30
논문번호 07-01-04

ON/OFF-스위치의 위치 인식 방법

A Detection Method of Position of ON/OFF-Switch

Byung-Mo Cho* Kwon-Yeon Lee Myung-Sik Son
조 병 모* 이 권 연 손 명 식

Abstract

This paper proposes a detection method of position of OFF-switch. Each switch has the parallel path with a serial combination of passive element, its parallel path has each different frequency characteristics. Frequency characteristic of ON-switch reveals a flat spectrum irrelevant to frequency characteristic of passive element connected in parallel to its each terminal and frequency characteristic of OFF-switch reveals the same characteristic as one of passive element connected in parallel. Detection of position of OFF-switch is done by measuring the similarity of each spectrum corresponding to frequency characteristic of passive element connected in parallel to OFF-switch. The measure of their similarity is to calculate Euclidean distance between their test spectrum and reference spectrum. The spectrum with the smallest distance among reference spectrum is recognized as the spectrum of OFF-switch. The real time digital signal processing system is implemented to detect the position of OFF-switch by using spectrum matching.

요 약

본 논문은 직렬로 연결된 스위치의 OFF-위치를 감지할 수 있는 방법을 제안한다. 각각의 스위치에는 병렬로 각기 다른 주파수 특성을 갖는 수동 소자가 병렬로 연결되어 있다. ON된 스위치에는 병렬로 연결된 수동 소자의 주파수 특성에 관계없이 평탄한 특성을 갖으며, OFF된 스위치의 경우에는 연결된 수동소자의 주파수 특성이 스위치의 양 단자에 나타난다.

OFF된 스위치의 위치 인식은 직렬로 연결된 스위치의 양 단자에 백색 잡음(Maximum-Length Sequence)을 입력하고, 각각의 스위치를 OFF한 상태에서 출력 단자에서 스펙트럼을 계산하여 미리 참조 스펙트럼을 작성하고, 작성된 참조 스펙트럼과 입력 스펙트럼 간의 유사도를 계산하여 가장 근접한 참조 스펙트럼을 OFF된 스위치의 스펙트럼으로 인식한다. 이를 위한 디지털 신호처리 시스템을 설계하고, 설계된 시스템을 이용하여 스펙트럼 매칭으로 OFF-스위치의 위치를 감지한다.

Key words : ON/OFF switch detection, Spectrum, Measure of similarity, Maximum-Length Sequence.

Ⅰ. 서론

컨베이어 시스템은 원자재, 기계부품, 포장된 화물 등을 연속적으로 운반하는 기계로서 사업장 내에서 부품의 운반, 반제품의 이동, 광산이나 항만 등에서의 석탄, 광석 등 물류 시스템에서 원료를 대량 이송할 때에 효과적으로 이용된다. 그러나 일시적으로 위급한 상황에는 컨베이어 벨트 주위에 일정 간격으로 설치된 비상 스위치를 사용하여 작업자가 시스템을 정지하여야 한다. 그러나 컨베이어 벨트가 상당한 장거리에 걸쳐서 설치되어 있으며, 벨트 주위에 직렬로 설치된 비상 스위치도 간격이 상당히 떨어져 설치되어 있다. 이때 작업자가 비상시 또는 위급한 상황에 일정 작업을 해야 할 경우 스위치를 OFF하여 컨베이어 시스템을 정지시키고, 작업자가 작업 도중에 OFF한 스위치에서 이탈한 경우가 발생하거나 OFF한 스위치의 위치를 잊어버릴 상황이 발생한다. 이때에 컨베이어 시스템을

*순천대학교 전자공학과
(Electronic Engineering, Sunchon National Univ.)
★교신저자 : 조 병 모
※ 본 연구는 2003년 산학연 공동기술개발 사업의 일부로 이루어졌음.
接受日:2007年 2月12日, 修正完了日: 2007年 3月 14日

다시 운전하고자 할 경우에는 OFF된 스위치만을 찾아서 ON하여야 컨베이어 시스템이 가동된다. OFF된 스위치를 시각적으로 인식하기 위해서 스위치에 기계적인 장치를 설치하여 OFF 스위치의 상황을 인식하거나 또는 컨베이어 벨트 주위에 상용 전원이 투입되지 않기 때문에 충전지를 이용하여 스위치가 OFF되면 무선으로 OFF된 스위치의 위치를 중앙 처리 장치에 전송하는 방법을 이용하고 있다.

본 논문에서는 스위치가 직렬로 연결되어 있는 경우 어떤 스위치가 OFF된 스위치인지를 인식할 수 있는 방법을 제시한다. OFF된 스위치의 인식은 먼저 수동 소자를 조합하여 각각의 스위치와 병렬로 연결한다. ON된 스위치의 경우에는 병렬로 연결된 수동 소자의 주파수 특성이 스위치 양 단자에 나타나지 않지만 스위치가 OFF된 경우에는 스위치의 양 단자에 수동 소자의 주파수 특성이 나타난다. 따라서 각각의 스위치에 각기 다른 주파수 특성을 갖는 수동 소자를 연결하여 그 스펙트럼을 측정하여 OFF된 스위치를 인식한다.

2장에서는 실시간으로 OFF된 스위치를 실시간으로 인식할 수 있는 시스템 구현에 대해서 설명하고, 3장에서는 OFF된 스위치를 인식하기 위한 스펙트럼의 생성 및 유사도 측정 방법을 설명하고 4장에서는 실험을 통해 제안된 방법의 성능을 입증한다. 그리고 결론을 맺는다.

II. 실시간 OFF-스위치 감지 시스템

2.1 시스템 구성

본 시스템의 DSP는 TMS320VC33-150으로 구현했으며, 이의 명령 싸이클은 15 [nsec]이다. 그리고 32bit 프로세서로 floating 연산이 가능하다. 이 DSP는 내부 메모리를 32k[word] 내장하고 있으며, 데이터 저장을 위해 외부에 Access Time이 12[nsec]인 128k[word]의 외부 메모리를 인터페이스하였다.

I/O장치에는 외부 신호를 디지털로 변환하고, 백색 잡음을 회로로 출력하기 위한 2 채널의 A/D와 D/A변환기, 외부에서 입력되는 미약한 신호를 증폭하기 위한 증폭기, ON/OFF된 스위치의 위치를 표시하기 위한 7-Segment로 구성되어 있으며, 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환하는 A/D 변환 주파수는 48[kHz]이며, 해상도는 16비트이다.

DSP와 A/D, D/A간의 데이터 교환은 DSP 내부에 있는 타이머를 이용했다. 타이머는 일정 시간마다 DSP에 타이머 인터럽트를 발생시키고 DSP는 인터럽트가 발생하면 인터럽트 루틴 내에서 디지털로 변환된 디지털 신호를 읽어오며, DSP에서 발생된 백색 잡음의 신호를 D/A로 출력한다. DSP와 I/O(A/D, D/A), 그리고 메모리가 인터페이스되어 있는 전체 시스템의 블
록도를 그림 1에 나타내었다.

비상 스위치의 설치 간격이 원거리이기 때문에 이 원거리에 신호가 전송되어야 한다. 따라서 충분한 전력을 갖는 신호를 전송하기 위해서는 전력 증폭이 필요하다. 그래서 본 시스템에서는 일반적인 선형 증폭기를 이용할 수도 있지만 스위치의 ON/OFF을 감지하는데 0과 1로 구성된 Maximum-Length Sequence(MLS)를 이용하고 있기 때문에 MOSFET를 이용하여 증폭기를 설계하였다.

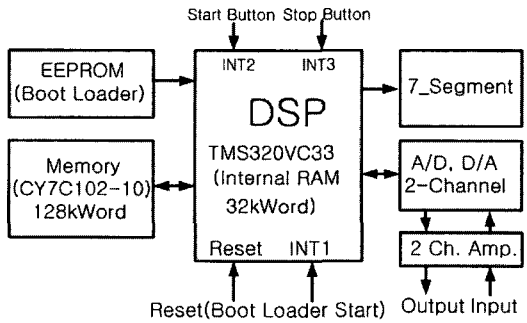

Fig. 1. System Block Diagram
그림 1. 시스템의 블록도

2.2 부트 로더(Boot Loader)[1,2]

DSP의 실행 프로그램을 외부 ROM이나 Flash 메모리에 저장하여 실행할 경우, 메모리의 엑세스 시간이 DSP의 실행 시간보다 빠른 ROM이나 Flash 메모리를 구입하는데 어려움이 있다. 그래서 DSP를 생산하는 업체에서 이를 해결하기 위해서 외부에 엑세스 시간이 늦은 ROM을 인터페이스 하여 DSP가 외부 ROM에 저장된 프로그램을 저속으로 엑세스하여 DSP의 내부 RAM으로 저장한 후, 이 내부 RAM에서 프로그램을 실행할 수 있는 방법을 제공해주고 있다 이것이 부트 로더이다. 따라서 본 시스템도 이와 같은 부트 로더 방법을 선택해서 저속의 ROM에서 고속의 RAM 또는 DSP의 내부 RAM으로 프로그램을 로딩한 후에 내부 RAM에서 프로그램이 실행되도록 DSP시스템을 설계했다.

부트 로더의 인터럽트는 DSP의 인터럽트 1을 이용했

으며, 리셋(Reset)이나 전원이 공급되면 DSP에 인터럽트 1을 요구하며, DSP에서는. 이 외부 인터럽트에 해당되는 루틴을 실행하게 된다. 인터럽트 1에 해당되는 루틴은 DSP를 생산한 업체에서 이를 제공해주고 있기 때문에 우리 사용자는 이를 이용하기만 하면 된다. 즉, 외부에 인터페이스된 저속의 메모리 어드레스 400000h 번지부터 8비트씩 읽어서 내부 RAM으로 저장한 후 처음 로딩한 번지부터 프로그램이 실행되도록 부트 로더를 설계했다. 이의 흐름을 나타내는 과정을 그림 2에 나타내었다.

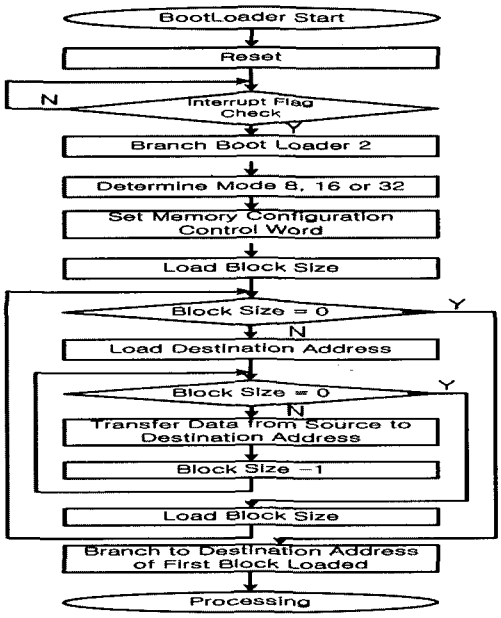

Fig. 2 Flow Chart of Boot Loader
그림 2 부트 로더의 흐름도

III. 스펙트럼의 생성과 인식

3.1 시스템 메모리 Map

2장에서 설명한 실시간 DSP 시스템을 이용하여 비상 스위치의 OFF 위치를 감지하는데 적용하였다. 시스템에서 이용한 외부 또는 DSP의 내부 메모리 맵의 구조는 그림 3과 같다. 처음 400000h번지부터 저속의 ROM이 인터페이스되어 있으며, 이 ROM은 DSP의 실행 속도에 비해서 상당히 늦은 ROM을 이용했다. ROM에는 스위치의 ON/OFF을 감지하는 프로그램, 즉 I/O프로그램(Maximum-Length Sequence으로 백색 잡음을 발생하고 입력되는 디지털 데이터를 변환하는 프로그램)과 FFT(Fast Fourier Transform) 프로그램과 이를 위한 sine과 cosine 값, 해밍 윈도우 Table, 그리고 ON/OFF 스위치의 위치를 나타내는 데이터가 들어있다.

420000h번지부터는 각각의 비상 스위치가 OFF되었을 때에 FFT한 스펙트럼을 구한 결과, 즉 참조 스펙트럼의 결과가 저장되어 있다.

DSP의 내부 메모리인 800000h번지부터는 외부 신호를 디지털로 변환한 데이터가 들어있으며, 이 데이터를 이용해서 해밍 윈도우잉, DC-Offset 제거, FFT, 그리고 스펙트럼의 유사도를 측정하기 위한 패턴 매칭을 실행한다.

808000h번지부터는 DSP에서 외부 메모리를 엑세스하는데 필요한 정보나 타이머, DMA등의 외부 장치를 제어하는데 필요한 메모리 영역이다. 809800h 번지부터는 OFF된 스위치의 위치 정보가 들어있으며, ROM에서 부트 로딩된 후 이 영역으로 프로그램이 Block 전송된다.

809FC1h번지부터는 DSP의 내부 인터럽트 벡터가 할당되어 있으며, C00000h번지부터는 A/D, D/A, 그리고 감지된 스위치의 위치를 표시하기 위한 7-Segment 표시장치와 외부 인터럽트를 클리어하기 위한 I/O번지를 할당했다. 이를 그림 3에 나타내었다.

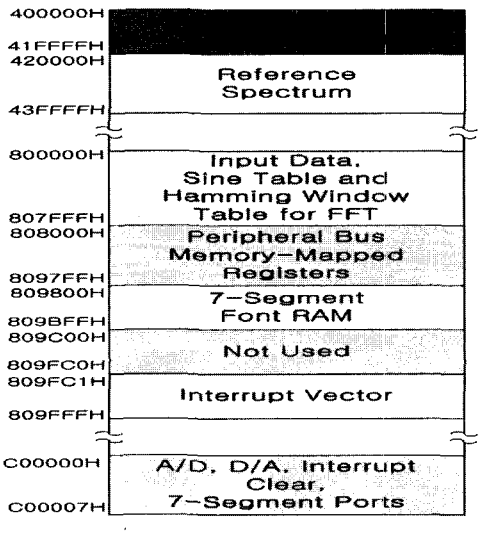

Fig. 3. Memory Map of Detection System
그림 3. 스위치 감지 시스템의 메모리 맵

3.2 OFF 스위치의 감지 방법

스위치가 OFF되어 있는 위치나 지점을 감지하기 위해서는 먼저 참조 스펙트럼을 작성해야 한다. 참조 스펙트럼을 작성하기 위해서는 백색 잡음을 DSP에서 발생하여 신호를 증폭하고 수신측에서 이 신호를 수신받아 FFT를 실행한다. 그리고 스펙트럼 매칭을 이용하여 참조 스펙트럼과 입력 스펙트럼을 비교하여 가장 근사한 참조 스펙트럼을 인식된 스펙트럼으로 선택한다.

3.2.1 백색 잡음 발생

MLS(Maximum Length Sequence)는 음향 임펄스나 시스템의 주파수 응답을 측정하는데 이용된다. N차의 MLS는 주기가 2^N-1인 주기함수인 특성이 있다. 그리고 귀환 시프트 레지스터를 이용하여 쉽게 구현할 수 있다는 장점이 있기 때문에 DSP나 간단한 컨트롤러를 이용한 시스템 측정에 응용되고 있다[3,4]. 그림 4와 같이 시프트레지스터 n번째 값과 마지막 값의 조합을 이용하여 귀환 입력을 얻는다. 그림 5는 레지스터 탭 수(m)가 20이고 중간 탭(n)이 19인 출력을 X-OR 취하여 발생한 MLS 신호의 시간 축에서의 파형을 나타낸 것이다. 신호의 스펙트럼을 계산할 때에는 많은 양의 샘플을 이용하지만 이를 계산하는데 필요한 메모리가 필요하기 때문에 블록 단위로 분할(Segmentation)하고, 분할된 블록 신호의 스펙트럼을 평균하여 신호의 스펙트럼을 평균하여 최종 스펙트럼을 얻는다. 이때 시간축의 신호를 분할한다는 의미는 연속되어 입력되는 신호를 분할하고자 하는 샘플 길이와 같은 윈도우 함수를 곱하여 블록으로 분할한다는 의미이다. 이를 수식으로 표현하면 식 (1)과 같다.

$$x_i[n] = x[i \times N + n] \cdot w[n] \quad (1)$$

여기서 $x_i[n]$은 i번째 분할된 신호이며, N은 한 블록 당의 샘플 수이며 4096이다. 그리고 $w[n]$은 해밍 윈도우 함수이다. 여기서 $x_i[n]$을 FFT하여 한 블록의 스펙트럼을 구하고 이를 16 블록 평균을 계산하여 그림 6에 나타낸 것이다.

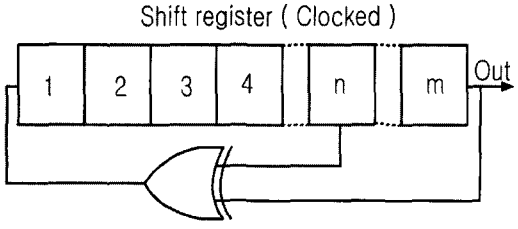

Fig. 4. MLS generator using shift register
그림 4.시프트 레지스터를 이용한 MLS 발생기

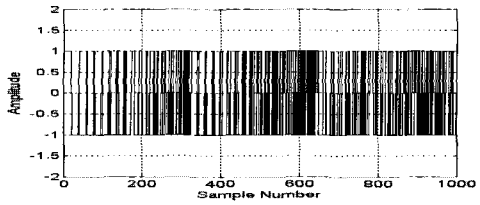

Fig. 5. MLS Sequence
그림 5. MLS 신호

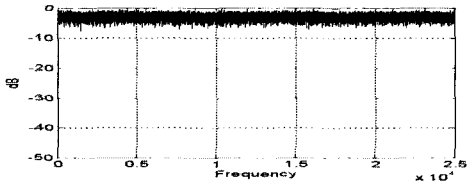

Fig. 6. Spectrum of MLS Sequence
그림 6. MLS 신호의 스펙트럼

3.2.2 스펙트럼의 유사도[5]

스펙트럼의 유사도(Similarity)를 측정하는 방법은 두 스펙트럼사이의 Euclidean 거리를 이용했다[3]. 두 스펙트럼 X와 Z가 있을 때 두 스펙트럼 사이의 Euclidean 거리 D = $\| X - Z \|$ 을 계산하여 두 스펙트럼의 유사도를 측정한다. 입력 신호를 4096 샘플 FFT를 취하여 얻은 스펙트럼 $X = (x_0, x_1, x_2, ,,, x_{2048})$이 있을 때에 I번째의 참조 스펙트럼 $Z_i = (z_{i,0}, z_{i,1}, z_{i,2}, ,,, z_{i,2048})$의 유사도는 식 (2)와 같이 계산한다.

$$D_i = \sqrt{\sum_{n=0}^{2048} (x_n - z_{i,n})^2} \quad (2)$$

여기서 i = 0, 1, 2 ,,,I-1이며, I는 참조 스펙트럼의 수이다.

3.2.3 참조 패턴 작성 과정

먼저 스위치 1을 OFF된 상태에서 DSP에서 발생된 MLS를 D/A를 거쳐 전력 증폭기로 신호를 증폭한 후 스위치에 연결된 전선에 출력한다. 스펙트럼을 측정하는데 LMS를 사용한 이유는 0과 1의 수만을 이용해서 Shift Register와 X-OR 게이트만으로 쉽게 발생시킬 수 있으며, 위의 과정을 DSP 프로그램으로 발생시켰

다. 2진수로 0(16비트의 해상도를 갖는 D/A변환기를 사용했으므로 디지털로 32767에 해당)과 1(-32767에 해당)의 값을 갖는다.

A/D변환기를 통해서 입력되는 한 프레임 데이터를 버퍼에 저장한 후 이를 처리한다. 한 프레임의 데이터는 4096 샘플이다. 한 프레임의 데이터가 입력되면 DSP에서는 해밍 윈도우잉을 실행한다. 그리고 입력 신호에 발생되는 Offset을 제거하기 위해 Offset 제거 과정을 수행한다. 다음으로 FFT을 실행하고, FFT의 결과는 실수 값과 허수 값이 출력되기 때문에 크기 스펙트럼을 계산하다. 한 프레임의 데이터를 이용해서 FFT를 실행하면 정확한 스펙트럼이 얻어지지 않기 때문에 16번의 스펙트럼 평균을 취했다. 16번의 스펙트럼 평균을 취한 후 이를 스위치 1이 OFF될 때의 참조 스펙트럼으로 메모리에 저장한다. 여기서 FFT는 직접 코딩하지 않고 TI사에서 제공되는 사용자 매뉴얼에 나와 있는 소스 파일을 본 시스템에 맞게 변환하여서 사용했다.

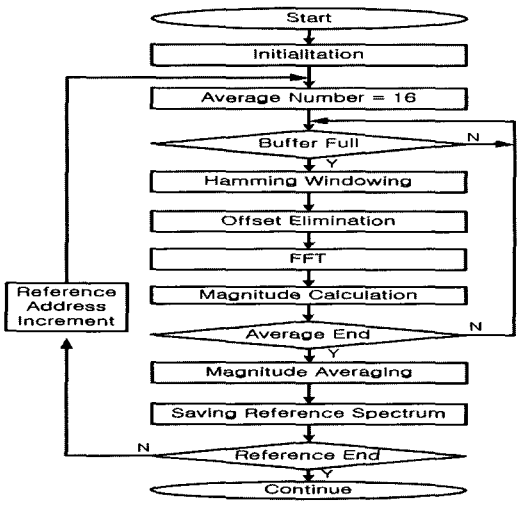

Fig. 7. Flow Chart of Creation of reference spectrum
그림 7. 참조 스펙트럼 작성 흐름

다음으로 스위치 1과 스위치 2를 OFF시킨 상태에서 D/A를 통해 DSP에서 발생된 백색 잡음을 출력하고 A/D변환된 한 프레임의 데이터를 위와 마찬가지로 16번의 스펙트럼 평균을 취하여 스위치 1과 스위치 2가 OFF된 참조 스펙트럼으로 메모리에 저장한다. 여기서 한 스위치만이 아닌 인근 스위치 2개가 OFF한 상황에서 스펙트럼을 계산하는 이유는 비상 스위치를 OFF할 때에 작업자가 어디에서나 비상시 스위치를 OFF할 수 있도록 스위치와 스위치 사이에 긴 로프(밧줄)로 연결하여 이 로프를 잡아당김으로써 비상 스위치를 OFF한다. 그래서 스위치가 하나가 아닌 두 개의 스위치가 OFF될 수도 있기 때문이다. 이와 같은 방법으로 스위치 20까지 반복하여 스위치 20에 대한 참조 스펙트럼을 저장한다. 이의 흐름을 그림 7에 나타내었다.

3.2.4 OFF-스위치 인식(스펙트럼 매칭)

OFF 스위치의 인식은 위에서 참조 스펙트럼을 작성한 후 입력되는 신호의 스펙트럼과 참조 스펙트럼을 비교하여 가장 유사한 참조 스펙트럼을 인식 결과로 표시하는 과정이다.

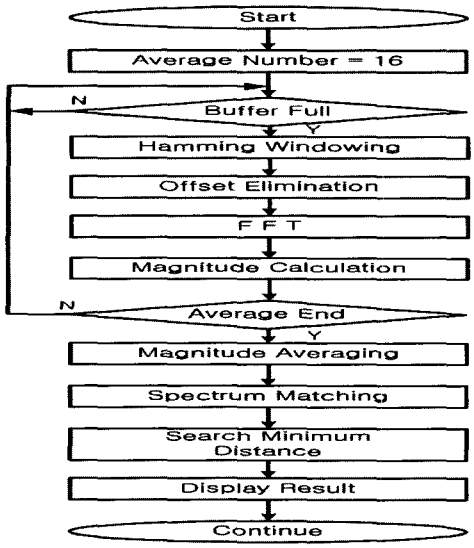

Fig. 8. Flow Chart of spectrum matching
그림 8. 스펙트럼 매칭 흐름도

참조 스펙트럼을 작성할 때와 마찬가지로 입력 신호의 한 프레임이 입력되면 해밍 윈도우, Offset 제거, 그리고 FFT와 크기 스펙트럼을 계산한다. 크기 스펙트럼을 계산한 후 참조 스펙트럼과 입력 스펙트럼을 순차 비교하여 가장 유사한 참조 스펙트럼을 찾는다. 이 정보를 7-Segment에 표시해 준다. 이의 흐름을 그림 8에 나타내었다.

IV. 실험 및 결과

4.1 실험 환경

그림 9에 실제의 실험 환경을 나타내었다. 그림 9와 같은 환경에 적합하도록 스위치를 20개 직렬 연결하였으며, 전선의 길이는 약 480[m]이다. 그리고 각 스위치의 양단에 병렬로 연결한 수동소자의 특성 값을 표 1에 나타내었다. 이때 입력 전압은 peak-to-peak 10[V]이다. 그리고 DSP에서 OFF된 스위치의 위치를 파악하기 위해 발생한 MLS 신호의 스펙트럼은 그림 10과 같으며 16회 평균취한 결과이다. 이 스펙트럼에는 길이가 480[m]인 전선의 영향이 포함되어 있으며, A/D 변환기의 입력 단에서 스펙트럼 분석기로 측정한 결과이다. 스펙트럼 분석기의 샘플링 주파수가 50[kHz]이며, 진폭은 10[dB] 스케일이다.

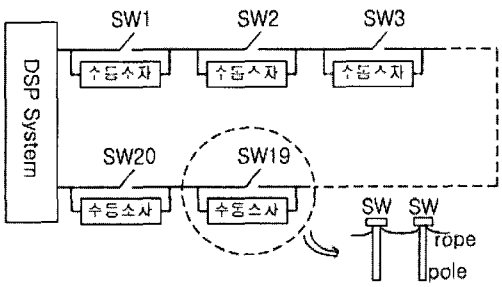

Fig. 9. Configuration of Experiment
그림 9. 실험 환경

4.2 OFF-스위치 위치 감지 실험

DSP에서 발생된 스펙트럼 측정용 신호는 진폭(크기) 스펙트럼의 크기가 1인 MLS이며, 이 신호를 D/A를 거쳐서 스위치로 전송된다.

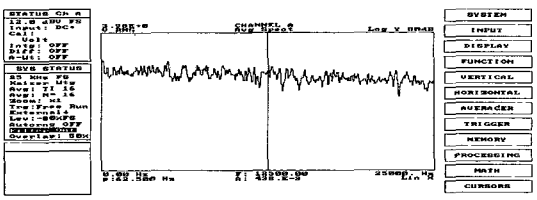

Fig. 10. spectrum of MLS used in experiment
그림 10. 실험에 사용된 MLS 신호의 스펙트럼

만일 임의의 스위치가 OFF되어 있으면 D/A에서 송신된 신호는 이 스위치를 통과하지 않고 병렬로 연결된 L-C 회로를 통과하게 된다. 따라서 이때에 L-C 회로의 진폭 스펙트럼을 각 스위치 별로 달리 선정한다면 송신된 신호를 DSP에서 FFT하여 이의 진폭 스펙트럼을 계산하여 OFF된 스위치의 위치를 알 수 있다.

Table 1. Spec. of passive elements
표 1. 수동 소자 규격

스위치 위치	L(mH)	C[pF]	중심주파수 (Hz)	출력전압 [V]
1	30	104	2,905	8.0
2	30	333	5,058	8.0
3	30	822	10,147	7.5
4	30	332	15,996	7.0
5	50	104	2,250	7.5
6	50	333	3,198	7.4
7	50	822	7,860	7.0
8	50	332	12,390	6.2
9	80	104	1,779	6.0
10	80	333	3,097	6.0
11	80	822	6,214	5.5
12	80	332	9,795	5.0
13	100	104	1,591	6.5
14	100	333	2,770	6.5
15	100	822	5,557	6.0
16	100	332	8,761	5.5
17	130	104	1,395	6.0
18	130	333	2,429	6.0
19	130	822	4,874	5.5
20	130	332	7,684	5.0

*C의 표기는 일반적인 표기법에 따른다. 예를 들어서 104의 경우 $10\times10^4[pF]$이다.

송신된 신호를 A/D를 이용하여 디지털로 변환한 후 FFT를 실행한다. FFT를 계산할 때에는 log함수와 square root함수가 지원되어야 하지만 본 시스템에 사용한 DSP에는 이 log함수와 square root함수를 지원하지 않기 때문에 식 (2)와 같이 절대 값만을 이용했다.

$$Y(w) = 20\log|Real^2 + Imag^2| \quad (3)$$

이때에 입력된 신호의 한 프레임은 4096(0FFFh) 샘플이므로 진폭 스펙트럼은 이의 절반인 2048(16진수로 7FFh) 샘플이다. 따라서 첫 번째 진폭스펙트럼은 420000h부터 4207FFh번지까지 저장된다. 그리고 다음에 스위치 1과 2를 OFF하고 나머지 스위치를 ON한 상태에서 FFT를 실행하여 진폭 스펙트럼을 계산하여 16회 평균을 취한 후 그 결과를 메모리 420800h번지부터 저장한다. 위의 과정을 반복하여 마지막 스위치까

지 ON하여 FFT을 계산한 후 메모리에 순차 저장한다.

위의 참조 스펙트럼을 작성한 후, 지금부터는 어떤 스위치가 OFF되었는지를 감지한다.

4.3 실험 결과

전선의 길이는 약 480[m]이며, 스위치의 수는 20개, 그리고 각 스위치에 병렬로 연결된 L-C 소자의 값이 표 1과 같도록 설정한 후 실험을 행했다. 이때에 스위치와 병렬로 연결된 L-C의 소자 값은 순차적으로 설정했다. 참조 스펙트럼을 작성한 후 하나의 스위치가 OFF된 상태에서 100회, 즉 스위치가 20개이고 인접 스위치가 동시에 OFF된 경우까지 고려해서 총 3900회의 인식 실험을 행했다. 이때에 인식 실험은 아날로그 신호를 디지털로 변환해서 DSP에서 실시간으로 처리했다. 디지털 신호로 변환할 때에는 샘플링 이론에 의해 입력되는 아날로그 신호의 최대 주파수의 2배 이상의 주파수로 아날로그 신호를 샘플링하여야 에이리어싱(Aliasing)이 발생하지 않는다. 따라서 샘플링 주파수가 50[kHz]이기 때문에 저역 통과 필터의 차단 주파수는 20[kHz]로 설계하였다[6].

인식 실험 결과를 표 2에 나타내었으며, 스위치의 위치가 9인 경우 100회의 인식 실험결과 99회는 9로 인식했으며 1회는 15로 인식했다. 그리고 스위치의 위치가 11인 경우 11로 인식한 경우에는 99회이며, 1회는 16으로 인식했다. 이 두 스펙트럼을 그림 11과 그림 12에 나타내었다. 그림11과 12에서 알 수 있듯이 두 스펙트럼이 상당히 유사한 특성을 가지고 있기 때문에 이를 인식하는데 문제점이 있는 것으로 판단된다.

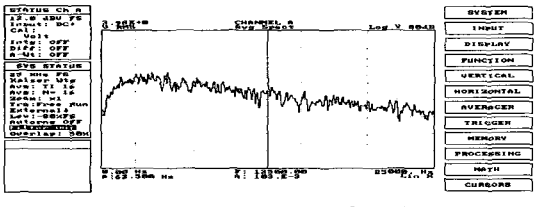

Fig. 11. Spectrum of 11th OFF-Switch
그림 11. OFF-스위치 11의 스펙트럼

스위치 12인 경우에는 98회는 12로 인식했으며, 2회는 5로 인식했다. 그리고 스위치의 위치가 14인 경우 14로 인식한 경우에는 99회였으며, 1회는 10으로 인식되었다. 나머지의 경우에는 스위치의 위치를 정확히 인식했다.

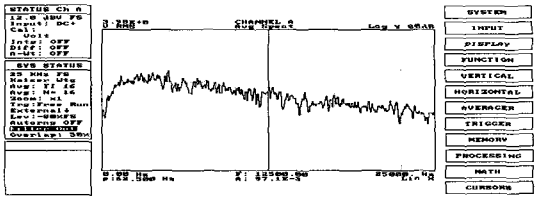

Fig. 12. Spectrum of 16th OFF-Switch
그림 12. OFF-스위치 16의 스펙트럼

V. 결 론

참조 스펙트럼과 입력 스펙트럼의 유사도를 이용하여 직렬로 연결된 스위치 중 OFF된 스위치의 위치를 감지하는 방법을 설명했다. 그리고 이를 실시간으로 감지할 수 있는 DSP 시스템을 구현하여 OFF된 스위치의 위치를 인식하는 실험을 했다. 각 스위치가 OFF되었을 때에 그 스펙트럼을 작성하고, 입력되는 테스트 스펙트럼과의 유사도를 계산하여 거리가 가장 작은 참조 스펙트럼을 OFF된 스위치로 인식한다. 본 실험에서는 상용화된 그리고 쉽게 구입할 수 있는 수동 소자를 각 스위치와 병렬로 연결하여 인식 실험을 하였지만 보다 우수한 성능을 얻기 위해서는 공진 주파수 또는 첨예도가 각각 구별되도록 수동 소자의 조합을 선택하면 가능하다.

참고 문헌

[1] TMS320VC22 Digital Signal Processor, Texas Instruments.

[2] TMS320C3x/C4x Assembly Language Tools User's Guide, Texas Instruments.

[3] Paul Kovitz "Two Maximum Length Sequence Devices for Measuring Room Acoustics Parameters" ASE 11th International Conference, pp293 - pp307.

[4] W. T. Chu "Architectural acoustic measurements using periodic pseudorandom sequences and FFT", J. Acoustic. Soc. Am. 76(2), pp475 - pp478, August 1984.

[5] J. T. Tou and R. C. Gonzalez, "Pattern Recognition Principles", Addison-Wesley Publishing Company, Inc., 1974.

[6] Design of OP-Amp Circuits with experiments by Howard M. Berlin, Sams.

저 자 소 개

조 병 모(정회원)

1982년 : 인하대학교 전자공학과 졸업 (공학사)
1984년 : 연세대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
1991년 : 연세대학교 대학원 전자공학과(공학박사)
1991년 3월~현재 : 순천대학교 정보통신공학부 전자공학과 교수

<주관심분야> Digital Signal Processing, Multirate/SubBand Signal Processing

이 권 연(정회원)

1986년 2월 연세대학교 전자공학과(공학사)
1988년 8월 연세대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
1995년 8월 연세대학교 대학원 전자공학과(공학박사)
1996년 3월~현재 : 순천대학교 정보통신공학부 전자공학과 교수

<주관심분야> 광정보처리, 홀로그래픽 광소자, 3-D 광 디스플레이 시스템, 광메모리 시스템

손 명 식(정회원)

1992년 : 중앙대학교 전자공학과 졸업 (공학사)
1995년 : 중앙대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
1991년 : 중앙대학교 대학원 전자공학과(공학박사)
2005년 2월~현재 : 순천대학교 정보통신공학부 전자공학과 조교수

<주관심분야> 반도체 공정/소자/회로 모델링 및 시뮬레이션, 아날로그/디지탈 혼합회로 및 RF집적회로 설계