

의도적 이중 눈 깜빡임을 이용한 명령 실행시의 기준에 관한 연구

A Criteria of Triggering by the Intentional Double Blinks

이경태*, 반영환**, 장필식***, 박경수****

Abstract

Several studies of eye-slaved nonverbal communicators have been performed recently. By integrating the eye and head-position monitoring devices, the present authors had developed an eye-controlled human/computer interface based on the line-of-sight and an intentional blink to invoke commands in the preceeding study. As a successive study, this paper examines the characteristics of performing the intentional double blinks experimentally and proposes the double blinks as an alternative triggering method. The applications may extend to several domains such as rehabilitation and virtual reality system with head mounted display.

keyword : eye movement, blink, triggering, line of sight, human-computer interface

* 대불대학교 산업정보공학과 교수
** 삼성전자 영상사업부
*** 대불대학교 컴퓨터학부 교수
**** 한국과학기술원 산업공학과 교수

1. 서론

눈의 움직임을 이용해 인간과 컴퓨터간의 인터페이스를 하려는 연구가 최근 활발해지고 있다. 본 저자는 선행연구에서 머리의 움직임을 완전히 360° 자유롭게 허용하면서 주시선을 계산하여 컴퓨터 화면상에 주시점이 실시간으로 표시되는 시스템(Eye-Cont rolled Human/Computer Interface, EH-CI)을 개발하여 그 실용 가능성을 제시하였다(Park and Lee, 1996). 또한 이 시스템에서는 해당 아이콘을 주시선으로 지시한 후 그 아이콘을 실행(triggering)하기 위한 방법으로 능동적 메뉴선택방법이라고 할 수 있는 의도적 눈 깜박임을 제시하여 그 사용 가능성을 보였다.

본 논문에서는 마우스 사용 시 한번 누름(single click)외에 두 번 연속 누름(double click)이 있다는 점에 착안하여 의도적 2회 연속 눈 깜박임이 컴퓨터 화면상의 메뉴나 아이콘 선정방법으로 사용 가능한지를 실험적으로 알아보고 그 기준을 제시하려한다.

2. 시스템 구성

본 연구에서 사용한 시스템은 Park and Lee(1996)가 사용한 시스템을 그대로 사용한다. 이 시스템의 구성도는 그림 1에 나와 있으며 작동원리는 다음과 같다. 피험자는 머리의 위치와 자세를 감지하는 자기장 수신기와 눈동자의 상하좌우 운동을 추적하는 눈 카

메라가 부착된 머리띠(headband)를 착용하고 컴퓨터 화면을 주시한다. 이 시스템은 머리의 위치 및 자세와 눈동자의 움직임을 추적하여 주시선을 실시간으로 계산하고 주시점에 십자모양의 커서를 표시한다(refresh rate = 60 Hz). 이 시스템의 주시선의 평균 오차는 0.5°이다. 피험자가 원하는 아이콘을 주시하면 해당 아이콘이 반전되고 눈을 깜박거리서 해당 아이콘을 실행시킨다.

눈 깜박임을 감지하기 위해 각막반사점을 이용하였다. 눈을 감으면 눈꺼풀에 의해 각막반사점은 사라진다. 이 방법은 주시선을 구하기 위해 머리띠에 붙인 눈 카메라에서 나오는 영상을 그대로 이용하므로, 눈 깜박임을 탐지하기 위한 추가장비가 필요하지 않아 유용하다. 눈을 감는 시간은 1/1000초의 정확도로 측정하였다.

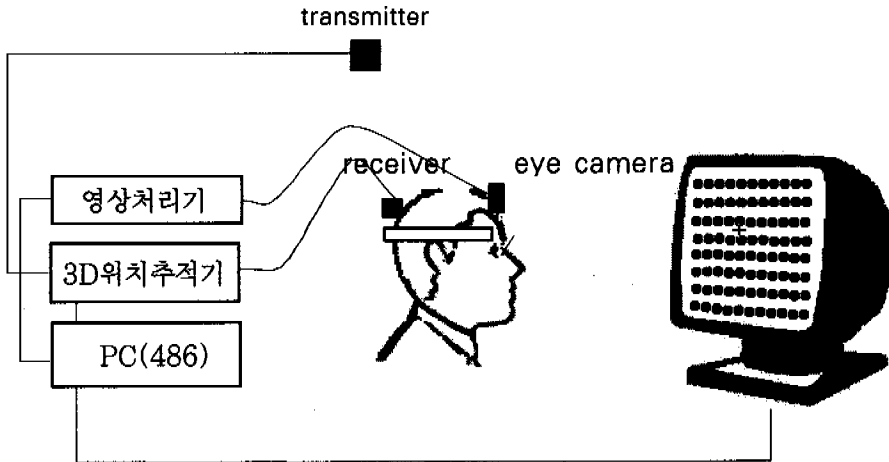


그림 1. 시스템 구성도

3. 이중 눈 깜박임과 메뉴실행절차

눈 깜박임은 내생적 눈깜박임(endogenous eye blink), 반사적 눈깜박임, 자의적 눈깜박임으로 분류할 수 있다. 이 가운데 내생적 눈깜박임과 반사적 눈깜박임은 눈 깜박임 시간이 150msec 이내 이다(Beideman and Stern, 1977; Stern et al., 1984).

장애자들에게 보다 독립적인 삶을 제공하기 위해 눈 움직임을 이용해 컴퓨터와 의사 소통하려는 시도가 행해져 왔다(Ebisawa et al., 1991; Frey et al., 1990; Hutchinson et al., 1989; LaCourse and Huldik, 1990). 손을 사용할 수 없는 장애자들을 위하여 메뉴를 선택할 수 있는 방법중의 하나는 미리 정해진 시간만큼 메뉴를 응시하고 있으면 해당 메뉴가 선택되도록 하는 것이다(Ebisawa et al., 1991). 이는 컴퓨터가 인식할 때까지 해당 메뉴를 일정시간동안 계속 주시하고 있어야 한다는 점에서 수동적인

방법이라고 할 수 있다.

Park and Lee(1996)는 내생적 눈깜박임과 반사적 눈깜박임은 눈 깜박임 시간이 150msec 이내라는 사실에 착안하여 메뉴를 선택하고 실행시키는 방법(triggering)으로 눈 깜박임을 이용하기 위해 의도적 눈 깜박임을 정의하였다. 즉, 의도적 눈 깜박임을 내생적 눈깜박임 또는 반사적 눈깜박임과 구분할 수 있도록 하기 위해 최소 300msec이상 눈을 감고 있으면 아이콘 실행을 위한 의도적 눈 깜박임으로 간주하였다(Park and Lee, 1996). 또, 주시선이 화면을 스쳐 지나가면서 무의식적으로 눈을 깜박일 때 아이콘이 선정되지 않도록 하기 위해 주시선이 해당 아이콘에 최소 50msec이상 머물러 있어야 그 아이콘을 선택하려는 의도가 있는 것으로 취급하였다. 즉, 주시선이 아이콘에 50msec이상 머물러 있고(이때 해당 아이콘이 반전됨) 의도적 눈 깜박임이 있을 때 해당 아이콘이 실행되도록 하였다.

본 연구에서는 마우스의 이중 클릭(double click)처럼 이중 눈 깜박임(double blinks)으로 화면상의 아이콘을 실행하는 것에 대한 기준을 실험적으로 제시하고 그 특성을 조사하려 한다. 참고로 마우스의 1회 클릭(single click)과 유사한 1회 눈 깜박임에 대한 아이콘 실행방법은 Park & Lee(1996)를 참조하기 바란다.

본 논문에서 시도하는 이중 눈 깜박임을 이용한 아이콘 선택 및 실행에 대한 절차는 그림 2에 있으며 다음과 같은 순서로 행해진다. 컴퓨터 화면상에 지름이 10 mm인 108개(가로 12 개 ×세로 9 개)의 아이콘이 있다(그림 1참조). 5초에서 10초 사이의 간격을 두고 108개 중 임의로 하나의 아이콘이 시간 t_0 에서 빨간색 테두리로 강조된다(목표 아이콘). 피실험자는 그 아이콘을 눈으로 찾는다.

물론 이때 화면상의 주시점은 항상 십자선으로 표시되고 십자선이 머무르는 아이콘은 반전되어 있으며 컴퓨터가 이 아이콘을 기억한다. 주시선이 목표 아이콘에 접촉하는 시간은 t_1 이다. 주시점이 목표 아이콘 위에 오면 이중 눈 깜박임을 시작한다. 첫 번째 눈 깜박임이 t_2 에서 시작하고 t_3 에서 끝난다. 두 번째 눈 깜박임은 t_4 에서 시작하고 t_5 에서 끝난다. t_5 에서 이중 눈 깜박임이 끝나자마자 눈 깜박임이 시작될 때 반전된 목표 아이콘이 실행된다. 즉, 아이콘이 반전된 상태에서 의도적 이중 눈 깜박임을 하면 해당 아이콘이 실행된다. 각 피험자는 측정변수는 D_0, D_1, D_2, D_3, D_4 이며 486 PC에서 1/1000 초의 정확도로 측정하였다. 피험자들에게 가능한 빨리 목표 아이콘을 찾아 이중 눈 깜박임을 하도록 요구하였다.

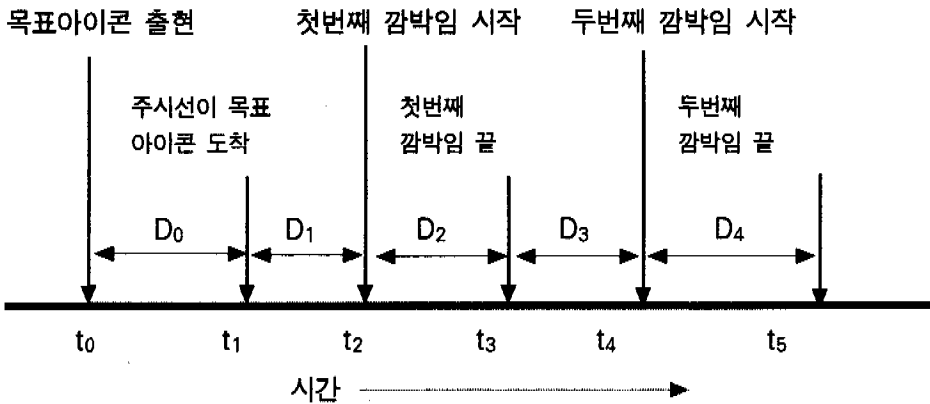


그림 2. 이중 눈깜박임 절차

3. 실험

본 실험의 목적은 의도적 이중 눈 깜박임의 속도 및 특성을 파악하는 것이다. 피험자

는 학부와 대학원생가운데 30명을 무작위로 선정하였다. 눈 깜박임은 평소에 늘 하는 동작이므로 학습효과가 크지 않을 것으로 판단된다. 실제로, 피험자들이 이 시스템에 충분

히 적응할 필요가 있다고 판단되어 모든 피험자들에게 예비실험을 거치도록 하였는데, 학습효과는 거의 없는 것으로 확인되었다. 예비실험을 거친 피험자들은 본 실험에 참가하였다. 본 실험에서는 총 30 명의 피험자에게는 각각 30회의 목표 아이콘 선정 및 실행 임무가 주어졌다(총 900회). 피험자에게는 앞 절에서 설명한 절차를 따라 가능한 빨리 의도적 이중 눈 깜박임을 행하도록 요구하였다. 측정 변수는 D_0 , D_1 , D_2 , D_3 , D_4 이며 작위실수 (commission error)와 무작위 실수 (omission error)도 동시에 측정하였다. 작위실수는 목표 아이콘이 출현하지 않은 상태에서 의도적 이중 눈 깜박임을 행한 경우이고, 무작위 실수는 목표 아이콘이 출현한 후 5초가 지나도록 의도적 이중 눈 깜박임을 수행하지 않는 경우로 정의하였다.

4. 실험결과

실험 결과가 표 1과 표 2에 정리되어 있다. 표 1은 이중 눈 깜박임에 관계하는 변수에 대한 기초통계이다. 여기서 D_1 은 눈이 목표 아이콘을 찾는데 걸리는 시간인데 이 시간은 작업의 난이도와 관련되어 있다. 이 시간은 본 논문의 주 관심사항이 아니므로 분석에서 제외하였다. 본 연구의 주 관심사는 주시선이 목표 아이콘에 도달 한 후 이중 눈 깜박임을 완료할 때까지 걸리는 시간이다. 따라서 $D_1+D_2+D_3+D_4$ 가 순수하게 아이콘을 선택하는데 소요되는 시간이다. $D_1+D_2+D_3+D_4$ 의 평균과 표준편차는 780.3 msec

와 233.8 msec 이다. 또, 5%분위수는 680 msec, 95%분위수는 1328 msec이다. 이 시간은 이중 눈 깜박임을 이용해 컴퓨터 화면상의 아이콘을 실행할 때의 기준이 될 수 있다.

표 2는 이중 눈 깜박임에 관계되는 변수간의 상관관계수이다. 여기서 주목할 만한 결과는 첫 번째 눈 깜박임(D_2)과 두 번째 눈 깜박임(D_4)간의 상관관계수가 거의 0 이라는 점이다. 이는 첫 번째 눈 깜박임(D_2)이 빠르면 두 번째 눈 깜박임도 빠를 것이라는 일반적인 기대와는 달리 두 연속적인 눈 깜박임 사이에 종속성이 없다는 것을 의미한다. 피험자 개인에 대한 D_2 와 D_4 간의 상관관계도 일정한 경향을 보이지 않았다. 어떤 피험자는 양의 상관관계, 다른 피험자는 음의 상관관계를 보였으나 통계적으로 유의하지는 않았다.

이중 눈 깜박임에서 첫 번째 눈깜박임과 두 번째 눈 깜박임 시간차, 즉, D_2 와 D_4 간의 평균차 검정결과는 통계적으로 유의하지 않았다 ($t=-0.005$, $p=0.95$). 그러나 D_2 와 D_4 간의 분산은 차이가 있었다($H1: \sigma_{D_2} > \sigma_{D_4}$, $F=1.28$, $p=0.0000825$). D_2 와 D_3 의 표준편차는 각각 107.7 msec, 94.9 msec이었다. 이는 두 번째 눈 깜박임 시간이 더 안정적인 의미를 의미한다.

피험자간의 개인차에 대한 분석을 행하였다. D_1 , D_2 , D_3 , D_4 , $D_1+D_2+D_3+D_4$ 모두 피험자간의 개인차를 보였다.

$(D_1: F_{28,890}=11.79, p=0.0000,$

$D_2: F_{28,890}=9.49, p=0.0000,$

$D_3: F_{28,890}=9.69, p=0.0000,$

$D_4: F_{28,890}= 15.97, p=0.0000,$

$D_1 + D_2 + D_3 + D_4$; $F_{28,890} = 17.35$, $p = 0.0000$). 이는 이중 눈 깜박임으로 아이콘을 실행하는 작업을 할 때 일반적인 기준보다 개인차를 고려해 줄 필요성이 있다는 것을 의미한다.

작위실수(commission error)와 무작위 실수(omission error)에 대한 분석을 행하였다. 총 900회의 시행 중 무작위 실수는 총 16회로 1.78%를 차지하였다. 무작위 실수의 대부분은 현 시스템의 주시선의 평균 오차가 0.5° 이기 때문에, 주시점이 원하는 아이콘 위에 정확히 표시되지 않고 주변에 표시되어

있는 경우 이를 바로잡기 위해 눈을 주변으로 더 돌리느라 시간(5초)을 넘겨버린 경우가 대부분 이었다. 따라서, 이중 눈 깜박임을 이용한 아이콘 선정 실행에서 무작위 실수는 주시선의 정확도가 향상된다면 문제가 없으리라 여겨진다. 작위 실수는 총 900회 시행 중 4회로 0.44%를 차지하였다. 이는 의도적 이중 눈 깜박임이 아이콘 실행방법으로 안정적인 방법이라는 사실을 의미한다고 할 수 있다. 참고로 Lee(1996)의 단일 눈 깜박임(single blink)을 이용한 목표 아이콘 실행에서 작위 실수의 비율은 0.88%이었다.

표 1. 이중 눈깜박임에 관계하는 변수에 대한 기초통계(단위:msec)

	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	전체시간 (D ₁ +D ₂ +D ₃ +D ₄)
평균	390.8	233.2	101.5	233.5	959.0
표준 편차	124.9	107.7	67.5	94.9	207.8
5% 분위수	251.0	121.0	38.0	111.0	680.0
95%분위수	596.0	481.0	239.0	401.0	1328.0

- D₁ :주시선이 목표 아이콘에 도착한 때부터 첫 번째 눈깜임 시작까지의 시간
- D₂ :첫 번째 눈깜임에 소요되는 시간
- D₃ :첫번째 눈깜박임과 두 번째 눈깜임 사이의 눈 뜨고있는 시간
- D₄ :두 번째 눈깜임에 소요되는 시간

표2. 이중 눈깜박임에 관계되는 변수간의 상관계수

	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄
D ₁	1	0.02	-0.0064	-0.0402
D ₂	0.02	1	0.0258	0.0900
D ₃	-0.0064	0.0258	1	0.0355
D ₄	-0.0402	0.0900	0.0355	1

5. 결론 및 토의

본 연구에서는 선행연구인 눈으로 조종하는 인간/컴퓨터 인터페이스(EHCI, Eye-controlled Human Computer Interface) 시스템을 이용하여 컴퓨터 화면상의 아이콘을 선정 실행하는 방법으로 의도적 이중 눈 깜박임의 실행절차와 기준을 제시하였다. 장애자들을 위한 기존의 연구는 선택하려는 아이콘이나 메뉴를 일정기간 이상 계속 주시해야 하는 수동적인 방법이었으나, 본 연구에서는 마우스의 이중 클릭과 유사한 이중 눈 깜박임을 이용한 능동적인 방법을 제시하였다. 의도적 이중 눈 깜박임의 평균 수행시간은 780 msec이며 5%분위수와 95%분위수는 각각 680 msec, 1328 msec이었다. 이 값들은 이중 눈 깜박임을 이용해 컴퓨터 화면상이나 HMD상의 아이콘을 실행할 때의 기준이 될 수 있다. 또, 작위 실수 비율이 0.44%이라는 사실로부터 의도적 이중 눈 깜박임이 아이콘 실행방법으로 안정적인 방법이라는 사실을 알 수 있다.

이런 방법은 Park & Lee(1996)의 연구 결과와 함께, 손을 쓸 수 없는 장애인들을 위한 컴퓨터 인터페이스의 한 방법으로 이용될 수 있으며 정상인들도 주시선을 이용하여 컴퓨터와 인터페이스 하는 시스템에서 아이콘이나 메뉴를 실행하는 하나의 방법이 될 수 있다 하겠다. 이는 재활이나 HMD로 구현하는 가상현실 시스템에도 활용될 수 있으리라 생각한다.

참고 문헌

- 1) Beideman, L.R. and Stern, J.A., "Aspects of the eye blink during simulated driving as a function of alcohol", Human Factors, 19, 73-77, 1977.
- 2) Ebisawa, Y., Kaneko, K., Kojima, S., Ushikubo, T. and Miyakawa, T., "Non-invasive eye-gaze position detecting method used on man/machine interface for the disabled", Proceedings of the 4th Annual Symposium on Computer Based Medical System, (pp. 374-380), 1991.
- 3) Lee, K.T., Ph.D. theses, Eye-controlled Human/Computer Interface using the Line-of-sight and the Intentional Blink, KAIST, 1996.
- 4) Frey, L.A., White, K.P. and Hutchinson, T.E., "Eye-Gaze Word Processing", IEEE Trans. Syst. Man Cybern. 20, 944-950, 1990.
- 5) Hutchinson, T.E., White, K.P., Martin, W.N., Reichert, K.C. and Frey, L.A., "Human-computer interaction using eye-gaze input", IEEE Trans. Syst. Man Cybern.

- 19, 1527-1534, 1989.
- 6) LaCourse, J.R. and Hludik., F.C., "An eye movement communication-control system for the disabled", IEEE Trans. Biomedical Engng. 37, 1215-1220, 1990.
- 7) Park, K.S. and Lee, K.T., "Eye-controlled Human/Computer Interface using the Line-of-sight and the intentional Blink", Computer & Industrial Engineering. 30(3), 463-473, 1996.
- 8) Stern, J.A., Walrath, L.C. and Goldstein, R., "The endogenous eyeblink", Psychophysiology. 21, 22-33, 1984.
- 9) Young, L.R. and Sheena, D., "Survey of eye movement recording methods", Behavior Research Methods & Instrumentation. 7, 397-429, 1975.