신호 증감량을 이용한 CAN 기반 선박 엔진 모니터링 시스템의 동적인 대역폭 할당

Dynamic Bandwidth Allocation of CAN-based Network using increments of signal applied to Marine Engine Monitoring System

이 현* · 이 준 석** · 임 현 섭*** · 이 장 명†
(Hyun Lee · JunSeok Lee · Hyunseop Lim · JangMyung Lee)

Abstract - This paper proposes the effective monitoring method for marine engine system, which is implemented based upon Controller Area Network (CAN). As the marine engine monitoring system requires various kind of information, a lot of sensor nodes are distributed to several places. The CAN supports huge numbers of message IDs for the sensor nodes and provides a stable communication channel in a wide area such as a 12,000 TEU container ship. Since the CAN is priority-based communication system, some of hard real-time messages like alarm messages which are time-critical to the operation of the vessel cannot be communicated within the dead-time. Therefore it is desirable to distinguish the bandwidth of the CAN for static state messages and transition-state messages not to be harmful to the engine operations. Using the features of message arbitration ability of the CAN, it is proposed in this paper that the bandwidth allocation is dynamically adjusted to cope with the increment of input signal to improve the performance of monitoring system. Effectiveness and validity of the proposed scheme have been demonstrated through real experiments.

Key Words : Controller Area Network(CAN), Bandwidth allocation, Engine Management System(EMS), Alarm and Monitoring System(AMS)

1. 서 론

선박 엔진 모니터링 시스템은 다양한 계측장치로부터 획득한 상태 점검 요소들의 정보를 정확하고 신속하게 엔진 제어 룸 (ECR, Engine Control Room)으로 전달하여 엔진의 운용 상태에 대한 감시와 경보에 빠르게 대처하고 효율적인 관리가 이루어 질 수 있도록 하는 것을 목적으로 한다[1].

특히 저속 2행정 대형 선박 엔진의 경우 운용 상태를 점검하기 위해서 다양한 종류의 계측 장치와 점검요소가 필요하며, 최근에 이르러 선박의 통합 관리 및 계측 장치를 비롯한 다양한 데이터를 CAN(Controller Area Network) 기반의 통신으로 바꾸어 나가고 있는 추세이다.

일반적으로 대형선박에 사용되는 저속 2행정의 디젤 엔진의 경우, 약 100여개의 센서가 AMS(Alarm and Monitoring System)에 장착되며 개별의 센서에서 측정된 현재 신호의 상태(Monitoring Message)와 엔진 운용에 있어 위험을 알리는 지정된 수치 이상의 상태(Alarm Message)를 ALM(alarm), SLD(slow down), SHD(shut down)과 같은 네 가지 종류로 구분하여 ECR로 송신하여 엔진의 상태를

전달하며, ECR에서는 선박 전체의 운용을 관장하는 선교(Bridge)에 필요한 정보를 전달한다[2].

그림 1 선박의 원격 운용 시스템 개요

Fig. 1 Remote control system layout of a ship

CAN은 차량 내부 네트워크(In-Vehicle Network)를 목적으로 개발된 통신방법으로 1980년대 BOSCH에서 개발되어 저비용으로 구현 가능한 장점 때문에 차량 제어 시스템뿐만 아니라 산업용 제어 시스템에서도 널리 사용되고 있는 네트워크 프로토콜로서 최대 1Mbps의 전송속도로 8Byte의 데이터를 전송할 수 있는 통신방식이다. 또한 CAN 메시지의 오류(Cyclic Redundancy Checksum(CRC) Error, Bit Stuffing Error, Acknowledgement Error, Bit Error, Form Error)를 감지하는 메커니즘을 데이터 연결 계층(Data Link Layer)에서 자체적으로 감지하며 오류의 횟수에 따라 버스의 상태를

* 정 회 원 : 부산대학교 전자전기공학과 박사과정

** 준 회 원 : 부산대학교 전자전기공학과 석사

*** 비 회 원 : 부산대학교 전자전기공학과 석사과정

† 교신저자, 정회원 : 부산대학교 전자전기공학과 교수

E-mail : jmlee@pusan.ac.kr

접수일자 : 2011년 3월 30일

최종완료 : 2012년 3월 19일

전환(Bus-Off State, Error Passive State, Error Active State)하여 오류가 발생한 노드를 관리할 수 있는 기능을 제공한다[3-4].

CAN은 CSMA/CA(Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance)기반의 통신 방식으로 메시지 프레임의 첫 부분에 해당되는 식별자(Identifier) 비트의 길이에 따라 표준형(Standard 2.0A, 11-bit identifier)과 확장형(Extended 2.0B, 29-bit identifier)로 구분되며, 메시지의 종류는 그 목적에 따라 4가지의 종류(Data Frame, Remote Frame, Error Frame, Overload Frame)로 구분된다[5-6].

그림 2 CAN 표준형 데이터 프레임

Fig. 2 CAN Standard Data Frame

CAN 프로토콜은 식별자(Identifier)를 이용하여 메시지의 종류를 구분하며 동시에 메시지가 CAN 버스 상에서 가지게 되는 우선순위의 역할을 한다. 따라서 동시에 여러 가지 종류의 우선순위를 가진 메시지가 다수의 메시지 노드로부터 송신하게 될 경우, 우선순위가 높은 메시지부터 전송이 되게 되며 우선순위가 낮은 메시지는 송신이 완료 될 때까지 재전송을 시도한다. 이에 따라 발생하게 되는 메시지의 지연시간은 정시성(timeliness)이 요구되는 실시간 시스템의 안정성과 직결되는 중요한 문제이다[7].

따라서 높은 네트워크 이용률 상에서 메시지의 전송지연을 어떻게 관리하는가에 대한 연구가 이루어져 왔다. 대표적으로 Fixed priority Non-pre-emptive scheduling 기법을 이용하여 최악 응답 시간(Worst-case Response Time)을 계산한 연구가 선행되었으며[8-9], 이 방법은 CAN 기반 응용 시스템의 실시간 처리 시간 분석을 위해 가장 많이 적용된 연구 결과이다.

그러나 본 논문에서 적용하고자 하는 CAN 기반의 모니터링 시스템의 경우, 다수의 계측 센서로 이루어진 시스템이며, Hard Real-time 메시지로 볼 수 있는 경보 메시지(Alarm Message)의 마감 시간(Deadline)을 초과하지 않는 것이 가장 중요하므로, 운용자가 현재 상태를 확인하는 메시지(Monitoring Message)의 대역폭을 센서의 변화량이 정적인 메시지와 동적인 메시지에 차별을 두어 메시지의 변화에 맞게 대역폭을 할당하는 것을 이용하여 경보 메시지(Alarm Message)의 지연시간이 개선될 수 있다.

이에 본 논문에서는 2장에서 CAN의 최악 응답시간(Worst-Case Response Time)이 어떠한 요소로 구성되어 있는지를 확인하고, 3장에서 센서의 변화량에 맞는 대역폭 할당이 네트워크 이용률에 미치는 영향을 설명하고 4장에서 Hard Real-time 메시지인 경보메시지의 지연시간에 미치는 영향 및 실험 환경과 결과를 담았으며 5장에서 본 논문의 결론을 맺었다.

2. CAN의 최악 응답시간 분석

CAN 버스 상에서 메시지 m 의 최악 응답시간(Worst-case Response Time, R_m)은 식 (1)과 같이 계산할 수 있다[8-9].

$$R_m = J_m + \omega_m + C_m \quad (1)$$

J_m 은 대기열 지터(Queuing Jitter)로 메시지가 대기 열에 의해 지연되다가 송신되기까지 걸리는 시간이며 C_m 은 보내고자 하는 메시지가 가질 수 있는 최대의 전송시간으로 확장형의 경우 식별자(Identifier), 제어 비트, 데이터의 바이트 수(s_m) 그리고 1비트 전송에 소요되는 시간에 의해 확장형(Extended) CAN의 경우, 다음과 같이 표현할 수 있다[10-11].

$$C_m = (80 + 10s_m)\tau_{bit} \quad (2)$$

ω_m 은 메시지 m 보다 낮은 우선순위를 가진 다른 메시지들이 전송 중일 때 지연되는 시간(Blocking time, B_m)과 메시지 m 보다 높은 메시지가 우선순위 경쟁(Arbitration)에서 우위를 차지하여 메시지 m 보다 먼저 송신됨으로 인해 생기는 간섭 시간(Interference time)의 합으로 계산할 수 있다.

$$B_m = \max_{k \in lp(m)} (C_k) \quad (3)$$

식 (2)에서 $lp(m)$ 은 메시지 m 보다 낮은 우선순위를 가지는 메시지의 집합을 의미하며, B_m 에 의해 발생하는 지연은 메시지 m 보다 낮은 우선순위의 메시지가 메시지 m 이 대기열에 들어가기 직전에 송신을 시작할 때 발생한다[8-9].

$$\omega_m^{n+1} = B_m + \sum_{\forall k \in hp(m)} \left\lceil \frac{\omega_m^n + J_k + \tau_{bit}}{T_k} \right\rceil C_k \quad (4)$$

ω_m 은 메시지 m 보다 높은 우선순위($hp(m)$)를 가지는 메시지에 의한 지연시간을 고려해야하므로 식 (4)와 같이 재귀 관계를 가지는 식으로 표현된다. 이러한 재귀관계는 최악 지연시간이라 할 수 있는 지연 시간(ω_m^{n+1})이 수렴할 때까지($\omega_m^{n+1} = \omega_m^n$) 반복된다.

식 (4)에서 T_k 는 메시지의 전송 주기를 나타내며, 또한 버스의 이용률(U)의 경우 n 개의 노드가 전송하는 메시지의 전달 시간(C_i)과 메시지 전송 주기(T_i)를 이용하여 식 (5)와 같이 표현할 수 있다[12].

$$U = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{T_i} \quad (5)$$

따라서 식 (4)를 통해 ω_m 은 메시지를 송신하는 주기(T_k)가 길수록 작아지는 관계에 있으며, 버스의 대역폭 또한 메시지 송신 주기에 따라 결정되므로 버스의 이용률을 낮추는 것을 이용 하여 최악 응답시간(Worst-case Response Time)

을 개선하고, 정적인 대역폭에 비해 추가적인 시스템 확장에 사용될 수 있는 대역폭을 확보할 수 있다.

3. 상태변화량을 이용한 대역폭 할당

한정된 대역폭 내에서 다수의 노드가 데이터 버스를 공유하는 모니터링 시스템에서는 개별의 노드에 할당하는 대역폭의 크기가 중요하다. 또한 CAN의 경우, 개별의 노드가 사용하는 버스 이용률이 Hard Real-time 메시지의 지연시간에 영향을 미친다. 따라서 개별의 노드에서 송신하는 메시지의 중요도에 따라 노드에 할당된 버스 이용률을 초과하지 않는 범위에서 동적으로 메시지의 대역폭을 할당하여 버스 전체의 이용률을 효과적으로 개선할 수 있다.

선박 모니터링 시스템은 시스템을 구성하는 요소들의 상태가 위험한 상태인지를 판별하기 위해 설정된 수치(Setting Value)와 측정 하고자 하는 물리량의 범위 그리고 한정된 대역(Bounded Bandwidth)의 센서의 주파수 응답 범위를 가지고 있다. 일반적으로 정해진 물리량 범위를 측정하는 부위의 경우 높은 수치의 상태가 위험한 상태로 간주하며, 흐름감지 센서와 같이 High/Low 레벨로 감지하는 센서의 경우 Low 레벨에서 위험한 상태로 간주한다. 이러한 정보는 마이크로프로세서를 거쳐 디지털로 변환되어(AD Conversion) CAN을 통해 전송이 이루어진다[2].

(a)

(b)

그림 3 (a) 일정한 주기로 샘플링 된 데이터($f_s = 100\text{Hz}$),
(b) 기울기에 따른 분해능 변화

Fig. 3 (a) Data sampled at static sampling frequency ($f_s = 100\text{Hz}$), (b) Resolution changes depending on data slope change

이때 각 노드에서 이루어지는 AD Conversion의 샘플링 간격(Sampling Rate)이 일정하다고 가정하고, 노드에 할당된 대역폭이 고정되어 있다면 해당 노드에서 엔진 제어 룰

(ECR)으로 보낼 수 있는 센서의 분해능은 센서의 상태에 따라 달라진다.

그림 3과 같이 고정된 샘플링 주파수(f_s)와 고정된 송신 대역폭을 가진 센서의 데이터가 각각 정수 배의 기울기 차이로 출력 될 때, 각각의 상황에서 출력하는 센서의 분해능은 역시 정수 배의 차이만큼 다르게 나타난다. 그러나 최대의 기울기가 나타나는 상황에서 나타나는 분해능이 시스템에서 요구하는 분해능을 충족시킬 때, 메시지 m 의 기울기(S_m)가 최대 기울기($S_{\max}$) 이하로 출력하는 상황의 경우, 필요 이상의 분해능으로 데이터를 전송하게 되며, 필요이상의 분해능으로 전송하는 만큼 한정된 대역폭을 낭비하게 된다. 또한 메시지의 중요성에 있어서도 기울기 크기가 작은 메시지 보다 기울기 크기가 큰 메시지가 시스템의 상황 변화에 더욱 큰 영향을 미칠 수 있기 때문에 기울기 크기에 비례하게 대역폭을 할당할 필요가 있다.

따라서 식 (6)과 같이 CAN 버스의 대역폭을 BW_{bus} 라 할 때, n 개의 노드에 동일한 대역폭이 할당되어 있다고 가정할 때 노드에 할당하는 대역폭은 BW_{node} 로 규정할 수 있고, 메시지 m 에 할당되는 대역폭은 노드에 할당된 대역폭(BW_{node})을 최대 기울기($S_{\max}$)와 메시지 m 의 기울기(S_m)의 비율만큼 적용하여 메시지를 전달하면 모든 메시지에 대해서 동일한 대역폭(BW_{node})을 할당 할 때 보다, 식 (8)과 같이 개별의 메시지가 가지는 최대 기울기 대비 메시지 m 의 비율만큼 대역폭을 개선($BW_{unassigned}$)할 수 있다. 단, $S_{\max}$ 는 적용하고자 하는 엔진의 특성에 따라 달라지므로, 엔진의 최대출력 성능과 보조기계의 작동상태, 선내 자동화 시스템의 성능을 확인하는 단계인 엔진 시운전 (Trial Run) 과정을 통해 획득한 값을 이용하는 것으로 가정한다.

$$BW_{node} = \frac{1}{n} BW_{bus} \quad (6)$$

$$BW_m = \frac{S_m}{S_{\max}} BW_{node} \quad (7)$$

$$BW_{unassigned} = BW_{node} - BW_m \quad (8)$$

따라서 식 (7)과 같이 메시지 m 의 대역폭을 선정하여 동적으로 대역폭을 할당하게 되면 그림 4(a)와 같이 변화량이 작은 메시지의 경우 그 기울기에 비례하게 메시지 주기가 길어지고, 변화량이 큰 경우 일정한 분해능을 넘지 않는 범위로 더욱 짧은 주기로 메시지를 전송할 수 있으며, 이에 따라 그림 4의 데이터 b와 c의 경우 a에 비해 각각 50%, 75% 감소된 대역폭으로 전송할 수 있게 된다.

(a)

그림 4 (a) 대역폭 동적 할당 시 샘플링 된 데이터,
(b) 대역폭 동적 할당 시 분해능 변화

Fig. 4 (a) Data sampled by dynamic bandwidth allocation,
(b) Resolution changes in Dynamic bandwidth allocation

4. 성능 평가를 위한 시뮬레이션

본 논문에서 제안하는 입력 신호의 데이터 기율기 변화를 이용한 대역폭의 동적할당 방법의 성능 평가를 위해 10개의 CAN 노드(CAN Node)와 지연시간 측정기(Delay Measurer) 그리고 데이터 기록장치(Data Logger)를 구성된 하드웨어를 통해 실험환경을 구성하였다.

그림 5 실험 시뮬레이터 구성

Fig. 5 Composition of simulator for experiment

각각의 CAN 노드(CAN Node), 지연시간 측정기(Delay Measurer), 데이터 기록장치(Data Logger)는 CAN 버스로 연결되어 있으며, 지연시간 측정기는 CAN 노드로부터 입력 받는 I/O 신호를 통해 정보 메시지가 발생했을 때의 시간을

그림 6 CAN 노드, 지연시간 측정기

Fig. 6 CAN Node, Delay Measurer

감지하고 CAN 버스를 통하여 메시지가 수신되었을 때까지의 지연시간을 측정한다. CAN 노드는 2개의 송수신 버퍼를 가지고 있는 16bit마이크로프로세서 Microchip사의 dsPIC30F 시리즈를 사용하였고, 지연시간 측정기는 32개의 송수신 버퍼를 가지고 있는 TI사의 TMS320F283xx 시리즈를 사용하였으며 데이터 기록장치는 PC를 이용하여 모니터링 프로그램으로 CAN 메시지를 저장하였다.

실험에 사용된 CAN 버스의 메시지는 확장형(Extended)의 식별자(Identifier)와 4바이트의 데이터 필드로 구성되어 500Kbps의 전송 속도를 사용하였다. 이 때, 할당할 대역폭을 정량화하기 위해 정해진 시간 내에 일정한 메시지가 전송하는데 걸리는 시간을 TW (Time Window)로 규정하여 실험을 통해 500Kbps 버스 상에서 10개의 노드가 1초간 전송할 수 있는 최대의 메시지 개수(NM_{max})를 측정 후 할당할 대역폭의 메시지 전송 주기를 정한다[13].

그림 7 시간 창(TW)

Fig. 7 Time Window(TW)

실험결과 측정된 최대 전송가능 메시지 개수(NM_{max})는 약 4808개이며, 이를 통해 알 수 있는 TW 의 크기는 약 $208\mu s$ 이다. 따라서 TW 는 CAN 버스의 대역폭 내에서 가질 수 있는 최소의 송신 주기와 같으므로, 노드 i 에서 메시지 m 이 가지는 기율기 크기(S_{im})와 최대값(S_{imax})을 통해 노드 i 에서 메시지 m 의 대역폭(BW_{im})과 송신주기(T_{im})을 정량화 하게 되면, 식(9)와 (10)으로 나타낼 수 있다.

$$BW_{bus} = \frac{1}{TW} \quad (9)$$

$$BW_{im} = \left\lceil \frac{S_{im}}{S_{imax}} BW_{bus} \right\rceil \quad (10)$$

$$T_{im} = \frac{1}{BW_{im}} \quad (11)$$

그러나 신호의 증감 량은 노이즈에 민감하기 때문에, 고주파 잡음으로 인해 증폭될 수 있으므로, 그림 8과 같이 입

그림 8 입력신호를 이용한 대역폭 할당 및 송신 구조

Fig. 8 Bandwidth allocator which references input signal and transmission structure

력 신호의 대역폭에 맞는 Low-pass 필터를 적용하여 신호의 증감량을 측정 후 대역폭을 할당하여(BW Allocator) 송신 주기(TX Period)를 결정하고, Low-pass를 거친 데이터는 원래의 신호에 비해 왜곡이 발생할 수 있으므로, CAN 버스를 통해 송신하는 데이터는 Low-pass 필터를 거치지 않은 데이터를 사용한다.

기울기의 크기에 따라 전송되는 주기의 변화를 알아보기 위해 1개의 노드에 2Hz의 정현파가 720도 위상변화마다 진폭이 일정량만큼 증가하여 10가지의 진폭을 가지게 되는 신호를 입력하여 동적 대역폭 할당 방법을 적용시켜 보았다. 해당 노드에는 BW_{bus} 의 8%에 해당하는 최대 대역폭을 할당하였고, S_{max} 는 7이 되는 것을 측정 후 적용하였다. 그림 9는 시간에 따라 동적 대역폭 할당을 통해 수신한 신호와 이산신호 출력형태의 그래프(Stem Plot)로 나타난 할당된 대역폭의 크기 그리고 대역폭에 따라 설정된 송신 주기를 나타낸다.

(a)

(b)

(c)

그림 9 (a) 대역폭 동적 할당 시 샘플링 된 데이터, (b) 할당된 대역폭의 크기, (c) 대역폭 크기에 따른 송신주기

Fig. 9 (a) Received data by dynamic bandwidth allocation, (b) Bandwidth allocation depending on slope, (c) Transmission period

정현파의 신호 증감량은 90도 위상차의 정현파와 이므로 그림 9(b)와 같이 주기적으로 변하는 진폭 크기와 위상에 따라 할당되는 대역폭의 크기가 변화하는 것을 볼 수 있고, 이에 따라 송신하는 주기가 변화하는 것을 확인할 수 있다. 그러나 할당된 대역폭이 최소 1의 대역폭을 가지는 것을 볼 수 있는데, 이는 메시지 m 의 기울기가 S_{max} 에 비해 아주 작더라도 CAN 버스의 과부하 상태(Overloaded State)나 기타 예측할 수 없는 상황으로 인해 송신할 수 없는 상태(Non-transmission State)와 구분하기 위하여 노드의 연결 상황을 확인하기 위해 최소 단위의 대역폭을 할당한다.

그림 10 정적인 대역폭에서의 ADC 분해능

Fig. 10 ADC Resolution in Static Bandwidth Allocation

또한 정적인 대역폭(Static Bandwidth)을 할당하여 송신한 경우와 동적인 대역폭(Dynamic Bandwidth)을 할당했을 때, 각각 수신된 메시지의 ADC 분해능(ADC Resolution)을 비교해보면 그림 10과 같이 정적인 대역폭의 경우 최대의 분해능에 비해 낮은 분해능으로 송신한 신호가 고르게 분포되어 있는 반면, 동적인 대역폭을 할당하여 송신했을 경우, 그림 11과 같이 노드와의 연결 상태를 확인하기 위해 할당된 대역폭의 최소 크기와 신호에 남아있는 노이즈로 인해 고른 분포를 보이지 않지만, 상대적으로 최대 변화량에 가까운 메시지의 비율이 높은 것을 확인할 수 있다.

그림 11 동적 대역폭 할당 시 ADC 분해능

Fig. 11 ADC Resolution in Dynamic Bandwidth Allocation

이와 같이 동적인 대역폭 할당을 통해 개선되는 대역폭 이용률이 엔진 모니터링 시스템에서 메시지의 지연시간에 미치는 영향을 알아보기 위해 일반적으로 대형선박에서 사용하는 저속 2행정 엔진으로 가정하여 총 10개의 노드를 구성하며, 1번에서 4번은 실린더 냉각수(Cylinder cooling water) 온도를 그리고 5번에서 10번은 엔진 내부의 메인 베어링 오일(Main bearing oil)의 온도를 가정하여 노드에서 측정하는 메시지의 종류를 표 1과 같이 정의한다.

표 1 엔진 모니터링 시스템 노드 상세

Table 1 Specification of nodes in engine state monitoring system

ID	Medium	BW_{node}	ALM Deadline	Setting Value [ADC]
1~6	Main bearing oil	10%	0	600
7~10	Cylinder cooling water	10%	0	850

각 노드에 할당하는 대역폭(BW_{node})은 10%로 설정하며, 측정된 수치가 기준 값(Setting Value)을 넘어서면 경고 메시지(Alarm Message)를 송신한다. 여기서 경고 메시지의 마감시간(Deadline)은 '0'로 표시되는데 이것은 해당 노드에서 전송할 수 있는 최소한의 주기로 메시지를 송신하는 것으로 경고 메시지를 송신할 때의 대역폭은 노드에 할당한

대역폭의 최대 크기인 BW_{node} 로 설정한다.

시뮬레이션을 위해 표 1과 같은 순서로 식별자 (Identifier)의 최하위 4bit를 선언하고, 1번에서 6번은 메인베어링의 마모량과 엔진의 속도에 영향을 받는 메인 베어링의 온도로, 일정한 속도로 엔진을 구동한다는 가정 하에 정 전압을 입력하였다. 노드 7번에서 10번까지 입력하는 신호는 일반적인 2행정 저속엔진의 속도가 120RPM인 것을 감안하여 2Hz의 정현파 신호를 이용하고, 4개의 실린더에서 일정한 위상차이로 폭발하여 냉각수의 온도가 올라가는 것을 이용하며, 4개의 실린더 중 3개의 실린더에서 알람 메시지를 보낼 수 있는 신호를 입력한다.

실험결과 10개의 노드 중 3개의 노드에서 경고 메시지를 송신하였을 때, 정적인 대역폭 할당 시, 95%이상의 버스 대역폭 이용률과, 그림 12(b)와 같이 경고 메시지를 송신하는 노드가 가지는 식별자(Identifier)의 우선순위로 인해 2ms 정도의 지연시간을 가지는 반면, 동적으로 대역폭을 했을 때는 그림 12(c)와 같이 최대 30 μ s의 지연시간이 발생하는 것을 확인할 수 있었으며, 버스 대역폭 이용률의 경우 정적인 입력신호를 가지는 노드의 영향으로 28%의 버스 대역폭을 사용하는 것을 확인하였다.

5. 결 론

본 논문에서는 다수의 측정 장치가 CAN을 이용하여 구성된 선박 엔진 모니터링 시스템에서 정적으로 할당된 CAN 버스 이용률로 인해 발생 할 수 있는 경고 메시지의 지연시간을 측정 장치에 입력되는 신호의 증감 량에 따라 동적으로 할당하는 것 기법을 제안하였다. 이 기법을 활용하면 시스템의 증설에 따라 추가적으로 대역폭 이용률이 급증하여 선박의 운용에 치명적인 영향을 미칠 수 있는 경고 메시지 등의 지연 시간을 줄일 수 있어서 안정적인 시스템의 활용이 가능하다. 제안한 방법을 사용하여 신호의 증감 량에 맞는 대역폭을 할당함으로써 정적인 대역폭 할당에 비해 전체 버스 가용 대역폭을 높일 수 있음을 확인하였으며, 이에 따라 확보된 대역폭의 영향으로 비교적 높은 대역폭 사용량을 가지는 경고 메시지의 송신에도 그 지연시간이 단축될 수 있음을 증명하였다. 본 논문에서 사용되는 시스템은 제품화를 위하여 지속적으로 연구될 계획이며, 추후 대형 선박에 사용되는 저속 2행정 디젤 엔진에 장착하여 그 성능을 알아볼 예정이다.

감사의 글

“본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 육성지원 사업의 연구결과로 수행되었음” (NIPA-2012-H0301-12-2006)

“본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 특수 환경 Navigation/Localization 기술 연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음” (NIPA-2010-(C7000-1001-0004))

그림 12 (a) 10개의 노드에 입력된 신호, (b) 정적인 대역폭 할당 시 경고 메시지의 수신 주기, (c) 동적인 대역폭 할당 시 경고 메시지의 수신 주기

Fig. 12 (a) Input signals to 10 nodes, (b) Reception period of alarm messages in static bandwidth allocation, (c) Reception period of alarm messages in dynamic bandwidth allocation

참 고 문 헌

- [1] 오공균, "2010 선급 및 강선규칙 제6편 전기설비 및 제어시스템", 한국 선급, 2010.
- [2] Wartsila, "SULZER RT-flex96C Engine Selection and Project Manual - H. Engine management system", pp. H1-H24, 2004.
- [3] Bosch, "CAN Specification Version 2.0" Robert Bosch GmbH, pp. 10-20, 1991.
- [4] M.Farsi, K. Ratcliff. And Manuel Barbosa, "An Overview of Controller Area Network," Computing and Control Engineering Journal. Vol.10, Issue 3. 1999, pp. 113-120
- [5] S. Corriganm, "Introduction to the Controller Area Network", TI, Application Report. Texas Instrument, 2002
- [6] International Standard Organization, "Road - vehicles Interchange of digital information - Controller area network for high-speed communication", ISO 11898, November 1993.
- [7] H. Kopetz, "Why Time-Triggered Architectures will Succeed in Large Hard Real-Time Systems", Distributed Computing Systems, Proceedings of the Fifth IEEE Computer Society Workshop on Future Trends of, 1995.
- [8] K. Tindell, A. Burns and A.J. Wellings, "Calculating Controller Area Network Message Response Times", Control Engineering Practice, 1995.
- [9] K. Tindell, A. Burns, "Guaranteeing Message Latencies on Controller Area Network(CAN)", Proceedings of the ICC, Mainz, Germany, 1994.
- [10] Robert I. Davis, A. Burns, Reinder J. Bril, Johan J. Lukkien, "Controller Area Network(CAN) schedulability analysis : Refuted, revisited and revised", Real-Time System, 2007.
- [11] Robert I. Davis, A. Burns, "Robust priority assignment for messages on Controller Area Network(CAN)", Real-Time System, 2009.
- [12] Francis Cottet, Joelle Delacroix Claude Kaiser, Zoubir Manneri, "Scheduling in Real-Time Systems", John Wiley & Sons Ltd, 2002.
- [13] S.H. Hong, W.H. Kim, "Bandwidth allocation scheme in CAN protocol", Control Theory and Applications, IEE Proceedings, 2000

저 자 소 개

이 현 (李 炫)

2007년 동아대학교 전기전자컴퓨터공학부 전자공학과(공학사). 2010년 부산대학교 전자전기공학과(공학석사). 2010년~현재 부산대학교 전자전기공학과 박사과정. 관심 분야는 지능제어시스템, CAN Network, 마이크로프로세서 응용시스템 설계.

이 준 석 (李 峻 碩)

2009년 부경대학교 전자정보통신공학 전공(공학사). 2011년 부산대학교 전자전기공학과(공학석사), 관심분야는 CAN, Fieldbus

임 현 섭 (林 炫 燮)

2011년 동서대학교 정보시스템공학부 전자공학과(공학사). 2011년~현재 부산대학교 전자전기공학과 석사과정. 관심 분야는 지능제어시스템, 마이크로프로세서 응용시스템 설계.

이 장 명 (李 章 明)

1980년 서울대학교 전자공학과(공학사). 1982년 서울대학교 전자공학과(공학석사). 1990년 USC(공학박사), 1992~현재 부산대학교 전자전기공학부 교수. 관심분야는 지능로봇제어, 마이크로 프로세서 응용 시스템 설계, 특수환경 Localization 및 Navigation