고급 컴퓨터 네트워크 Term Project

**WiFi Signal Strength 유지를 통한 Gesture Detection의 정확성 향상**

**15조: 최찬희 (2015-21273), 이지화 (2015-31051)**

# Abstraction

WiGest는 WiFi 신호를 트래킹하여 그 신호가 변화하는 패턴을 인식하는 방법으로 사용자의 제스처를 탐지해내는 프레임워크이다. WiGest는 RSSI 신호의 edge와 pause를 파악하여 제스쳐의 primitives로 사용하기 때문에, WiFi 신호의 세기에 많은 영향을 받는다. 그러므로 WiGest의 정확성을 향상시키기 위해서는 RSSI를 잡음없이 강한 세기로 수신되는 상태가 유지되어야 한다. 이 보고서에서는 주변에 있는 여러 개의 AP들로부터 받는 신호들을 활용하여 제스쳐가 인식되는 수신부의 RSSI가 항상 높은 품질로 유지하는 방법을 소개한다. 이러한 방법을 통해 WiGest의 제스처 인식의 정확도를 높일 수 있다.

# Introduction and Problem Description

최근 모바일 기술의 급격한 성장과 더불어 사용자가 어플리케이션을 컨트롤 하는 다양한 방법들도 개발되고 있다. 그 중 제스처 인식은 다양한 디바이스에서 채용되고 있는 입력 시스템으로서 스마트폰, 노트북, 게임기, 자동차 등 많은 분야에 적용되고 있다.

기존의 제스처 인식 시스템은 일반적으로 비전 프로세싱이나 자이로센서, 초음파나 적외선 등을 사용하는데 이러한 기존 시스템들은 특정 어플리케이션 전용이거나 빛에 민감하거나, 고가의 장비나 기구가 필요하고 모바일 디바이스를 붙잡고 있어야 하거나 센서를 몸에 부착하거나 입어야 하는 등의 다양한 제약 사항을 가지고 있다. 이러한 제약사항을 극복하고 모바일 디바이스에서 실행되는 다양한 어플리케이션에 핸즈 프리 입력이 가능하도록하는 와이파이 기반 제스처 인식 시스템들이 제안되고 있다.

WiGest는 앞서 설명한 바와 같이 WiFi 신호를 트래킹하여 사용자의 제스쳐를 인식하는 최신의 연구이다. WiGest는 보정 과정과 특수한 하드웨어를 배제하여 기존의 WiFi device를 그대로 활용하는 것이 장점이다. WiGest는 primitives로 RSSI 신호의 rising edge, falling edge, pause 3가지를 primitives로, gesture 인식의 기본 재료로 사용한다. RSSI 신호를 분석해보면, 손이 멀어지는 것이 rising edge를 만들어내고, 손이 가까워지면 falling edge, 손을 가만히 두면 pause 신호가 나타난다. 이렇게 얻어지는 세 종류의 primitives를 재료로, 속도, 크기, 신호의 순서들을 잘 조합한 패턴을 gesture family로 정의한다. 즉, 손을 특정한 모양으로 움직이면 그 모양에 걸맞는 primitives의 패턴이 나올텐데, 그런 독특한 패턴들을 gesture family로 만들어 둔다. 그러면, application layer에서는 특정한 gesture가 반복되는 횟수, 주기 등을 기준으로 어떤 기능을 수행할 지 미리 mapping을 해두고 후에 사용자가 그 gesture 명령을 내리면 그게 연결된 기능이 수행된다.

WiGest와 같이 WiFi 신호를 기반으로 한 제스처 인식 시스템에서는 노이즈를 처리하는 방법이 중요하다. 다양한 패스로 전파되는 무선 신호의 간섭으로 인해 신호에 노이즈가 끼게 되고, 공기라는 전파 매체의 특성상 전자기장에 의한 노이즈도 쉽게 발생하게 된다. 그런데, WiGest의 경우, RSSI 가 일정수준 이상이면 95%의 높은 인식 정확도를 보여주지만, 이러한 RSSI 수준이 유지되지 않으면 제스쳐 인식의 정확도가 급격히 떨어지는 문제점이 있다. *그림 1*의 경우, 장치와 AP와의 거리를 조절하는 방법으로 RSSI 값을 달리 했을 때, 손을 위아래로 흔드는 주기적인 제스쳐 입력에 대한 RSSI 값의 변화를 측정하여 시간에 따라 나타낸 것이다. RSSI 값이 상대적으로 높을 경우에는 제스쳐에 민감하게 반응하여 rising/falling edge들이 분명하게 보이지만, RSSI 값이 낮은 경우에는 노이즈와 제스쳐 입력 신호를 구별하기가 힘든 것을 확인 할 수 있다.

그림 1. AP와의 거리에 따른RSSI 값의 변화 양상. 주기적인 제스쳐 입력을 주었을 때, 그에 대한 반응의 차이가 존재한다. RSSI 값이 높을 때는 제스쳐에 민감하게 반응하지만, RSSI 값이 낮을 때는 노이즈와의 구별이 힘들어진다.

RSSI 값이 낮아지는 요인으로 거리에 의한 신호의 감쇄, 주변의 AP 개수가 늘어남에 따른 interference가 있다. 기존의 WiGest의 경우, 모바일 환경에서 디바이스가 이동하는 경우에 AP와의 거리가 멀어질수록 무선 신호의 품질이 떨어지는 부분에 대해 고려하지 않았다. 또한, AP가 많아지거나 interference로 인해 무선 신호의 품질이 떨어지는 경우에도, 그에 따라 제스쳐의 인식률 또한 급격하게 하락하는 점을 대비하면 더욱 정확한 제스쳐 인식이 가능해진다.

우리는 이 보고서에서 이렇게 RSSI값이 낮아지는 문제를 여러 AP에서 보내는 신호 중 가장 최적의 신호를 골라서 제스처 인식에 사용하는 방법으로 해결하고자 한다.

# Method

기존 논문에서는 제스처 인식을 위해 사용하는 WiFi 신호를 특정 AP 한 개로 한정하여 인식의 정도를 측정하고 무선 환경에서의 일반적 제약 사항을 적용한 실험 사례를 소개하였다. 제약 사항에는 거리에 따른 WiFi 신호 세기의 감쇄와 주변 장애물에 의한 Interference 등이 있었다. 즉, AP와의 거리가 가깝고, 다른 AP와의 간섭이 없는 상황에서 WiGest가 95% 이상의 높은 정확도를 보여주는 실험 결과를 보여주었다.

본 보고서에서는 WiFi 모듈이 탑재된 기기 주변의 여러 AP를 효과적으로 활용하는 것을 기초로 하여 위와 같은 제약 사항을 보다 적극적으로 극복해 나가는 방법을 제안한다. 먼저 제스처 인식이 원활하게 이루어질 수 있는 RSSI의 Threshold를 지정하고, 거리의 변화 혹은 주변 장애물에 의해 RSSI가 Threshold 보다 낮아지면 수신 감도가 더 좋은 AP를 선택하는 방식으로 RSSI의 변화폭을 최소화하여 제스처 인식률을 특정 수준 이상으로 유지할 수 있도록 한다.

제안하는 방법은 먼저 RSSI 측정하는 주기에 따라 다음과 같이 동작한다.

1. Gesture detection period동안은 선택된 AP만을 이용하여 제스쳐 인식을 탐지할 수 있게끔, AP 선택을 바꾸지 않도록 보장해준다. 이 주기 동안 gesture를 인식하는 동작을 수행하도록 한다.
2. Time window 동안 가장 좋은 품질을 보인 AP를 최적의 AP로 선택한다.

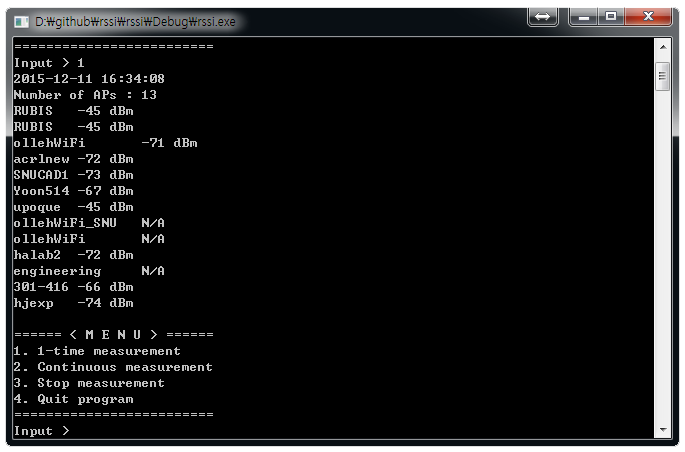
먼저, WiGest가 작동하여 제스쳐를 인식하는 동안은 제스쳐 인식에 선택된 AP를 변경해서는 안된다. 따라서 Gesture detection period 동안은 AP가 변경되지 않도록 보장을 해준다. Time window 은 최적의 AP을 탐지하는 시간 구간을 의미하고, 이 시간동안 RSSI가 평균적으로 가장 높은 AP를 선택하여 WiGest의 RSSI 입력으로 넘겨준다.

이러한 방법을 통해서, 다음과 같은 동작 시나리오를 얻을 수 있다.

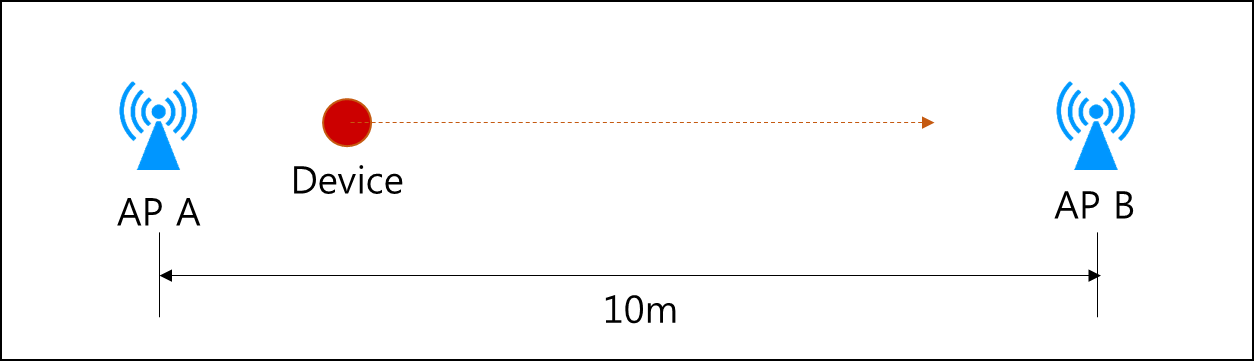
* 1. AP A를 기반으로 제스쳐 인식을 하던 디바이스가 A와 멀어지면서 거리에 따라 RSSI 값이 낮아지는 경우, time window 동안 RSSI 값이 높은 인근의 다른 AP B를 선택한다.
  2. 여러 AP A, B, C가 범위 내에 들어와서 간섭에 의해 RSSI 값이 낮아지는 경우, 신호를 받을 수 있는 AP 중에 가장 신호의 세기가 큰 AP를 선택한다.

# Evaluation

실험을 위해 WiFi 모듈이 장착된 노트북을 수신 기기로 하고, 실험노트북에서 RSSI를 실시간 측정할 수 있도록 Windows 기반 툴을 제작하였다. 툴은 wlanapi 를 기반으로 구현하였으며 WlanOpenHandle, WlanEnumInterfaces, WlanQueryInterface, WlanScan, WlanGetAvailableNetworkList, WlanGetNetworkBssList 등을 활용하여 WiFi 신호의 RSSI를 측정할 수 있도록 하였다. 프로그램이 실행되면 주변에 탐색되는 모든 AP의 SSID와 각각의 RSSI를 화면에 출력하고, 동시에 텍스트 파일로 저장하여 신호 세기의 분석이 용이하도록 구현하였다.



실험은 크게 2가지로 1) 다수 AP 환경에서의 거리 변화에 따른RSSI 감쇄 측정, 2) AP간 Interference에 의한 RSSI 감쇄로 구분하여 실험하였다. 거리 변화에 따른 측정은 AP와 수신기기 사이의 거리를 0~10m까지 변화 시키면서 0.5m 간격으로 RSSI를 측정하였다. 실험에 관여하는 AP외의 다른 변수를 제거하기 위하여 공용 AP가 측정되지 않는 개방된 장소에서 실험하였으며, Fading을 일으킬 수 있는 장애물이 존재하지 않는 환경에서 측정하였다. 실험에 사용된 Gesture detection period는 1초, Time window는 2초 값을 선택하였다. 가능한 빠르게 환경의 변화를 감지하기 위한 선택이었으며, 이동속도와 환경의 변화 속도에 따라서 이 값을 조절할 수 있을 것이다.

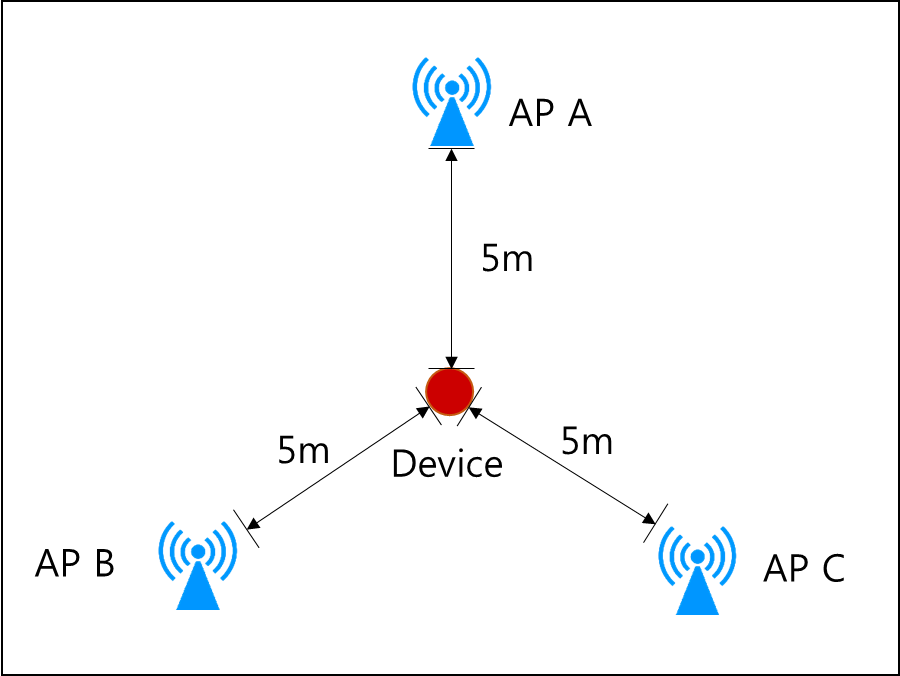
1. **두 개의 AP 사이에서의 거리 변화에 따른 RSSI 감쇄 측정**

두 AP가 직선상에 10m 떨어지도록 배열되어 있고, 그 가운데서 디바이스를 A쪽에서 B쪽으로 이동하면서 RSSI를 측정하였다. 이 상황에서 A쪽에 있던 디바이스가 B 쪽으로 이동하는 상황에 맞게 제스쳐 인식의 hand-over가 원활하게 되어야 제스쳐 인식의 정확성을 유지할 수 있다.

그림 2. 두 AP 사이를 움직이는 device의 거리에 따른 RSSI 측정

*그림 2*. 는 두 AP 사이에서 RSSI를 측정한 결과이다. AP와 디바이스가 바로 옆에 위치하고 있을 때에는 측정값이 -20dBm 근처에서 유지되다가, 거리가 멀어질수록 점점 신호의 세기가 감소한다. A와의 거리가 5m정도로 멀어지면, -50dBm 정도의 RSSI 값을 얻을 수 있는데, 이때부터는 A가 아니라 B의 품질이 더 좋다고 판단하여, hand-over가 일어난다. 그 후 10m 정도로 A와의 거리가 멀어지면 RSSI는 -80dBm 정도로 낮아지기 때문에, 상당히 노이즈가 크게 나타난다. 반면에 B는 근방에 있으므로 -20dBm 정도의 높은 RSSI를 유지할 수 있다. 이 실험을 통해 AP와의 거리에 따라 RSSI 값이 낮아지는 경향을 확인할 수 있고, 또한 제안한 방법이 AP간의 hand-over를 통하여 RSSI를 효과적으로 높은 수준으로 유지하고 있음을 확인할 수 있다.

1. **다수 AP 환경에서 주변에 AP의 개수를 늘여가며 RSSI를 측정**



다수 AP의 Topology 구성은 세 AP가 디바이스로부터 같은 거리만큼 떨어져 있고, 같은 채널을 사용하여 동작하고 있는 경우를 삼각형 형태에 대하여 위 실험을 반복하였다.

AP A on  
AP B off

AP C off

AP A on  
AP B on

AP C off

AP A on  
AP B on

AP C on

그림 3. 약 50초 간격으로 AP들을 하나씩 켜면서 영향을 끼치는 AP들의 개수를 늘여가며 RSSI 측정

그림 3. 은 AP 개수를 늘여가면서 그 가운데에 위치한 디바이스에서 RSSI를 측정한 결과이다. 처음에는 A만 작동하므로 A에서만 50초 간격으로 B와 C의 전원을 넣어서 동작시킨 결과이다. 그후 50초가 지난 시점부터 A와 B가 동시에 동작하여 서로 간섭을 하기 시작한다. 이때 디바이스에서는 A로부터 오는 신호의 품질이 평균적으로 하락하는 것을 확인할 수 있다. 그후 100초 경에 C로부터 신호를 수신하고 이 또한 간섭이 되어 전체적으로 신호의 품질이 떨어지는 것을 관찰할 수 있다. 제안한 방법은 세 AP 중에서 평균적으로 가장 품질이 좋은 AP를 선택하므로, 평균적으로 가능한 가장 높은 수준의 RSSI 값을 유지할 수 있다.

우리가 직접 WiGest를 구현하기에는 시간적인 어려움이 있었기에 직접적인 결과를 확인할 수는 없었지만, WiGest 논문에서 이야기하는 ‘좋은 품질의 RSSI’ 수준을 유지할 수 있다면, 그들의 실험에서 얻은 결과와 같이 95% 이상의 정확한 인식률을 보장받을 수 있을 것이라 볼 수 있다.

# CONCLUSION

WiGest는 WiFi 신호의 변화를 탐지하여 사용자의 제스쳐를 인식하는 프레임워크이다. WiGest 를 이용한 제스쳐 인식의 정확도를 높이기 위해서는 측정하는 WiFi 신호의 RSSI 값이 항상 높은 수준으로 유지되어야 하는 것이 필수적이다. 하지만 WiGest 프레임워크에는 RSSI 값을 높이 유지시키는 방법이 구현되어 있지 않다. 이 보고서에서는 일정한 time window 동안 평균적으로 가장 높은 RSSI를 기록한 AP를 선택하여 hand-over하는 방법으로 RSSI를 항상 일정수준 이상으로 유지할 수 있었다. 제안한 방법을 적용한다면 WiGest 의 정확도도 프레임워크에 친숙환 환경에서 실험하여 얻은 결과와 같이 95% 이상의 좋은 정확성을 유지할 수 있을 것이다.

# Appendix

■ 프로그램 수행 환경

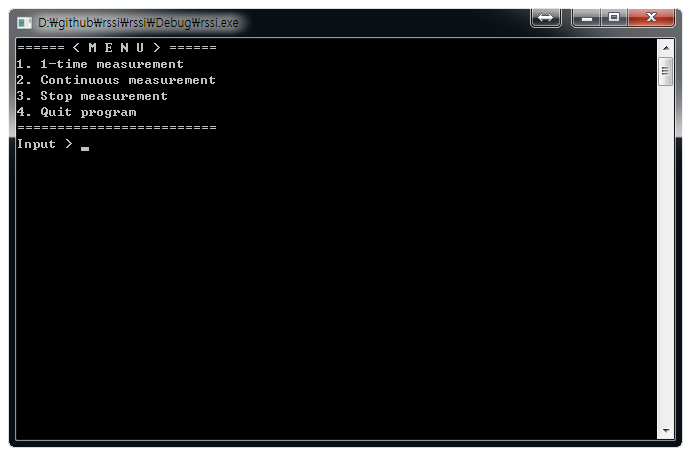
|  |  |
| --- | --- |
| Lan Model | ipTime N100mini |
| Wireless Standard | IEEE 802.11n/b/g |
| Power | USB Power |
| OS | Windows 7 |
| Interface | USB 2.0, WPS button |
| Wireless RF | 2.4 GHz 13Channels |
| RX Sensitivity | -65dBm at 150Mbps  -74dBm at 54Mbps  -84dBm at 11Mbps |
| Transmission Power | 16dBm ±2dB |
| Modulation | OFDM, CCK, BPSK, QPSK |
| ANT | Internal ANT |

■ 프로그램 사용 방법

1. 무선네트워크 활성화 및 AP 연결

2. 프로그램 실행: rssi.exe 실행

3. 모드 선택: 1~4 번호 선택



- 1-time measurement: RSSI 1회 측정

- Continuous measurement: RSSI 연속 측정

- Stop measurement: RSSI 연속 측정 종료

- Quit program: 프로그램 종료

4. 결과 보기: result.txt 생성

- 매 측정마다 측정 시간 기록

- 검색되는 모든 AP의 SSID와 RSSI를 기록