

# Tilt navigation 을 위한 리스트 아이템 간 이동 속도 제어 알고리즘

## Algorithm for Controlling Speed of Moving Between Menu List Items in Tilt Navigation

손준일, 최은석, 방원철, 김연배

삼성종합기술원 Advanced System Research Lab.

### 요약

휴대용 모바일 디바이스의 입력 장치로는 스타일러스나 터치 스크린의 채용이 가장 일반적이거나, 이들 방식을 사용하기 위해서는 사용자는 두 손을 모두 사용해야 하는 불편함이 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 가속도나 자이로 센서를 이용한 tilt navigation 이 많은 관심을 받고 있다. Tilt navigation 은 한 손으로 모바일 디바이스를 잡고 기울임으로써 원하는 기능이나 항목을 선택할 수 있는 장점이 있으나, 사용자에게 익숙하지 않아 아직 보편화 되지 않고 있다.

본 연구는 tilt navigation 에서 사용자가 원하는 메뉴나 항목을 보다 쉽게 찾아 갈 수 있도록 메뉴 또는 항목 간의 이동 속도를 제어하는 알고리즘을 제안하고자 한다. 제안하는 알고리즘은 목표 항목을 찾아 가는 과정에서 과거의 기울임 정보를 바탕으로 목표 아이템 존재하는 범위를 설정하고, 항목 간의 이동 속도를 범위의 크기에 비례하도록 설정하여 사용자가 목표 아이템을 보다 편리하게 찾고 선택할 수 있도록 한다. 또한 본 연구에서는 가속도 센서를 장착한 PDA 를 이용하여 기존의 tilt navigation 과 제안하는 알고리즘이 적용된 tilt navigation 과의 목표 아이템을 찾아가는데 걸리는 소요 시간을 비교하여, 제안하는 알고리즘의 효과를 보이고자 한다.

**핵심어:** Tilt Navigation, Controlling Speed of Moving Between Menu List Items

## 1. 서론

현대는 정보가 다양해지고 이를 이용하려는 사용자의 욕구가 높아짐에 따라 PDA, PMP, MP3, 휴대폰과 같은 휴대용 모바일 디바이스의 사용이 많아지고 있다. 이들 휴대용 모바일 디바이스의 입력 장치로는 버튼, 스타일러스 또는 터치 스크린의 채용이 가장 일반적이거나, 이들 방식은 사용자의 두 손이 필요하다는 불편함이 있다. 이러한 문제점을 해결함과 동시에 휴대용 모바일 디바이스에 적합한 입력 수단을 찾아가는 노력이 있어 왔는데, 그 중 가속도나 자이로 센서를 이용한 tilt navigation이 특히 많은 관심을 받고 있다[1, 2, 3]. Tilt navigation은 휴대용 모바일 디바이스에 장착된 가속도 센서나 자이로 센서, 지자기 센서 등을 이용하여 휴대용 모바일 디바이스의 기울어짐을 감지하고 기울임의 방향과 정도를 user interface에 이용하는 것을 말한다. Tilt navigation은 한 손만으로 디바이스를 사용할 수 있다는 장점이 있음에도 불구하고 사용자에게 익숙하지 않다는 이유로 상용화에 걸림돌이 되고 있다.

본 연구는 tilt navigation에서 원하는 메뉴나 항목을 찾아가기 위해 사용자가 휴대용 모바일 디바이스를 기울인 정보들을 바탕으로 원하는 목표가 존재하는 범위를 설정하고, 이 범위의 크기에 따라 메뉴 또는 항목 간의 이동 속도를 제어하는 알고리즘을 제안함으로써 사용자가 편리하게 tilt기능을

이용하여 목표 항목을 찾을 수 있도록 하고자 한다.

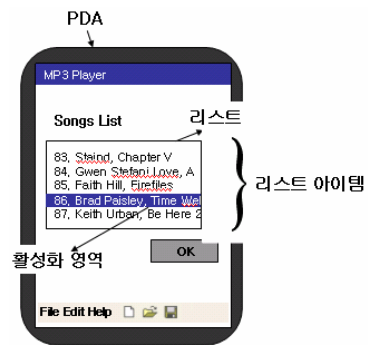


그림 1 리스트를 갖는 PDA application 예

그림 1은 리스트를 갖는 PDA application 예를 보이고 있는데, 다음 절부터 설명하는 알고리즘의 이해를 돕기 위해 그림 1에서 사용된 용어를 정리하면 다음과 같다.

**리스트:** 다수의 리스트 아이템들의 묶음

**리스트 아이템:** 리스트를 구성하는 요소로서 그림 1에서 ..., 83, 84, 85, 86, 87 ... 이 여기에 해당 된다.

**활성화 영역:** 다수의 리스트 아이템 중에서 커서가 위치한

영역으로서 그림 1에서는 86번 리스트 아이템이 여기에 해당되며, PDA를 앞뒤로 기울일 경우 기울이는 방향에 따라 활성화 영역은 위 또는 아래로 옮겨 간다.

**목표 아이템:** 리스트 아이템 중에서 사용자가 선택하기를 희망하는 아이템

## 2. 리스트 아이템 간 이동 속도 제어 알고리즘

### 2.1. 기존의 일반적인 리스트 아이템 간 이동 속도 제어 알고리즘

휴대용 모바일 디바이스 몸체의 기울어진 정도에 따라 화면상의 포인터나 리스트 아이템 간의 활성화 영역 이동을 제어하는 tilt navigation은 가속도 센서나 자이로 센서를 이용하여 구현 된다. 3축 가속도 센서를 이용하는 tilt navigation의 경우에는 아래 식 1, 2에서와 같이 각 축에 미치는 중력 가속도의 정도를 이용하여 휴대용 모바일 디바이스의 기울어진 방향과 크기를 얻는다.[4, 5]

$$roll = -\sin^{-1}\left(\frac{g_x}{\|g\|_2}\right) \quad (1)$$

$$pitch = -\sin^{-1}\left(\frac{g_y}{\|g\|_2} \cos(roll)\right) \quad (2)$$

여기서,  $\|g\|_2$ 는  $g$ 의 *magnitude*

$$g = [g_x, g_y, g_z]$$

Tilt navigation에서 활성화 영역이 리스트 아이템 간을 이동하는 속도를 제어하는 일반적인 방법으로는 휴대용 모바일 디바이스의 기울어진 정도에 비례하여 이동 속도를 조절하는 방법이 있다. 이것은 사용자가 원하는 목표 아이템까지의 이동 거리가 길 경우 기울임을 크게 하고, 이동 거리가 짧을 경우 기울임을 작게 하여, 목표 아이템 근처까지 빠르게 이동할 수 있다는 장점이 있다[6, 7, 8]. 그림 2와 그림 3은 간단하게 구현된 기존의 tilt navigation에 대한 사용자의 사용패턴 예를 보이고 있다.

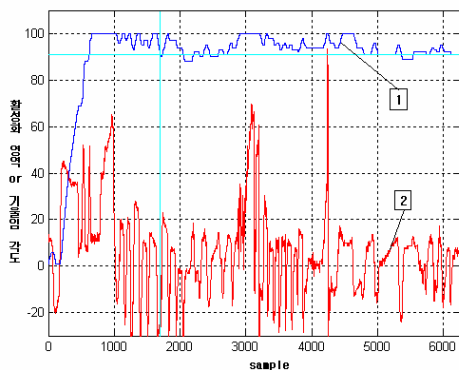


그림 2 기존의 Tilt navigation에서 사용자의 기울임 동작 패턴 예1

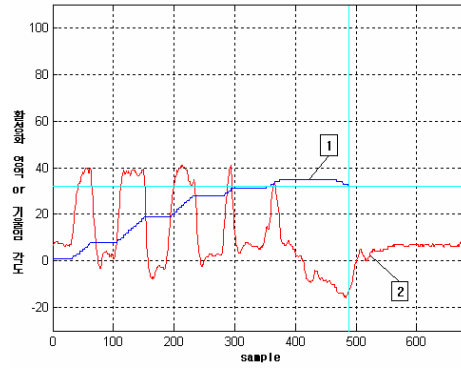


그림 3 기존의 Tilt navigation에서 사용자의 기울임 동작 패턴 예 2

그림 2와 그림 3에서 가로축은 100Hz로 샘플링 시의 샘플회수를 나타내며, 세로축은 [1] 그래프에서는 각 샘플링 시점에서 활성화 영역에 해당되는 리스트 아이템 번호를 의미하고, [2] 그래프에서는 각 샘플링 시점에서의 기울임 각도(°)를 의미한다. 그림 2에서 사용자가 기울임으로 선택 해야 하는 목표 아이템은 91번째 리스트 아이템인데, 이를 위하여 사용자는 약 6초 만에 100번째 리스트 아이템에 도달한 후, 목표 아이템인 91번째 리스트 아이템에서 정확히 멈추지 못하고 상당히 오래 동안 91번째 리스트 아이템 주위를 반복해서 지나치고 있다. 그림 3에서는 사용자가 기울임으로 선택 해야 하는 목표 아이템이 32번째 리스트 아이템인데, 이를 위하여 사용자는 휴대용 모바일 디바이스를 한 번 기울이고 결과를 확인하는 동작을 반복하여 약 5초 만에 목표 아이템에 도착하였다.

이 결과에서도 나타나듯, 실제로 tilt navigation을 피실험자에게 시켜보면 목표 아이템에 기울임을 정확히 멈추는 것이 어려워 목표 아이템을 지나치는 일이 자주 발생하고 목표 아이템에 도달하는데 걸리는 소요 시간이 길며, 휴대용 모바일 디바이스의 기울임을 제어하는 것을 어렵게 느끼고 부담감을 갖게 된다. 이러한 이유로 tilt navigation 사용자는 휴대용 모바일 디바이스를 힘을 주어 잡거나 팔을 몸에 밀착시켜 안정감을 도모하고, 고도의 집중력을 유지하려 노력하는 모습을 보이며 결국 tilt navigation의 불편함을 호소한다.

### 2.2. 기존의 일반적인 리스트 아이템 간 이동 속도 제어 알고리즘

앞에서도 언급 하였듯, 본 연구에서는 사용자가 tilt navigation을 사용하는데 있어서 쉽게 원하는 목표 아이템에 도착할 수 있도록 리스트 아이템 간 이동 속도를 제어하는 알고리즘을 제안하고, 기존의 일반적인 tilt navigation과의 성능 향상 정도를 비교한다. 이를 위해 제안하는 알고리즘과의 비교 대상이 되는 기존의 tilt navigation 알고리즘이 필요한데, 기존의 tilt navigation 알고리즘에서는 기울임의 정도에 따른 활성화 영역의 이동 속도 정의, 즉 기울임과 이동 속도의 관계식이 tilt navigation 사용성을 결정한다.

본 절에서는 본 연구에서 제안하는 tilt navigation 알고리즘의 비교 대상이 되는 기존의 tilt navigation 알고리즘으로, 사용성이 편리한 tilt navigation 알고리즘을 선정하기 위해

기울임의 정도에 따라 활성화 영역의 이동 속도를 정의하는 4개의 속도 정의 함수에 대해 사용자들의 사용성을 비교한 후 이들 중에서 가장 성능이 좋은 속도 정의 함수를 선택하여 기존의 tilt navigation 기능을 구현 한다.

기존의 tilt navigation 알고리즘은 휴대용 모바일 디바이스의 기울어진 정도에 비례하여 활성화 영역의 리스트 아이템 간 이동 속도를 조절하는데, 이동 속도는 활성화 영역이 각각의 리스트 아이템에 머무르는 시간에 반비례 한다. 즉 활성화 영역이 각각의 리스트 아이템에 머무르는 시간이 짧을수록 활성화 영역의 이동 속도는 빠르게 느껴진다. 따라서 기울임의 정도에 대한 활성화 영역이 리스트 아이템에 머무르는 시간은 단조 감소 함수 형태로 표현된다.

그림 4는 본 연구에서 사용된 기울임에 따른 활성화 영역이 리스트 아이템에 머무는 시간을 정의하는 4개의 속도 정의 함수를 보이고 있으며, 그림에서의 함수 1, 2, 3, 4는 각각 아래의 수식 3, 4, 5, 6과 같다.

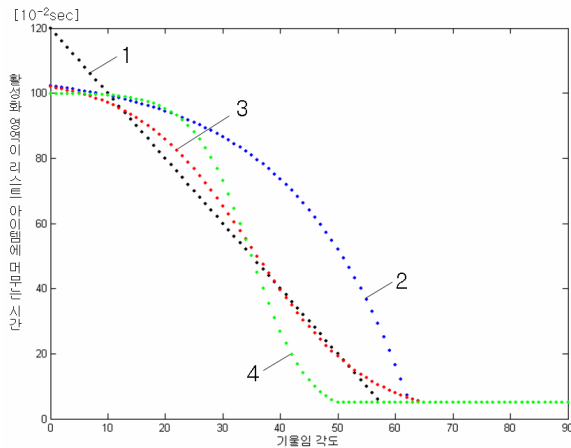


그림 4 기존의 tilt navigation을 위한 속도 정의 함수

$$y = -2x + 120 \quad (3)$$

$$y = -e^{0.05(x+30)} + 106 \quad (4)$$

$$y = 105 \left( 1 - \frac{1}{(1 + e^{-(x-35)/10})} \right) \quad (5)$$

$$y = 100 \left( 1 - \frac{1}{(1 + e^{-(x-35)/5})} \right) \quad (6)$$

그림 4에서 보여준 4개의 속도 정의 함수 중에서 기존의 tilt navigation을 위한 최적의 함수를 찾기 위해 4개의 속도 정의 함수를 사용하여 tilt navigation을 구현하였고 이를 10명의 사용자를 대상으로 휴대용 모바일 디바이스를 기울여, 미리 주어진 목표 아이템들에 도달하는데 걸리는 소요시간을 비교하였다.

그림 5는 속도 정의 함수를 이용한 tilt navigation의 동작 과정을 흐름도로 나타낸 것이다. 그림 5에서 thresh는 활성화 영역이 리스트 아이템에 머무는 시간을 의미하며, 휴대용 모바일 디바이스의 기울기에 따라 그림 4에서 보여준 속도 정의 함수에 의해 결정 된다. 그리고 구현된 tilt navigation 시스템은 -10 ~ +10도 이내의 기울기에선 활성화 영역이

이동하지 않고 그 이상에서만 이동하도록 설정하였다.

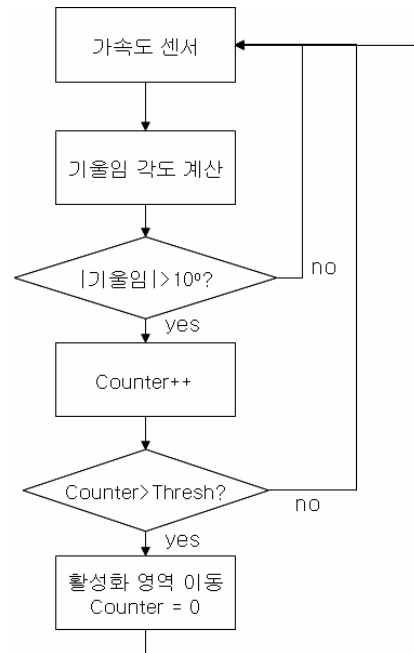


그림 5 기존의 tilt navigation 기능의 구현 흐름도

10명의 사용자에게 4가지 속도 정의 함수를 적용한 tilt navigation을 각각 사용하게 하여 미리 정해진 10개의 리스트 아이템을 선택하게 한 후 이 과정을 수행하는데 걸린 시간을 측정하였는데 그 결과는 그림 6과 같다.

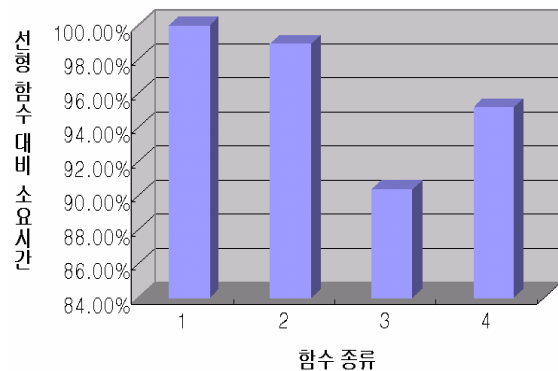


그림 6 속도 정의 함수에 따른 소요 시간 비교 결과

그림 6에서 가로축의 번호는 그림 4에서 보여준 속도 정의 함수를 의미하고 세로축은 1번 함수인 선형 함수 대비 각 함수의 소요 시간을 나타내고 있다. 그림에서 알 수 있듯이, 3번 함수가 1번 함수에 비해 과제를 수행하는데 걸린 소요 시간이 약 10% 적으며 제시한 4개의 함수 중에서 가장 사용성이 높다고 할 수 있다. 따라서 다음 절에서 제안하는 리스트 아이템간 속도 제어 알고리즘은 3번 함수를 적용한 기존의 tilt navigation 알고리즘과 성능을 비교 한다.

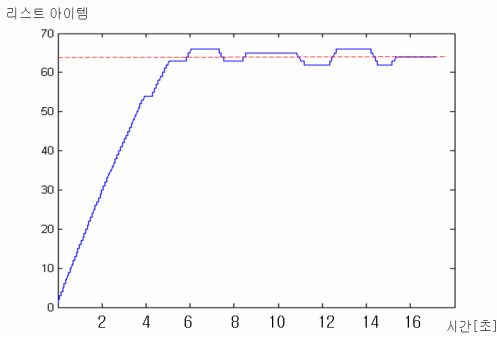


그림 7 속도 정의 함수 3을 적용한 tilt navigation에서 활성화 영역의 이동 경로

그림 7은 위에서 얻은 속도 정의 함수 3번을 적용한 tilt navigation을 이용하여 사용자가 휴대용 모바일 디바이스를 기울여 목표 아이템까지 도달하는 실험에서 측정된 사례 중 하나를 보인 것으로서, 가로축은 시간을 나타내며 세로축은 리스트에서 시간에 따른 활성화 영역의 이동 경로를 나타낸다. 이 실험에서 사용자의 목표는 64번째 아이템을 선택하는 것이었으나, 그림에서 보는 바와 같이 64번째 리스트 아이템에서 멈추지 못하고 오랜 시간 동안 반복해서 지나치는 것을 볼 수 있다. 이러한 현상 때문에 사용자는 목표 아이템 근처에서 휴대용 모바일 디바이스를 기울이는데 부담을 느끼며 결국 tilt navigation의 불편함을 호소한다.

### 3. 제안하는 리스트 아이템 간 이동 속도 제어 알고리즘

Tilt navigation 기능 이용 시 목표 아이템 근처를 반복해서 지나치는 문제점을 없애기 위해, 본 연구에서 제안하는 알고리즘은 사용자가 목표 아이템을 선택하기 위해 휴대용 모바일 디바이스를 기울이다가 현재의 활성화 아이템을 확인하기 위해 기울임을 멈출 경우, 이 때의 활성화 영역의 위치와 그 다음의 기울임 방향 정보를 바탕으로 사용자가 원하는 목표 아이템이 존재할 범위를 결정한다. 이 범위에 따라 리스트 내에서 활성화 영역이 이동할 수 있는 범위를 제한하여, 사용자의 실수로 목표 아이템을 지나쳐 너무 많은 아이템을 이동하는 것을 막을 수 있다. 또한 제한하는 알고리즘은 활성화 아이템의 이동 속도를 이 범위의 크기에 비례하도록 설정하여 목표 아이템에 접근함에 따라 즉 후보 범위가 줄어들수록 활성화 영역의 이동 속도를 느리게 하여 목표 아이템 근처에서 섬세한 제어를 가능하게 한다. 제안하는 알고리즘의 동작 과정을 흐름도로 나타내면 그림 8과 같다.

사용자가 휴대용 모바일 디바이스를 기울여 활성화 영역을 이동시키다가 활성화 영역의 현재 위치를 파악하기 위해 기울임을 멈추고 다시 기울였을 때, 가장 최근의 멈춤 동작 이전과 이후의 기울임 방향으로부터 사용자가 원하는 목표 아이템이 가장 최근의 멈춤 지점 보다 이전에 있는지 이후에 있는지를 판단할 수 있다. 그림 8에서의 boundary의 설정은 이 판단에 따라 가장 최근에 멈춘 리스트 아이템을 상위 경계 지점으로 또는 하위 경계 지점으로 정하는 것을 말한다. 이러한 메커니즘은 사용자가 과도하게 기울여 활성화 영역이 목표 아이템을 지나치게 되더라도 목표 아이템으로부터 너무

멀리 가는 것을 방지해 준다.

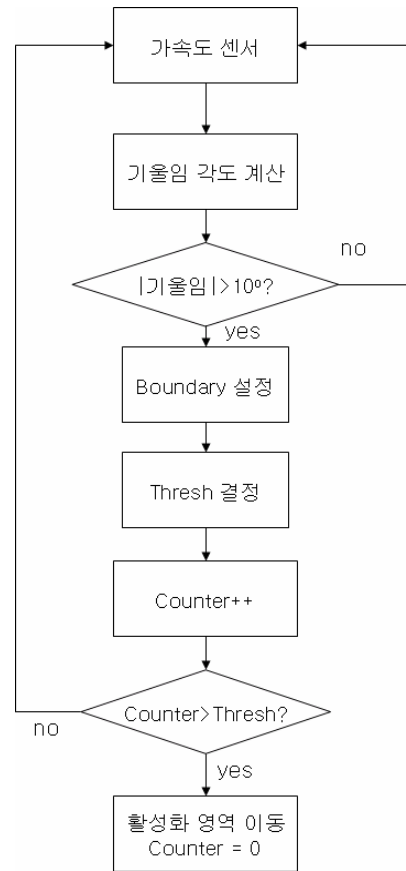


그림 8 제안하는 리스트 아이템 간 이동 속도 제어 알고리즘의 동작 흐름도

사용자가 원하는 목표 아이템은 boundary 설정에서 결정된 상위 경계와 하위 경계 사이에 있게 되는데, 상위 경계와 하위 경계의 간격이 좁을수록 현재의 활성화 영역과 목표 아이템의 거리가 가깝다는 것을 의미하므로 활성화 영역의 이동 속도를 빠르게 할 필요가 없다. 따라서 그림 8에서의 threshold의 결정은 상위 경계와 하위 경계 사이의 간격의 크기에 비례하여 활성화 영역이 리스트 아이템에 머무는 시간을 결정하는 것을 말한다. 이를 수식으로 나타내면 식 7과 같다.

$$T_{thresh} = \alpha(B_U - B_D) \quad (7)$$

여기서,  $T_{thresh}$ 는 활성화 영역이 다음 리스트 아이템으로 이동하기 전에 현재 리스트 아이템에서 머무는 시간을 의미하고,  $\alpha$ 는 상수,  $B_U$ 는 상위 경계,  $B_D$ 는 하위 경계를 의미한다

아래 그림 9는 제안하는 리스트 아이템 간 이동 속도 제어 알고리즘을 적용한 tilt navigation을 사용한 예로서 활성화 영역의 이동 경로를 보이고 있다. 그림 9에서 가로축은 시간을 나타내며 세로축은 활성화 영역의 이동 경로를 나타

낸다.

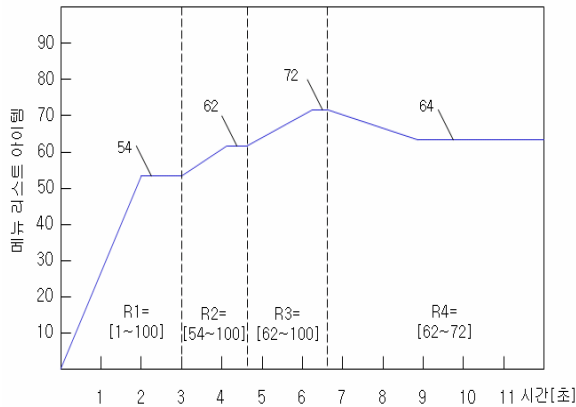


그림 9 제안하는 알고리즘이 적용된 tilt navigation에서 활성화 영역의 이동 경로

그림 9에서, 사용자는 100개의 아이템 중 목표 아이템인 64번째 아이템을 선택하기 위하여 휴대용 모바일 디바이스를 기울이다 선택영역이 54번째 아이템을 지나는 순간에 기울임을 멈춰 현재의 활성화 아이템 위치를 확인하였고, 이후에 기존과 동일한 방향으로 기울임을 계속하였다. 이것은 사용자가 원하는 목표 아이템이 55~100번째 아이템 사이에 존재한다는 것을 의미하며, 이것은 후에 사용자가 현재 진행 방향과 반대 방향으로 활성화 영역을 이동시키기 위해 휴대용 모바일 디바이스를 반대 방향으로 기울이더라도 활성화 영역이 54번째 리스트 아이템 이하까지 이동할 필요가 없다는 것을 의미한다. 계속해서 그림 9를 보면, 사용자는 이후에 62번째 리스트 아이템과 72번째 리스트 아이템에서 멈춘 후 기울임의 방향을 바꾸었다. 이것은 사용자가 원하는 목표 아이템은 63~71번 리스트 아이템 사이에 존재한다는 것을 의미하므로 활성화 영역의 이동을 63~71 이내로 제안하여 사용자의 실수에 의한 활성화 영역의 불필요한 이동을 막을 수 있다. 또한 후보 아이템이 63~71로 9개에 불과하므로 활성화 영역의 이동 속도를 낮추었다. 그림 9에서는 사용자가 기울임을 멈추는 반복함에 따라 후보 범위가 좁아져 이동 속도의 그래프 기울기가 줄어든 것을 볼 수 있다.

#### 4. 기존의 tilt navigation과 제안하는 tilt navigation의 성능 비교 실험 결과

제안하는 알고리즘의 성능을 보이기 위해 삼성 스마트폰(Mits-4300)에 3축 가속도 센서를 장착하였고, 100곡의 노래 제목을 리스트로 갖는 MP3 player를 가정한 UI 화면을 구성하였다. 10명의 사용자를 대상으로 2.2절에서 언급한 tilt navigation의 일반적인 속도 제어 알고리즘과 제안하는 알고리즘 각각에서 사용자가 목표 아이템에 도달하는 시간을 비교하여 제안하는 알고리즘의 효과를 확인하였다. 그림 10은 제안한 알고리즘과 기존 방식을 비교한 결과로서, 가로축은 사용자에게 제시된 목표 아이템이고 세로축은 목표 아이템까지 도달하는데 걸린 소요시간을 나타낸다.

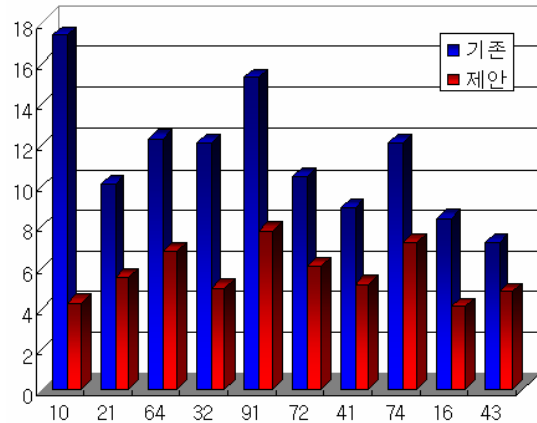


그림 10 제안한 알고리즘과 기존 알고리즘의 성능 비교

이 실험을 통하여 제안한 알고리즘에 의하여 목표 아이템 도달 소요 시간이 기존 방식 대비 평균 48% 감소함을 알 수 있었다.

#### 5. 결론

본 연구에서는 휴대용 모바일 디바이스에 사용되는 tilt navigation의 사용성을 향상시키기 위해 활성화 영역의 이동 속도를 제어하는 알고리즘을 새로이 제안하였고, 주어진 과제를 수행하는데 걸린 소요 시간을 비교함으로써 기존의 tilt navigation 알고리즘에 비해 본 논문에서 제안한 tilt navigation 알고리즘이 우수함을 보였다. 이 과정에서 실험을 통하여 기존의 tilt navigation 알고리즘에 적합한 속도 정의 함수를 구하였고, 피시험자들의 동작 패턴을 관찰하여 기존 tilt navigation 알고리즘이 사용자에게 불편을 초래하는 원인을 파악하였다.

본 연구에서 제안한 tilt navigation 알고리즘은 기존의 tilt navigation 알고리즘에 비해 사용자가 원하는 목표 항목에 보다 빠르게 도달 하도록 하여 tilt navigation의 사용성을 향상시켰으므로 PDA, MP3 player 와 같은 휴대용 모바일 디바이스에 폭넓게 적용되어질 수 있을 것으로 기대 된다.

#### 참고문헌

- [1] J. Rekimoto, "Tilting Operations for Small Screen Interfaces" UIST, 1996.
- [2] L. Dong, C. Watters, and J. Duffy, "Comparing two one-handed access methods on a PDA", *Proceedings of the 7<sup>th</sup> international conference on Human computer interaction with mobile device & service*, 2005.
- [3] I. Oakley and O. Sile, "Tilt to Scroll: Evaluating a Motion Based Vibrotactile Mobile Interface",

*First Joint Eurohaptics Conference and Symposium*, pp. 40-49, 2005.

- [4] A. Kim and M. Golnaraghi, "A Quaternion-Based Orientation Estimation Algorithm Using an Inertial Measurement Unit", *Position Location and Navigation Symposium*, pp. 26-29, 2004.
- [5] J. Vaganay, M. Aldon, and A. Fournier, "Mobile Robot Attitude Estimation by Fusion of Inertial Data", *Robotics and Automation, 1993 IEEE International Conference*, pp. 277-282, vol. 1, 1993.
- [6] I. Poupyrev, S. Maruyama, and J. Rekimoto, "Ambient Touch: Designing Tactile Interfaces for Handheld Devices" presented at ACM UIST02, Paris, France, 2002.
- [7] M. Katsuhiko, "휴대 단말 장치의 유저 인터페이스 장치", Japan Patent 2002-268622, 2002.
- [8] H. Yuka, "휴대 전화 단말의 표시 화면 제어 장치", Japan Patent 2001-136259, 2001.
- [9] B. Bhanu, B. Roberts, and J. Ming, "Inertial navigation sensor integrated motion analysis for obstacle detection", *IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation*, pp. 954-959, 1990.
- [10] B. Schneiderman, "The Future of Interactive Systems and the Emergence of Direct Manipulation", *Behaviour and Information Technology*, 1, pp. 237-256, 1982.
- [11] B. Harrison, K. Fishkin, A. Gujar, C. Mochon, and R. Want, "Squeeze Me, Hold Me, Tilt Me An Exploration of Manipulative User Interfaces", *CHI98 Los Angeles CA USA*, 1998.