Sell Call Radio Buoy용 코드검출기 설계

조내수¹ · 김주환¹ · 윤경섭² · 권우현^{1,+}

The Design of Code Detector for Sell Call Radio Buoy

Nae-Soo Cho¹, Joo-Hwan Kim¹, Kyoung-Seop Youn², and Woo-Hyen Kwon^{1,+}

Abstract

Sell call radio buoy is mostly used for searching for the location of fishing nets. Sell call radio buoy for the detection of the code uses the band pass filter(BPF). All BPF is used by imported from Japanese companies. But, Japanese companies stopped selling buoys for searching for the location of fishing nets, and domestic manufacturing companies could not sell buoys any more. Therefore, In this paper, a new method to replace the conventional buoy code detector is proposed. The proposed methods are constructed with an analog filter division composed of BPFs and notch filters as well as a microprocessor with analog digital converters. The advantage of proposed methods is able to combine various codes, can enhance receiver sensitivity. The experimental results confirm the usefulness of the proposed method.

Keywords : Sell call radio buoy, Band pass filter, Fishing net

1. 서 론

Sell call radio buoy[1, 2]는 어망위치 확인을 위해 많이 사용되고 있다. 어망위치를 확인 하기 위해서 직렬 톤 방식의 통신을 수행한다. 이때 수신된 신호는 AM 복조[3]를 통해서 나온 신호를 첨예도가 높은 기계식 BPF를 사용하여 보낸 코드의 조합이 맞는지를 확인 하는 방식이다. 이 방식은 502.5 Hz에서 772.5 Hz까지 30 Hz 간격으로 10개의 코드가 있으며 통신을 위해 10개의 코드 중에서 4개를 선택하여 보내는 방법이다. 그러나 기존 코드 검출기의 경우 검출기 구조상의 문제로 같은 주파수를 연속해서 코드 조합할 경우 사용하지 못한다는 단점이 있고, 코드검출기에 사용되는 기존의 기계식 BPF가 일본에서 전량 수입하여 사용되어 왔으나 현재는 생산이 중단되어 기존 업체들이 더 이상 sell call radio buoy 시스템을 생산하지 못하고 있다. 따라서 본 논문에서는 sell call radio buoy 시스템 생산업체의 의뢰를 받아 기존 코드 검출기의 문제점을 해결하면서 저가로 구현할 수 있는 새로운 코드 검출기를 제안한다. 본 논문에서 제안한 방식은 마이크로프로세서와 아날로그 필터 회로를 이용한 방식이다. 제안된 방법의 코

드검출기는 그 구현이 쉽고 간단하여 가격이 저렴하며, 기존 코드 검출기에 비해 더 많은 수의 코드 조합을 할 수 있으며 저 감도에 서도 기존 코드검출기와 동일한 성능을 보인다. 또 마이크로프로세서를 사용하기 때문에 수신감도 조정이 가능하다. 논문의 구성은 먼저 본문에서 sell call radio buoy 시스템 및 기존의 기계식 BPF를 이용하는 코드 검출기의 특성을 설명한 후 sell call radio buoy 시스템에서의 신호 특성을 설명하고, 그 신호 특성으로부터 제안된 코드검출기의 설계과정을 설명한 후 실험결과로부터 제안된 방법의 코드 검출방식이 타당함을 확인한다.

2. 실험 방법

2.1 Sell call radio buoy 시스템

Fig. 1에는 sell call radio buoy 시스템의 구성을 나타낸다. 먼저 어선에서 캐리어 주파수 233.15 kHz에 직렬 톤 방식으로 4개의 주파수를 각각 0.2초 간격으로 총 0.8초 시간 동안 송신하게 된다. Fig. 2에 3197로 조합된 직렬 톤 방식의 코드 배열을 나타내었다.

Fig. 3에는 송신기에서 보낸 신호 즉 sell call radio buoy에서 수신된 A 신호를 AGC와 검파기를 통과 시킨 후 C 신호를 만들고, 이 신호의 DC 성분을 제거한 D 신호를 코드 검출기로 보내면 코드 검출기에서는 미리 정해 놓은 주파수와 그 순서를 검사해서 수신된 코드와 기억시켜 놓은 코드가 일치하면 수신기 메시지가 저

¹경북대학교 전기전자컴퓨터학부(School of Electrical Engineering and Computer Science, Kyungpook National University)

²거창대학교 정보전자과(Dept. of Information Electronics, Gyeongnam Provincial Geochang College)

⁺Corresponding author: whkwon@ee.knu.ac.kr

(Received : Feb. 24, 2011, Accepted : May. 11, 2011)

장되어 있는 마이크로프로세서에 응답을 요청하여 호출한 어선으로 응답을 보내어 준다.

Table 1에는 통신을 위한 주파수를 나타내었다. 이 표로부터 조합할 수 있는 코드는 R 주파수를 제외한 나머지 10에 대해서 조합 가능하므로 총 10,000 개의 코드를 조합 할 수 있다.

Fig. 1. Sell call radio buoy system.

Fig. 2. Serial tone code.

Fig. 3. Receiver of sell call radio buoy system.

Table 1. Frequency code

코드번호	주파수	코드번호	주파수
1	502.5	7	682.5
2	532.5	8	712.5
3	562.5	9	742.5
4	592.5	0	772.5
5	622.5	R	802.5
6	652.5		

2.2 기존 기계식 코드 검출기

Fig. 4. Mechanical BPF : Vibrating table (a), Electrode (b), Appearance[top] (c), Appearance[bottom] (d).

Fig. 5. Code detector block diagram of serial tone method.

기존의 코드 검출기의 경우 보낸 주파수와 미리 정해놓은 주파수를 비교하기 위해서 공진 특성을 이용하는 기계식 BPF를 사용한다. Fig. 4에서 기계식 BPF를 나타내었다. 이 기계식 필터는 Fig. 4 (a)와 같이 두 개의 얇은 철판에 압전 소자를 붙여놓고, 각 철판을 전극에 연결 해놓았으며, 철판 사이의 진동을 전달하기 위해서 진동전달용 고무판을 가지는 구조로 되어 있다. 이 장치의 동작은 먼저 1번 전극과 E전극 사이에 전기신호가 들어오면 1번 전극에 연결된 철판을 통해 1번 전극에 붙여놓은 압전 소자와 공진하게 되면 철판1이 크게 진동하게 되고 그 진동이 철판2로 전달되고 철판2에 붙여놓은 압전 소자와 다시 공진을 하면 압전 소자2에 의해 전기가 발생되고 이 전기가 철판2를 통해서 2번 전극에 전달되는 방식으로 동작한다. 이때 압전 소자의 고유진동수와 다른 주파수가 들어오면 공진이 발생하지 않기 때문에 철판1에서의 진동이 철판2로 전달되지 않게 된다. 따라서 코드 검출기는 각 고유진동수를 가지는 Fig. 4와 같은 BPF로 구성하게 되며, sell call radio buoy의 경우 4개의 기계식 BPF를 가지고 있다. Fig. 5에 직렬 톤 방식으로 구성된 기존 코드 검출기의 개념도를 나타내었다. 이 그림에서 알 수 있듯이 제 1번 코드가 들어오면 Tr1이 온 되고, 다음 2번 코드가 들어올 때 까지 기다리다 2번 코드가 들어오면 Tr2를 온 시키는 방식으로 구성 되어 있다. 따라서 이 방식을 사용할 경우 연속된 코드를 조합하는 경우 문제가 발생된다. 예를 들어 5517로 조합된 암호코드를 송신하면 수신부에서는 코드검출기의 구조상 첫 번째 5가 들어왔을 경우 Tr1과 Tr2가 동시에 온이 되는 문제점이 발생하여 517x, x517에 대하여 모두 반응하게 된다. 따라서 연속된 숫자의 조합일 경우 발생하는 문제 때문에 조합할 수 있는 코드의 수가 1000개보다 적게 된다.

2.3 제안된 코드 검출회로

Sell call radio buoy 시스템이 직렬 톤 방식으로 주파수를 검출하는 방식이므로 주파수를 정밀하게 검출하기 위해서 풀 디지털 방식으로 고정도 ADC와 고속의 DSP를 이용하여 구현할 수도 있으나 이렇게 구현할 경우 시스템의 생산단가가 너무 높아 그 실용성이 없다. 따라서 본 논문에서는 기존 기계식 BPF로 구성된 코드 검출기를 대체하기 위하여 저가로 구성할 수 있는 아날로그와 디지털 혼합 방식의 코드 검출기를 제안 한다.

2.3.1 입력신호의 분석

수신된 신호를 분석하기 위해서 함수 발생기에서 680 Hz를 입력하고 시그널 제너레이터에서 캐리어 주파수 233.15 kHz를 AM 변조 하여 송신한 신호를 수신부에서 받아 복조한 후 코드 검출부로 보낸다. 이때 코드 검출부 입력 단계 들어온 신호를 시간영역과 주파수 영역에서 확인하였다. 함수 발생기는 HP사의 33120A를 시그널 제너레이터는 Gredix 사의 SG-1501을 사용하였다.

Fig. 6. Results for various sensitivity : 30dB (a), 40dB (b), 50dB (c), 60dB (d).

먼저 Fig. 6은 시간영역에서 입력된 신호를 수신 감도에 따라 나타내었다. 그림에서 녹색부분이 수신된 신호로 감도가 높을수록 원래 보낸 주파수와 가까운 파형이 나오고, 감도가 낮아질수록 수신된 파형의 크기 및 주파수 왜곡이 발생함을 알 수 있다. 다음으로 Fig. 7은 HP35670A를 이용하여 FFT 해서 얻은 데이터를 Matlab를 이용하여 그린 파형으로 FFT된 결과를 감도에 따라 나타내었다. 시간 영역에서의 결과와 동일한 결과를 나타내고 있으며 감도가 낮아지면 보낸 주파수를 구분하기 어려움을 알 수 있다. 이 문제는 기존 기계식 BPF의 경우도 동일하게 존재하며 기존 기계식 BPF의 경우도 검출하고자 하는 코드의 신호 크기가 일정값 이상이 되어야 공진을 하게 된다. 또 풀 디지털 방식으로 구현할 경우도 동일한 문제가 발생됨을 FFT 결과로부터 알 수 있다.

Fig. 7. FFT results for various sensitivity : 30dB (a), 40dB (b), 50dB (c), 60dB (d).

따라서 본 논문에서는 저 감도에서 나타나는 500 Hz 이하에서의 주파수와 1 kHz 이상에서의 주파수 성분을 제거하기 위해 502.5 Hz에서 1 kHz에 해당되는 주파수를 먼저 걸러 내기 위한 전단 BPF를 설치하고 이 신호를 이용하여 코드 검출기를 설계하였다.

2.3.2 신호분석결과에 대한 하드웨어 설계과정

전단 BPF를 통과 시킨 신호 다음 단계에 Q 값은 500 Hz에서는 16, 800 Hz에서는 27 정도 되어야 인접 주파수를 구분할 수 있다. 그러나 Q 값을 16-27 정도로 BPF를 설정하기 위해서는 필터 차수를 높여야 한다. 필터 차수를 높이기 위해서는 1차 BPF나 2차 BPF를 다단으로 접속해야 하거나, 디지털 필터를 구현해야 한다. 그러나 이렇게 하면 시스템의 제작 단가가 높아지는 문제점이 있다. 따라서 본 논문에서는 연산증폭기 한 개를 이용하는 2차 BPF를 구현 하고 이때 Q 값을 10근처가 되게 설계하였다. 이런 경우 저 감도의 신호에 대해 검출하고자 하는 주파수와 인접 주파수를 검출 할 수 없는 문제점을 가진다. 따라서 같은 차수를 유지하면서 좀 더 큰 Q 값을 이용하기 위해서 BPF에 더하기회로를 추가하여 노치필터를 구성하였다[1]. 노치필터의 경우 입력된 신호의 위상에 많은 영향을 받으나 같은 차수로 더 큰 Q 값을 얻을 수 있다.

Fig. 6에는 여러 감도에 따라 수신된 신호와 그 신호를 BPF 시킨 신호 및 노치필터를 통과 시킨 신호의 파형을 나타내었다. Fig. 6에서 녹색 신호는 입력된 신호이고, 적색 신호는 BPF된 신호이며, 자색 신호는 노치 필터의 신호이다.

Fig. 6의 자색 신호의 결과를 보면 수신된 신호의 감도가 높을수록 노치 필터된 신호의 값이 작게 나타남을 알 수 있다. 따라서 정보 신호는 그 크기가 가장 작은 신호임을 알 수 있다.

노치 필터된 신호 중 가장 작은 값이 기다리는 코드 값이나 이 신호를 코드 검출에 직접 사용하기는 어렵다. 왜냐하면 수신된 신호의 감도가 낮은 경우 시간적으로 불연속적으로 들어오는 정보 신호를 실시간으로 찾기는 어렵기 때문이다. 따라서 노치 필터된 신호를 시간적으로 최대한 작게 변화 시킬 필요가 있다. 이렇게 하기 위해서 본 논문에서는 노치필터의 출력을 정밀 전파 정류기를 이용해서 정류 시킨 후 이 신호를 LPF를 통과 시켜 평균값을 얻어

시간에 따라 신호의 변화를 작게 만들었다. 또 신호가 들어왔을 경우 평상시 값보다 커지게 하는 것이 신호 검출에 용이하므로 빼기 회로를 추가하였으며, 마지막으로 신호의 감도에 따라 발생할 수 있는 출력신호의 크기를 상대적으로 보기 위하여 마이크로프로세서의 ADC 모듈을 이용하였다.

2.3.3 노치필터 설계 및 정보신호 검출회로설계

본 논문에서 구현된 BPF[4], 노치필터[4] 및 정보신호 검출기에 대해 간단하게 설명한다.

Fig.8은 본 논문에서 사용한 2차 BPF로 BPF의 값, 이득 및 센터 주파수의 관계를 식(1)~(4)에 나타내었다.

$$\left| \frac{V_o}{V_i} \right| = \left| \frac{\frac{1}{C_1 R_1} s}{s^2 + \frac{1}{R_2} \left(\frac{C_1 + C_2}{C_1 C_2} \right) s + \frac{1}{C_1 C_2 R_2} \left(\frac{R_1 + R_3}{R_1 R_3} \right)} \right| \quad (1)$$

$$Q = \frac{\omega_o}{(C_1 + C_2)} = \frac{\omega_o C_1 C_2 R_2}{(C_1 + C_2)} = \frac{\omega_o C R_2}{2} \quad (2)$$

$$G = \frac{Q}{\omega_o C R_1} = \frac{R_2}{2 R_1} \quad (3)$$

$$\omega_o = \frac{1}{C} \sqrt{\left(\frac{R_1 + R_3}{R_1 R_2 R_3} \right)} \quad (4)$$

여기서 Q 값과 센터 주파수 ω_o 와 대역폭 BW 와의 관계는 $Q = \omega_o / (BW)$ 로 주어진다[4].

다음은 본 논문에서 사용된 노치 필터로, 본 논문에서는 Fig. 8의 BPF를 이용하여 Fig. 9와 같은 노치 필터를 구성 하였다. 노치 필터와 BPF의 관계는 식 (5)로 주어진다[5].

$$V_o = 1 - V_{BPFout} \quad (5)$$

Fig. 8. 2nd order BPF.

Fig. 9. Notch filter.

Fig. 10. Comparison of BPF and Notch filter.

Fig. 10에는 BPF의 Q 값과 노치필터의 Q 값을 비교하기 위하여 BPF의 센터 주파수 ω_o 를 680 Hz로 설정한 후 입력 주파수를 500 Hz에서 1 kHz로 가변시켰을 경우 두 필터의 특성을 나타내었다. 이 그림의 점선 부분에서 알 수 있듯이 동일한 차수 조건에서 노치 필터가 BPF에 비해 더 큰 Q 를 가짐을 알 수 있다.

Fig. 11. Full rectifier.

Fig. 12. Effective signal detection.

Fig. 11에는 노치 필터된 신호를 전파 정류하기 위한 전파 정류 회로를 나타내었다[4]. Fig. 12에는 정류된 신호로부터 신호 검출 알고리즘을 사용하기 위한 신호로 바꾸기 위한 회로이다. 이 회로는 정류된 신호를 저역통과 필터를 사용 해서 평균값을 구하고 그 값과 V_{cc} 와의 차이를 구하는 회로이다. 입력과 출력 관계식을 간략화 하면 식(6)으로 주어 진다.

$$V_o \approx \frac{R_4}{R_1 (s C_1 R_4 + 1)} \left(\frac{R_3}{R_2 + R_3} V_{cc} - V_{in} \right) \quad (6)$$

2.3.3 시작신호 검출회로설계

코드의 시작 시점을 검출하기 위해서 전단 PPF를 통과 시킨 후 실제 코드 검출용 BPF의 출력을 이용하여 시작신호를 검출 한다. 즉 코드 검출용 BPF의 코드를 5로 설정해놓았다면, 첫 번째 코드가 5와 그 주변 코드 4, 6 이 수신된 경우만 시작 시점을 검출하게 된다. 물론 감도가 높은 경우는 4, 6은 검출 되지 않는다. Fig. 13 에는 시작 시점 검출회로의 블록도를 나타내었다. 그림에서와 같이 자기 코드 검출용 BPF의 경우 설정해놓은 코드 값에 대해 가장 큰 값을 가지게 되고 이 값을 평균화 하여 비교기와 비교 하면 일정 이상의 신호에 대해서 코드 검출 시작 신호로 사용할 수 있다. 또 비교기 입력단에 가변저항을 설치하여 감도조정을 할 수 있게 하였으며 본 논문에서는 인근 코드가 들어온 경우에 대해서도 시작 시점을 찾게 가변저항 값을 조정해 놓았다. 즉 시작 코드가 7일 경우 6을 보낸 경우도 시작으로 판단하게 설명하였다. 이것은 저 감도일 경우 6, 7의 구분이 쉽지 않기 때문이다.

Fig. 13. Block diagram of start detector.

2.3.3 검출 알고리즘

Fig. 14. Block diagram of code detector.

Fig. 14에 본 논문에서 제안한 코드 검출기의 블록선도를 간단하게 나타내었다. Fig. 14에서 코드 검출을 위한 알고리즘이 구현된 마이크로프로세서 부분을 제외한 부분에 대한 설명은 앞에서 언급하였으므로 생략한다.

검출 알고리즘을 설명하기 위해 어선에서 1234라는 코드를 보냈다고 가정하고, buoy의 코드 검출기도 1234 순으로 코드를 조합해놓았다고 가정한다. 그렇게 되면 먼저 1이라는 신호에 대해서 AN0-AN3의 신호의 ADC 결과 AN0가 가장 큰 값을 가진다. 만약 4를 보냈다면 AN4가 가장 큰 값을 가지게 된다.

Fig. 15. Code detection algorithm.

Fig. 15에 코드 검출을 위한 알고리즘의 순서도를 나타 내었다. 먼저 저 전력 모드를 위해 Fig. 14의 마이크로프로 세서는 슬립상태로 대기 한다. 이때 슬립에서 빠져 나오기 위해서는 외부 인터럽트를 이용한다. 외부인터럽트 신호는 시작 검출회로에서 발생된 신호를 이용한다.

시작 검출회로에서 발생된 신호로부터 마이크로프로세서는 4개의 채널을 통해 각각 0.2초 간격으로 ADC를 하고 그 평균값을 저장한 후 저장된 값 중 최대에 해당되는 채널을 기억 한다. 이때 채널 검사횟수와 ADC 평균값의 최대값을 가지는 채널과 일치하면 채널 검사횟수와 최대값을 가지는 채널의 일치 회수를 저장하기 위한 플래그를 하나 증가 시킨다. 위의 작업을 0.2초 간격으로 4번 실시한 후 즉 채널 검사 횟수가 4가되면 채널 검사를 마치고 채널 검사 횟수와 최대값의 일치 회수 저장 플래그가 4인가를 확인하고 4이면 코드가 일치했으므로 콜을 호출한 어선으로 메시지를 전송한다. 이때 수신된 신호의 감도가 낮을 경우 인근 코드의 ADC 결과가 비슷한 값을 가질 수 있기 때문에 ADC결과에 약간의 편차 조정으로 수신감도에 대한 조정이 가능하다.

3. 결과 및 고찰

3.1 실험을 위한 장치 및 buoy 시스템

Fig. 16에 본 논문에서 사용된 sell call buoy 시스템의 송수신 장비들을 나타내었다.

(a)

(b)

Fig. 16. Sell call buoy transmitting device and receive system: Transmitter (a), Receiver (b).

Fig. 16의 (a)는 주파수코드 발생을 위한 평선 제너레이터와 진폭 변조를 위한 시그널 제너레이터이고, (b)는 그물에 부착되어 있는 buoy 장치를 나타낸다.

3.2 회로도 및 설계된 보드

Fig. 18. Proposed BPF array.

본 논문에서 구현된 시스템은 Fig. 3의 코드검출기 부분이다. Fig. 3의 코드 검출기 블록도는 Fig. 14에 나타내었고, Fig. 18은 Fig. 14의 회로 블록도를 바탕으로 제작된 코드 검출기를 나타낸다. Fig. 18에서 A 부분은 전단 BPF, B는 코드검출용 BPF를 C는 정보신호 검출부, D는 마이크로프로세서 부, E는 buoy 수신부와 연결되는 커넥터이다. Fig. 19는 Fig. 5의 기존 코드 검출기의 실제 PCB 나타내었다. 기계식 BPF에 각 필터에 해당하는 주파수가 표시되어있다.

수신된 후 저, 고 감도 신호에 대해 모두 잘 검출됨을 볼 수 있다.

Fig. 23. Result of code detection : Low sensitivity (a), High sensitivity (b).

이상에서 살펴본 내용을 Table 2에 표시하였다. 기존 검출기에 비해 제안된 검출기는 전력소모 및 부품 수에서는 기존 검출기가 우수하나 조합 코드 수, 감도 및 가격에 대한 부분에서는 더 우수하다.

Table 2. Comparison of two code detector

	기존 검출기	제안된 검출기
가격	고가(수입의존)생산중단	저가
조합코드 수	제한된 코드	코드 제한 없음
검출감도	좋음	좋음
감도조정 여부	불가능	가능
전력소모	적음	큼
부품 수	적음	많음

4. 결 론

어망 탐지용 sell call radio buoy 시스템에서는 코드 검출용으로 압전 효과를 이용한 기계식 BPF를 사용하여 왔다. 그러나 기계식 BPF의 생산이 중단 되어 그 대체품이 필요하게 되었다.

확도가 높은 BPF를 구현하기 위해서는 디지털 필터를 이용할 수 있다. 그러나 확도를 높이기 위해서 고가의 DSP를 이용하여야

하기 때문에 생산 비용에 문제가 생긴다. 따라서 본 논문에서는 아날로그와 디지털 회로를 조합하여 코드 검출기를 설계하였다.

기존 기계식 방식의 코드 검출기는 조합할 수 있는 코드의 수가 제한 되어있고, 수신된 신호레벨에 대하여 고정된 감도를 가진다. 그러나 본 논문에서 제안한 방법은 모든 수의 코드 조합이 가능하며, 마이크로프로세서를 이용하기 때문에 감도 조절이 자유롭다. 또 기존 기계식 BPF는 일본에서 전량 수입하여 왔으나 현재 단종된 상태에서 본 논문에서 제안된 시스템이 기존의 sell call radio buoy를 생산하는 업체들에게 많이 사용될 것으로 판단되며, 향후 기존 코드 검출기에 비해 대기전력 소모가 많은 문제점을 해결하기 위한 방안이 필요하다고 판단된다.

감사의 글

이 논문 또는 저서는 2011년 교육과학기술부로부터 지원받아 수행된 연구임(지역거점연구단육성사업 /노화극복·웰빙을 위한 융합의료기술개발사업단)

REFERENCES

- [1] J-H Kim, N-S Cho, K-S Yoon, and W-H Kwon, "Development BPF of cell radio buoy for confirm location of fishnets using PIC16F87x", 한국센서학회 종합학술대회 논문집, pp. 91, 부산, 한국, 2010.
- [2] Ryokuseisha Corporation Home Page, <http://www.ryokusei.co.jp/foreign/radiobuoy.html>, 2001.
- [3] Kai Chang, *RF and microwave wireless systems*, Jon Wiley & Sons, New York, pp. 275-279, 2000.
- [4] Robert F. Coughlin and Frederick F. Driscoll, *Operational Amplifiers and Linear Integrated Circuits 6th Edition*, Prentice Hall, New Jersey, pp. 295-329, pp. 187-214, 2001.
- [5] 박송배, 애널로그 IC 필터의 설계, 홍릉과학출판사, 서울, pp. 93-101, 1999.

조 내 수(Nae-Soo Cho)

- 2001년 경일대학교 제어계측공학과(공학사)
- 2003년 경북대학교 대학원 전자과(공학석사)
- 2005년 경북대학교 대학원 전자과(박사수료)
- 2005년 ~ 2008년 경일대학교 제어전기공학부 초빙교수
- 2011년 ~ 현재 경북대학교 전자과 초빙교수
- 주관심분야 : 전력전자, DSP 응용제어, 모션제어

김 주 환(Joo-Hwan Kim)

- 2010년 경북대학교 전자전기공학부(공학사)
- 2010년 ~ 현재 경북대학교 대학원 전자과 석사과정
- 주관심분야 : 전력전자, 모터제어

윤 경 섭(Kyoung-Seop Youn)

- 1991년 경북대학교 전자공학과(공학사)
- 1993년 경북대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
- 1998년 경북대학교 대학원 전자공학과(공학박사)
- 1997년~현재 경남 도립거창대학 교수
- 주관심분야 : 전력 전자, 센서 응용제어

권 우 현(Woo-Hyen Kwon)

- 1977년 서강대학교 전자공학과(공학사)
- 1979년 한국과학기술원 전자공학과(공학석사)
- 1993년 한국과학기술원 전자공학과(공학박사)
- 1979년~현재 경북대학교 공과대학 전자전기컴퓨터학부 교수
- 주관심분야 : 전력전자, 모터제어, 스위칭 시스템 모델링과 시뮬레이션, DSP 응용제어