

論文98-35T-6-10

WDFT를 이용한 자동차 엔진의 실화검출

(Detection of Misfire in Car Engines using Walsh Discrete Fourier Transform)

金鍾夫*, 李泰表**, 御正洙**, 任國顯***

(Jong-Boo Kim, Tae-Pyo Lee, Jung-Su Eo, and Kook-Hyun Yim)

요약

자동차 배기ガ스의 증가요인인 실화발생을 감지하고 실화가 발생하는 기통까지 판별하기 위하여 종래에는 크랭크각속도를 측정하는 방법을 이용하였으나 이방법은 고속의 회전시 감지가 어려운 문제를 가지고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 본논문은 이산 월쉬-푸리에(Walsh Discrete Fourier Transform; WDFT)를 이용하여 고속의 엔진회전수에서도 실화발생여부를 판단 가능하게 하였고, 월쉬함수의 Moving window방식을 이용하여 다기통 실화발생에 대한 기통판별까지 가능하게 하였다. 이상의 내용을 시스템으로 구현하여 무부하 Idle상태와 운전상태(Drive)에서 시험한 결과도 실화발생여부를 감지하는데 기존의 방법보다 더 효과적임을 알 수 있었다.

Abstract

The primary cause of air pollution by vehicles is imperfect combustion of fuel. One of the most usual causes of this imperfect combustion is the misfire in IC engines. The U.S. EPA(Environment Protection Agency) and the CARB(California air Resources Board) have imposed regulations for the detection of misfiring in automotive engines. The OBD-II regulations require that misfire should be monitored by the engine diagnostic system, and that the goal of OBD-II is to alert the driver to the presence of a malfunction of the emission control system. Several solutions to the misfire detection problem have been proposed for the detection of misfires. However, the performance of these methods in the presence of misfire is not altogether clear.

This paper presents a precise method and system for internal combustion engine misfire. Present invention based upon measurements of engine roughness as derived from crankshaft angular velocity measurements with special signal processing method. Crankshaft angular velocity signals are processed by WDFT, so that the more reliable misfire detection than the time domain analysis.

Experimental work confirms that it is possible to apply the WDFT for the detection of misfires in no-load idle and road testing.

* 正會員, 仁德大學 메카트로닉스학

(Dept. of Mechatronics, Induk Institute of Technology)

** 正會員, 現代自動車 中央研究所

(Hyundai Motors Co.)

*** 正會員, 태산정밀 연구소

(Taesan Precision Co.)

※ 본 논문은 인터대학의 일부 지원에 의함

接受日字: 1998年4月18日, 수정완료일: 1998年6月8日

I. 서 론

산업이 고도로 발달함에 따라 인간의 건강과 생활환경을 침해하는 공해는 그 종류가 점차늘어나고 있으며 원인 또한 복잡해지고 있다. 그 중에서도 소음과 더불어 자동차의 배기ガ스에 의한 대기오염은 점차 사회 문제화 되고 있어 그 대책이 시급해지고 있다. 자동차의 배기ガ스에 의한 대기오염은 1943년 9월 미국의 로스엔젤레스시에서 광화학 스모그의 발생으로 사람들에게 기침, 두통, 현기증 등의 건강장애를 일으키는 문제가 발생하여 이것을 계기로 1950년 이후 자동차 배기ガ스는 법으로 규제받게 되었다.^[1] ^[2]

이러한 이유로 자동차 생산업체들은 강화되는 배기ガ스 규제에 대응하는 엔진제어장치의 개발이 필요하게 되었고, 배기ガ스를 감지 할 수 있는 각종 센서들로부터 신호를 받아 배기ガ스의 상태를 감지하여 이상 유무를 운전자에게 알려주는 전자화시스템을 개발하여 현재 차량에 적용하고 있다.^[3]

최근에는 배기ガ스의 규제가 더욱 심화되어 배기ガ스의 상태를 ECU가 스스로 식별하고 경고하도록 의무화하는 OBD-II 규정을 적용받게 되었으며, 이 규정을 만족하지 못할경우, 상당액의 벌금을 해당국가에 지불하게 되어있다. 따라서, 각 자동차 생산업체들은 이러한 OBD-II 규정이 계속 강화되므로, 이에따라 배기ガ스에 영향을 미치는 센서들의 고장에 대응하기 위하여 기술개발을 하고있으며, 특히 배기ガ스의 주된원인중의 하나인 실화발생을 감지하고 실화가 발생하는 기통판별까지 감지하는 기술을 개발하는데 많은 투자를 하고 있다.^[3] ^[2]

종래에는 실화 발생 여부를 감지하기 위하여 엔진의 출력측인 크랭크 각도마다 감지되는 엔진회전수 또는 엔진 회전주기 신호의 변동률을 이용하였다. 그러나, 이 방법은 고속의 엔진 회전시 변동률의 분석이 어려워지는 문제가 있었다.^[3]

이러한 문제를 해결하기 위해서 주기신호를 시간의 함수가 아닌 주파수 성분의 크기와 위상각으로 해석하는 DFS 방식이 검토되어 왔지만, 이 방법 또한 미리 계산된 사인, 코사인 함수 테이블을 엔진제어장치내의 메모리에 설정하여 저장하여야 하며, 주파수 성분 분석을 위하여 감지되는 엔진회전수 즉, 데이터의 갯수만큼의 곱셈과, 신호의 크기 계산을 위한 곱셈, 위상판별을 위한 계산을 위한 처리루틴이 필요하게 되어 메

모리의 소모와 루틴 처리시간이 길어지는 단점이 있다.
[1] [6]

그래서 상기 문제들을 DFT의 Trigonometric 기저함수를 Walsh함수로 변환시킨 WDFT를 이용하여 단순한 가감산 계산만으로 실화발생여부를 판정할 수 있고, 고속의 엔진회전수에서도 실화판별을 가능하게 하였다.^[7] ^[8] 또한 Walsh함수의 Moving window 방식을 이용하여 단기통 및 다기통 실화에 대한 기통판별까지 가능하게 하였다. 그리고 WDFT를 무부하 Idle상태와 부하 운전 상태에서 시험을 하여 실제 시스템에서의 실화 발생 감지여부를 판별하고, 실화발생기통판별까지 가능한지를 시험을 통해서 살펴보았다.

II. WDFT의 이론

어떠한 신호의 근사값(approximation)을 구하기 위한 기저함수(basis function)는 다음과 같이 유한한 구간에서 기저함수간의 상호 직교성(orthogonality)을 만족해야 한다.^[8]

$$\int_{t_1}^{t_2} \phi_n(t) \phi_m(t) dt = \begin{cases} \lambda_n & n=m \\ 0 & n \neq m \end{cases} \quad (1)$$

이러한 직교성을 만족하며 ±1의 단순한 연산이 필요하여 계산상 많은 잇점이 있는 Walsh 함수는 그림 1과 같다.^[9]

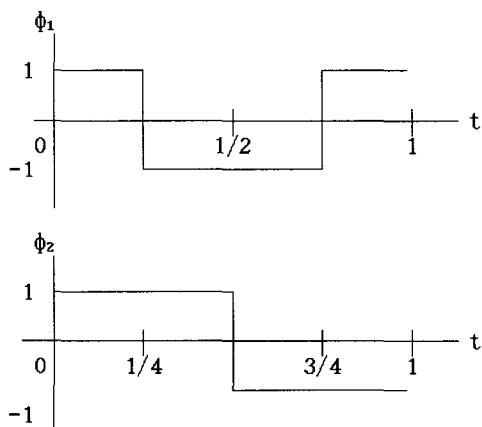


그림 1. Walsh 함수
Fig. 1. Walsh Function.

그림 2는 푸리에 전개의 Trigonometric 함수로 직교

성을 만족한다.^[8] 따라서, 본 논문에서는 엔진회전 주기신호의 주파수 분석 방식으로서, DFT 사용시 기저함수를 Trigonometric 함수에서 Walsh 함수로 대체한 WDFT를 사용한다. 분석결과 그림 7, 8과 같이 WDFT함수를 이용하였을때 DFT 함수와 거의 동일한 결과를 나타내고, Memory 사용면이나 처리속도면에서는 기존의 DFT 함수에 비해 유리하였다. 또한 Moving window방식을 적용하므로서 다기통 실화 검출 및 기통판별 문제점을 완벽히 해결할 수 있었다.

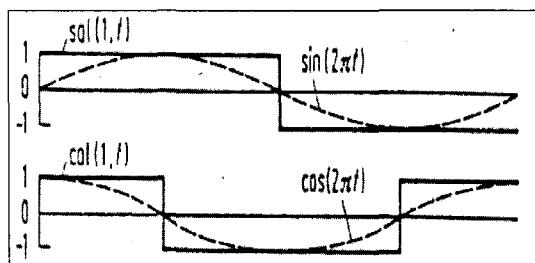


그림 2. Trigonometric 함수.

Fig. 2. Trigonometric function.

III. WDFT에 의한 엔진 실화 분석

1. WDFT에 의한 엔진신호 표현

정상적인 엔진주기신호(그림 3)는 엔진 1회전당 4회의(4기통일 경우) 폭발행정을 맞이하므로 4회의 주기 정점(peak)지점이 나타나게 된다. 하지만 기통간의 기계적 특성이 다르기 때문에 4회의 정점(peak) 파형이 동일하게 나타나지는 않고 조금은 비대칭적으로 나타난다.

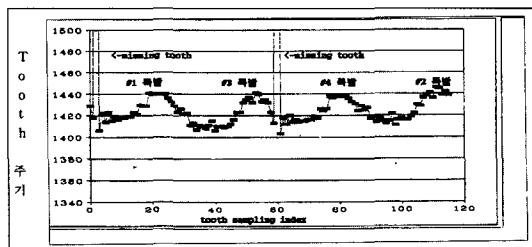


그림 3. 정상적인 엔진주기 신호

Fig. 3. Normal engins signals.

만약, 실화가 발생된다면 4회의 정점 파형은 엔진 토크 저하로 주기의 변형이 일어나게 되고, 실화를 유

발한 실린더에 따라 범위의 위치가 이동(shifting) 된다.

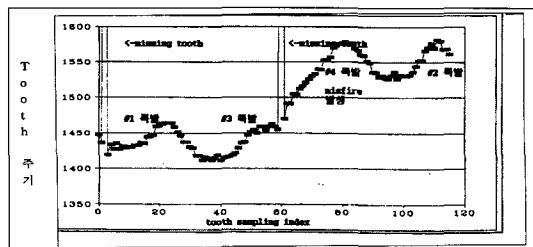


그림 4. 실화발생시 엔진주기 신호

Fig. 4. Misfire engine signals.

엔진 1회전을 주파수 측면에서 보면 4회의 정점은 주파수 4에 인접하고 한번의 실화 발생은 주파수 1에 인접하게 된다. 즉, 실화성분이 정확히 주파수 1을 나타내지는 않지만, 주파수 Spectrum 분석시 주파수 1에 가장 지배적인(dominant) 성분이다.

그러므로, Walsh 함수를 이용한 WDFT에 의한 전체 스펙트럼 분석중 주파수 1에 대한 Amplitude 스펙트럼만을 따로 분리하여 실화판정에 사용한다. DFT 분석 방정식(analysis equation)과 마찬가지로 식 (2)와 같이 WDFT 방정식을 사용하여 주파수 1의 스펙트럼 성분 추출이 가능하고, 실화가 있으면 Amplitude 스펙트럼은 큰값을 나타내고, 실화가 없으면 작은값을 나타내게 된다.^[10]

$$X[1] = \sum_{n=1}^N x[n] [WAL_{\cos}(\frac{2\pi}{N} n) - jWAL_{\sin}(\frac{2\pi}{N} n)] \quad (2)$$

그림 1에서 보는바와 같이 Walsh 함수는 '1' 아니면 '-1'의 값을 가지므로 웃식의 모든 곱셈 항목(term)은 덧셈과 뺄셈 형태로 단순화 된다. 구간을 4 구간으로 세분화(TDC 간격)하면 최종적인 식은 식 (3), 식(4)와 같다.^{[10] [11]}

$$a = [\sum_{n=1}^{N/4} x[n] - \sum_{(N/4)+1}^{N/2} x[n] - \sum_{(N/2)+1}^{3N/4} x[n] + \sum_{(3N/4)+1}^N x[n]] \quad (3)$$

$$b = [\sum_{n=1}^{N/4} x[n] + \sum_{(N/4)+1}^{N/2} x[n] - \sum_{(N/2)+1}^{3N/4} x[n] - \sum_{(3N/4)+1}^N x[n]] \quad (4)$$

$$\text{AMPLITUDE} = |a| + |b|$$

TDC 간격의 Moving window 방식이므로 위상(phase) 계산은 필요 없다.

2. 엔진 실화판별법

New-a ENG.(Accent 탑재)인 경우 CPS(Crankshaft Position Sensor)는 크랭크축(crankshaft) 1회전당 58개의 Tooth 주기(missing tooth 1개 포함)를 출력(output)으로 내보낸다. 즉, 엔진 1회전이란 크랭크축 2회전에 해당하므로 116개의 Tooth 신호(missing tooth 2개 포함)를 내보낸다. WDFT 계산을 위한 tooth 데이터의 합산은 moving window 적용을 위하여 식(5)와 같이 매 29개의 단위로 합산후, 합산 결과를 출력하고 덧셈기(adder)를 Reset 시킨다. 이 과정에서 합산된 결과에 식(6)과 같이 RPM, RIPPLE, LOAD factor의 보정을 수행 한후 결과값을 16 Byte buffer에 순차적으로 저장한다. 16 Byte buffer가 Full 되었으면 식(7), 식(8)과 같이 RLL_j 와 IMM_j를 계산하고, 16 Byte buffer의 최상위 4 Byte (SUMRRL_{j-3})를 지우고, 새로운 SUMRRL_{j+1} 4 byte를 채워 WDFT_j를 계산한 후 실화(misfire) 합계값(Threshold)과 비교한다. WDFT_j의 합계값 초과 횟수가 연속적으로 나타낼 때 실화 발생을 판정하게 된다. 초과횟수 Counter가 연속적으로 증가 되지 않는 경우 Counter reset하고 초과횟수가 연속 3회이면 단기통 실화(single misfire)이므로 단기통 실화 기통판별 과정(procedure)이 수행되며, 초과횟수가 연속 4, 5, 6회이면 다기통 실화(multiple misfire)이므로 다기통 실화 기통판별 과정(multiple misfire procedure)이 수행된다.

$$\text{SUM}_j = \sum_{i=1}^{29} \text{Tooth}_i \quad (5)$$

$$\text{SUMRRL}_j = \text{SUM}_j * \text{RPM}_j * \text{RIPPLE FACTOR}_j \\ * \text{LOAD FACTOR}, \quad (6)$$

$$\text{RLL}_j = 16 \text{ Byte Buffer} (\text{SUMRRL}_{j-3} - \text{SUMRRL}_{j-2} \\ - \text{SUMRRL}_{j-1} + \text{SUMRRL}_j) \quad (7)$$

$$\text{IMM}_j = 16 \text{ Byte Buffer} (\text{SUMRRL}_{j-3} + \text{SUMRRL}_{j-2} \\ - \text{SUMRRL}_{j-1} - \text{SUMRRL}_j) \quad (8)$$

$$\text{WDFT}_j = |\text{RLL}_j| + |\text{IMM}_j|$$

RLL_j 와 IMM_j 계산은 실화(Misfire)에 의한 Tooth 주기 변동성분이 WDFT 구간경계에서 다음 WDFT 구간과 양분되는 현상, 즉 변동성분이

WDFT 구간경계안에 완전히 포함되지 않아서 발생되는 경계선 조건 문제(Boundary condition problem)를 해결하기 위해 1 TDC(tooth data N/4개)단위로 중복하는 Moving window방식을 적용하여 모든 변동성분을 포함하여 계산한다. 이러한 이동(Shifting)방식은 기통판별 문제를 해결해주며 특히, 다기통 실화 검출 및 기통판별까지도 새로운 logic의 구성없이 가능하게 해준다는 장점이 있다.

예를 들어서 Tooth data를 1번 실린더 폭발행정으로부터 받아들인다면 처음의 WDFT 1 주기는 1-3-4-2 실린더의 값을(폭발행정 기준)나타내고 1TDC간격으로 이동시키면 다음의 WDFT 1 주기는 3-4-2-1 실린더의 값을 나타내게 된다. 경계선 조건 문제(Boundary condition problem)에 의해서 1번은 소멸되므로, 단기통 실화가 발생하게 되면 Moving window에 의해서 큰값이 연속적으로 3회 발생하는 지점이 생길 것이고, 연속 3회 미만일 경우는 잡음(Noise)로 판단한다. 여기서, 실화를 유발한 실린더는 이 3회중 마지막 큰값에 해당하는 실린더이다.

또한, 다기통 실화(2기통인 경우)인 경우에는 연속 4회, 5회, 6회의 큰값을 나타내게 되고, 표 1과 같이 4회인 경우에는 마지막 큰값의 실린더와 바로뒤 실린더, 5회인 경우에는 마지막 큰값의 실린더와 두번째 뒤 실린더 그리고, 6회인 경우에는 마지막 큰값의 실린더와 세번째 뒤 실린더가 실화를 유발한 실린더가 된다.

표 1. Moving window에 의한 기통판별 방법

Table 1. Cylinder decision method using Moving window.

	큰값 발생 번도	MISFIRE CYLINDER 위치	EXAMPLE
SINGLE MISFIRE	연속 3 회	마지막 큰값	1
MULTIPLE MISFIRE	연속 4 회	마지막 큰값, 바로뒤	1, 3
	연속 5 회	마지막 큰값, 두번째 뒤	1, 4
	연속 6 회	마지막 큰값, 세번째 뒤	1, 2

3. WDFT Scale 보정

C.P.S의 Tooth 주기 데이터는 엔진회전수(rpm)과 공기량(Load)의 합수이므로, 엔진회전수와 공기량의 변화에 따라 Tooth 주기 데이터의 크기가 변화된다. 또한 WDFT 계산에서도 Amplitude 결과값은 원래

신호가 가지고 있는 자체 진동폭(ripple)에 전적으로 의존된다.

그러므로 한계값(threshold)에 의한 실화 검출을 위해서는 엔진회전수(rpm), 진동폭 비례상수(Ripple factor), 공기량 비례상수(Load factor) 등 3가지 측면에 대해 식 (9)와 같이 Scale 보정이 이루어져야 한다.

$$WALSH_i * (RPM_i / 1000) * Ripple$$

$$Factor * Load Factor: \quad (9)$$

아래 식 (10)과 같이 C.P.S의 tooth 주기가 엔진회전수와 역수 관계이므로 엔진회전수(rpm) 보정을 통해 전 운전영역에서 일정한 값을 가지나, WDFT 처리를 하게 되면 Amplitude 결과값은 엔진회전수와 공기량의 변화에 따라 변화되므로 신호 자체의 진동폭(Ripple factor)에 대한 보정이 필요하다.

$$Tooth_i * RPM_i / 1000 = constant \quad (10)$$

진동폭 비례상수(Ripple factor)는 엔진회전수와 공기량의 함수이므로, 엔진회전수에 따른 진동과 공기량의 변화에 따라 변화되는 진폭(Ripple)을 보정하여 주기위하여 Map으로 정의한 후 사용하고 이 진동폭 비례상수값에 대한 학습을 실시한다. 표 2는 실험에 의해 구한 엔진회전수와 공기량에 대한 진동폭 비례상수값들에 대한 보정 Map값이다.

표 2. WDFT Scale 보정 Map
Table 2. WDFT Scale correction map.

Load rpm \ r/min	20	30	40	50	60	70	80	90	A0	B0	FF
850	1	2									
1500	0.8	1	4								
2000	0.8	1	3								
2500	0.8	1	2								
3000	0.8	1	2								
3500		0.8	1	2							
4000		0.8	1	2							
4500			0.8	1	2						
5000			0.8	1	2						
5500			0.8	1	2						
6000				0.8	1	2					

4. Ripple Factor 학습

학습조건이 만족되면 기준 진동폭 비례상수값(ripple

factor)이 학습되어지며, 이 기준값에 의해 표 2값이 생신되어질 수 있다. 학습조건은 ① Warm-up 후 5초 경과 후, ② 엔진회전수 변화량이 1000rpm/초 이하일 때, ③ 공기량(Load) 변화량이 20Kpa/초 이하일 때, ④ 실화가 아닌 경우, ⑤ Idle 상태일 때 등이며 모든 조건이 만족되어야만 학습이 시작된다. 따라서, 학습도 중 위의 조건이 만족되지 않으면 학습값을 무시한다.

학습값을 생신하기 위한 조건은 그림 5와 같이 Idle 상태에서의 10회의 TDC동안 Maxtooth와 Mintooth의 차이가 기준의 진동폭(Ripple Width)보다 ±한계값(threshold)을 벗어나는 경우이다.

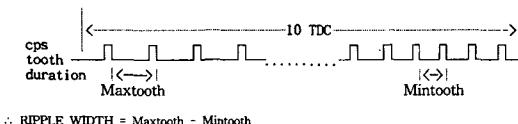


그림 5. 진동폭 계산

Fig. 5. Calculation of Ripple width.

850rpm일때, 진동폭(ripple width) 140을 기준으로 기준 진동폭 비례상수(ripple factor)는 1로 Setting 되어있다. 1500rpm 일때 진동폭(Ripple width)은 35로 줄어들게 되므로 비례상수는 4가 된다. 이러한 방식으로 실험에 의해 구한 진동폭 비례상수를 표 3에 나타내었다.

표 3. WDFT scale 보정

Table 3. WDFT scale correction.

RPM	850	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000
R.FACTOR	1	4	6	8	10	12	14	14	14	15	15
WIDTH	140	35									

IV. 실화검출 시험

1. 시스템구성

시스템의 구성은 그림 6과 같이 엔진회전주기 신호(C.P.S)의 입력과 실화발생 기능을 외부장치(misfire controller)로 분리시키고 ECU는 WDFT를 수행하며, 그래프 처리는 PC가 수행하도록 구성하였다.

시험항목은 무부하 Idle 상태, 운전상태로 하고, 실화발생 비율은 크랭크축(crankshaft) 10회전당 1번의

실화 발생으로 고정 즉, TDC(Top Dead Center) 20회당 1번으로 고정하였다.

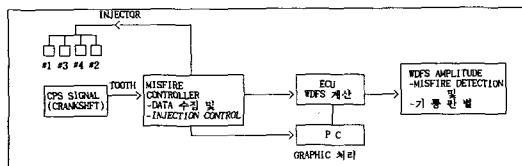


그림 6. SYSTEM 구성도

Fig. 6. System configuration.

2. DFT와 WDFT에 의한 결과비교

두함수에 대한 결과를 동일한 축상, x-축은 위상 (phase), y-축은 진폭(amplitude)으로 표현하였다.

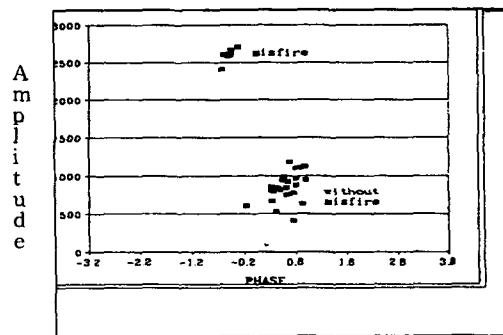


그림 7. DFT 위상 대 AMP 그래프

Fig. 7. DFT PHASE vs. AMP. GRAPH.

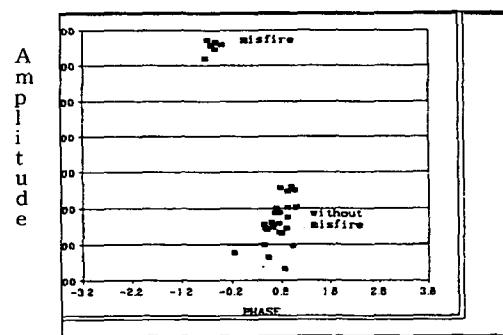


그림 8. WDFT 위상 대 AMP. 그라프

Fig. 8. WDFT PHASE vs. AMP. GRAPH.

두 결과를 비교하면, WDFT에 의한 결과가 전체적으로 약간씩 위쪽으로 이동(shift-up) 된다는 것을 제외하고는 동일한 결과를 가짐을 볼 수 있다.

3. 무부하 Idle 상태

WDFT 방식은 TDC 간격의 Moving window 방식을 적용하므로 Single misfire 발생시 변동성분이 연속적으로 3회 검출되고, Multiple misfire 발생시 변동성분은 발생기통에따라 4,5,6 회 검출된다.

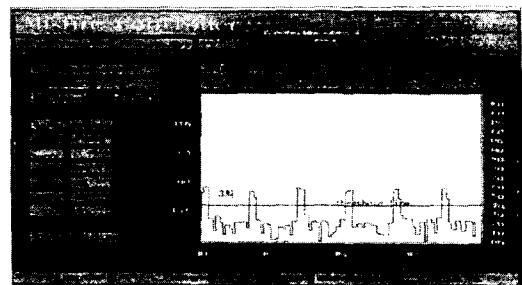


그림 9. 무부하 Idle RPM, #1 CYL. SINGLE MISFIRE(RATE=1/5)

Fig. 9. NO-LOAD, IDLE RPM, #1 CYL. SINGLE MISFIRE(RATE=1/5).

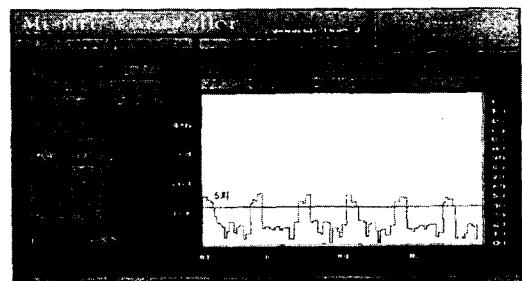


그림 10. 무부하 Idle RPM, #1,4 CYL. MULTIPLE MISFIRE(RATE=1/5)

Fig. 10. NO-LOAD, IDLE RPM, #1,4 CYL. MULTIPLE MISFIRE(RATE=1/5).

그림 9는 #1 cyl. single misfire^o고 엔진 5회전 (camshaft)당 1회의 Misfire 를 발생시킨 경우이다. 즉, TDC 간격의 Moving window 에 의해서 Misfire 에 의한 변동성분은 Moving time index 20 회당 3회의 한계값 초과 형태로 나타난다.

그림 10은 #1 & #4 cyl. multiple misfire 이고 엔진 5회전(camshaft)당 1회의 Misfire 를 발생시킨 경우이다. 즉, TDC 간격의 Moving window 에 의해서 Misfire 에 의한 변동성분은 Moving time index 20회당 5회(표 1참조)의 한계값 초과 형태로 나타난다.

4. Drive 상태

Load, Rpm, Ripple에 의한 Scale 보정이 수행되어 Misfire 판단 Threshold를 전운전영역에서 동일하게 한다. Misfire 판단 Amplitude threshold는 4300으로 하였다.

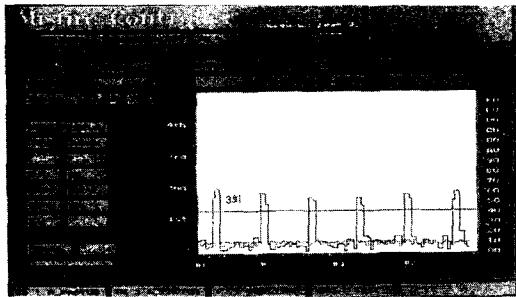


그림 11. 부하상태, 2500 RPM, #2 CYL. SINGLE MISFIRE(RATE=1/5)

Fig. 11. LOAD WITH 2500 RPM, #2 CYL. SINGLE MISFIRE(RATE=1/5).

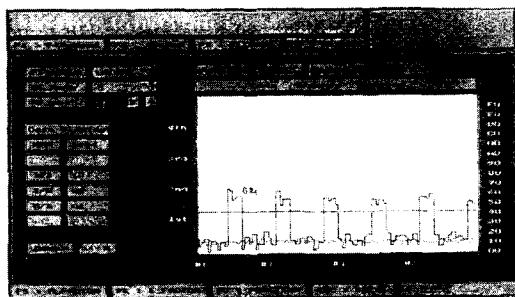


그림 12. 부하상태, 3000 RPM, #1 & #2 CYL. SINGLE MISFIRE(RATE=1/5)

Fig. 12. LOAD WITH 3000 RPM, #1 & #2 CYL. SINGLE MISFIRE(RATE=1/5).

그림 11은 #2 cyl. single misfire이며 rpm, ripple, load 대한 WDFS Scale 보정이 수행되었다. TDC 간격의 Moving window에 의해서 misfire에 의한 변동성분은 Moving time index 20회당 3회의 합계값 초과 형태로 나타난다.

그림 12는 #1 & #2 cyl. multiple misfire이며 rpm, ripple, load 대한 WDFS Scale 보정이 수행되었다. TDC 간격의 Moving window에 의해서 Misfire에 의한 변동성분은 Moving time index 20회당 6회(표 1참조)의 합계값 초과 형태로 나타난다. 이상의 그림에서 보면 WDFT에 의한 방법으로 실화

판별을 하였을 때 실화발생을 정확히 감지하는 것을 알 수 있었으며, 실화발생 기통까지도 판별이 가능함을 알 수 있었다.

V. 결 론

실화는 여러가지 원인에 의해서 발생하므로 나타나는 영향도 여러가지 형태로 나눌 수 있지만 어떤 원인의 실화일지라도 반드시 엔진 출력측에 영향을 미치게 되므로 엔진 Roughness 측정방식은 가장 효과적인 실화 검출방법이라고 할 수 있다. 엔진 Roughness 데이터를 시간영역(time domain) 대신 단순화한 주파수영역(frequency domain)에서 해석하는 방식은 본 논문에서 나타낸것과 같이 실화검출에 많은 잇점이 있음을 확인 할 수 있었다. 또한 WDFT에 의한 방법으로 실화 판별 시험을 하였을 때 실화발생을 정확히 감지하는 것을 알 수 있었으며, Walsh moving window법을 이용하면 실화발생 기통까지도 판별이 가능함을 알 수 있었다. 이러한 결과는 무부하 Idle상태나 부하(drive) 시험에서 공히 같은 결과를 도출 할 수 있었다. 본 논문에서 제안한 WDFT에 의한 계산은 DFT에 의한 계산보다 훨씬 단순한 형태지만 동일한 결과를 나타내어 향후 강화되는 북미 법규인 엔진 회전수 전영역에서의 실화검출에 대한 대응이 가능 할 것으로 생각된다. 향후 본논문에서 제안한 WDFT에 의한 실화검출은 Bumpy road등과 같은 실제에서의 검증이 더 필요할 것으로 생각되며 실계검증시에도 본 논문에서와 같은 결과를 얻을 수 있다면 OBD-II 문제를 해결하는데 많은 도움이 될 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

- [1] W. B. Ribbens and G. Rizzoni, "Applications of Precise Crankshaft Position Measurements for Engine Testing, Control and Diagnosis", University of Michigan, SAE890885.
- [2] Anders Unger and Kent Smith, "The OBD II System in Volvo 850 Turbo", R.BOSCH, SAE932665.
- [3] G. Rizzoni, "Diagnosis of Individual Cylinder Misfires by Signature Analysis of Crankshaft Speed Fluctuations", Univer-

- sity of Michigan, SAE 890884.
- [4] W. B. Ribbens and G. Rizzoni, "Method and System for Detecting the Misfire of an Internal Combustion Engine Utilizing Angular Velocity Fluctuations", University of Michigan, U. S. PATENT 5200899.
- [5] B. Widrow and S.D. Sterns, "Adaptive Signal Processing", Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1985.
- [6] R.W.Lucky, J.Salz, and E.J. Weldon, Jr., "Principles of Data Communication," McGraw-Hill, New York, 1968.
- [7] K. R. Rao, "Orthogonal Transforms for Digital Signal Processing", Springer-Verlag, Newyork, 1975.
- [8] K. G. Beuchamp, " Applications Walsh and Related Functions," Academic Press, 1984.
- [9] Stavouladis, P., and S.Tzafestas, "Walsh series Approach to Observer and Filter Design in Optimal Control Systems, " Int. J. Control 26, pp.721-736, 1977.
- [10] Spyros G. Tzafestas, "Walsh Functions in Signal and Systems Analysis and Design", National Technical University, Greece, 1985.
- [11] Clare D. Mcgillem, Geroge R. Cooper, "Cntinuous and Discrete Signal and System Analysis", HRW series, USA, p41-p47.

저자 소개



金鍾夫(正會員)

1962년 5월 5일생. 1985년 성균관대학교 전기공학과(학사). 1988년 성균관대학교 전기공학과(석사). 1993년 성균관대학교 전기공학과(박사). 1988 ~ 1991년 LG 정보통신 연구소 1996 ~ 1997년 오하이오주립대학 교환 교수. 1991년 ~ 현재 인덕대학 메카트로닉스과 부교수. 관심분야는 소음진동제어, 적응신호처리, 정보제어, 자동화 및 CIM.

御正洙(正會員)

1968년 2월 25일생. 1994년 고려대학교 전자공학과(학사). 1994년 현대자동차 중앙연구소 근무중. 관심분야는 적응신호처리, 자동차 엔진제어.



李泰表(正會員)

1967년 6월 11일생. 1992년 성균관대학교 전기공학과(학사). 1994년 성균관대학교 전기공학과(석사). 1994년 성균관대학교 전기공학과(박사과정). 1994년 현대자동차 중앙연구소 근무중. 관심분야는 소음진동제어, 적응신호처리.



任國顯(正會員)

1968년 3월 12일생. 1990년 성균관대학교 전기공학과(학사). 1992년 성균관대학교 전기공학과(석사). 1997년 성균관대학교 전기공학과(박사과정). 1992년 태산정밀 연구소 근무중. 관심분야는 소음진동제어, 적응신호처리.