

Development of a Musical Brain Fitness Program for Social, Physical, Emotional, and Cognitive Capabilities of Seniors

Younggeun Choi¹, Taekho You¹, Geon Ha Kim²,
Ji Yeong An³, Duklyul Na⁴, Heecheon You¹

¹Department of Industrial Engineering, POSTECH, Pohang, Gyeongbuk, 790-784

²Department of Neurology, Ewha Womans University Mokdong Hospital, Seoul, 158-710

³Brain fitness clinic, Gangnam center for Dementia, Seoul, 135-874

⁴Department of Neurology, Sungkyunkwan University School of Medicine, Samsung Medical Center, Seoul, 135-710

ABSTRACT

A steady increase in the number of people with dementia along with aging requires a counterplan to help the aged effectively manage their cognitive capabilities. Although many brain fitness systems have been developed, seniors have had difficulty in utilizing them due to a lack of usability and customization. The present study developed a medical entertainment (meditainment) program for brain fitness of seniors. The brain fitness meditainment program, called Smart Harmony, was developed by a five-step process: (1) needs survey, (2) benchmarking, (3) idea development, (4) prototyping, and (5) usability testing. First, desirable values and user needs for brain fitness were investigated. Second, existing brain fitness programs were benchmarked. Third, novel design concepts were generated and selected. Fourth, the selected concepts were prototyped. Lastly, iterative usability tests were conducted for refinement. Smart Harmony is a musical game which can enhance the social, physical, emotional, and cognitive (SPEC) activities of users. The features of Smart Harmony includes (1) played by up to seven users, (2) eight musical instruments such as piano and violin and numerous favorite songs for selection, and (3) scores by brain age of the team and individuals for motivation. Smart Harmony is expected to be utilized in welfare centers to improve seniors' SPEC capabilities. A clinical evaluation is needed to examine the validity of Smart Harmony for brain fitness.

Keywords: Musical Brain Fitness Program, Meditainment, Social, Physical, Emotional, Cognitive

Introduction

인구 고령화와 함께 치매 유병율의 증가가 국제사회의 공통적 관심사가 되고 있다. U.S. Census Bureau에 따르면 2010년 미국 65세 이상 인구가 4천만명에 달하며 이는 전체 인구의 13%에 해당한다. 또한, US Alzheimer's Association에 따르면 2012년 미국 치매 환자수가 540만명에 이를 것으로 보고되었다. 국내의 경우 보건복지부에 따르면 2011년 65세 이상 인구는 560만명에 달하고, 치매 환자 수는 50만 명인 것으로 조사되었다(Figure 1 참조). 이러한 심각한 치매 유병율의

증가로 인해 고령자들의 치매 관리를 위한 상당한 자원이 요구되고 있다.

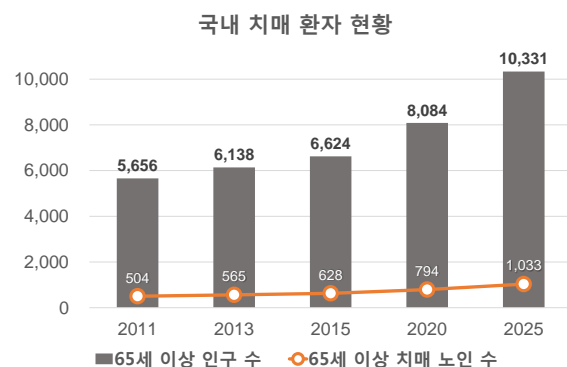


Figure 1. Population of dementia patients

한편, 신체적 능력을 강화시키기 위해 근력 운동을 하듯, 인지적 능력 또한 운동을 통해 개선될 수 있는 것으로 조사되었다. Willis et al. (2006)은 2832명의 실험참여자들을 5년간 살펴본 결과, 기억력, 추리력, 그리고 정보처리속도가 훈련을 통해 개선될 수 있음을 파악하였다. 또한, Smith et al. (2009)는 8주간 487명의 실험참여자들을 대상으로 실험을 수행한 결과, 인지적 훈련을 받은 그룹이 훈련을 받지 않은 그룹보다 인지적 능력이 개선된 것으로 분석되었다.

선행 연구들에 따르면 치매 예방을 위한 인지적 훈련을 수행할 때는 사회적, 신체적, 그리고 감성적 활동을 함께 수행하는 것이 더 좋은 것으로 조사되었다. 활동적이고 사회적으로 통합된 생활 습관은 치매 예방에 도움이 되며(Fratiglioni et al., 2004), 신체적 운동은 근력 뿐만 아니라 인지적 능력 등 뇌기능에도 도움이 되는 것으로 조사되었다(Kramer and Erickson, 2007). 또한, Xion and Doraiswamy (2009)는 명상이 인지적 능력에 주는 영향에 대한 많은 연구들을 조사하여 명상이 인지적 능력을 개선하는데 긍정적인 영향을 미치는 사실을 파악하였다.

다양한 두뇌 건강 시스템들이 인지적 능력 개선을 위해 개발되었으나, 고령자들이 사용하기에는 한계가 있는 것으로 파악되었다. 다수의 두뇌 건강 시스템들은 사용성이 낮았고 고령자들에게 적합한 콘텐츠가 부족하였다. 대부분의 두뇌 건강 시스템들은 학생들의 교육 보조를 목적으로 영어 단어 학습, 수리 학습 등이 주를 이룬 것으로 파악되었다.

본 연구의 목적은 고령자들에게 특화된 두뇌 건강 시스템을 개발하는 것이다. 본 두뇌 건강 시스템은 인간공학적 제품 개발 절차에 따라 개발되었으며, 고령자들의 의견을 주로 반영하였다.

Process for Development

본 연구는 고령자들의 사회적, 신체적, 인지적, 감성적(Social, Physical, Emotional, Cognitive; SPEC) 능력 향상을 위한 두뇌 건강 시스템을 개발하기 위해 5 단계(needs survey, benchmarking, idea development, prototyping, 그리고 usability testing and refinement) 제품 개발 절차를 활용하였다(Figure 2 참조).

Needs Survey

본 연구는 고령자들이 현재 두뇌 건강 증진을 위해 수행하고 있는 활동들의 종류와 특성을

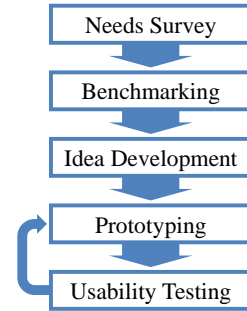


Figure 2. Development procedure

분석하였다. Needs survey는 복지센터, 치매 예방센터, 그리고 재활 센터 등에서 두뇌 건강 증진을 위한 노력을 기울이는 고령자들을 대상으로 수행되었다. 본 연구는 두뇌 건강 증진을 위해 널리 활용되고 있는 활동들을 조사하고, 고령자들이 두뇌 건강 시스템을 통해 어떤 능력을 개선하고자 하는지 인터뷰를 수행했다(Figure 3 참조).

고령자들은 두뇌 건강을 위해 그림 짝 맞추기, 따라그리기, 간단한 악기를 활용한 합주, 신체적 운동 등을 수행하고 있는 것으로 조사되었으며, 이를 통해 고령자들이 이미 두뇌 건강 증진을 위해 사회적, 신체적, 감성적, 인지적 활동을 하고 있음을 파악하였다.

Benchmarking

본 연구는 benchmarking을 통해 기존 프로그램들의 장단점을 파악하고, 신규 두뇌 건강 프로그램 개발에 적용 가능한 고려사항을 분석하였다. 기존 프로그램 조사 시에는 다양한 플랫폼 기반의 프로그램들을 고려하여 널리 사용되고 있는 제품들의 전반적 특성을 파악하고자 하였다.









기존 두뇌 건강 프로그램들과 음악 게임들을 benchmarking한 결과, DAKIM brain fitness, Insight, Nintendo Wii와 같은 두뇌 건강 프로그램들과 O2 Jam, Pop stage 등과 같은 흥미로운 음악게임들이 조사되었으며, 각 프로그램 별 특징들은 Table 1과 같이 도출되었다.

다양한 두뇌 건강 프로그램들이 사용되고 있는 반면, 대부분의 프로그램들은 젊은 사용자 층에 초점을 두어 사용 방법이 복잡하고 고령자



Figure 3. User interview

Table 1. Existing brain fitness programs

Brain fitness program				
	DAKIM	Insight	Nintendo Wii	ibrainfit
Music game				
	O2Jam	Pop stage	Love beat	Band master
	<ul style="list-style-type: none"> • Easy to Control • Repetitive noise • Game-like interface • Keyboard & mouse • Multi-play (8 players) • Complex initial setting • Mobile • Complex UI 			
	<ul style="list-style-type: none"> • Young users: targeted UI → Not specialized to seniors • Limited musical education 			

에게 적합하지 않은 콘텐츠를 제공하고 있는 것으로 조사되었다. 또한, 음악 게임들은 단순한 리듬 맞추기 기능만을 제공하여 음악을 즐기는 데에는 유용할 수 있으나, 음악 교육을 위한 프로그램으로 활용하기에는 한계가 있는 것으로 파악되었다.

Idea Development

본 연구의 idea development 단계에서는 다수의 신규 두뇌 건강 프로그램 concept들이 제안되었다. 신규 프로그램 concept을 제안할 때는 간단한 스케치와 사용 시나리오를 함께 제안하여 최종 concept을 효과적으로 선정할 수 있도록 하였다.

본 연구는 idea development를 통해 Figure 4와 같은 다수의 idea를 제안하였다. Idea들은 needs survey결과를 참고하여 주로 고령자들이 친구분들과 함께 즐길 수 있는 음악적 두뇌 건강 프로그램들이 제안되었다.

본 연구에서는 스마트 스틱, 전자 탬버린, 팔찌 등과 같이 휴대 가능한 전자 악기들에 대한 hardware idea가 도출되었고, 전자 악기들을 효과적으로 활용하여 음악적 두뇌 건강 프로그램을 제공할 수 있는 software idea들이 각 화면 별로 제안되었다.

Prototyping

본 연구는 이해관계자들의 논의를 통해 하나의 idea를 선정하여 prototype을 제작하였다.

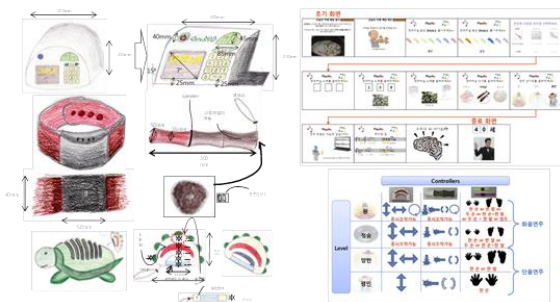


Figure 4. Idea development



Figure 5. Hardware prototype of Smart Harmony



Figure 6. Software prototype of Smart Harmony

Hardware prototype 제작을 위해서는 CAD 프로그램과 3D 프린터를 활용하였으며, software prototype 제작을 위해서는 PC기반의 C# programming이 활용되었다.

본 연구에서는 rapid 3D design 도구 중 하나인 Rhino 3D (McNeel, U.S.A.)를 활용하여 Figure 5와 같은 컨트롤 기기의 hardware prototype을 설계하였다. 본 컨트롤 기기는 그립감 개선을 위해 반복적인 사용성 테스트를 요구했으며, 최종적으로 제작된 제품은 제품을 쥌 수 있는 버튼 하나만을 가진 스틱형 기기 7개와 충전 크래들로 구성되었다.

본 연구의 software prototype은 Visual Studio 2005 C# (Microsoft, U.S.A.), Flash Professional CS5 (Adobe systems, U.S.A), 그리고 Photoshop CS5 (Adobe systems, U.S.A)를 활용하여 설계되었다. 본 software는 크게 6개의 화면으로 구성되어 있으며, 각 화면에는 감성적이고 친숙한 사용자 인터페이스가 제공되었다(Figure 6 참조).

Usability Testing & Refinement

본 연구에서는 prototype의 크기, 그립감, 사용 편의성 등을 평가하기 위해 반복적인 사용성 테스트를 수행하였다. 또한, 사용 예정자, 신경과 의사, 음악 치료사, 그리고 시각 디자이너들을 포함한 이해관계자들의 피드백을 수렴하였다.

본 연구의 hardware prototype은 복지센터의 고령자들의 의견을 반영하여 지속적으로 수정하였다. 다수의 평가를 통해 설계를 수정한 결과,

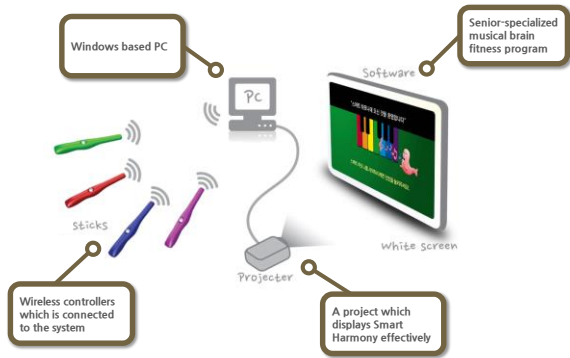


Figure 7. The system diagram of Smart Harmony

hardware의 외관이 결정되었으며, hardware의 내부는 기관과 센서, 배터리 등이 효율적이고 안전하게 배치될 수 있도록 설계되었다.

Features of Smart Harmony

본 연구는 고령자들의 사회적, 신체적, 감성적, 인지적 능력을 증진시키기 위해 스마트 하모니라는 음악적 두뇌 건강 프로그램을 개발하였다(Figure 7 참조). 스마트 하모니는 최대 7명의 사용자가 동시에 연주할 수 있는 음악적 두뇌 건강 프로그램으로 사용자들이 각자 담당할 음을 연주함을 통해 사용할 수 있다.

스마트 하모니의 사용 절차는 크게 3 단계(preparation, music play, result display)로 구분된다(Figure 8 참조). Preparation 단계에서는 초기에 시작 영상이 보여지고 사용자가 연주할 음악의 번호를 입력할 수 있다. 이후, 사용자는 3가지 연주 속도(천천히, 보통, 빠르게) 중 원하는 속도를 선택하고 7개의 스틱 중 연주에 사용할 스틱을 선정할 수 있다(Figure 9 참조). 마지막으로, 8 가지(피아노, 실로폰, 플룻, 하프, 기타, 색소폰, 트럼펫, 바이올린) 친숙한 악기들 중 연주할 악기를 선택하면 음악을

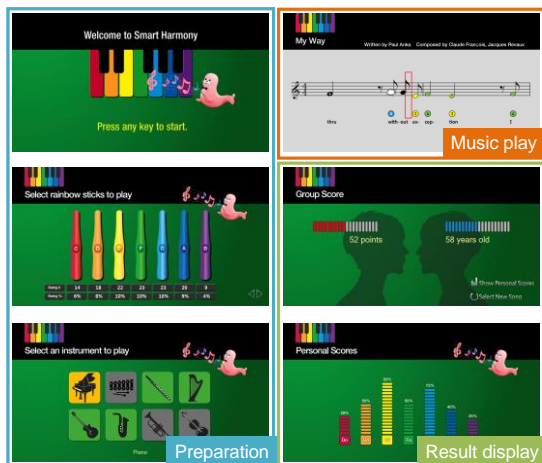


Figure 8. Scenes of Smart Harmony



Figure 9. Rainbow sticks of Smart Harmony

연주할 준비가 완료된다. Music play 단계에서는 선택한 음악의 전자 악보가 나타나고 빨간색 타이밍바가 왼쪽에서 오른쪽으로 움직이기 시작한다. 사용자는 자신이 담당할 스틱의 색깔과 동일한 색깔을 가진 음표 위에 타이밍바가 정확히 위치했을 때 스틱을 흔들어 연주할 수 있으며, 타이밍바가 음표를 일정 수준이상 벗어나면 음을 연주할 수 없으며, 점수가 차감된다. Result display 단계에서는 팀의 평균 점수와 개인별 점수가 20세 ~ 80세의 두뇌 나이로 제공되어 사용자들의 동기를 유발한다.

스마트 하모니는 10가지 특별한 요소를 가지고 있다. 첫째, 서로 겨루지 않고 협력을 통해 7명의 사용자들이 함께 하나의 음악을 연주하여 사회성을 증진시킬 수 있다. 둘째, 스틱을 흔들어 연주함을 통해 신체적 운동 효과를 함께 제공한다. 셋째, 사용하기 편하고 친숙한 화면 디자인을 통해 감성적 만족감을 제공한다. 넷째, 움직이는 타이밍바에 집중하여 정확히 음을 연주하는 과정을 통해 집중력(인지적 능력)을 증진시킬 수 있다. 다섯째, 8가지 다양한 악기음을 제공하여 음악적 전문성을 제공한다. 여섯째, 남녀노소 모두가 친숙하게 사용 가능한 유니버설 디자인 요소를 제공한다. 일곱째, 쉽게 익히고 사용 가능하도록 인간공학적으로 개발되었다. 여덟째, 7가지 색상과 캐릭터를 통해 감성적으로 디자인되었다. 아홉째, 새로운 사용자 경험 설계를 통해 재미, 신체적 운동, 두뇌 건강, 사회화 등의 다양한 요소를 아우른다. 마지막으로, 인간공학자, 신경과 의사, 제품 디자이너, 전기전자공학자, 기계공학자, 그리고 음악 치료사 등 다양한 분야의 전문가들이 협력하여 개발하였다.

4. Discussion

본 연구는 고령자들의 사회적, 신체적, 감성적,

인지적 능력 증진을 위한 음악적 두뇌 건강 프로그램을 개발하였다. 기존 두뇌 건강 프로그램들이 젊은 층들을 위한 반복 학습에 초점을 둔 반면, 본 연구에서 개발한 스마트하모니는 최대 7명이 협력하여 음악을 연주하는 사회적 요소, 스틱을 흔들며 연주하는 신체적 요소, 하나의 음악을 협주를 통해 완성했을 때의 만족감을 통한 감성적 요소, 그리고 타이밍바에 집중함을 통한 인지적 요소를 동시에 제공하여 고령자들의 두뇌 증진을 효과적으로 돕는다.

본 연구의 스마트 하모니는 다수의 사용성 평가자를 기반으로 개발되었다. 기존 두뇌 건강 프로그램들의 중요한 한계점 중 하나는 낮은 사용성으로 인해 고령자들이 쉽게 사용하기 힘든 것이었다. 본 연구는 반복적인 사용성 평가와 보완을 통해 누구나 쉽게 사용할 수 있는 두뇌 건강 프로그램을 개발하였다.

스마트 하모니는 많은 고령자들이 머무르는 복지센터와 같은 장소에 대중적으로 활용될 것으로 기대된다. 본 연구진은 스마트 하모니를 다양한 기관에 보급하기 위해 다량의 콘텐츠를 추가 개발하고 있으며, 영어, 덴마크어, 일본어 콘텐츠도 함께 개발하고 있어 국제적 프로그램으로 활용될 수 있다.

본 연구는 스마트 하모니의 두뇌 건강 증진 효과를 검증하기 위해 임상 실험을 준비하고 있다. 두뇌 건강 프로그램들의 임상 효과는 이미 알려진 바 있으나, 스마트 하모니 사용자들의 동기 부여를 위해 30명의 실험참여자를 대상으로 4주 간에 걸친 임상 검증 실험을 준비하고 있다.

Acknowledgements

This work was supported by IT Consilience Creative Program of MKE and NIPA (C1515-1121-0003).

References

- Fratiglioni, L., Paillard-Borg, S., and Winblad, B. (2004). An active and socially integrated lifestyle in late life might protect against dementia. *The Lancet Neurology*, 3, pp.343-353.
- Kramer, A. F. and Erickson K. I. (2007). Capitalizing on cortical plasticity: influence of physical activity on cognition and brain function. *Trends in Cognitive Sciences*, 11(8).
- Smith, G. E., Housen, P., Yaffe, K., Ruff, R., Kennison, R. F., Mahncke, H. W., and Zelinski, E. M. (2009). A Cognitive Training Program Based on Principles of Brain Plasticity: Results from the Improvement in Memory with Plasticity-based Adaptive Cognitive Training (IMPACT) Study. *The American Geriatrics Society*, 57(4), pp.594-603.
- U.S. Department of Commerce Economics and Statistics Administration U.S. CENSUS BUREAU (2011). Retrieved February 20, 2013 from <http://www.census.gov>.
- US Alzheimer's Association. 2012 Alzheimer's disease facts and figures. Retrieved February 20, 2013 from <http://www.alz.org>

Willis, S. L., Tennstedt S. L., Marsiske, M., Ball, K., Elias, J., Koepke, K. M., Morris, J. N., Rebok, G. W., Unverzagt, F. W., Stoddard, A. M., and Wright, E. (2006). Long-term Effects of Cognitive Training on Everyday Functional Outcomes in Older Adults. *American Medical Association*, 296(23), pp.2805-2814.

Xiong, G. L. and Doraiswamy P. M. (2009). Does Meditation Enhance Cognition and Brain Plasticity? *Longevity, Regeneration, and Optimal Health: Annals of the New York Academy of Sciences*, 1172, pp.63-69.

Author listings

Younggeun Choi: sidek@postech.ac.kr

Highest degree: BS, Industrial & Media Design, Handong Global University

Position title: MS, student, Department of Industrial & Management Engineering, POSTECH

Areas of interest: Digital human modeling & simulation, User-centered product design & development, Anthropometric and biomechanical methods for product development, Universal design, User experience design

Taekho You: noelfly@postech.ac.kr

Highest degree: BS, Industrial and Management Engineering, POSTECH

Position title: MS candidate, Department of Industrial & Management Engineering, POSTECH

Areas of interest: User interface design & evaluation, Digital human modeling & simulation, Ergonomic system design & development, User experience design, Universal design

Geon Ha Kim: celestiali@naver.com

Highest degree: M.S., Department of Neurology, Ewha Womans University School of Medicine

Position title: Clinical Assistant Professor, Department of Neurology, Ewha Womans University Mokdong Hospital, Ewha Womans University School of Medicine

Areas of interest: Dementia and Cognitive Neurology, Cognitive training, Diagnosis, Treatment and Prevention for Dementia, Life style modification for dementia prevention

Ji Yeong An: alsomusic@naver.com

Highest degree: Master of Music Therapy., Major of Clinical Music Therapy, Sookmyung Women's University

Position title: Music Therapist, Brain fitness clinic, Gangnam center for Dementia

Areas of interest: Music therapy for Senior, Neurological Music Therapy, Behavioristic music therapy

Duklyul Na: dukna@skku.edu

Highest degree: Ph.D., Department of Neurology, Korea University School of Medicine

Position title: Professor, Department of Neurology, Samsung Medical Center, Sungkyunkwan University School of Medicine

Areas of interest: Dementia and Cognitive Neurology, Cognitive training, Diagnosis, Treatment and Prevention for Dementia, Life style modification for dementia prevention

Heecheon You: hcyou@postech.ac.kr

Highest degree: PhD, Industrial Engineering, Pennsylvania State University

Position title: Associate Professor, Department of Industrial & Management Engineering, POSTECH

Areas of interest: Ergonomic product design & development, User interface design & evaluation, Digital human modeling & simulation, Human performance & workload assessment, Work-related musculoskeletal disorders (WMSDs) prevention, Usability testing