논문 2011-3-20

iTV 리모컨 포인팅 디바이스 수행도 측정

User Performance Measures for iTV Remote Control of Pointing Devices

정경균, 김인수, 박승권, 박용진

Kyeong-kyun Cheong, Insoo Kim, Sungkwon Park, Yong-jin Park

요 약 본 연구는 Interactive TV (iTV)에 적용될 수 있는 시험용 Remote Pointing Device에 대한 수행도 평가를 수행하였다. 최근 업계에서 시도되고 있는 3개의 서로 다른 인터페이스 방식의 포인팅 디바이스를 대상으로 경험적 실험을 실시하였다. 측정방법으로 기존의 ISO 9241-Part 9에 명시된 직선궤도상의 Directional Task수행하였고, 측정변수로는 움직임 시간, 정확도, 효율성, 그리고 주관적 만족도를 평가하였다. 연구결과, 움직임 시간은 GyroPoint 방식이 다른 Device에 비해 높은 수행도를 보였으나, 정확도는 Hall Mouse와 OFN방식에 비해 낮은 결과를 보였다. 그리고 효율성과 주관적 만족도는 각 입력장치에 따라 차이가 있는 것으로 분석되었다. 본 연구는 최근 시도되고 있는 주요 포인팅 장치에 대한 연구로 문제점 및 특징을 분석함으로써 iTV환경에 보다 적합한 리모컨 설계에 유용한 자료를 제공할 것으로 기대된다.

Abstract In this study, we assessed the performance of the test remote pointing device that is applicable to interactive TV (iTV). An empirical test was carried out with the pointing devices in three different interface methods that are recently tried in the industry. For the measurement, a directional task was performed on the linear track described in the conventional ISO 9241-Part 9. The measured variables included the movement time, accuracy, throughput and the subjective satisfaction. The result showed that the motion time was better in the device in the GyroPoint method than the other devices, but the accuracy of the GyroPoint device was lower than that of the devices in the Hall Mouse and OFN methods. It was found that the throughput and the subjective satisfaction were dependent upon the individual input devices. Since this study was conducted on the major point devices that are currently tried and analyzed the problems and characteristics, it is assumed that this study will provide useful data for the design of the remote pointing device that is more suitable to the iTV environment.

Key Words : Interactive TV, Pointing Device, ISO 9241-9 Standards, Performance

Ⅰ. 서 론

최근 디지털 기술의 발전과 더불어 통신 기술과 접목되어 다양한 콘텐츠를 모바일, 인터넷, TV에서 동시에 이용이 가능한 N-Screen 시대로의 방송과 통신 융합된 새로운 환경으로 진화되고 있다. 이러한 변화는 기존의 TV시청 환경이 채널이나 음량 또는 비디오 등을 이용하는 단방향 커뮤니케이션이라면, 최근 사용자와의 의사소통이 가능한 쌍방향 커뮤니케이션 매체로 자리잡아가고 있음을 시사한다. 이러한 사용자와 TV 매체간의 중심에 있는 RCU (Remote Control Unit)은 인터페이스 도구로

*정회원, 한양대학교 전자통신전파공학과
**정회원, 고려대학교 산업시스템정보공학과(교신저자)
***정회원, 한양대학교 융합전자공학부
****정회원, 한양대학교 컴퓨터공학부
접수일자 2011.5.20, 수정일자 2011.6.10
게재확정일자 2011.6.10

써 중요한 역할을 수행하게 되었다. 기존의 4방향 버튼으로 OSD (On Screen Display)에 표현된 많은 양의 정보와 서비스를 제어하는 데는 한계점이 있다. 따라서 편의성(Usability) 및 효율적인 정보제공을 제공할 수 있도록 새로운 방식의 RCU 인터페이스 개발은 중요한 이슈로 부각되고 있다.

기존의 입력장치에 관한 연구문헌을 살펴보면, 1984년, 애플 매킨토시의 GUI 설계 이후, GUIs는 진화와 함께 "Point and Click" 방식이 오늘날 마우스 방식이 PC 사용자에 의해 통상적으로 적용되는 방식이다. 그 이후 많은 연구에서 일괄적으로 마우스는 다른 입력장치에 비해 장점이 있는 것으로 보고되었다[1-5]. 최근 PC환경이 아닌 작은 장치를 이용하는 모바일 환경에 대한 많은 연구가 있었는데, 대표적으로 Joystick과 Touchpad 방식의 포인팅 수행도 평가의 연구에서 Touchpad가 더 우수한 결과를 보였다[6]. 이와 같이 다양한 분야에서 입력장치에 대한 연구가 있었으나, 아직 iTV 환경에서의 연구는 미흡한 실정이다. iTV는 기기 자체 내의 GUIs를 직접 제어하는 방식과 달리 OSD로부터 적정거리에 떨어져 RCU를 통해 제어하는 방식이다. Track Ball이나 Joystick 등을 이용한 포인팅 장치로써 시도와 Remote Point와 GyroPoint에 대한 비교연구가 있었으나 iTV 환경에 적합한 인터페이스에 대한 표준을 제시되지 못했고, 단지 PC환경에서의 실험적 연구 수준에 머물렀다[5].

이는 본 연구에서는 ISO 9241-Part9 (ISO, 1998)를 기반으로 최근 시도되고 있는 RCU에 대한 비교 평가를 수행함으로써 향후 iTV 환경에 적합한 포인팅 장치 설계에 기초자료를 제공할 것으로 기대한다.

II. ISO 9241-Part(9)

최근에는 컴퓨터 포인팅 장치의 평가 방법론으로 ISO 9241-9 적용을 점차적으로 받아들이고 있다[5][8][9][10]. ISO 9242 표준은 키보드 방식이 아닌 포인팅 방식에 대한 평가 표준으로 "VDTs (Visual Display Terminals) 사무작업을 위한 인간공학 디자인"을 말하고 있다. Part 9에 제안된 평가 내용은 주어진 Task에 대한 수행된 MT (Movement Time)와 TP (Throughput), 그리고 안락함은 수행도 테스트 이후 사용자가 느끼는 안락함과 노력 등 질문지를 통해 평가하게 된다. TP에 대한 측정은 1954년에 Fitts' 법칙[11]을 기반으로 제시한 Part 9에 따르면 (1)과 같이 명기하고 있다[8].

$$Throughput = \frac{ID}{MT} \tag{1}$$

여기서 MT는 주어지 타겟을 선택하는 시도된 Task의 평균이고(단위: Seconds), ID (Index of Difficult)는 Fitts'법칙에 따른 타겟의 너비(Width)와 거리(Distance)로 계산 된다. ID는 다음의 (2)와 같다.

$$ID = \log_2\left(\frac{D}{W}+1\right) \tag{2}$$

그리고 W는 (3)과 같이 계산되는데, 표준정규 분포 확률에서 4%의 Error를 가정한 것으로 이때의 표준편차 4.133로 정의되며, SDx는 시도된 Task에 대한 표준편차(SD)이다.

$$W = 4.133 \times SD_x \tag{3}$$

또한 본 연구에서는 MT가 얼마나 빠르고 정확하게 수행하였는지 측정치를 제공한다고 할지라도 성공적인 Target 선택인지에 대해 분석이 불가능하므로 AR (Accuracy Rate)을 동시에 평가하였다.

III. 실험

1. 피실험자

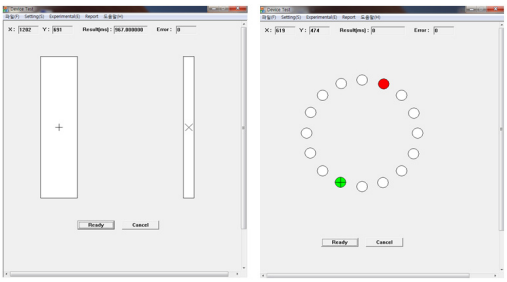
피실험자는 8명(남 5, 여 3)으로 나이는24.5(±2.4)세이고 대학/대학원생이다. 모두 오른손잡이로 거의 매일 컴퓨터의 마우스 경험이 있다. 그리고 실험에 사용되는 포인팅 장치에 대한 사전 사용경험이 없다.

2. 실험도구

실험에 사용한 TV는 40″ LCD 디스플레이(해상도 1366*768)와 Laptop PC로 윈도우 7을 이용하였다. 실험 소프트웨어는 PC에서 작동되나, 비디오는 호환되는 USB HID 통해 TV로 보내져 출력된다.

가. 소프트웨어

소프트웨어는 C언어로 제작하였고, Simple-Direction과 Multi-Direction Task를 수행하도록 프로그램 되었다. 그리고 피실험자가 수행한 데이터를 자동으로 DB에 저장하도록 설계되었다.



(a) Simple-Direction Task (b) Multi-Direction Task

그림 1. 소프트웨어 실험화면
Fig. 1. Screen Snaps of the Experiment

나. 포인팅 디바이스

(1) Optical Finger Navigation (OFN): 엄지손의 터치를 이용한 방식으로 일반적 사이즈의 20mm 미만의 Touch Pad를 Device에 적용되며, 커서를 360° 자유롭게 이동이 가능하다. OFN은 손가락의 이미지를 연속적으로 캡처한 후 변환된 이미지를 통해서 손가락의 움직임을 계산하여 커서를 이동시키는 방식이다.

(2) Hall Mouse: 엄지손으로 방향을 조작하는 방식으로 4개의 Hall 센서가 움직이는 방향을 인식하여 소형 도우넛형 마그네트의 자계의 변화를 전압의 변화로 출력하도록 하여 커서를 360° 자유롭게 조정이 가능하다.

(3) GyroPoint: 모션에 의해 커서를 제어하는 방식으로 360° 포인트 이동 및 입력이 가능하다. Gyro 센서의 Engine으로부터 SPI (Serial Protocol Interface) 통신을 통해 Main MUC와 상호작용을 하게 되며, RF신호를 통해 원격제어 하게 된다.

(4) Mouse 2.0: Mouse 2.0은 포인팅 장치의 일반적 표준으로 비교를 위한 "Baseline"을 제공하기 위해 사용한다.

(a) OFN (b) Hall Mouse (c) GyroPoint (d) Mouse 2.0

그림 2. 실험에 사용된 포인팅 장치
Fig. 2. Prototypes of Pointing Device

3. 실험절차

실험은 2가지 (실험 1: Simple-Direction Task, 실험 2: Multi-Direction Task)로 각각을 5개 Block으로 나누어 수행하였다. 각 실험마다 주요 Task에 대하여 Target 너비와 거리를 달리하였다. 실험1의 경우는 시작점 "+"으로부터 Target "x"까지 수평 방향의 움직이면 된다. 실험 2는 초기 시작점은 녹색으로 "+"로 나타내고, 목표점은 붉은색으로 표기된다. 피실험자가 초기 시작점에서"+"를 선택한 후 Target을 선택하면, 자동으로 2번째 Target이 Random하게 출현한다. 실험하는 동안 가능한 빠른 속도로 진행하도록 지시하였고, 1개 Block의 실험 후에는 잠시 휴식을 주었다. TV와 포인팅 장치와의 거리는 2m를 유지하도록 하였다. 평가 후, 안락함 질문에 대한 응답을 실시하였다.

4. 실험계획

모든 실험은 기술전이효과(Skill Transfer Effect)를 예방하기 위해 Counter Balancing과 Random하게 제시하였다. 모든 실험은 Factorial Design로 10회 반복측정 되었다. 표 1은 실험조건을 보여주고 있다.

표 1. 각 실험의 요인과 수준
Table 1. Factors and Levels of each Experiment

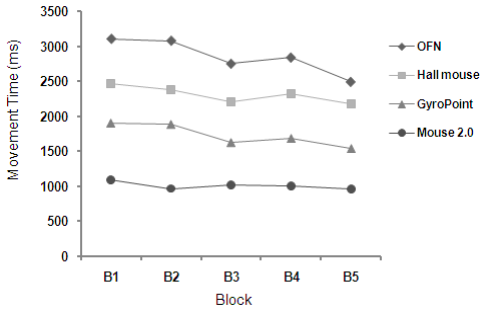
실험 / 수준	실험 1 (Simple-Direction Task)	실험2 (Multi-Direction Task)
거리(Pixel)	100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500	-
너비(Pixel)	30, 40, 50	30, 40, 50
원형(Pixel)	-	250, 300, 400, 500
Block	1, 2, 3, 4, 5	1, 2, 3, 4, 5
Trial	1, 2, 3 … 10	1, 2, 3 … 10
Device	OFN, Hall Mouse, GyroPoint, Mouse 2.0	

실험1은 ID의 범위는 가장 쉬운 1.0bit(거리 100pixel, 너비 50pixel) 에서 가장 어려운 4.1bit(거리 500pixel, 너비 30pixel)이고, 실험 2의 경우는 원형과 Target 크기의 조합의 경우 ID 범위는 최소: 2.3-최대: 4.1로 나타났다.

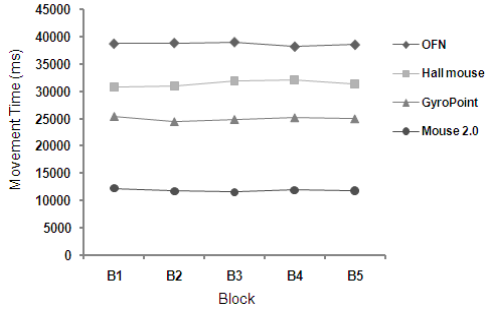
Ⅳ. 실험결과

1. MT (Movement Time)

실험1에 대한 분석결과, GyroPoint는 1,728ms, Hall Mouse는 2,307ms, OFN은 2,856ms로 측정되었다. 아래의 그림 3의 (a)과 같이 4개의 포인팅 장치는 통계적으로 유의한 결과를 보였고(F = 95.9, p<0.0001), 입력장치와 Block 간의 상호작용 효과는 없는 것으로 나타났다. 실험 2에서는 GyroPoint (24,991ms), Hall mouse (31,415ms), Optical (38,677ms) 순위로 나타났고, 모든 입력장치에 대해 통계적으로 유의한 차이를 보였고(F=109.1, p<0.0001), 입력장치와 Block간의 상호작용 효과는 없었다(그림 3의 (b)). 2가지 실험 모두 MT는 Mouse 2.0이 높은 수행도를 보이고 있다.



(a) Simple-Direction Task

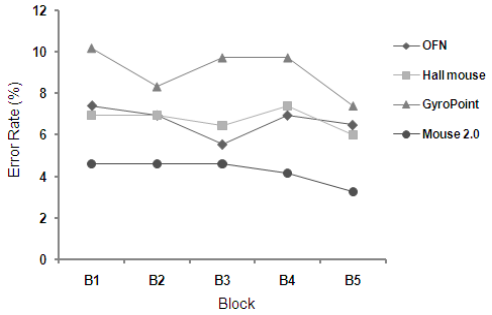


(b) Multi-Direction Task

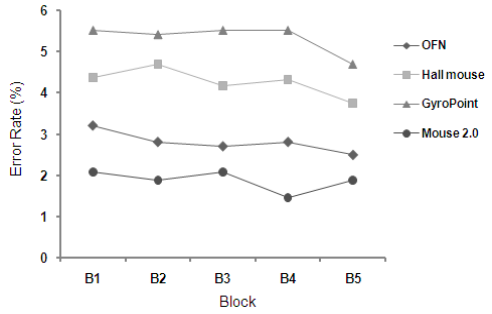
그림 3. 블록과 입력장치의 MT비교 그래프
Fig. 3. Movement Time by Input Device

2. AR (Accuracy Rate)

실험1과 실험2 모두 입력장치와 Block간의 상호작용 효과는 유의한 결과를 보이지 않았다. 실험1의 경우 입력장치에 대해 통계적으로 유의한 차이를 보였다(F = 10.9, p<0.0001). 에러율은 OFN (6.7%)과 Hall mouse (6.8%)로 GyroPoint는 9.1% 보다 상대적으로 낮은 결과를 보였다. 실험2 분석결과, 입력장치에 대해 통계적으로 매우 유의한 차이를 보였다(F = 93.8, p<0.0001). 에러율은 Optical (2.8%), Hall mouse (4.3%), GyroPoint (5.3%)의 순위를 보였다. 그리고 Mouse 2.0 (4.3%)의 에러율을 보였다.



(a) Simple-Direction Task



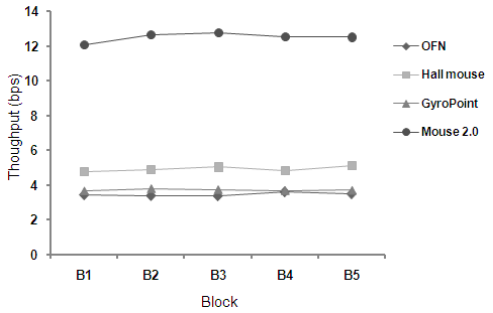
(b) Multi-Direction Task

그림 4. 블록과 입력장치의 AR 그래프
Fig. 4. Error Rate by Input Device

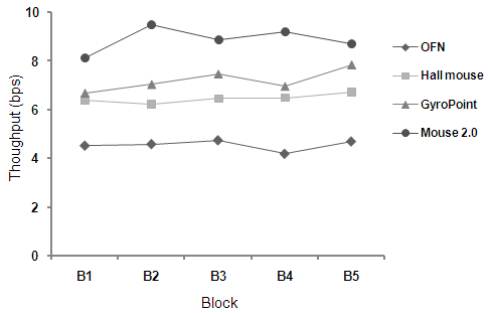
3. TP (Throughput)

실험1은 입력장치에 따라 통계적으로 유의한 차이를 보였다(F=209.7, p<0.0001). Hall Mouse가 4.9bps로 우수하였고, GyroPoint (3.7bps)와 OFN (3.5bps)로 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 실험 2의 경우, 포인팅 장치에 따라 통계적으로 유의하였다(F=234.8, p<0.0001). GyroPoint가 7.2bps, Hall mouse는 6.5bps, OFN는

4.6bps로 순위로 나타났다. 그리고 실험1과 실험 2 모두 마우스가 가장 높은 TP를 보이고 있었다.



(a) Simple-Direction Task



(b) Multi-Direction Task

그림 5. 블록과 입력장치의 TP 그래프
Fig. 5. Throughput by Input Device

4. Questionnaire

반적인 만족도는 GyroPoint와 Hall Mouse가 OFN보다 높게 평가되었고, 피로도(Fatigue)측면의 평가에서는 전반적으로 Hall Mouse가 낮은 피로도를 보인 반면에 GyroPoint의 경우 어깨(Shoulder), 팔(Arm), 손목(Wrist)에 피로도가 매우 높은 것으로 조사되었다. OFN의 경우 손가락(Finger) 피로도가 상당히 높은 것으로 나타났다. 빠르기와 정확도(Speed & Accurate)에서는 GyroPoint와 Hall Mouse가 빠른 움직임을 보이고 있으나 정확도는 평균 3.0 미만으로 보통 수준을 보였다. 포인팅을 제어하는데 요구되는 힘과 작용(Force & Operation)에서는 GyroPoint와 Hall Mouse가 부드럽게 커서를 이동시켜 Target을 선택할 수 있는 반면에 OFN의 경우 Task 수행 시 많은 힘이 소요되었다. Task를 수행하는 동안 정신적 노력(Mental Effort) 측면에서는 OFN이 높은 스트레스를 유발 하는 것으로 조사되었다.

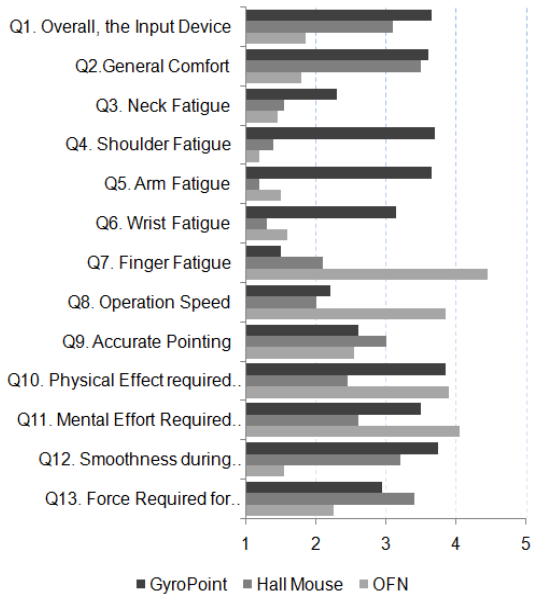


그림 6. 질문지 평가 결과
Fig. 6. Results of Device Assessment Questionnaire

V. 결론 및 제언

iTV의 환경에 적합한 포인팅 장치에 대한 평가를 위해 서로 다른 방식을 평가 하였다. 직선궤도(One-direction Task and Multi-direction Task) 상의 움직임에서 GyroPoint는 가장 높은 Error Rate을 보이고 있으나 가장 빠른 Speed를 보였다. 반면에 OFN은 낮은 Error Rate을 보였으나 가장 늦은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 ISO 9241-9 기준에 의하면 GyroPoint가 가장 효율적이고, Hall Mouse, OFN 순으로 평가되었다. 본 연구에서 토론되었던 문제점을 찾아 완화할 수 있는 다수의 요인을 개선한다면 iTV 사용에 유용한 RCU가 될 것으로 판단된다. 또한 ISO 9241-Part9과 더불어 곡선궤도에 대한 평가는 iTV 환경에서 적합 새로운 RCU에 대한 평가에 확장된 기준을 제시할 것으로 기대한다.

참고문헌

[1] Epps, B. W., “Comparison of six cursor control devices based on Fitts’ law models”, In Proceeding of Human Factors Society, pp.

327-331. 1986.

[2] Karat, J., McDonald, J. E., Anderson, M., "A comparison of selection techniques: touch panel, mouse, and keyboard", In Human-Computer Interaction-INTERACT '84. Elsevier Science Publishers, pp. 189-193. 1985.

[3] Murate, A., "An experimental evaluation of mouse, joystick, light pen, trackball, and touch screen for pointing: Basic study on human interface design", In Proceedings of the Fourth International Conference on Human-Computer Interaction, Elsevier. pp. 123-127. 1991.

[4] Douglas, S. A., Mithal, A. K., "The effect of reducing homing time on the speed of a finger-controlled isometric pointing device", in 'CHI' 94: Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems, ACM Press, New York, NY, USA. pp. 411-416, 1994.

[5] Mackenzie, I. S., Jusoh, D., "An Evaluation of Two Input Devices for Remote Pointing", Proceedings of the Eighth IFIP Working Conference on Engineering for Human-Computer Interaction-EHCI 2001. pp. 235-249, 2001.

[6] Douglas, S. A., Kirkpatrick, A. E., Mackenzie, I. S., "Testing Pointing Device Performance and User Assessment with the ISO 9241, Part 9 Standards", CHI 99, 1999.

[7] Mackenzie, I. S., Kauppinen, T., Silfverberg, M., "Accuracy measures for evaluating computing pointing devices", in 'CHI' 01: Proceeding of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems, ACM Press, New York, NY, USA. pp. 9-16, 2001.

[8] ISO, "ISO/DIS 9241-9 Ergonomic Requirements for Office Work with Visual Display Terminals, Non-keypad Input Device Requirements", International Standard, International Organization for Standardization, May 25. 1998.

[9] Silfverberg, M., MacKenzie, I. S., Kauppinen, K., "An isometric joystick as a pointing device for handheld information terminals", No description on Graphics interface 2001, June 07-09, pp. 119-126. 2001.

[10] Mackenzie, I. S., Oniszczak, A., "A comparison of three selection techniques for touchpads", In Proceedings of the CHI '98 Conference on Human Factors in Computer Systems, New York: ACM, pp. 336-3431998.

[11] Fitts, P. M., "The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement", Journal of Experimental Psychology, pp. 381-391, 1954.

저자 소개

정 경 균(정회원)

• 2003년~현재 한양대학교 공과대학 전자전자통신전파공학과 박사과정
• 2000년~현재 (주)씨앤앰 기술전략팀 팀장

<주요관심분야 방송응용, HCI>

김 인 수(정회원)

• 2003년 고려대학교 공과대학 산업공학과(석사)
• 2006년~현재 고려대학교 공과대학 산업경영공학부 박사과정

<주요관심분야 인간공학, HCI>

박 승 권(정회원)

• 1987년 Rensselaer Polytechnic Institute, 전자공학과(박사)
• 1993년~현재 한양대학교 공과대학 융합전자공학부 교수
• 2008년~현재 한양대학교 정보통신처장

<주요관심분야 디지털통신, 방송시스템>

박 용 진(정회원)

• 1978년 와세다대학교 전자공학과(박사)
• 1978년~2010년 한양대학교 공과대학 컴퓨터공학부 교수
• 2004년 한국정보과학회 19대 회장
• 2010년~현재 한양대학교 명예교수
• 2010년~현재 와세다대학교 교수

<주요관심분야 Computer Networking, mobile/ubiquitous computing>