

# 다중작업 환경에서 좌절감의 정량적 측정방법

정선구 · 명노해<sup>†</sup>

고려대학교 산업경영공학과

## Quantitative Measurement of Frustration for Multitasking Environment

Sungoo Jeong · Rohae Myung

Department of Industrial Management Engineering, Korea University

In recent years, studies about multitasking becomes more important. During multitasking, operators can feel frustration when they are interrupted during the task and frustration can affect operator's emotional state and performance. However there is no research on measuring the frustration quantitatively in multitasking environment. In this paper, we suggested quantitative measurement of frustration during multitasking. In order to measure the frustration, we made a mathematical representation with emotional decay model and the initial intensity of frustration based on cognitive closure theory. The amount of initial intensity could be represented as the ratio of actual remaining time to expected remaining time. By the experiment, we measured the frustration during the experiment and compared this values with values of frustration dimension of NASA-TLX. Finally we got the linear regression model with a good accuracy ( $R^2 = 0.986$ ). This study contributes to measuring the emotion quantitatively by the relation of expected and actual remaining time in multitasking environment.

**Keywords:** Frustration, Multitasking, Task Interruption, Cognitive Closure, Emotional Decay Model

### 1. 서론

최근 많은 시스템이 상당히 복잡해지면서 작업자는 단순한 일차원적인 작업을 넘어서 다중작업(Multitasking) 환경 속에서 시스템을 조작해야만 한다. 예를 들어 운전과 더불어 이차 과제를 수행하는 경우나(Salvucci and Gray, 2004; Salvucci *et al.*, 2007; Staton and Young, 2005), 사무 환경에서 메시지를 주고받는 경우(Czerwinski *et al.*, 2000) 등이 존재한다. 이에 따라 인간공학분야에서도 다중작업 환경 속에서 사람들의 수행도 향상을 위한 연구들이 지속적으로 진행되고 있다. 특히 인간 컴퓨터 상호작용 분야에서는 다중작업 환경 중에서 작업 개입이 있을 때 작업자의 인지부하나 수행도, 감정적 상태의 변화 등에 미치는 영향에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다(Adamczyk and Bailey, 2004; Bailey and Iqbal, 2008; Bailey *et al.*, 2001; Zijlstra *et al.*, 1999).

여러 다중작업 환경 중에서도 개입에 의한 다중작업 환경은 다른 특징을 가진다. 다중작업 환경은 운전과 받아쓰기 같은 다양한 작업을 동시에 해야 하는 경우(Salvucci and Taatgen, 2008), 또는 여러 개의 작업을 정해진 시간동안 해결하기 위해 스스로 과제를 바꿔가면서 진행하는 경우(Adler and Benbunan-Fich, 2013; Duggan *et al.*, 2013), 그리고 문자 메시지나 전화, 강제 작업 변경 등과 같이 작업 개입이 생기는 경우가 있다(Garrett and Danziger, 2007; Trafton *et al.*, 2005). 하지만 작업개입이 있는 다중작업의 경우에는 다른 연구들에 비해 작업자의 인지적 상태에 대한 연구가 많이 진행되었다. 작업자가 작업을 수행 도중 작업 개입을 받게 되면 기존에 진행하던 작업을 온전히 수행하지 못하고 개입으로 인한 방해를 받는다. 이로 인해 작업자가 외부에 발생한 사건에 대한 대처를 잘 하지 못할 경우 큰 사고로 까지 이어질 수 있기 때문에 작업자의 인지적 상태에 미치는

이 논문은 2015년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단 기초연구사업의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2015R1D1A1A01060719).

<sup>†</sup> 연락저자 : 명노해 교수, 02841 서울특별시 성북구 안암로 145 고려대학교 산업경영공학과, Tel : 02-3290-3392, Fax : 02-929-5888,

E-mail : rmyung@korea.ac.kr

2016년 12월 22일 접수; 2017년 5월 7일 수정본 접수; 2017년 5월 8일 게재 확정.

영향에 대한 연구는 중요하다(Monk *et al.*, 2008).

작업개입은 앞서 언급했듯 작업자가 수행하던 작업을 중지시키고 다른 작업을 하도록 방해하기 때문에 작업자로 하여금 좌절감(Frustration)을 느끼게 한다(Berkowitz, 1989). 또한 기존 연구에 따르면 이러한 좌절감의 증가는 작업자의 인지부하 증가로도 이어질 수 있다(Mark *et al.*, 2008). 즉 작업개입에 의한 방해는 좌절감을 발생시키며, 좌절감은 부정적 감정으로서 작업자의 인지부하 등의 인지상태나 수행도에 영향을 준다. 따라서 개입이 있는 시스템을 디자인을 함에 있어 좌절감을 고려하는 것은 꼭 필요한 작업이다.

개입이 있는 다중작업 환경에서 좌절감을 고려하기 위해서는 작업자가 과업을 수행 중에 좌절감을 얼마나 느꼈는지 측정할 필요가 있다. 하지만 기존 연구에서는 다중작업 환경에서 작업자가 느끼는 감정적 상태를 정량적으로 측정할 연구는 아직 진행되지 않았다. 긍정적 감정이나 부정적 감정이 인간의 인지적 과정에 영향을 미치는 연구는 있었지만(Choi and Myung, 2016; Gunzelmann *et al.*, 2007; Park *et al.*, 2015; Park and Myung, 2014; Park and Myung, 2015; Ritter *et al.*, 2007), 작업자가 과제를 수행하는 동안 느낀 감정의 양을 측정하는 연구는 진행되지 않았다. 다중작업 환경을 벗어나 심리학이나 인공지능 분야에서 인간의 감정을 정량적으로 표현하려는 연구가 존재하지만(D'Mello and Graesser, 2011; Santos *et al.*, 2011), 이는 다중작업 환경을 표현하지 않으며 또한 사람이 느낀 감정의 양을 측정하는 연구가 아니기에 시스템 설계나 평가에 적절히 활용되기 어렵다.

따라서 본 연구에서는 작업개입에 의한 다중작업 환경에서 작업자가 느낀 좌절감을 정량적으로 측정하기 위한 방법을 제안할 것이다. 이를 위해 좌절감에 대한 문헌연구를 통해 사람은 언제, 얼마나 좌절감을 느끼는지에 대해 알아보고 인간의 감정을 정량적으로 표현했던 기존 연구들을 살펴보았다. 이를 통해 좌절감의 특징과 인간 감정을 정량적으로 표현하는 방법을 적용하여 수리적인 식으로 좌절감을 표현했다. 이를 활용해 개입에 의한 다중작업 환경에서 실험을 통해 실제 좌절감을 측정했고, 본 연구에서 제안한 방법이 적합한지 검증했다.

## 2. 관련 연구

### 2.1 좌절감

좌절감이 어떤 감정인지 파악하기 위해서 사람들이 언제, 얼마나 좌절감을 느끼는지에 대해 문헌연구를 진행했다. 일반적으로 사람들은 원하는 것을 얻지 못했을 때 좌절감을 느낀다(Berkowitz, 1989; Roseman and Smith, 2001). Berkowitz(1989)의 연구에 따르면, 사람들은 작업 수행을 위해 목표를 설정하고 그 목표가 달성될 것이라는 생각에 만족감이나 즐거움(pleasure)을 기대한다. 그러나 작업개입에 의해 원래 작업에 방해가 받

아 기존에 설정한 목표를 달성하는데 실패하게 되면 기대한 만족감이나 즐거움을 얻지 못하면서 그것이 좌절감을 느끼게 한다. Roseman과 Smith(2001)의 appraisal theory에서도 좌절감은 외부 요인에 의해 원하는 것을 얻지 못할 때 생기는 감정으로 분류하며, 좌절감 이후에 분노, 후회 등으로 이어질 수 있다고 한다.

좌절감을 느끼는 또 다른 설명은 인지적 종결 욕구에 관한 이론이다(Need For Cognitive Closure, Kruglanski, 2013). 인지적 종결 욕구란 한 번 시작한 일을 끝내고자하는 욕구를 의미한다. 만약 작업을 하던 중 방해가 받게 되면 끝내려던 것을 끝내지 못해 인지적 종결 욕구가 충족되지 못함에 따라 좌절감을 느낀다고 한다(Schiffman and Greist-Bousquet, 1992). 실제로 작업자들은 다중작업 환경에서 작업개입으로 인해 방해받으면 작업의 종결까지 기대했던 시간보다 더 긴 시간이 흘러야 실제로 작업을 종결할 수 있다. 이는 작업개입으로 인해 작업자가 기대했던 작업의 종결보다 실제 작업의 종결이 연기된다고 할 수 있고 이 때문에 작업개입이 인지적 종결욕구 충족을 막아 작업자에게 좌절감을 느끼게 한다고 할 수 있다.

Berkowitz(1989)는 사람들이 얼마나 좌절감을 느끼는지에 대해서도 설명했다. 작업자는 목표 달성에 가까워질수록 기대하는 만족감이 커지는데, 기대했던 만족감의 크기에 따라 느끼게 되는 좌절감의 크기가 달라진다고 설명했다. 즉 언제 개입이 이루어 졌는지에 따라 좌절감의 크기가 결정된다고 할 수 있다(Berkowitz, 1989; Czerwinski *et al.*, 2000; Johnson and Rule, 1986; Zillmann and Cantor, 1976). 이는 인지적 종결 욕구 이론에서도 일맥상통하게 설명하고 있는데, 작업이 끝나갈수록 인지적 종결 욕구가 커져 그 때 작업개입이 들어오면 작업 초기에 비해 충족되지 못한 욕구가 크기 때문에 좌절감의 크기도 커진다(Niculescu *et al.*, 2014).

이를 바탕으로 본 연구에서 좌절감을 측정하기 위한 표현식은 남은 시간의 기댓값과 실제 값을 이용하여 좌절감을 얼마나 느끼는지 표현할 수 있을 것이다. 이를 위해 좌절감을 정량적으로 표현하는 방법이 필요할 것이다.

### 2.2 인간 감정의 정량적 표현

인공지능 분야와 심리학 분야에서는 인간이 느끼는 감정을 정량적으로 표현하려는 시도들이 있었다. 특히 인공지능 분야에서는 인간의 감정적 측면을 로봇이 표현할 수 있도록 인간의 감정을 분석하여 그것을 수치화해서 표현하는 모델들이 만들어졌는데, 그중 대표적인 것이 Mehrabian의 PAD 모델이다(Pleasure Arousal Dominance model, Frijda, 2007; Mehrabian, 1996). PAD 모델에서 P는 pleasure로 감정의 긍정성 또는 부정성을 의미하고, A는 Arousal로 그 감정의 발현된 수준, D는 Dominance로 통제 하에 있는 느낌을 의미한다. 이 세 가지는 서로 독립적이며 1점에서 -1점사이의 값을 가지면서 다양한 기분(mood)을 정의할 수 있다고 한다. 가령 예를 들어 즐거움(joy)의 경우(P, A, D) = (0.4, 0.2, 0.1)로 표현할 수 있다고 한다.

이를 활용해 감정이 생겼을 때 그 양에 대한 연구도 진행되었다(Gebhard, 2005). 즉 감정을 정량적으로 표현하는 방법으로 감정이 생긴 양을 표현하는 연구가 진행되었다고 할 수 있다.

심리학분야의 연구를 살펴보면, 일반적으로 인간의 감정은 활성화 된 후 한 번에 사라지는 것이 아니라 시간에 따라 지수적으로 감소하면서 서서히 사라지는 것으로 알려져 있다(D’Mello and Graesser, 2011; Santos *et al.*, 2011). 특히 D’Mello와 Graesser (2011)의 연구에서는 각 감정에 따라 그 감소비율이 다르다고 주장했는데, 예를 들면 지루함(boredom), 혼란(confusion)과 같은 지속적인 상태들은(persistent states) 기쁨(delight), 놀람(surprise)와 같은 일시적인 상태들(transitory states)보다 더 천천히 감소한다. 여기서 좌절감은 중간상태(intermediate state)로 분류하며 지속적 상태들과 일시적 상태들의 중간정도의 감소 비율을 가진다고 설명하고 있다.

본 연구에서도 작업개입이 있는 다중작업 환경에서 생긴 좌절감의 양을 측정하기 위해서 좌절감을 정량적으로 표현하는 방법을 사용하며, 이때 지수적으로 감소하는 모델(emotional decay model)을 적용할 수 있을 것이다. 따라서 본 연구에서는 좌절감의 특징을 설명할 수 있으며, 작업이 종결된 후 작업 수행 도중 느낀 좌절감의 양을 정량적으로 측정할 수 있는 방법을 제안하고자 한다.

### 3. 방법

위에서 언급한 인간의 감정이 처음 활성화한 뒤 지수적으로 감소하는 접근 방법을 통해 시간에 따른 좌절감의 크기를 수리적으로 식 (1)과 같이 표현할 수 있다.

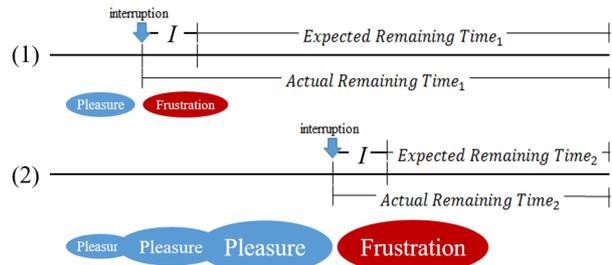
$$Frustration(t) = I_0 \times e^{-b_1 t} \quad (1)$$

$I_0$ 는  $t$ 가 0일 때 느낀 좌절감의 정도로, 식 (1)은 처음  $I_0$ 만큼 좌절감을 느낀 뒤로 시간에 따라  $b_1$ 의 비율로 지수적으로 감소하는 것을 표현했다. 앞서 언급한 바와 같이 감소 비율은 감정에 따라 다르며, D’Mello와 Graesser(2011)의 연구에서 제안한 좌절감(frustration)에 해당하는 감소비율은 0.156이다. 이 값을 적용하면 좌절감은 식 (2)로 표현할 수 있다.

$$Frustration(t) = I_0 \times e^{-0.156 \times t} \quad (2)$$

좌절감의 초기값( $I_0$ )은 문헌연구를 통해 남은 시간의 기댓값과 실제 값을 이용해 표현했다. <Figure 1>은 기대한 종결시간의 연장에 의해 좌절감이 발생하는 것과 작업이 끝나갈 때 개입을 할수록 좌절감의 크기가 커지는 것을 도식적으로 나타낸다. 작업개입이 일어난 시점을 기준으로 과제가 끝날 때까지 걸린 시간을 남은 시간의 실제 값(Actual remaining time)이라 하면, 이는 개입 과제의 수행시간( $I$ )과 작업자가 개입이 일어나기 전에 예상하던 남은 시간의 기댓값(Expected remaining

time)의 합이라 할 수 있다. 작업 개입으로 인해 실제 남은 시간이 기대에 비해 개입된 작업의 수행시간만큼 늘어나게 되었고, 이로 인해 인지적 종결 욕구가 충족되지 못하고 목표달성이 미뤄지는 등 작업자가 좌절감을 느끼게 된다.



I: Interruption task time

Figure 1. A Schematic Depiction of the Idea about Representing the Initial Amount of Frustration

앞선 문헌연구에 따르면, 남은 시간의 기댓값이 작을수록, 그에 비해 실제 남은 시간이 많을수록 좌절감이 크게 발생하므로 좌절감의 크기는 남은 시간의 실제 값과 남은 시간의 기댓값의 비율을 이용해 표현할 수 있다. 이 방법으로 좌절감의 초기 값을 표현한다면 <Figure 1>처럼 개입이 작업의 뒤쪽에 일어날수록 실제 값과 기댓값의 비율을 통해 앞쪽에 개입이 들어올 때 보다 커진 좌절감의 크기를 표현할 수 있다. 이를 적용한 것은 식 (3)과 같다.

$$Frustration(t) = \frac{Actual\ Remaining\ Time}{Expected\ Remaining\ Time} \times e^{-0.156 \times t} \quad (3)$$

식 (3)의 좌절감의 초기값에서 남은 시간의 실제 값은 개입 작업의 수행시간과 남은 시간의 기댓값을 더한 것이므로 이를 대입하여 정리하면 좌절감의 초기값은 식 (4)와 같이 표현할 수 있다. 이는 남은 시간이 얼마 없을 때 개입될수록 좌절감이 커지는 것을 표현할 수 있다.

$$\frac{Actual\ Remaining\ Time}{Expected\ Remaining\ Time} = \frac{I + Expected\ Remaining\ Time}{Expected\ Remaining\ Time} = 1 + \frac{I}{Expected\ Remaining\ Time} \quad (4)$$

작업개입으로 인해 좌절감이 생기고 난 뒤, 그 값은 시간에 따라 지수적으로 감소하게 된다. 따라서 작업을 하는 도중 느낀 총 좌절감을 계산하기 위해서 식 (3)을 시간  $t$ 에 대해 구간  $[0, Actual\ Remaining\ Time]$ 에서 정적분을 통해 산출했다. 개입이 일어난 시점부터 좌절감을 느꼈다고 가정하면, 그 뒤로 작업이 끝날 때 까지 걸린 시간동안 계산하면 되므로 계산의 편의를 위해 같은 기간인 0부터 실제 남은 시간(Actual Remaining Time) 동안 적분했다.

$$Total\ Frustration = \int_0^{Actual\ Remaining\ Time} Frustration(t) dt \tag{5}$$

따라서 본 연구에서는 작업 개입이 있는 다중작업 환경에서 작업자가 느낀 좌절감을 식 (5)와 같이 표현했다. 이를 검증하기 위해 개입이 있는 다중작업 환경에서 실제 사람의 행동을 기록하는 실험을 진행했다. 여기서 얻은 수행 시간 데이터를 식 (5)에 대입하여 좌절감을 계산했다. 이 값을 인지부하를 측정하는 방법인 NASA-TLX의 좌절감 요소의 값과 비교 검증을 진행했다.

### 4. 실험

본 연구에서 제안한 측정 방법을 검증하기 위해서 개입이 있는 다중작업 환경에서 실험을 진행했다. 실험에는 열 명의 대학생과 대학원생(여자 3명, 남자 7명)이 자원하여 참여했다. 실험에서는 참가자의 작업 수행 시간 데이터와 NASA-TLX 데이터를 수집했다. 본 연구에서 제안한 방법으로 좌절감을 측정하기 위해 전체 작업의 수행시간, 작업 개입이 들어간 시각, 개입 작업의 수행시간을 측정했다. 이를 이용해 남은 시간의 실제 값과 기댓값을 계산하여 대입했다. 전체 작업의 수행시간에서 작업 개입이 들어간 시각을 빼면 남은 시간의 실제 값을 계산할 수 있고, 여기서 개입 작업의 수행시간을 빼서 남은 시간의 기댓값을 계산할 수 있다. 다음으로, 비교 검증을 위하여 NASA-Task Load Index(TLX, Hart and Staveland, 1988)를 활용했다. NASA-TLX는 인지부하를 측정하기 위해 정신적 부하(Mental Demand), 신체적 부하(Physical Demand), 시간적 부하(Temporal Demand), 수행도(Performance), 노력(Effort), 좌절감(Frustration)의 6가지 차원에 대해 작업자가 느낀 정도를 작성하도록 되어있다. 이때 좌절감의 값은 인지부하에 실험자의 감정적 측면을 반영하기 위한 요소로, 실험자가 느낀 좌절감을 나타낼 수 있다(Hart and

Staveland, 1988). NASA-TLX에서 계산된 좌절감 차원의 값을 본 연구에서 측정된 좌절감 값의 비교 대상으로 삼았다. 실험 환경은 Allegro Common LISP 10.0 환경에서 인지아키텍처 ACT-R 7.1을 이용하여 작성했으며, 작업 개입이 있는 다중작업 환경에서 좌절감을 측정하기 위해 실험 과제는 일차 작업과 개입 작업으로 구성되어있으며, 개입 시기에 따라 좌절감이 달라지는 것을 확인할 수 있도록 선정했다.

### 4.1 수정된 경로 계획 과제

일차 작업으로는 Bailey와 Iqbal(2008)의 연구에 쓰인 경로 계획 과제를 수정하여 사용했다. 이 과제는 서로 다른 경로들의 거리와 비용 정보를 확인하고 가장 짧은 경로와 가장 저렴한 경로를 선택하는 과제로 다중작업 환경 실험에서 자주 쓰이는 과제이다(Bailey and Iqbal, 2008; Iqbal and Bailey, 2005; Salvucci, 2010). 선으로 표시된 길을 클릭하면 그 길에 대한 거리정보와 요금정보를 확인할 수 있고 이를 외위 왼쪽 패널에 입력하는 것이다. 한 경로에 3개의 길이 있어 해당 경로의 모든 정보를 파악하면 각 정보를 더해 해당 경로의 총 거리, 총 요금을 암산한다. 모든 경로에 대해 총 거리와 총 요금을 계산한 뒤 비교를 통해 가장 짧은 경로, 가장 저렴한 경로를 선택한다. 수정된 점은 <Figure 2>와 <Figure 3>에서 볼 수 있듯, 2개가 아닌 4개의 서로 다른 경로에서 정보를 파악하도록 했다. 개입 시기에 따라 좌절감의 크기가 달라지는 것을 확인할 수 있도록 부속 과업(sub-task)을 2번에서 4번으로 늘렸다. 여기에 작업자가 경로의 정보를 파악하는 도중에 작업 개입을 진행했다. 실험은 총 4번으로, 실험 1은 첫 번째 경로의 정보를 파악하는 중에 작업개입을, 실험 2는 두 번째 경로를 파악하는 중에 작업개입을 한다. 이를 통해 전체 과제에서 작업 개입이 들어가는 시기를 조절하여 각 작업 수행에 필요한 시간데이터를 수집해서 좌절감을 측정할 수 있도록 진행했다.

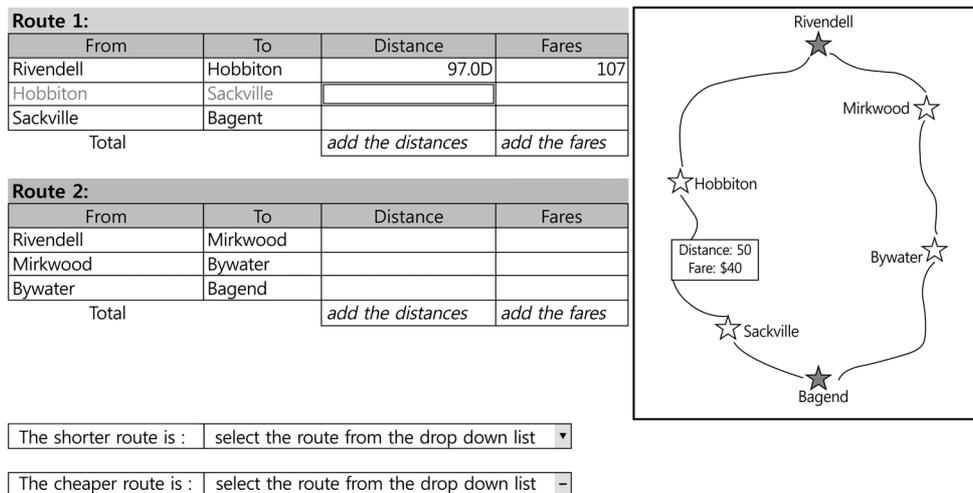


Figure 2. The Route Planning Task from Bailey and Iqbal(2008). A User Needs to Retrieve the Distance and Fare Information from the Map, Click on the Data at Data-Panel, add the Distance and Fare, and Choose the Shortest and the Cheapest Route

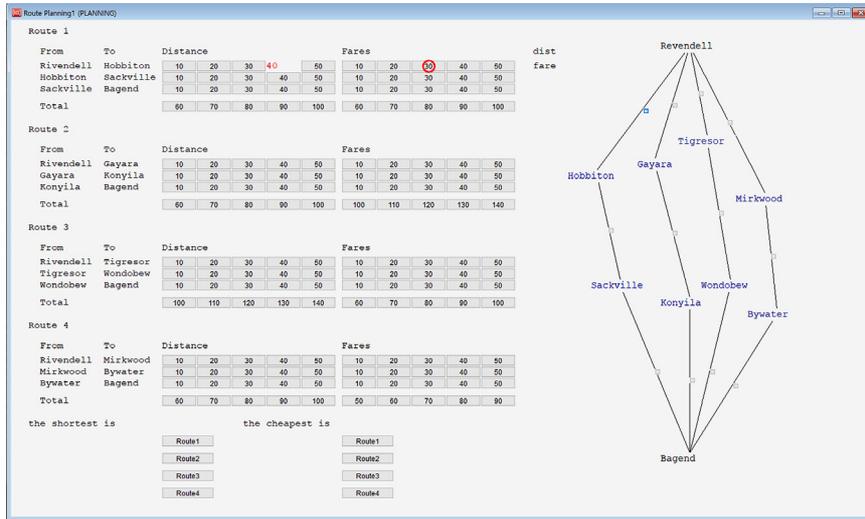


Figure 3. The Modified Route Planning Task for this Research. Two Additional Routes are Added and the Participants Only Used Mouse

4.2 개입 작업

개입 과제의 난이도가 작업자의 감정적 상태에 주는 영향을 통제하기 위해 개입 작업은 단순한 작업으로 진행되었다. 실험 참가자들은 작업 개입이 들어오면 화면에 10에서 100사이의 정수가 적힌 7개의 버튼이 임의로 나열되고 이를 오름차순으로 차례대로 모두 누르면 창이 자동적으로 사라지도록 했다. 작업 개입이 일어난 줄 모른 채로 넘어가는 것을 방지하기 위해 전체 화면을 가리는 형태로 진행을 했고 이는 작업개입의 시간과 개입된 과제의 수행시간을 확실하게 측정할 수 있도록 했다.

개입 시기에 대해 Adamczyk와 Bailey(2004)는 연구를 통해 개입이 들어온 순간에 하고 있던 일차 과제의 수준에 따라 작업개입이 작업자의 감정적 상태에 주는 영향력이 다르다는 것을 밝혔다. 이번 실험에서도 각 실험마다 세 개의 길 중 두 번째 길의 정보를 입력하는 중에 작업개입을 실시하여 모두 동일한 조건에 작업개입이 생길 수 있도록 실험환경을 구성하였다. 이를 통해 개입이 들어왔을 때 좌절감을 측정하는 이번 연구에서 전체 과제가 얼마나 남았는지에 따라서 좌절감의 크기가 변하는 것을 효과적으로 확인 할 수 있도록 실험환경을 설계했다고 할 수 있다.

4.3 실험 절차

실험 참가자들이 연구실을 방문하면 주어진 동의서에 서명을 하고 진행할 실험에 대한 안내를 받았다. 참가자들은 NASA-TLX 설문지에 대한 설명과 함께 한 작업이 끝날 때마다 NASA-TLX를 작성해 줄 것을 요청받았다. 다음으로 참가자들은 실험 환경에 익숙해 질 수 있도록 교육 시간을 가진 뒤 한 사람 당 총 4번의 실험을 진행했다. 4번의 실험은 실험 순서에 의해 영향을 받지 않도록 임의의 순서로 진행했다. 참가자들은 각 실험을 할 때마다 NASA-TLX 설문지를 작성했다. 실험이 끝난 후 참가자들의 시간 데이터를 식 (5)에 적용하여 좌절감을 계산했다. 이

값을 NASA-TLX의 좌절감 차원의 값과 회귀분석을 통해 비교 검증했다.

5. 결과

실험을 통해 참가자들의 전체 작업 수행시간, 작업개입이 들어온 시기, 개입 과제의 수행시간 등 시간 데이터를 수집했다. 또한 참가자들이 작성한 NASA-TLX 자료로부터 좌절감 차원의 값을 산출했다. <Figure 4>는 실험 참가자들의 시간 데이터

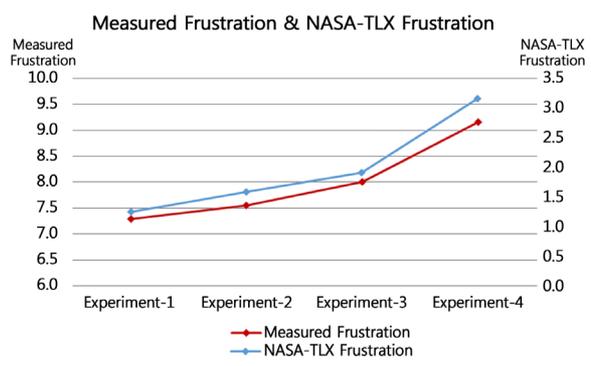


Figure 4. Measured Frustration Values that were Calculated Using Eq. (5) and NASA-TLX Values of Dimension of Frustration

Table 1. Mean Frustration Values and Mean NASA-TLX Values of Dimension of Frustration

Taks	Frustration		NASA-TLX FR	
	Mean	S.D.	Mean	S.D.
Experiment-1	7.294	0.109	1.247	1.036
Experiment-2	7.550	0.166	1.587	0.937
Experiment-3	8.003	0.214	1.907	0.973
Experiment-4	9.163	0.400	3.173	1.402

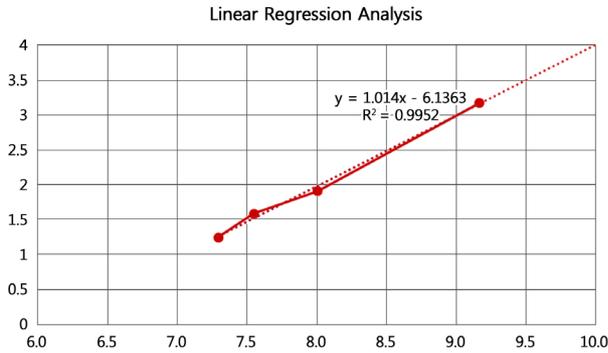


Figure 5. Linear Regression Model of Frustration

를 본 연구에서 제안한 방법으로 식 (5)에 적용하여 좌절감을 계산한 것의 평균값과 NASA-TLX를 통해 받은 좌절감 차원의 값의 평균값을 보여주고 있다. 그 평균과 표준편차의 값은 <Table 1>과 같다.

실험에서 얻은 데이터를 통해 본 연구에서 제안한 방법으로 계산된 좌절감은 좌절감의 특징을 잘 표현하고 있다. 실험 1부터 4까지 작업 개입시기가 뒤로 가기 때문에 남은 작업이 적어지는데, <Figure 4>를 보면 실험 4로 갈수록 작업개입으로 인해 더 큰 좌절감을 느끼는 것을 볼 수 있다. 이는 분산분석(Analysis of variance, ANOVA)을 통해 검증했으며  $F(3, 36) = 11.077, p < 0.0001$ 로 4개의 실험 데이터가 서로 같지 않음을 확인하였고, paired-t-test를 통해 확인한 결과  $H_0 : \mu_1 = \mu_2$ 의 경우를 제외하고 ( $p = 0.09$ ) 유의수준 0.05에 대해 통계적으로 유의미한 차이를 보인다는 결론을 얻었다( $H_0 : \mu_1 = \mu_3, p = 0.003; H_0 : \mu_1 = \mu_4, p < 0.0001; H_0 : \mu_2 = \mu_3, p = 0.028; H_0 : \mu_2 = \mu_4, p = 0.007; H_0 : \mu_3 = \mu_4, p = 0.011$ ).

다음으로, 본 연구에서 제안한 방법으로 계산한 좌절감의 값과 NASA-TLX의 좌절감 차원의 값이 강하게 상관관계를 보임을 검증했다. 이를 위해 제안한 방법으로 계산한 좌절감을 x로, NASA-TLX의 좌절감을 y로 하여 선형회귀분석을 진행했다. 그 결과는 <Figure 5>와 같다.

두 변수의 회귀분석 통계량을 살펴보면, 상관계수(Correlation coefficient)는 0.997,  $R^2 = 0.995$ 로 두 변수는 강한 상관관계를 보이며 회귀식이 충분한 설명력을 가진다는 것을 알 수 있다. 분산 분석 통계량을 보면  $F(1, 2) = 412.739, p = 0.002, RMS = 0.072$ 으로 제안한 방법으로 계산된 좌절감이 NASA-TLX의 좌절감을 표현한 적합한 회귀모형이라고 할 수 있다.

## 6. 토의

다중작업 환경에서 작업개입에 의한 감정적 변화, 특히 좌절감과 관련한 기존의 연구들을 살펴보면 작업개입은 좌절감에 영향을 주고 고려해야할 요소지만 그 좌절감을 정량적으로 측정하는 연구는 아직까지 실행되지 않았다. 본 연구에서는 작업개입이 있는 다중작업 환경에서 좌절감을 시간데이터를 활용

해 정량적으로 표현하는 식을 세우고 이를 통해 좌절감을 측정하는 연구를 진행했다. 본 연구는 다중 작업 환경에서 인간의 감정을 정량적으로 측정하는 연구를 통해 다중작업 환경을 설계하고 평가하는데 있어 사람을 이해하고 사람의 인지적 특성을 정량적으로 고려할 수 있도록 학문적으로 기여를 했다고 할 수 있다.

본 연구에서 제안한 좌절감의 표현방법은 작업이 끝나갈 때 개입을 받을수록 더 큰 좌절감을 느낀다는 것을 잘 표현했다. 특히 실험 1에서 4로 갈수록 제안된 방법으로 계산된 좌절감 값이 증가하는 경향을 통계적으로 확인할 수 있었다. 다만  $H_0 : \mu_1 = \mu_2$ 의 경우 유의수준 0.05보다 p-value가 크게 나왔는데, 이는 오히려 본 연구에서 제안한 식이 좌절감을 잘 표현했다는 증거라고 할 수 있다. NASA-TLX의 좌절감 값을 통해서도 paired-t-test를 진행했을 때 실험 1과 2의 값은 통계적으로 유의미한 차이를 볼 수 없었는데( $p = 0.309$ ), 이는 좌절감의 크기가 남은시간의 기댓값에 반비례한다는 가설이 타당함을 의미한다. 본 연구에서 좌절감의 초기값( $I_0$ )은 남은 시간의 실제 값과 기댓값의 비율로 표현했다. 식 (4)에서 볼 수 있듯 좌절감의 초기값의 크기는 남은 시간의 기댓값의 반비례하기 때문에 반비례 함수의 특성상 우상향의 경향이 선형적으로 증가하지 않는다.  $H_0 : \mu_1 = \mu_2$ 에서 두 값의 차이가 크지 않은 것은 실제 사람들이 실험 1에서나 실험 2에서나 아직 남은 작업의 양이 비교적 많기 때문에 좌절감의 크기가 크게 차이가 나지 않는다는 의미이다. 따라서 본 연구에서 제안한 방법이 사람들이 실제 느낀 좌절감을 잘 표현하는 방법이라고 할 수 있다.

인간의 감정을 정량적으로 표현한 다른 연구와 본 연구와의 차이점을 살펴보면, 먼저 심리학분야의 D'Mello와 Graesser (2011)의 연구에서는 감정의 감소 모델을 이용하여 각 감정의 감소 비율을 비교했다. 하지만 그들의 연구에서는 서로 다른 감정들이 각각 감소하는 비율이 다름을 명확하게 보기 위해서 본 연구에서의  $I_0$ 에 해당하는  $b_0$ 값에 모두 동일하게 같은 값을 대입하여 감소비율의 차이를 확인했다. 하지만 문헌연구에 따르면 작업 수행도중 작업개입의 시기는 작업자가 느끼는 좌절감의 크기와 작업자의 수행도에 많은 영향을 주므로 작업개입 시기를 고려하여 감정을 정량적으로 표현하는 것은 중요하다. 본 연구에서는 초기값( $I_0$ )을 남은 시간의 실제 값과 기댓값의 비율을 통해 표현함으로써 작업개입 시기를 고려할 수 있다. 또한 이에 따른 좌절감의 크기가 차이가 나는 것을 표현할 수 있다. 본 연구는 D'Mello와 Graesser(2011)의 연구와 다르게 작업개입이 있는 다중작업 환경에서 좌절감을 정량적으로 표현할 때 더 효과적으로 표현할 수 있다. 인공지능 분야에서 Santos와 그의 동료들은(2011) 이들과 달리 각 감정마다 초기값을 다르게 하는 방법으로 정량적으로 표현하는 연구를 진행했다. 이들은 인공지능(Artificial Intelligence)이 의사결정을 내리는데 있어 감정의 역할을 모델링하기 위해서 다양한 감정들을 정량적으로 표현하는 연구를 진행했는데, 이 연구에서도 감정의 지수적 감소 모델을 활용하여 감정을 표현하였고 인공지능이

의사결정을 도와주는 시스템(Group decision-support systems)을 만드는데 조금 더 인간에 가까운 행동을 할 수 있도록 기여했다. 그들은 감정에 따라 초기값을 PAD model(Pleasure Arousal Dominance model, Frijda, 2007) 기반의 A Layered Model of Affect(ALMA, Gebhard, 2005)에서 정의한 값으로 설정하고 있다. 본 연구에서 설정한 초기값과 비교하기 위해 그들이 언급한 감정들 중 좌절감을 설명할 수 있는 가장 비슷한 감정인 실망(Disappointment)의 값을 활용하여 비교해보았다. 하지만 앞서 언급한 것처럼 본 연구에서 제안한 방법은 작업개입의 시기에 따라 초기 값이 달라지기 때문에 <Figure 4>처럼 위상향의 경향을 보이지만 Santos와 동료들(2011)이 제안한 방법은 초기값이 변하는 것이 아니라 특정한 값으로 고정되기 때문에 오히려 초기에 개입이 들어올수록 정적분으로 인해 값이 더 커지는 반대의 결과를 볼 수 있었다. 즉 본 연구에서 제안한 정량적 방법은 기존의 연구에 비해 개입 시기에 따라 좌절감의 값이 달라지도록 효과적으로 표현할 수 있다.

본 연구에서 제안한 좌절감의 정량적 표현방법은 실제 사람들이 느낀 좌절감과 밀접한 선형관계를 가진다는 결과를 얻었다. 본 연구에서 실제 좌절감 값으로 여긴 것은 인지부하의 좌절감 차원에 해당하는 값이다. 하지만 인지부하를 측정하기 위해서는 실험이 진행된 뒤 추가적으로 설문을 진행해야하며, 그 설문조사의 방법에 대해 추가적인 교육이 필요하기에 시간적, 비용적 측면에서 단점이 존재한다. 반면 본 연구에서 진행한 방법을 활용한다면 작업개입이 있는 다중환경 상황에서 시간데이터를 수집하기만 한다면 작업자가 느꼈을 좌절감을 표현할 수 있기에 훨씬 효율적인 방법으로 감정을 정량화 할 수 있다.

본 연구에서 제안한 방법을 통해 개입시기에 따른 좌절감의 차이를 효과적으로 설명할 수 있으며 좌절감의 값이 개입시기에 따라 선형적으로 증가하는 것이 아님을 확인할 수 있었고, 기존의 연구에 비해 효과적인 정량적 측정방법임을 확인할 수 있었다.

## 7. 결 론

본 연구에서는 다중작업 환경에서 작업개입이 있을 때 작업자가 느낀 좌절감을 정량적으로 측정하는 방법을 제안했다. 이 방법은 좌절감의 초기값을 작업개입이 생겼을 때 남은 시간의 실제 값과 작업자가 기대하던 남은 시간의 비율로 표현하였으며, 여기에 지수적 감소 모델을 적용하여 작업 수행 동안 느낀 좌절감의 양을 정량적으로 측정할 수 있었다. 이를 위한 검증 실험으로 경로 계획 과제에 작업개입을 실시했으며 참가자들의 시간데이터를 이용해 좌절감을 계산했다. 이것을 NASA-TLX의 좌절감 차원의 값과 비교하여 두 값이 통계적으로 밀접한 선형관계를 가지고 있음을 보였다. 또한 이 방법은 개입의 시기에 따라 좌절감이 달라지는 것을 효과적으로 표현할 수 있었다. 이를 통해 남은 시간의 실제 값과 기댓값의 비율을 이용

하면 작업의 끝에 작업개입을 줄수록 더 큰 좌절감이 생기는 것을 적절히 표현할 수 있음을 확인했다.

## 참고문헌

- Adamczyk, P. D. and Bailey, B. P. (2004), If not now, when? : the effects of interruption at different moments within task execution, In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, ACM, 271-278.
- Adler, R. F. and Benbunan-Fich, R. (2013), Self-interruptions in discretionary multitasking, *Computers in Human Behavior*, **29**(4), 1441-1449.
- Bailey, B. P. and Iqbal, S. T. (2008), Understanding changes in mental workload during execution of goal-directed tasks and its application for interruption management, *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, **14**(4), 21.
- Bailey, B. P., Konstan, J. A., and Carlis, J. V. (2001), The effects of interruptions on task performance, annoyance, and anxiety in the user interface, In *Proceedings of INTERACT*, **1**, 593-601.
- Berkowitz, L. (1989), Frustration-aggression hypothesis : examination and reformulation, *Psychological bulletin*, **106**(1), 59.
- Choi, Y. and Myung, R. (2016), Modeling Time Pressure Effect on Visual Search Strategy, *Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers*, **42**(6), 377-385.
- Czerwinski, M., Cutrell, E., and Horvitz, E. (2000), Instant messaging : Effects of relevance and timing, In *People and computers XIV : Proceedings of HCI*, British Computer Society, **2**, 71-76.
- D'Mello, S. and Graesser, A. (2011), The half-life of cognitive-affective states during complex learning, *Cognition and Emotion*, **25**(7), 1299-1308.
- Duggan, G. B., Johnson, H., and Sørli, P. (2013), Interleaving tasks to improve performance : Users maximise the marginal rate of return. *International Journal of Human-Computer Studies*, **71**(5), 533-550.
- Frijda, N. H. (2007), *The laws of emotion*, Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Garrett, R. K. and Danziger, J. N. (2007), IM = Interruption management? Instant messaging and disruption in the workplace, *Journal of Computer-Mediated Communication*, **13**(1), 23-42.
- Gebhard, P. (2005), ALMA : a layered model of affect, In *Proceedings of the fourth international joint conference on Autonomous agents and multiagent systems*, ACM, 29-36.
- Gunzelmann, G., Gluck, K. A., Kershner, J., Van Dongen, H. P., and Dinges, D. F. (2007), Understanding decrements in knowledge access resulting from increased fatigue. In *Proceedings of the twenty-ninth annual meeting of the Cognitive Science Society*, 329-334.
- Hart, S. G. and Staveland, L. E. (1988), Development of NASA-TLX (Task Load Index) : Results of empirical and theoretical research, *Advances in psychology*, **52**, 139-183.
- Iqbal, S. T. and Bailey, B. P. (2005), Investigating the effectiveness of mental workload as a predictor of opportune moments for interruption, In *CHI'05 extended abstracts on Human factors in computing systems*, ACM, 1489-1492.
- Johnson, T. E. and Rule, B. G. (1986), Mitigating circumstance information, censure, and aggression, *Journal of Personality and Social Psychology*, **50**(3), 537.
- Kruglanski, A. W. (2013), *Lay epistemics and human knowledge : Cognitive and motivational bases*, Springer Science & Business

Media.

- Mark, G., Gudith, D., and Klocke, U. (2008), The cost of interrupted work: more speed and stress, In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in Computing Systems*, ACM, 107-110.
- Mehrabian, A. (1996), Pleasure-arousal-dominance : A general framework for describing and measuring individual differences in temperament, *Current Psychology*, **14**(4), 261-292.
- Monk, C. A., Trafton, J. G., and Boehm-Davis, D. A. (2008), The effect of interruption duration and demand on resuming suspended goals, *Journal of Experimental Psychology : Applied*, **14**(4), 299.
- Niculescu, M., Payne, C. R., and Luna-Nevarez, C. (2014), Consumer response to interruption features and need for cognitive closure, *Journal of Consumer Behaviour*, **13**(1), 60-72.
- Park, S., Choi, N., Jeong, S., and Myung, R. (2015), Modeling of Facilitating Effect of Positive Affect on Task Switching with ACT-R, In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, **59**(1), 701-705.
- Park, S. and Myung, R. (2014), Modeling the Effects of Positive Affect on the Knowledge Availability of Declarative Memory, In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, **58**(1), 869-873.
- Park, S. J. and Myung, R. H. (2015), Cognitive Modeling of Unusual Association with Declarative Knowledge by Positive Affect, *Journal of Korean Institute of Industrial Engineers*, **41**(1), 43-49.
- Ritter, F. E., Reifers, A. L., Klein, L. C., and Schoelles, M. J. (2007), Lessons from defining theories of stress for cognitive architectures, *Integrated models of cognitive systems*, 254-262.
- Roseman, I. J. and Smith, C. A. (2001), Appraisal theory, *Appraisal processes in emotion : Theory, methods, research*, 3-19.
- Salvucci, D. D. (2010), On reconstruction of task context after interruption, In *Proceedings of the SIGCHI conference on human factors in computing systems*, ACM, 89-92.
- Salvucci, D. D. and Gray, R. (2004), A two-point visual control model of steering, *Perception*, **33**(10), 1233-1248.
- Salvucci, D. D., Markley, D., Zuber, M., and Brumby, D. P. (2007), iPod distraction : Effects of portable music-player use on driver performance, In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, ACM, 243-250.
- Salvucci, D. D. and Taatgen, N. A. (2008), Threaded cognition : an integrated theory of concurrent multitasking, *Psychological Review*, **115**(1), 101.
- Santos, R., Marreiros, G., Ramos, C., Neves, J., and Bulas-Cruz, J. (2011), Personality, emotion, and mood in agent-based group decision making, *IEEE Intelligent Systems*, **26**(6), 58-66.
- Schiffman, N. and Greist-Bousquet, S. (1992), The effect of task interruption and closure on perceived duration. *Bulletin of the Psychonomic Society*, **30**(1), 9-11.
- Stanton, N. A. and Young, M. S. (2005), Driver behaviour with adaptive cruise control. *Ergonomics*, **48**(10), 1294-1313.
- Trafton, J. G., Altmann, E. M., and Brock, D. P. (2005), Huh, what was I doing? How people use environmental cues after an interruption. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, **49**(3), 468-472.
- Zillmann, D. and Cantor, J. R. (1976), Effect of timing of information about mitigating circumstances on emotional responses to provocation and retaliatory behavior, *Journal of Experimental Social Psychology*, **12**(1), 38-55.
- Zijlstra, F. R., Roe, R. A., Leonora, A. B., and Krediet, I. (1999), Temporal factors in mental work : Effects of interrupted activities, *Journal of Occupational and Organizational Psychology*, **72**(2), 163-185.