 버튼이 사라지면서 촉각 피드백이 제공되도록 하였다. 3D Touch는 임의로 150gf를 임계 압력으로 설정하였으며, Long press는 Android가 탑재된 L사 스마트폰에서 기본적으로 사용하고 있는 0.8sec를 임계 시간으로 설정하였다.

4.4 Experimental procedure

본 실험 시작 전 피실험자들에게 연구의 목적과 실험 절차에 대해 설명한 후에 3D Touch 기능을 소개하면서 3D Touch 사용 방법에 대해 적응 및 학습할 수 있도록 하였다.

본 실험에서는 실험장비를 이용하여 피드백이 없는 조건에서 사용 자세(한 손 사용, 양손 사용)에 따른 3가지 터치 인터랙션(3D Touch, Long press, Tap)를 무작위로 배정하여 주어진 작업을 수행하도록 하였다. 이후에 3D Touch와 Long press에 대해 피드백이 제공되는 조건에서 동일한 과제를 수행하도록 하였다. 이 때 Tap과 Long press는 평소 습관대로 누르도록 하였으며 3D Touch는 물리적으로 부하가 가지 않는 수준에서 누르도록 하였다. 실험에는 40분 내외의 시간이 소요되었다.

4.5 Subject

실험참여자는 20~40대의 남녀 30명으로 남녀 비율을 동일하게 각각 15명으로 모집하였다. 참여자는 스마트폰을 이용해 터치 인터랙션을 수행하는데 문제 없도록 스마트폰 사용자를 대상으로 하였으며, 누름 동작에 문제가 없도록 손가락 힘 사용에 이상이 없는 오른손잡이가 참여하였다.

5. Results

5.1 사용 자세 및 성별에 따른 터치 인터랙션 별 누름 행동 특성

(1) 최대 누름 압력

독립변수에 의한 영향을 알아보기 위해 분산분석을 실시하였다. 그 결과 사용 자세와 터치 인터랙션 타입이 유의수준 1%에서 유의한 차이가 있었고(Table 2), 사용 자세와 터치 인터랙션 타입에서 유의수준 10%에서 교호작용이 있음을 알 수 있었다(Table 2).

Table 2. ANOVA Summary Table of Maximum touch pressure

Source	DF	SS	MS	F	Pr>F
Posture	1	27774	27774	13.52	0.000 ***
Gender	1	32	32	0.02	0.901
Touch type	2	2388087	1194043	581.16	0.000 ***
Posture x Gender	1	1182	1182	0.58	0.449
Posture x Touch type	2	12474	6237	3.04	0.051 *
Gender x Touch type	2	198	99	0.05	0.953
Posture x Gender x Touch type	2	8420	4210	2.05	0.132
Errors	168	345168	2055		
Total	179	2783334			

*p<0.1, **p<0.05, ***p<0.01

유의한 차이를 보였던 사용 자세에서는 한 손 그립 자세에서 엄지로 사용한 경우(183.76gf)가 두 손 그립 자세에서 검지로 사용한 경우(158.92gf)에 비해 통계적으로 유의미하게 최대 누름 압력이 더 높은 것을 볼 수 있었다(Figure 6). 이는 엄지의 누름 힘이 검지의 누름 힘보다 상대적으로 강하며 양 손 사용 시 검지만 누르는 것에 비해 한 손 사용 시에는 누름 시 받쳐주는 손가락들과 엄지가 같이 누르기 때문에 더 큰 힘이 전달되는 것으로 해석된다.

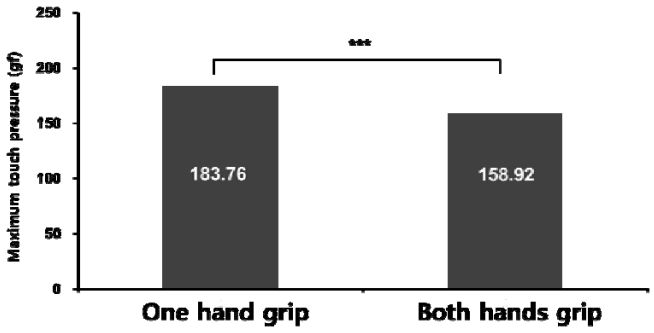


Figure 6. Maximum touch pressure for each posture

유의한 차이를 보였던 터치 인터랙션 타입에 대해 Tukey test로 사후 분석한 결과, 유의 수준 1%에서 Tap과 Long press 및 3D Touch가 각각 유의한 차이를 보였으며, 3D Touch가 가장 높은 최대 누름 압력(318.98gf)을 보였다(Figure 7). 이는 실험 참가자들이 3D Touch에 대해 강한 힘으로 눌러 동작시킨다라는 개념적 사고가 누름 행동으로 이어졌기 때문으로 해석되며, Long press(157.12gf)가 Tap(37.92gf)보다 더 높은 누름 압력을 보이는 것은 평소 사용 경험과 습관이 각 터치 인터랙션에 대해 운동 스키마로 형성되어 Long press가 Tap에 비해 상대적으로 더 큰 강한 힘으로 동작시키는 것으로 학습되었기 때문에 더 큰 힘으로 눌러 동작시킨 것으로 보인다.

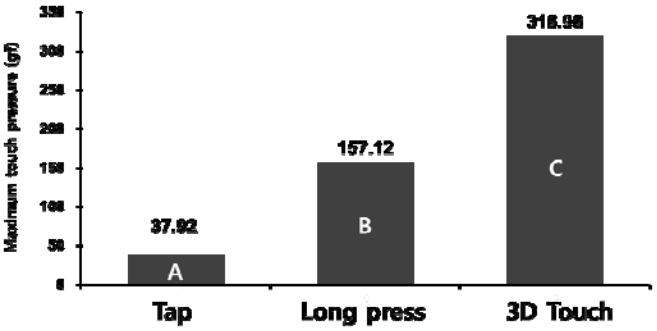


Figure 7. Maximum touch pressure for each touch type

교호작용이 있었던 사용 자세와 터치 인터랙션 타입에 대해서 Simple Effect 분석을 실시한 결과 터치 인터랙션 타입별 차이가 유의수준 5%에서 차이를 보였으며 Figure 8과 같이 한 손 사용이 양 손 사용에 비해 전반적으로 높은 최대 누름 압력으로 누르는 것을 볼 수 있었으며 특히 Long press에서 그 차이가 상대적으로 큰 것을 볼 수 있다.

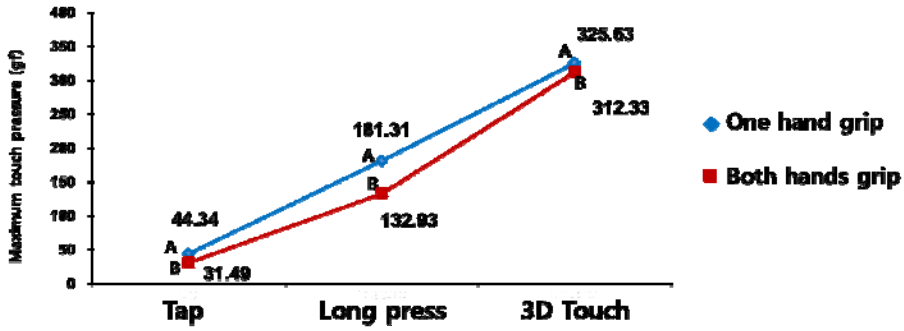


Figure 8. Maximum touch pressure by grip posture and touch type

(2) 누름 지속 시간

독립변수에 의한 영향을 알아보기 위해 분산분석을 실시하였다. 그 결과 터치 인터랙션 타입이 유의수준 1%에서 유의한 차이가 있었다(Table 3).

Table 3. ANOVA Summary Table of Press duration

Source	DF	SS	MS	F	Pr>F
Posture	1	0.0062	0.006	0.11	0.742
Gender	1	0.004	0.004	0.07	0.798
Touch type	2	25.354	12.677	221.83	0.000***
Posture x Gender	1	0.077	0.077	1.36	0.246
Posture x Touch type	2	0.012	0.006	0.11	0.897
Gender x Touch type	2	0.145	0.073	1.27	0.284
Posture x Gender x Touch type	2	0.048	0.024	0.42	0.660
Errors	168	9.601	0.057		
Total	179	35.247			

*p<0.1, **p<0.05, ***p<0.01

유의한 차이를 보였던 터치 인터랙션 타입에 대해 Tukey test로 사후 분석한 결과, 유의 수준 1%에서 Tap과 Long press 및 3D Touch가 각각 유의한 차이를 보였으며, Long press가 가장 긴 누름 지속 시간(1.01 sec)을 보였다(Figure 9). 이는 실험 참가자들이 Long press에 대해 상대적으로 긴 시간 동안 눌러 동작시키는 경험이 운동 스키마로 형성되었기 때문에 긴 시간 동안 눌러 동작시킨 것으로 보이며, 3D Touch(0.60 sec) 동작 시에 Tap(0.10 sec)보다 상대적으로 더 긴 시간 동안 누르는 것은 3D Touch 동작을 위해 높은 압력까지 힘을 가하다 보니 소요되는 시간도 선형적으로 증가되기 때문인 것으로 보여진다.

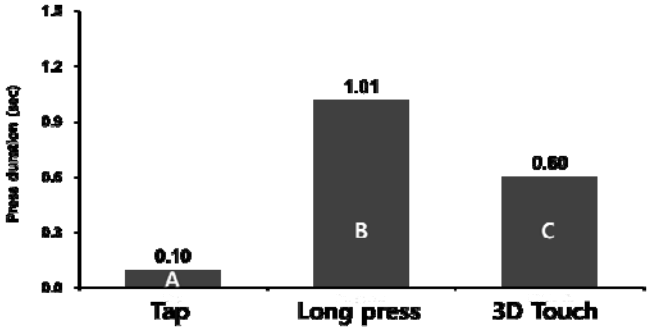


Figure 9. Press duration for each touch interaction type

5.2 피드백 제공에 따른 3D Touch와 Long press의 누름 행동 특성

(1) 최대 누름 압력

독립변수에 의한 영향을 알아보기 위해 분산분석을 실시하였다. 그 결과 피드백 제공 여부와 터치 인터랙션 타입에 따라 유의수준 1%에서 유의한 차이가 있었고, 피드백 제공 여부와 터치 인터랙션 타입이 유의수준 1%에서 교호작용이 있음을 알 수 있었다(Table 4).

Table 4. ANOVA Summary Table of Maximum touch pressure

Source	DF	SS	MS	F	Pr>F
Feedback	1	266584	266584	131.80	0.000 ***
Touch type	1	314690	314690	155.58	0.000 ***
Feedback x Touch type	1	105994	105994	52.40	0.000 ***
Errors	116	234635	2023		
Total	119	921903			

*p<0.1, **p<0.05, ***p<0.01

유의한 차이를 보였던 피드백 제공 여부에 대해서는 Feedback이 미제공 되었을 때(238.05 gf)에 비해 Feedback이 제공되었을 경우(143.78 gf)에 최대 누름 압력이 더 낮은 것을 볼 수 있다(Figure 10). 이는 피드백이 제공되면 그 순간 기능이 실행되었다고 인지하기 때문에 추가적으로 힘을 주어 누르지 않고 손을 화면으로부터 떼기(Release) 때문인 것으로 해석된다.

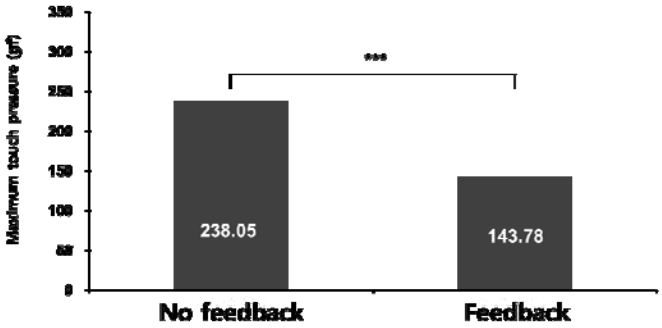


Figure 10. Maximum touch pressure by feedback type

교호작용이 있었던 피드백 제공 여부와 터치 인터랙션 타입에 대해서 Simple Effect 분석을 실시한 결과, 피드백 제공 여부에 따른 최대 누름 압력의 차이가 터치 인터랙션 타입에 따라 유의수준 1%에서 유의한 차이를 보였다(Figure 11). Long press와 3D Touch 모두 피드백이 제공되면 동일하게 누름 압력이 감소되는 경향을 보였는데, 특히 3D Touch의 경우 그 감소 폭이 컸다. 3D Touch의 최대 누름 압력 값이 임계 압력 값인 150gf 값보다 약간 더 크다는 점을 보았을 때, 해당 임계 압력까지 누르면 피드백이 제공되어 그 후부터는 추가적인 힘을 주지 않고 디스플레이 표면으로부터 손가락을 떼기(Release) 때문에 임계 압력보다 약간 상회하는 누름 압력을 보이는 것으로 해석된다.

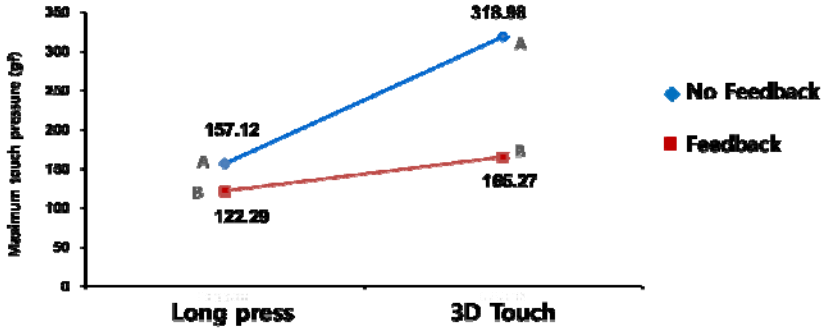


Figure 11. Maximum touch pressure by feedback and touch interaction type

(2) 누름 지속 시간

누름 지속 시간에서는 터치 인터랙션에 따라 유의수준 1%에서 유의한 차이가 있었고, 피드백 제공 여부와 터치 인터랙션 타입이 유의수준 1%에서 교호작용이 있음을 알 수 있었다(Table 5)

Table 5. ANOVA Summary Table of Press duration

Source	DF	SS	MS	F	Pr>F
Feedback	1	0.0364	0.0364	0.78	0.378
Touch type	1	9.0423	9.0423	193.94	0.000 ***
Feedback x Touch type	1	0.5587	0.5587	11.98	0.001 ***

Errors	116	5.4084	0.0466		
Total	119	15.0458			

*p<0.1, **p<0.05, ***p<0.01

교호 작용이 있었던 피드백 제공 여부와 터치 인터랙션 타입 대해서 Simple Effect 분석을 실시한 결과, 피드백 제공 여부에 따른 누름 지속 시간의 차이가 터치 인터랙션 타입에 따라 유의수준 5%에서 유의한 차이를 보였다(Figure 12). 피드백 제공될 경우 Long press의 경우 누름 시간이 길어지지만, 3D Touch는 짧아지는 경향을 보인다. 이는 Long press의 경우 피드백이 임계 시간 0.8 sec에서 제공된 경우(1.19 sec) 대부분 임계 시간까지 손가락으로 누른 후 피드백을 느끼면 손가락을 떼게 되기 때문에 피드백이 없었을 경우(1.01 sec) 의 임계 시간(0.8 sec)보다 손가락을 빨리 떼는 경우의 발생 빈도가 낮아 상대적으로 누름 지연시간이 긴 것으로 보인다. 상반적으로 3D Touch는 피드백이 제공될 때(0.50 sec) 임계 압력 150gf까지만 누르면 피드백이 제공되어 추가적인 힘을 주지 않고 손가락을 떼게 되기 때문에 피드백이 제공되지 않는 경우 (0.60 sec)보다 누름 지속 시간이 짧은 것으로 해석된다.

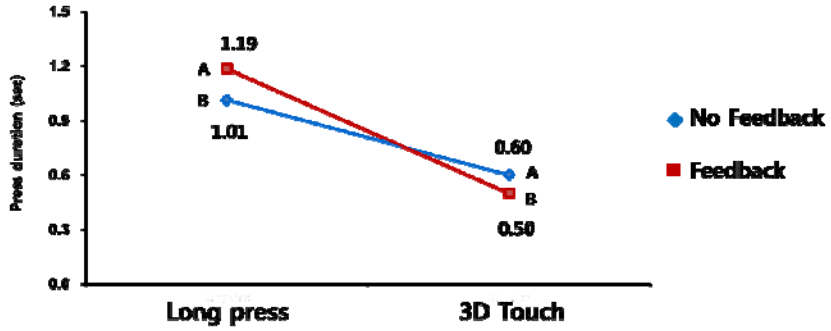


Figure 12. Press duration by feedback and touch interaction type

5.3 한 손 그립 자세에서 터치 영역에 따른 3D Touch와 Long press의 누름 행동 특성

(1) 최대 누름 압력

독립변수에 의한 영향을 알아보기 위해 분산분석을 실시하였다. 그 결과 터치 영역과 터치 인터랙션 타입이 유의수준 1%에서 유의한 차이가 있었다(Table 6).

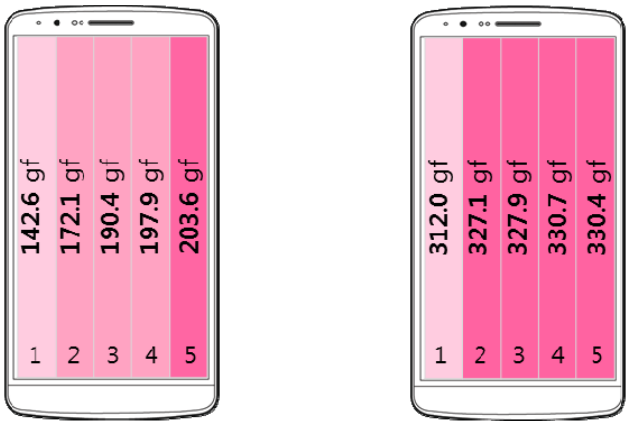
Table 6. ANOVA Summary Table of Maximum touch pressure

Source	DF	SS	MS	F	Pr>F
Touch location	4	61807	15452	5.33	0.000 ***
Touch type	1	1561975	1561975	538.81	0.000 ***
Touch location x Touch type	4	18415	4604	1.59	0.177

Errors	290	840693	2899		
Total	299	2482890			

*p<0.1, **p<0.05, ***p<0.01

유의한 차이를 보였던 터치 영역에 대해 Tukey test로 사후 분석한 결과, 3D Touch의 경우 유의 수준 1%에서 1열이 2~5열과 유의한 차이가 있었으며, Long press의 경우는 1열과 5열이 유의 수준 5% 에서 유의한 차이가 있었다(Figure 13). 이는 Figure 14와 같이 오른손으로 한 손 그립 자세에서 운지 범위에서 멀어질수록 엄지를 펴서 눌러야 하며 이 때 누르는 힘의 방향인 Z축 각도가 디스플레이와 수직에서 멀어지게 되면서 전달되는 힘이 작아지기 때문에 운지 범위에서 멀어지면 최대 누름 압력도 낮아지는 것으로 보인다.



(a) Long press (b) 3D Touch

Figure 13. Maximum touch pressure by Touch location

Figure 14. Angle between pressing finger and z-axis for different fingering distances.

(2) 누름 지속 시간

독립변수에 의한 영향을 알아보기 위해 분산분석을 실시하였다. 그 결과 터치 인터랙션 타입에서 유의수준 1%에서 차이를 보였으나, 터치 영역에 따른 유의한 차이는 없었다(Table 7).

Table 7. ANOVA Summary Table of Press duration

Source	DF	SS	MS	F	Pr>F
Touch location	4	0.005	0.001	0.02	0.999
Touch type	1	12.830	12.830	161.57	0.000 ***
Touch location x Touch type	4	0.011	0.003	0.03	0.998
Errors	290	23.028	0.079		
Total	299	35.874			

*p<0.1, **p<0.05, ***p<0.01

6. Conclusion

본 연구에서는 스마트폰의 새로운 터치 인터랙션으로 정착화될 가능성이 높은 3D Touch에 대하여 기존에 사용되고 있던 누름 터치 인터랙션인 Tap과 Long press와 충돌 없이 사용자들이 쉽게 구분하여 사용할 수 있도록 하기 위해 각 터치 인터랙션의 누름 행동 특성의 차이에 대해 알아보았다.

연구 결과에 따르면 피드백이 제공되지 않는 조건에서 3D Touch는 318.98 gf 이상의 높은 압력으로 0.60 sec 동안 눌러 동작시키려는 누름 행동 특성을 보였고, Long press는 157.12 gf의 압력으로 1.01 sec 동안 길게 눌러 동작시키려는 누름 행동 특성을 보였으며 Tap은 약 37.92 gf의 낮은 압력으로 0.10 sec 동안 짧게 눌러 동작시키려는 누름 행동 특성을 보였다.

각 누름 터치 인터랙션의 최대 누름 압력 측면에서의 분포를 살펴보면 3D Touch와 Long press가 약 200~300gf 사이에서 교차되는 영역이 발생하는 것을 확인할 수 있었다(Figure 15).

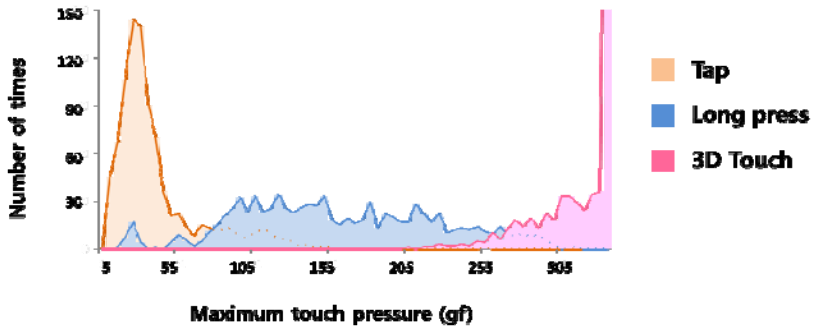


Figure 15. Distribution of maximum touch press for each touch interaction with no feedback

또한 각 누름 터치 인터랙션의 누름 지속 시간 측면에서의 분포를 살펴보면 3D Touch와 Long press가 약 0.4~1.4 sec 사이에서 교차되는 영역이 발생하는 것을 확인할 수 있었다(Figure 16).

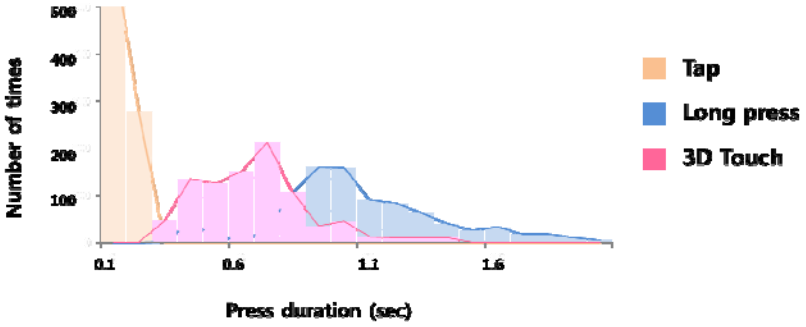


Figure 16. Distribution of press duration for each touch interaction with no feedback

3D Touch와 Long press의 누름 압력 및 시간 분포상에서의 교차되는 영역이 발생되는 것은 두 동작간 누름 행동 측면의 유사성 때문인 것으로 해석되며, 이는 3D Touch와 Long press를 동일한 UI에 혼용하여 사용할 경우 두 동작간 충돌이 발생하여 사용자들이 두 동작을 쉽게 구분하여 사용하기 어려울 수 있다는 것을 의미한다.

그러나 피드백이 제공되는 조건에서의 3D Touch와 Long press의 누름행동은 피드백이 제공되지 않았던 조건과 다른 결과가 나타났다. 3D Touch의 경우 임계 압력 150gf에서 피드백이 제공될 경우 최대 누름 압력은 157.12gf로 피드백이 제공되지 않았던 조건(318.98gf)보다 161.86gf가 낮아졌고 누름 지속 시간은 0.50sec로 피드백이 제공되지 않았던 조건(0.60sec)보다 0.10sec 감소되는 것을 볼 수 있었다. Long press의 경우 임계 시간 0.8sec에서 피드백이 제공될 경우 최대 누름 압력은 122.29gf로 피드백이 제공되지 않았던 조건(165.27gf)보다 34.83gf가 낮아졌고 누름 지속 시간은 1.19sec로 피드백이 제공되지 않았던 조건(1.01sec)보다 0.18sec가 증가되었다.

피드백이 제공되는 조건에서 두 터치 동작의 최대 누름 압력 측면에서의 분포를 살펴보면 임계 압력이 150gf인 3D Touch와 임계 시간이 0.8sec인 Long press는 약 90~310 gf 사이에서 교차되는 영역이 발생하는데(Figure 17), 이는 피드백이 제공되지 않았던 조건보다 3D Touch의 최대 누름 압력이 급감하게 되어 Long press와의 충돌 가능성이 더 커지는 것을 볼 수 있었다.

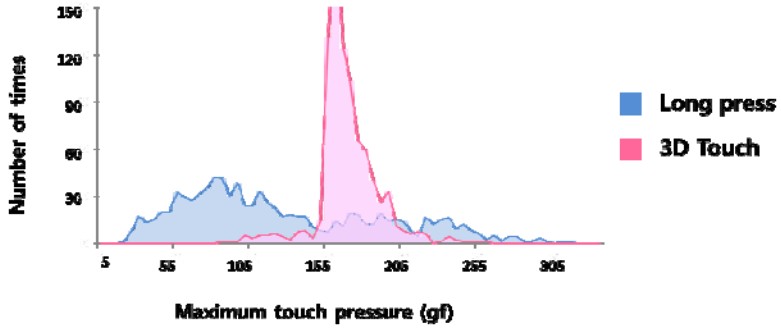


Figure 17. Distribution of maximum touch press for each touch interaction with feedback

피드백이 제공되는 조건에서 두 터치 동작의 누름 지속 시간 측면에서의 분포를 살펴보면 임계 압력 150gf인

3D Touch와 임계 시간 0.8sec인 Long press는 약 0.6~1.2sec 사이에서 교차되는 영역이 발생하는데 (Figure 18), 이는 피드백이 제공되지 않았던 조건보다 누름 지속 시간이 3D Touch는 짧아지고 Long press는 길어져 두 동작 간의 충돌 가능성이 낮아지는 것을 볼 수 있었다.

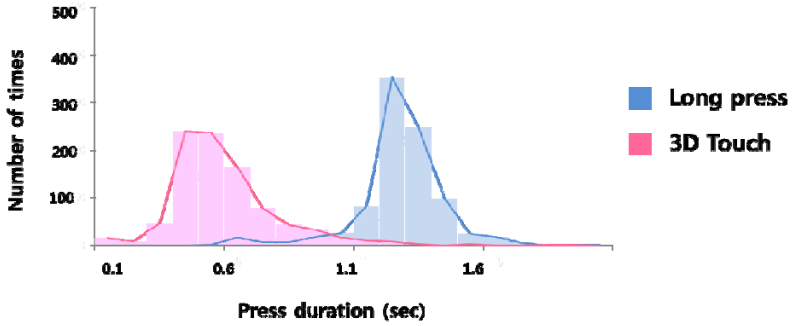
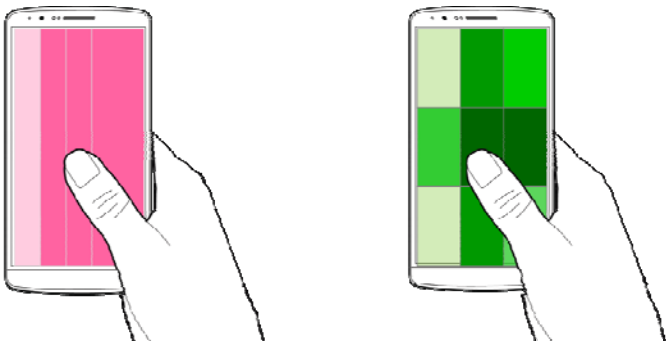


Figure 18. Distribution of press duration for each touch interaction with feedback

특정 임계 값에서 피드백이 제공됨에 따라 누름 터치 인터랙션의 행동 특성은 보정될 수 있으며, 3D Touch의 임계 압력 값에 따라 3D Touch와 Long press의 충돌 가능성이 달라질 수 있다는 것을 예상할 수 있다. 따라서 적절한 수준의 3D Touch 임계 압력 값을 설정하고 피드백을 제공한다면 3D Touch와 Long press의 오류가 최소화될 수 있을 것이다.

스마트폰 사용 자세에 따른 최대 누름 압력에 대한 연구 결과를 보면 한 손으로 그립한 자세에서 엄지로 화면을 누른 경우(183.76gf)가 양 손으로 그립한 자세에서 검지로 화면을 누른 경우(158.92gf) 보다 24.84gf 높았다. 사용 자세에 따라 누름 압력의 차이가 있다는 것은 이에 따라 3D Touch와 Long press의 충돌 가능성의 차이가 있을 수 있다는 것을 의미한다. 그렇다면 스마트폰 크기에 따라 사용하는 자세의 사용 비율이 다를 수 있기 때문에 이에 따라 적절하게 3D Touch의 임계 압력 값을 설정하는 것도 고려할 수 있겠다. 예를 들면 상대적으로 작은 크기의 스마트폰의 경우 한 손 그립으로 사용하는 것이 편리하기 때문에 더 높은 비중으로 사용될 수 있으며 이러한 경우에 한 손 그립에서 좀 더 유리한 3D Touch 임계 압력 값을 설정하는 것이 Long press와의 충돌 최소화에 효과적일 수 있을 것이다.

터치 위치에 따른 3D Touch의 최대 누름 압력에 대한 연구 결과를 보면 오른손으로 사용할 경우 1열과 2~5열에서 차이가 있었다. 이는 기존 연구(Parhi et al, 2006)에서 운지 범위에서 먼 1열의 불편도가 높고 운지 범위상 접근이 용이한 2열에서의 불편도가 낮았던 연구 결과와 비슷한 양상이다(Figure 19). 1열의 경우 운지 범위 상 거리가 멀어 접근을 위해 화면과 손가락의 Z축 각도가 수평에 가까워 전달되는 압력이 낮아지며 운지 범위상 도달하기 어렵기 때문에 불편도가 높은 것으로 해석된다. 하지만 최우측 영역의 경우는 그 양상이 다르게 나타났다. 5열은 그립한 손에 가깝기 때문에 운지 범위상 접근이 어려운 영역으로 불편도가 높게 나타났지만 최대 누름 압력은 낮게 나타나지 않았는데, 이는 화면과 손가락의 Z축 각도가 수직에 가깝기 때문에 불편하더라도 전달되는 힘은 크기 때문인 것으로 해석된다.



(a) Maximum touch pressure of 3D touch (b) Comfort rating

Figure 19. Maximum touch pressure and comfort rating for each region

터치 위치에 따라 누름 압력에 차이가 있다는 것은 터치 위치에 따라 3D Touch와 Long press의 충돌 가능성에 차이가 있을 수 있다는 것을 예상할 수 있다. 이는 한 손 그립으로 주로 사용되는 작은 스마트폰의 경우 터치 영역에 따라 적합하게 3D Touch 임계 압력 값을 다르게 설정하는 것이 충돌 최소화에 효과적일 수 있을 것을 시사한다.

성별에 따라 누름 행동의 차이는 보이지 않았다. 이는 누름 터치 인터랙션이 큰 힘을 내는 것보다는 정교한 조작을 요구하는 것이었기 때문에 여성과 남성의 누름 힘의 차이에 따른 차이가 발생하지 않은 것으로 보여진다.

본 연구에서는 신규 인터랙션인 3D Touch와 기존 터치 인터랙션인 Long press와 Tap의 누름 행동 특성을 파악하였고, 이를 통해 3D Touch와 Long press의 충돌 가능성이 있다는 것을 알 수 있었다. 그러나 특정 임계 값에서 피드백이 제공될 경우 3D Touch와 Long press의 누름 행동의 보정이 발생하게 되며, 3D Touch의 적정 임계 압력 값을 설정한다면 동일 UI에 Long press와 혼용하여 사용하더라도 그 충돌을 최소화할 수 있음을 예측하였다. 또한 그립 자세와 터치 위치에 따라 누름 행동의 차이가 있음을 파악했고 이를 통해 스마트폰 크기 및 터치 위치에 따라 적정한 3D Touch 임계 압력 값이 다를 수 있다는 것을 예측하였다. 이러한 연구 결과는 사용자들이 기존 누름 터치 인터랙션과 구분하여 사용하기 용이한 3D Touch 최적 임계 값을 설계하는데 참고할 수 있는 기초 자료로 활용될 수 있을 것이다.

본 연구에서는 터치 인터랙션 타입에 따른 사용자의 누름 행동 특성의 차이를 살펴 보았는데, 이러한 연구 결과를 기반으로 추후 연구로 3D Touch 임계 압력의 조건 별 설정을 통해 Long press와의 오류를 최소화할 수 있는 최적 값을 도출하는 연구가 필요하다. 또한 중·장년 및 고령자의 경우 정교한 누름 동작이 어려울 수 있으므로 해당 사용자층에 대한 누름 행동 특성을 도출하는 연구도 필요할 것이다.

References

Bartlett, F. C. and Burt, C., Remembering: A study in Experimental Social Psychology. *British Journal of Educational Psychology*, 3 (2), 187-192, 1933.

Buxton, W. A., A Three-State Model of Graphical Input. *Proceeding of INTERACT '90*, 449-456, 1990.

Hoober, S. (2013), How Do Users Really Hold Mobile Devices?, ;http://www.uxmatters.com/mt/archives/2013/02/how-do-users-really-hold-mobile-devices.php (Retrieved Feb 16, 2016)

Iris K. Schneider, Bastiaan T. Rutjens, Nils B. Jostmann and Daniel Lakens., Weighty Matters: Importance Literally Feels Heavy. *Social Psychological and Personality Science,* 2, 474-478, 2011

Jostmann, N. B., Lakens, D. and Schubert, T. W., Weight as an Embodiment of Importance. *Psychological Science*, 20 (9), 1169-1174, 2009.

Lakoff, G. and Johnson, M., Philosophy in the Flesh: The Embodied Mind and Its Challenge to Western Thought. *Basic Books*, New York, USA, 1999.

Mizobuchi, S., Terasaki, S., Keski-jaskari, T., Nousiainen, J., Ryynanen, M. and Silfverberg, M., Making an Impression Force-Controlled Pen Input for Handheld Devices. *Proc. CHI '05* 1661-1664, 2005.

Morris, D., Tan, H., Barbagli, F., Chang, T. and Salisbury, K., Haptic Feedback Enhances Force Skill Learning. *Proceeding of EuroHaptics Conference and Symposium on Haptic Interfaces for Virtual Environment and Teleoperator Systems*, 21-26, 2007.

Parhi, P., Karlson, A. K. and Bederson, B. B., Target Size Study for One-Handed Thumb Use on Small Touchscreen Devices, *Proc. 8th conference on Human-computer interaction with mobile devices and services,* 203-210, 2006.

Rekimoto, J., Ishizawa, T., Schwesig, C. and Oba, H., PreSense : Interaction Techniques for Finger Sensing Input Devices. *Proceeding of the 16th Annual ACM symposium on User Interface Software and Technology,* 203–212, 2003.

Schmidt, R. A., A Schema Theory of Discrete Motor Skill Learning. *Psychological Review*, 82 (4), 225-260, 1975.