

<http://dx.doi.org/10.7236/JIIBC.2014.14.1.155>

JIIBC 2014-1-21

고속 응답 터치스크린 제어회로 설계 및 구현

Implementation and Design of Control Circuit for Touch Screen with Faster Response Time

박상봉*, 허정화*

Sang-Bong Park*, Jeong-Hwa Heo*

요약 본 논문은 디지털 회로로 구현된 터치스크린 제어 회로의 응답 속도를 빠르게 하기 위한 알고리즘과 회로 구현을 기술하였다. 손가락이 터치되었을 때 해당하는 커패시턴스 값을 기존의 선형적인 방법대신에 적응형으로 탐색함으로써 응답 속도를 개선하였다. 응답 속도의 개선은 사용자가 터치 스크린을 이용하여 키보드 입력시 터치감을 높이는 효과를 가져온다. 시뮬레이션과 FPGA 검증을 통하여 제안된 알고리즘의 응답 속도 향상을 검증하였다. 모바일 터치 스크린 제품에 활용이 예상된다.

Abstract In this paper, we describe algorithm and digital circuit implementation of touch screen controller that has the faster response time. We enhance the response time by adaptive search method instead of linear search method of step level in the pulse width decision. The faster response time might bring effects of feeling better in the touch keyboard. The performance of the proposed algorithm and function is verified by using logic simulation and FPGA test board. It is expected to use in the mobile touch screen.

Key Words : Touch screen, Adaptive search, Mobile touch screen

1. 서론

주변에서 스마트폰을 비롯한 각종 모바일 디바이스에서 터치스크린은 흔히 볼 수 있는 HID(Human Input Device)로 사용되고 있다. 터치스크린에 손가락이 닿고 실질적으로 그것에 해당하는 기능을 수행하는데 걸리는 시간을 응답 시간(response time) 또는 지연(latency) 값으로 정의한다. 응답 시간은 정량적이고 주관적인 특성 중 하나였다. 아이폰이 안드로이드 계열의 스마트폰보다 키보드의 터치 감각이 부드럽게 느껴지는 것도 애플사 터치스크린의 응답 속도가 안드로이드 계열보다 빠른 것

이 요인이 될 수 있다. 최근 터치스크린의 응답 시간을 구하는 보다 정성적이고 객관적인 벤치마크가 등장하였다. 이러한 틀을 사용하여 스마트폰 이외의 각종 터치스크린을 HID로 하는 모바일 디바이스의 응답 시간을 보다 정확하게 측정할 수 있는 어플이 개발되었고 오픈 소스로 공개하고 있다.^[1]

본 논문에서는 디지털 회로로 구현된 터치스크린 제어 회로의 성능을 개선하여 응답 속도를 빠르게 하는 알고리즘과 회로 구현 내용을 기술하였다. 2장에서는 기존 전도성 패드와 손가락 사이에서 발생하는 커패시턴스의 양을 측정하여 터치 유무를 판단하는 회로 및 동작 원리

*정희원, 세명대학교 정보통신학부
접수일자 2014년 1월 20일, 수정완료 2014년 2월 5일
게재확정일자 2014년 2월 7일

Received: 20 January, 2014 / Revised: 5 February, 2014

Accepted: 7 February, 2014

*Sangbong Park: psbcom@semyung.ac.kr

Dept. Information&Communication, Semyung University, Korea

를 설명하고, 3장에서는 기존 디지털 터치스크린 제어 회로의 응답 속도 개선 알고리즘을 설명하였다. 4장에서는 기존 방식과 개선 회로의 응답 속도를 시뮬레이션과 FPGA 테스트 보드를 이용하여 개선된 내용을 기술하고, 5장에서는 결론을 적었다.

II. 기존 터치스크린 제어 회로

터치 스크린에 손가락 터치 유무는 정전용량의 변화를 가져오고, 이러한 커패시턴스 값의 변화를 여러 가지 방식으로 디지털 값으로 변환한다. 그림 1은 디지털 방식으로 터치 유무를 판단하는 간단한 그림이다. 손가락이 닿지 않은 경우에 출력 커패시턴스 값은 작고, 손가락이 닿은 경우에는 출력 커패시턴스 값은 증가한다. 일정한 폭을 지니는 펄스가 입력되면, 손가락이 닿지 않은 경우, 커패시턴스 값이 작으므로, RC 값이 작아서 출력은 그림 2와 같이 특정 임계값 이상으로 충전된다. 손가락이 닿은 경우에는 커패시턴스 값이 커지고, RC 값이 커지면서 천천히 충전되므로, 출력은 그림 2와 같이 특정 임계값 이하를 지니게 된다. 만약 손가락이 터치되고, 출력의 값이 정해진 임계치보다 작은 경우에는 펄스의 폭을 늘려서 다시 출력 값을 확인한다. 순차적으로 펄스의 폭을 늘려서 출력 값이 정해진 임계치보다 커지게 되면 이 때 펄스의 폭이 터치된 커패시턴스의 크기를 나타낸다.^{[2][3]}

그림 3은 실제 회로를 나타낸다. 패드는 실제 사용자의 손가락 접촉면이 된다. 각각의 사용 환경에 따라서 정해진 펄스폭을 지니는 입력 펄스가 인가되고, 패드를 통해서 만약 손가락이 터치되면, 토글 플립플롭과 게이트로 구성된 펄스 결정 회로의 출력은 0이 된다. 이때 카운터의 값을 선형적으로 증가시켜서 펄스의 폭을 증가시킨 후 다시 펄스 결정 회로의 출력 값에 따라서 카운터 값을 증가시킬지 감소시킬지를 결정한다.

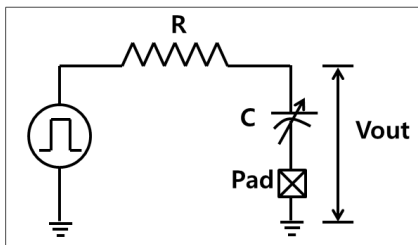


그림 1. 터치 유무를 결정하는 회로
Fig. 1. Simplified circuit of touch decision

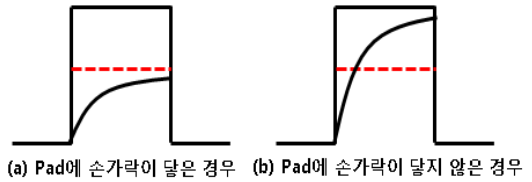


그림 2. 터치 유무에 따른 출력 파형
Fig. 2. Output waveform of touch and non touch

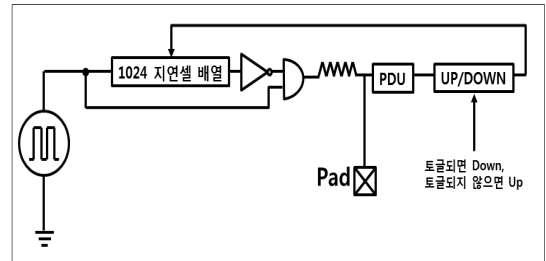


그림 3. 터치 판단 전체 회로
Fig. 3. Total circuit of touch decision

이전 출력에 비해서 현재 출력의 값이 반전되면 카운터의 값을 감소시킨다. 이전 출력에 비해서 현재 출력의 값이 같은 값을 지니면 카운터의 값을 증가시킨다. 펄스의 폭을 결정하는 지연 셀 체인은 다이내믹 레인지를 증가시키기 위해서 2블록으로 구성된다. 최소 지연 값이 6 ns이고, 최대 256개를 연결하는 Coarse 부분과 최소 지연 값이 약 0.13ns이고, 최대 1024개를 연결하는 Fine 부분으로 설계하였다. 최대 펄스폭은 약 1700ns 이다(256x6 ns+1024x0.13ns). 커패시턴스 값에 대한 분해능은 약 10fF이고 다이내믹 레인지는 140pF이다. 펄스 결정 회로의 출력 값에 대한 카운터 값은 Coarse 부분의 펄스폭을 결정하는 8비트와 Fine 부분의 펄스폭을 결정하는 37비트로 구성되어서, 256개의 Coarse 부분과 1024개의 Fine 단위 지연 셀로 입력되어서 펄스의 폭을 조정한다.^[4]

III. 제안된 응답 속도 개선 알고리즘

그림 4는 충전 방식의 터치 응답 특성을 나타낸 그림이다. 실선은 실제 손가락이 닿은 경우에 시간에 따르는 커패시턴스의 변화된 값을 나타낸다. 충전 방식에서는 터치 결정 회로의 값에 따라서 카운터의 변화량을 1씩 증

가 또는 감소시켜서 펄스의 폭은 단위 지연 셀 크기로 증가 또는 감소시켰다. 점선으로 나타낸 파형은 1씩 카운터를 증가시키는 경우의 커패시턴스 값을 나타내는 카운터 값이다. 터치가 되지 않은 커패시턴스의 값을 10으로 가정하고, 터치가 된 경우의 커패시턴스 값이 400인 경우에 그림 4에 나타난 것처럼 터치가 끝나는 시점에서 약 200 정도의 값만 표현하게 된다. 실질적인 손가락이 터치하는 시간은 그림 4에 비해서 긴 시간이므로, 터치 동안 400에는 도달하지만 최악의 경우 390 클럭의 응답 지연 시간을 가져오게 된다. 카운터의 변화량을 1에서 8로 늘리게 되면, 응답 속도는 개선되지만 분해능이 떨어지고, 오버슈트 현상이 발생된다. 이러한 낮은 응답 속도를 개선하기 위해서, 본 논문에서는 그림 5와 같이 펄스 결정 회로의 증감 스텝을 고정된 선형 값에서 입력 값에 따르는 적응형 가변 스텝을 사용하여 응답 속도를 개선하는 알고리즘을 제안하고 구현하였다. 입력이 지속적으로 0 이나 1의 값을 지니면, 그 값을 카운트해서 증감 스텝을 1에서 최대 16까지 가변적으로 변화시켜서 터치에 따르는 커패시턴스 변화량 측정 시간을 단축하여 응답 속도를 개선하였다.

그림 5에서 펄스폭 증감 값 0 또는 1 이 입력된다. 만약 펄스폭 증감 값이 0 이면, 이전 펄스폭 증감 값이 0 이었는지 비교한다. 0 인 경우에는 0 의 값을 세는 연속_0 카운터 값을 1 증가시킨다. 만약 펄스폭 증감 값이 0 이고, 이전 펄스폭 증감 값이 1 이면 반전 카운터 값을 1 증가시킨다.

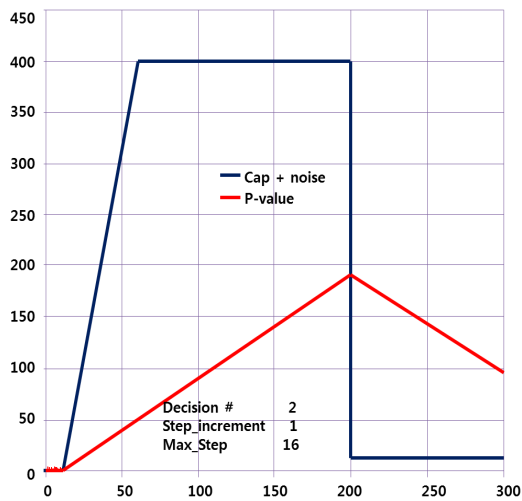


그림 4. 종전 방식의 터치에 따르는 응답 속도
Fig. 4. Touch response of conventional method

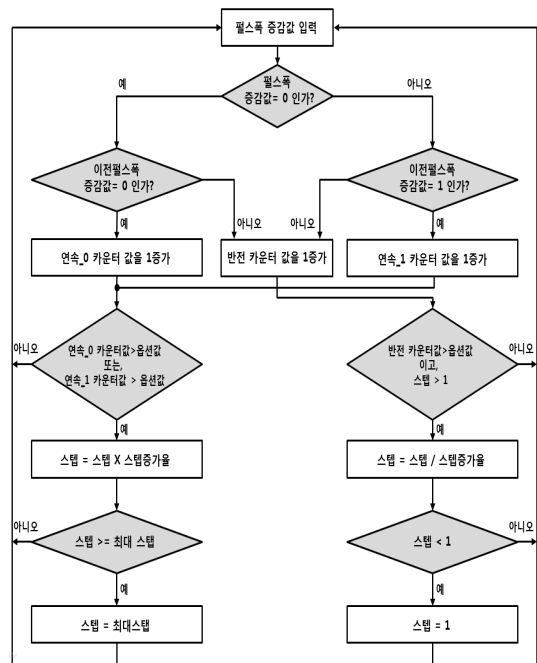


그림 5. 제안된 터치 응답 개선 알고리즘 순서도
Fig. 5. Flowchart of proposed algorithm of the faster touch response

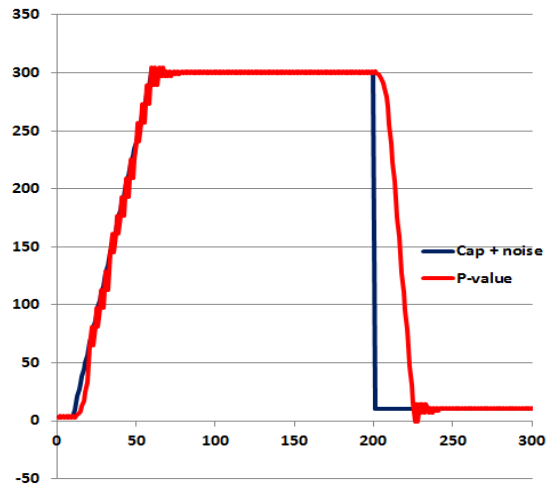


그림 6. 제안된 알고리즘 응답 속도 시뮬레이션 결과
Fig. 6. Simulation result of the proposed algorithm

연속_0 카운터 값이 사용자가 정의한 옵션 값보다 큰 지 확인해서 큰 경우에는 펄스폭 증감 스텝 값을 스텝 증가율의 배수로 설정하고, 이 값이 최대_스텝 값보다 크면 최대_스텝 값으로 사용한다. 만약 펄스폭 증감 값이 1 이

면, 이전 펄스폭 증감 값이 1 이었는지 비교한다. 1 인 경우에는 1 의 값을 세는 연속_1 카운터 값을 1 증가시킨다. 만약 펄스폭 증감 값이 1 이고, 이전 펄스폭 증감 값이 0 이면 반전 카운터 값을 1 증가시킨다. 연속_1 카운터 값이 사용자가 정의한 옵션 값보다 크지 확인해서 큰 경우에는 펄스폭 증감 스텝 값을 스텝 증가율의 배수로 설정하고, 이 값이 최대_스텝 값보다 크면 최대_스텝 값을 사용한다. 반전_카운터의 값이 사용자가 정의한 옵션 값보다 크고 스텝의 크기가 1 보다 크면, 스텝 값은 현재 스텝 값을 스텝 증가율로 나누어서 작게 하고, 이때 스텝 값이 1보다 작으면 1로 설정한다. 전체적으로 펄스폭 증감 입력 값이 증가 또는 감소하는 방향이면 스텝의 폭을 넓히고, 1 과 0 으로 값이 반전되면 스텝의 폭을 줄임으로써 스텝 값을 적응 형으로 가변 하여서 현재 터치 유무에 대한 커패시턴스 값을 계산하여 빠른 응답 속도를 얻게 되는 알고리즘이다. 그림 6은 종전 방식의 그림 4와 같이 터치가 되지 않은 커패시턴스의 값을 10으로 가정하고, 터치가 된 경우의 커패시턴스 값이 400인 경우에 개선된 적응 형 가변 알고리즘을 사용한 경우의 응답 상태를 나타낸 그림이다. 최대 스텝의 크기를 16으로 하고, 스텝 증가율을 2로 하고 옵션 값을 2로 정한 경우에 응답 속도는 이전 399 클럭에서 60 클럭으로 감소하였다.

IV. FPGA를 이용한 테스트 결과

설계된 터치스크린 제어 회로의 동작을 검증하기 위해서 FPGA를 이용하여 그림 7과 같이 보드를 구성하였다.

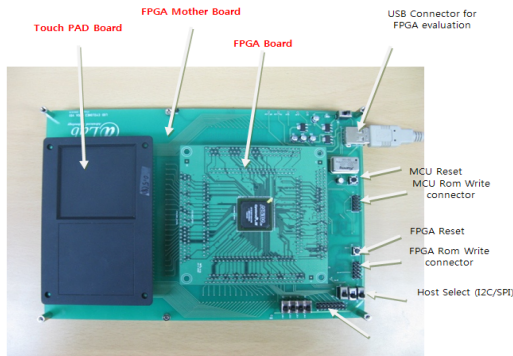


그림 7. 제안된 알고리즘을 이용한 FPGA 테스트보드
Fig. 7. FPGA Test Board of proposed algorithm

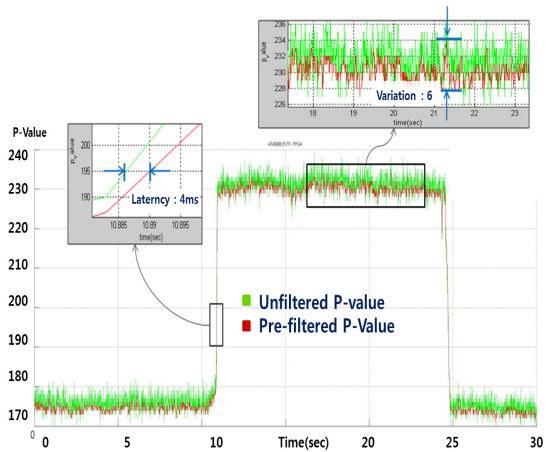


그림 8. 제안된 알고리즘 응답 속도 측정 결과
Fig. 8. Measurement result of proposed algorithm

시스템 클럭은 2MHz를 사용하고, USB 는 FPGA 의 전원 공급과 PC와의 직렬 인터페이스 I2C 또는 SPIC로 통신하는데 사용하였다. 그림 8은 제안된 알고리즘을 사용한 경우의 응답 속도를 측정한 결과로 시뮬레이션에서 예측된 약 60클럭 정도의 응답 속도를 나타낸다. 기존 응답 속도에 비해서 최대 4배의 속도 개선 효과를 얻었다.

V. 결론

본 논문에서는 터치 스크린의 응답 속도 개선을 위한 알고리즘을 제안하고, FPGA 및 논리 시뮬레이션을 통하여 빠른 응답 속도를 검증하였다. 응답 속도가 빠른 경우에는 사용자가 느끼는 터치 키보드의 터치감이 좋게 느껴지며, 터치 스크린이 커지는 경우에 터치 결정 회로를 시분할 방식으로 사용이 가능하므로 하드웨어가 간단하는 장점이 있다. 제안된 적응 형 가변 탐색 알고리즘은 기존의 선형적인 터치 결정 탐색 방식보다 최대 4배의 빠른 응답 속도 개선 효과를 얻었다. 스텝 수 및 사용자가 정의할 수 있는 옵션 값을 마이크로프로세서를 통한 프로그래밍이 가능하도록 설계함으로써, 여러 응용 분야에 최적 값 사용이 가능하다.

References

[1] J. S. Park, J. M. Lim, K. W. Kyeong, "Tangible

touch interface technology trends”, Korean Information Processing Society Review, vol. 20, No 1, pp. 45-53, January 2013.

- [2] S. K. Oh, G. D. Park, B. K. Kim, “Performance Comparison of the Recognition Methods of a Touched Area on a Touch-Screen Panel for Embedded Systems”, Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, vol. 10, No. 9, pp.2334-2339, 2009.
- [3] S. Y. Lee, H. S. Prak, M. K. Han, “A Touch-sensitive Display with Embedded Hydrogenated Amorphoussilicon Photodetector Arrays”, Journal of KIEE, Vol.58, No.11, pp.2219-2222, 2009
- [4] Y. C. Cho, N. H. Chang, W. H. Kwon, “Pointing position detection of capacitive touch screen panel using phase-difference method”, Journal of Institute of Control, Robotics and System, vol. 4, No 3, pp. 406-412, 1998.
- [5] I. C. Kang, B. S. Kim, G. T. Hur, Y. H. Ko, “A Study on the Implementation of Multi-touch model using a Haptic Device in Virtual Reality”, Journal of the Institute of Internet, Broadcasting and Communication, vol. 4, No. 13, pp. 83-89, August 2010.
- [6] S. P. Choi, C. K. Kim, “Wireless and Multi point system based on Image Processing”, Journal of Korean Institute of Information Technology, vol. 11, No. 8, pp. 45-53, August 2013.

허 정 화(정회원)



- 2009년 2월 : 세명대학교 전산정보학과 이학 박사
- 2003년 3월~현재 : 세명대학교 시간 강사
- <관심분야> ASIC 설계, 신호처리, ADC/ DAC, Multi-Touch>

저자 소개

박 상 봉(정회원)



- 1992년 2월 : 고려대 전자공학과 공학 박사
- 1992년 3월 ~ 1999년 2월 : 삼성전자 선임 연구원
- 1999년 3월 ~ 현재 : 세명대학교 정보통신학부 부교수
- 2000년 7월 ~ 현재 : @lab(주) Digital 설계팀 기술고문

<관심분야 : RFID/USN 기술, ASIC 설계, 광센서, 멀티터치>