Regular paper http://dx.doi.org/10.13067/JKIECS.2014.9.5.589

시각자극 과제에 의한 집중 시의 뇌파분석

장윤석* · 한재웅**

Analysis of EEG Generated from Concentration by Visual Stimulus Task

Yun-Seok Jang* · Jae-Woong Han**

요 약

인간은 집중할 때 유발되는 특정한 뇌파가 있는 것으로 알려져 있다. 본 논문에서는 인간의 집중과 관련된 뇌파를 분석하는 것을 목표로 하여, 집중을 유발할 수 있는 도구로 시각자극을 설정하였다. 즉 시각자극으로 구성된 과제를 제시하여 피험자가 집중할 수 있도록 하였다. 피험자로부터 유발되는 뇌파는 전극의 위치에 따른 채널별로 계측하였고, 계측한 뇌파는 주파수대역별로 나누어 분석하였다. 그 중에서도 특히 SMR, Mid-beta, Theta파에 해당되는 주파수대역의 파워 스펙트럼으로 분석하였고, 그 특성을 분석한 결과를 제시하였다.

ABSTRACT

It has been known that the particular brain waves are induced when a human concentrates. In our study, we aimed to analysis the brain waves related to human concentration using visual stimulus to induce the concentration. The visual stimulus tasks were presented to subjects for concentration. We measured EEG signals with several channels and analyzed the signals into several frequency bands. In the measured EEG signals, we analyzed to focus on theta waves, SMR waves and mid-beta waves. Therefore we presented the results to investigate characteristics of the EEG signals related to the human concentration.

키워드

EEG, Concentration, Visual Stimulus, Theta Wave, SMR Wave, Mid-Beta Wave
뇌파, 집중, 시각 자극, 세타파, SMR파, 중간 베타파

Ⅰ. 서 론

정보화 시대에 접어들어 다양한 미디어에 노출되면서 인간의 집중력 부족이 문제가 되고 있다. 컴퓨터 게임이나 텔레비전과 같은 일방적인 자극은 성장해 가는 청소년들의 사고에 큰 영향을 미칠 것으로 생각되고 있다. 최근의 스마트폰이란 휴대용 미디어 앞에서는 속수무책이라고 할 정도로 청소년의 주의 부족이 더욱 심회되고 있는 실정이다.

이와 같은 환경에 의해서는 전두엽의 기능이 저하되고 좌뇌와 우뇌의 교류가 부족해지면서 창조적인 작업을 위한 도전의식보다는 컴퓨터 게임이나 텔레비전 시청과 같은 단순하고 반복적인 작업에만 매달리게 될 확률이 높다. 그런 반복적 일에만 몰두하면 집중력이 약해지기 쉬우며 어지럼증, 알레르기성 질환등의 증상을 동반하고 성장기 청소년들에게는 학습부진

* 교신저자(corresponding author) : 부경대학교 전기공학과 교수(jangys@pknu.ac.kr)
** 부경대학교 전기공학과 대학원 박사과정
접수일자 : 2014. 03. 11 심사(수정)일자 : 2014. 04. 21 게재확정일자 : 2014. 05. 15

현상이 나타나게 된다. 그런 증상이 심화되면 주의력 결핍 과잉행동장애(Attention Deficit Hyperactivity Disorder : ADHD)나 틱장애(Tic Disorder)와 같은 질환으로도 이어질 수 있다[1].

따라서 각종 미디어에 노출되어 집중력 부족 상황을 겪게 되는 청소년은 학습부진 만이 아니라 사회성에도 문제를 드러낼 장애요인을 가질 수 있는 것이 더욱 큰 문제로 다가온다. 따라서 이러한 환경에서 인간의 집중력을 연마할 수 있는 프로그램의 개발이 필요하고, 그것을 위해서는 인간의 집중력에 대한 연구가 필요하다.

현재까지 인간의 인지과정과 뇌파와의 관계[2-5] 및 인간의 집중에 관련된 연구는 다수 있지만[6-8], 시각자극에 의하여 유발되는 집중력과 관련된 연구[10]는 그다지 수행되고 있지 않은 것으로 판단된다. 따라서 본 논문은 인간이 시각 자극에 의해 집중력을 발휘할 때 사용되는 뇌에서 유발되는 EEG 신호를 계측, 분석하여 집중력과 뇌파와의 관계를 조사하는 것을 목적으로 하였다. 이를 위해서 우선 시각자극으로 구성된 과제를 피험자에게 제시하여 집중력을 유발시킨 후, 그 때 유발되는 EEG 신호를 계측하였다. 다음에는 계측한 EEG 신호를 주파수대역에 따른 파워 스펙트럼으로 분석한다. 본 논문에서는 지금까지의 연구 논문에서 집중력과의 관련성이 상대적으로 높은 것으로 알려진 세타파(4~7Hz), SMR파(12~15Hz) 및 중간 베타파(15~18Hz)의 3종류 뇌파 파워 스펙트럼을 비교 분석하여[9], 인간의 뇌파와 시각자극에 의한 집중력과의 상관성을 조사한 결과를 제시한다.

II. 뇌파의 계측 및 분석

2.1. 뇌파 계측

본 뇌파실험에는 기본적으로 정신적, 인지적 병력이 없는 만 15세, 16세의 건강한 여성들로 구성된 10명의 피험자가 참여하였다. 뇌파를 측정하는 장비는 (주)Laxtha의 poly G-A를 사용하였고, 뇌파(EEG)를 측정하기 위한 전극을 부착하는 방법으로는 국제적으로 공인되어있는 10-20 전극배치법을 사용하였다.

본 뇌파실험에서는 10명의 피험자에게 동일한 그림과 글자 속에 다른 형태의 그림과 글자를 삽입하여 놓은 이미지를 시각자극으로 제시하였다. 피험자에게 주어진 과제는 시각자극으로 제시한 이미지 속에서 다른 형태의 그림이나 글자를 찾아내는 일종의 숨은 그림 찾기 형태의 과제이다. 피험자들이 답이 되는 그림이나 글자를 찾기 위하여 집중할 때의 뇌파를 계측하기 위한 방법이다. 피험자에게 제시할 시각자극 과제에는 피험자가 찾아야 할 목표물을 1개씩 삽입하였고, 시각자극을 피험자에게 제시하는 시간은 20초로 설정하였다. 그림 1과 같이 피험자의 두피에 부착한 전극 중에서 Fp1, Fp2, F3, Fz, F4, C3, Cz, C4의 8개소 위치의 전극에서 계측한 뇌파를 분석대상으로 하였다.

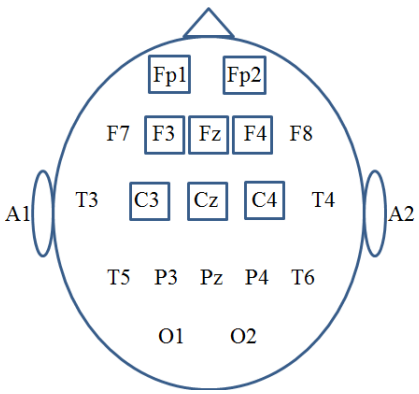


그림 1. 뇌파계측을 위한 전극의 위치
Fig. 1 Electrode location for EEG signal measurement

본 뇌파실험은 자극 스케줄링 프로그램을 이용하여 구성되었고, 알림말 10초, 시각자극 제시 20초, 휴식 20초의 순서로 구성된 것을 1세트의 자극으로 설정하였다. 숨은 그림자극 및 숨은 글자자극은 각각 5세트로 구성하여 각 피험자에게 순서대로 제시하는 방법을 이용하였다. 그림 2는 자극 1세트를 피험자에게 제시하는 과정을 나타낸 것으로 피험자 당 숨은 그림자극 5세트와 숨은 글자자극 5세트를 합하여 총 10세트의 과제를 수행하도록 하였다.

본 실험에서 측정된 뇌파는 4~50Hz의 대역통과필터(Band Pass Filter)로 전 처리한 후 분석하였는데, 뇌파는 알림말, 휴식시간 및 자극이 제시된 시간에 유발된 뇌파로 구분하여 분석하였다. 계측한 뇌파는 주파수대역별로 나누어 분석하였는데, 최종적으로는 세타파(4~7Hz), SMR파(12~15Hz) 및 중간 베타파(15

~18Hz)의 파워 스펙트럼을 비교 분석하는 방법을 이용하였다.

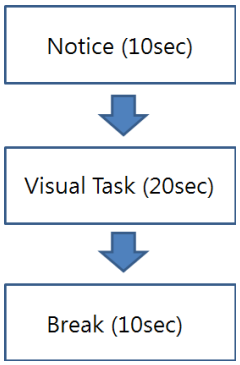


그림 2. 시각자극 과제의 수행 과정
Fig. 2 Process of visual stimulus task

뇌파의 파워 스펙트럼으로 집중에 관련된 상태를 나타내는 집중 지표(Concentration Index : CI)를 계산할 수 있다. 집중 지표는 세타파, SMR파 및 중간 베타파의 파워를 각각 $P(\theta)$, $P(SMR)$, $P(mid\beta)$라고 할 때 식 (1)과 같이 정의된다[8].

$$CI = \frac{P(SMR) + P(mid\beta)}{P(\theta)} \quad (1)$$

본 논문에서는 뇌파실험에서 계측된 신호를 파워 스펙트럼으로 분석한 후, 식 (1)의 집중 지표를 이용하여 시각자극에 의한 집중과 관련된 뇌파의 특성을 분석하였다.

2.3. 뇌파 분석 및 결과

본 연구에서는 피험자가 시각자극 과제를 수행하는 동안 각 전극위치를 채널로 구분하여 계측한 뇌파를 주파수대역에 따른 파워 스펙트럼으로 분석하는 것을 기본적인 방법으로 설정하였다. 주파수대역별로 분류되어 있는 뇌파 중에서도 상대적으로 인간의 집중과 관련성이 클 것으로 알려져 있는 세타파, SMR파 및 중간 베타파에 주목하여 피험자의 뇌파를 비교 분석하였다. 10명의 피험자 중 계측된 뇌파가 다른 피험자에 비해 비정상적으로 크게 나타난 1명의 피험자를 제외한 9명의 피험자의 뇌파가 결과 분석에 사용되었다.

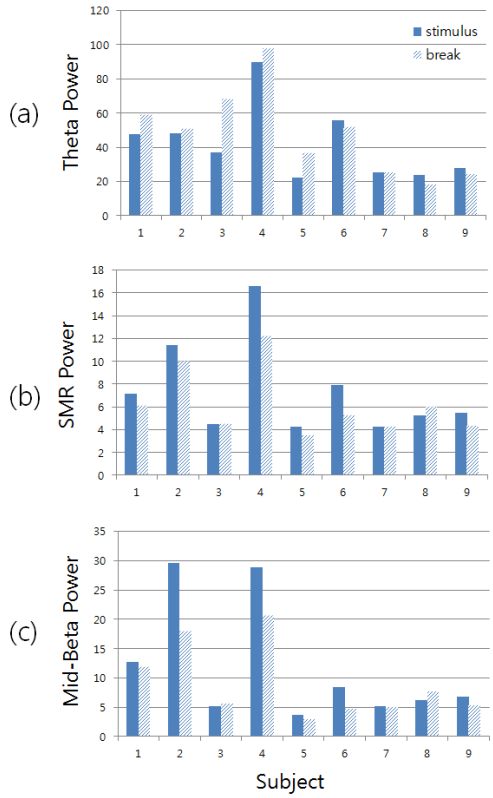
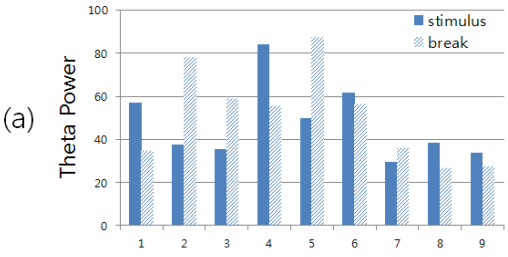


그림 3. 그림자극 과제의 파워 스펙트럼 비교 (a) 세타파, (b) SMR파, (c) 중간 베타파
Fig. 3 Comparison of power spectra from pictorial stimulus task (a) theta wave, (b) SMR wave, (c) mid-beta wave

먼저 시각자극 과제의 종류에 따른 피험자의 뇌파를 비교하기 위하여, 피험자에게 제시한 시각자극 과제를 숨은 그림자극의 형태와 글자자극의 형태로 구분하여 뇌파를 분석하였다.



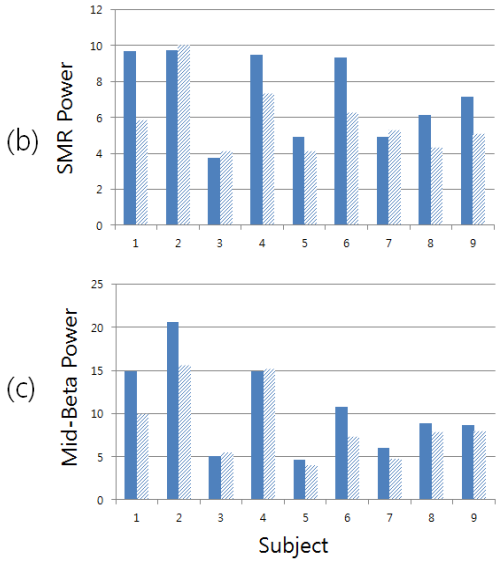


그림 4. 글자자극 과제의 파워 스펙트럼 비교 (a) 세타파, (b) SMR파, (c) 중간 베타파
Fig. 4 Comparison of power spectra from letter stimulus task (a) theta wave, (b) SMR wave, (c) mid-beta wave

그림 3은 각각의 피험자가 숨은 그림자극에 의한 과제를 수행하는 동안 계측한 뇌파를 분석한 결과이다. 각각의 그림 (a), (b), (c)는 순서대로 세타파, SMR파, 중간 베타파로 구분하여 시각자극 과제를 수행 중일 때와 휴식하는 동안에 유발된 뇌파의 파워 스펙트럼으로 분석하여 비교한 것이다. 그림 4는 숨은 글자자극에 의한 과제를 수행하는 동안 계측한 뇌파를 분석한 것이다. 그림 (a)~(c)는 그림 3의 순서와 동일하게 세타파, SMR파, 중간 베타파로 구분하여 과제를 수행 중일 때와 휴식하는 동안에 유발된 뇌파의 파워 스펙트럼을 비교한 것이다. 그림 5는 과제수행 중과 휴식 중인 총 피험자의 뇌파를 평균한 값을 비교한 것이다. 좌측은 숨은 그림자극에 의한 결과, 우측은 숨은 글자자극에 의한 결과로서 각 그림 (a), (b), (c)는 순서대로 세타파, SMR파, 중간 베타파의 파워 스펙트럼 크기를 나타낸 것이다.

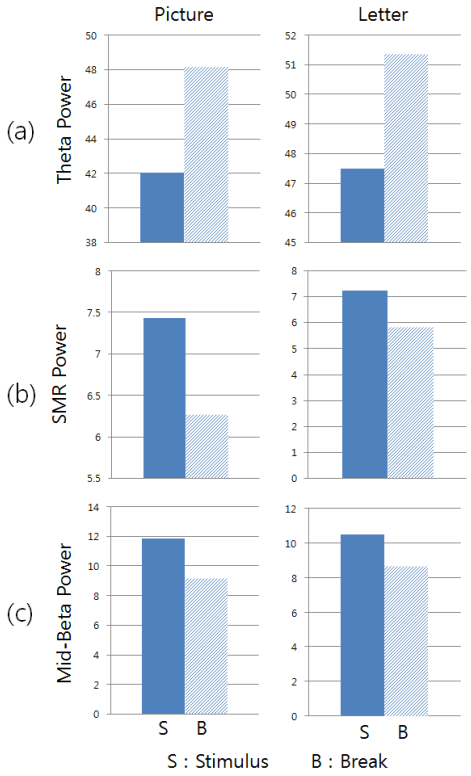


그림 5. 그림자극 및 글자자극 과제의 평균 파워
Fig. 5 Average power from pictorial and letter stimulus task

숨은 그림자극에 의한 결과인 그림 3에서는 세타파의 경우 3명, SMR파와 중간 베타파의 경우 7명의 피험자가 과제 수행 시의 파워가 더 높게 나타났다. 숨은 글자자극에 의한 결과인 그림 4에서도 세타파의 경우 3명, SMR파와 중간 베타파의 경우 7명의 피험자가 과제 수행 시의 파워가 더 높게 나타났다. 피험자들의 파워 스펙트럼을 평균하여 과제 수행과 휴식 상태의 뇌파를 비교한 그림 5는 앞의 결과 그림 3과 그림 4의 결과가 종합적으로 반영된 것으로 그림과 글자자극 과제 모두에서 세타파는 휴식상태, SMR파와 중간 베타파는 과제 수행 상태에서의 파워가 더욱 높게 나타난다는 사실을 알 수 있다.

위의 결과들을 살펴보면, 뇌파 분석 결과에서 과제 수행 시에 파워가 크게 나타난 SMR파와 중간 베타파의 경우가 시각자극에 의한 피험자의 집중과 보다 관련성이 높다는 사실을 확인할 수 있다. 세타파의 경

우는 과제의 종류에 상관없이 휴식 상태의 파워 스펙트럼 값이 과제수행 시보다 오히려 높게 나타나기 때문에, 집중과 휴식의 비교 지표로는 사용될 수 있지만 집중력과의 상관성 지표로 활용하기에는 한계가 있을 것으로 생각된다.

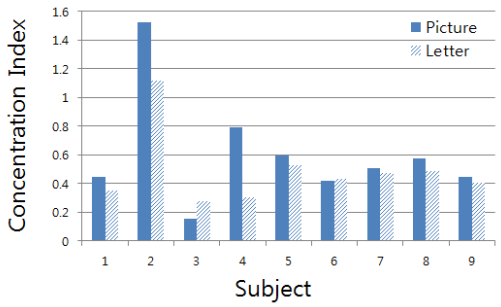


그림 6. 그림자극 및 글자자극 과제의 집중 지표 비교
Fig. 6 Comparison of concentration index between pictorial and letter stimulus taskr

다음에는 각 피험자별로 식 (1)로 정의되는 집중 지표를 계산하여 숨은 그림자극과 숨은 글자자극으로 구성된 과제에 대한 집중도를 비교 분석하였다. 그림 6은 9명의 피험자에 대하여 분석한 숨은 글자자극에 대한 집중 지표와 숨은 그림자극에 대한 집중 지표를 비교한 것으로 각 피험자의 집중 지표는 10세트의 시각자극 과제를 수행할 때의 데이터를 평균한 것이다. 그림 6을 관찰하면, 9명의 피험자 중에서 7명의 피험자 즉 77.78%의 경우가 숨은 그림자극에서 상대적으로 높은 집중 지표를 나타내고 있다는 사실을 알 수 있다.

III. 결 론

본 논문에서는 숨은 그림 및 글자 찾기 형태의 시각자극 과제로 피험자의 집중을 유발시켜 뇌파를 계측한 다음, 주파수대역에 따른 파워 스펙트럼으로 분석한 결과를 제시하였다. 특히 인간의 집중과 관련도가 높은 것으로 알려진 세타파, SMR파 및 중간 베타파를 분석대상으로 하여 시각자극에 의한 인간의 집중과 관련된 특성을 조사하고자 하였다.

실험결과에서 숨은 그림자극 및 숨은 글자자극 과제 모두에서 시각자극에 집중하는 경우, SMR파와 중간 베타파는 높게 나타나고, 세타파는 낮게 나타난다는 사실이 관측되었다. 각 피험자에 대하여 각각 비교한 결과로도 77.78%의 피험자의 경우에 SMR파와 중간 베타파는 집중 시가 휴식 시보다 높게 나타나는 결과를 관측하였다. 피험자의 파워를 평균한 값으로 비교한 결과에서도 그림 및 글자자극 과제에서 모두 SMR파와 중간 베타파는 집중 시에 높게 나타난다는 사실을 확인할 수 있었다. 따라서 인간의 시각자극과 관련된 집중에 대해서는 SMR파와 중간 베타파의 상관성이 큰 것으로 추정되며, 시각자극 관련 집중 현상을 관찰하기 위해서는 SMR파와 중간 베타파를 분석하는 것이 효율적일 것으로 판단된다. 또한 인간의 집중도와 관련된 집중 지표를 분석해 본 결과, 77.78%에 해당되는 피험자가 숨은 글자보다는 숨은 그림자극 과제의 경우에 집중 지표가 높게 나타나는 현상을 관측할 수 있었다. 이런 결과로 미루어 볼 때, 시각자극에 의한 인간의 집중도는 뇌파 중에서도 SMR파와 중간 베타파의 활성상태로 추정하는 것이 효율적일 것으로 판단된다. 아울러 인간의 집중에 상대적으로 효율적인 시각자극은 글자의 형태보다는 그림의 형태라는 추정도 가능할 것으로 판단된다.

본 논문에서는 숨은 그림 및 글자자극으로 인간의 집중도를 뇌파로 분석하여 시각자극에 의한 집중도는 SMR파와 중간 베타파로 추정 가능하다는 사실과 인간의 집중에는 글자의 형태보다는 그림형태의 시각자극이 보다 효율적이라는 사실을 확인할 수 있었다. 이와 같은 결과로부터 주의력결핍과 같은 장애를 가진 인간의 집중력을 개선하는데 간단한 시각자극을 이용할 수도 있고, 그러한 시각자극이 집중에 활용되는 정도는 SMR파와 중간 베타파의 활성도로 확인할 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

본 논문은 교육과학기술부의 재원으로 지원을 받아 수행된 산학협력 선도대학(LINC) 육성사업의 연구결과입니다.

References

[1] J. D. Kropotov, V. A. Grin-Yatsenko, V. A. Ponomarev, L. S. Chutko, El A. Yakovenko, and I. S. Nikishena, "Changes in EEG spectrograms, event-related potentials and event-related desynchronization induced by relative beta training in ADHD children," *J. of Neurotherapy*, vol. 11, no. 2, 2008, pp. 3-11.

[2] Y.-S. Jang, S.-L. Lee, and S.-A. Ryu, "Characteristics of frequency band on EEG signal causing human drowsiness," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 8, no. 6, 2013, pp. 949-954.

[3] J.-H. Kim and M.-H. Oh, "IT based EMG biofeedback training on the effects of upper extremity function in chronic stroke patients," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 9, no. 1, 2013, pp. 41-49.

[4] J.-M. Jo, "A study on the sensor node based wireless network communication system for efficient EEG transmission," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 8, no. 5, 2013, pp. 791-796.

[5] K. Lee, Y.-K. Min, B. Lee, and B.-C. Min, "Development and effectiveness of interface system for inducing and monitoring brain-wave activity," *Proc. of the 2000 Spring Conference of KOSES and Int. Sensibility Ergonomics Symposium*, 2000, pp. 91-96.

[6] D.-J. Kang, "The development of attention enhancement system using virtual reality and EEG biofeedback and its clinical trial," Doctor's Thesis, *Hanyang University*, 2002.

[7] J. O. Lubar and J. F. Lubar, "EEG biofeedback of SMR and beta for treatment of attention deficit disorders in clinical setting," *Biofeedback Self Regul.*, vol. 9, no. 1, 1984, pp. 1-23.

[8] J.-K. Jang and H. Kim, "EEG analysis of learning attitude change of female college student on e-learning," *J. of the Korea Contents Association*, vol. 11, no. 4, 2011, pp. 42-50.

[9] S.-E. Lee, "Effect of volatile fragrance components of citrus aurantiifolia and eugenia caryophylla on EEG," Doctor's Thesis, *Kangwon University*, 2011.

[10] Y.-K. Jeong, "A study on health healing method for incite to the brain of the part of the visual nerve and auditor," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 3, no. 4, 2008, pp. 233-239.

저자 소개

장윤석(Yun-Seok Jang)

1985년 부산대학교 전자공학과 졸업(공학사)
1988년 부경대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
1995년 일본 토호쿠대학교 대학원 전기 및 통신공학 전공 졸업(공학박사)
1996년~현재 부경대학교 전기공학과 교수
2008년~2009 미국 Pennsylvania State University 방문교수
※ 관심분야 : EEG Signal Processing, Cognitive Science

한재웅(Jae-Woong Han)

1992년 부경대학교 전자학과 졸업(공학사)
1998년 부경대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학석사)
2014년 부경대학교 대학원 전기공학과 박사과정 수료
2005년 동서대학교 컴퓨터공학과 겸임교수
2014년~현재 (주) 하이빔 대표이사
2013년~현재 부산대학교 공학교육거점센터 동남권 산학위원회 위원
※ 관심분야 : 전기통신시스템, 제어통신