

CAN내장 휴머노이드 로봇에 대한 응용층 설계

An Application Layer Design for Humanoid Robot in the Controller Area Network(CAN)

구자봉*, 허욱열**
(Ja-bong Ku · Uk-youl Huh)

Abstract - The Controller Area Network (CAN) is being widely used in real-time control applications such as automobiles, aircraft, and automated factories. Unfortunately, CAN, in its current form, is not able to either share out the system bandwidth among the different devices fairly or to grant an upper bound on the transmission times experienced by the nodes connected to the communication medium as it happens, for instance, in the token-based networks. In this paper, we present An Application Layer Design for Humanoid Robot in the CAN. Besides introducing the new algorithm, this paper also presents some performance figures obtained using a specially developed software simulator and experimentation for composition of CAN which uses JTAG mode of a parallel debugging, while the behavior of the new algorithm is compared with the traditional CAN systems, in order to see how effective they are.

Key Words :CAN: bandwidth: application layer: humanoid robot

1. 서론

인간과 상호작용을 통하여 인간의 명령 및 감정을 이해하고, 반응하며 정보 통신 기술을 바탕으로 인간에게 다양한 서비스를 제공하는 지능형 로봇인 휴머노이드 로봇의 연구가 활발히 이루어지고 있다.[1]

휴머노이드 로봇은 다수의 관절을 가져야 하며 관절 구동용 액츄에이터로는 주로 전기 모터를 사용하고 있다. 따라서 휴머노이드 로봇은 필연적으로 모터가 많이 사용되며, 이러한 모터를 제어하기 위한 제어기와 주변 인터페이스 부분도 복잡하게 되고, 개발 비용도 많이 들게 된다. 이런 문제점을 해결하기 위해서 또한 휴머노이드 로봇이 자율적인 보행을 수행하기 위해서는 자체적으로 보행에 필요한 데이터를 생성하거나 외부로부터 데이터를 받아들일 수 있는 통신 시스템 구축이 필요하다. 휴머노이드 로봇은 제어 시 많은 양의 정보를 필요로 하나 몸체의 크기가 제한되어 있으므로 PC를 몸체 외부에 두고 데이터를 무선으로 통신하는 구조를 가진다. 특히 PC에서 받은 정보를 각각의 하위 모듈로 전달하여 주는 네트워크 구조상 실시간성 분석은 로봇이 인간과 같은 자동적인 행동을 하기 위해서 가장 먼저 수행되어야 할 작업 일 것이다[2],[3].

본 논문에서는 휴머노이드 로봇의 특성에 맞는 CAN 응용층 설계로서 시스템이 동작하면서 우선순위를 가지게 되는 ID(Identifier) 인가 알고리즘을 제안한다. 또한 응용층 설계에 따른 네트워크 성능을 분석한다. 특히, CAN 프로토콜은 ID

가 고정되어 있기 때문에 낮은 우선순위를 가진 메시지의 전송 문제가 큰 문제점이다. 이 점은 네트워크 기반 휴머노이드 로봇의 안전성을 결정하는 매우 중요한 요소이며 큰 영향을 미치는 부분이다. CAN의 응용계층에서 가장 골자가 되는 것은 CAN의 가장 중요한 특징이자 장점인 ID를 배정하는 방법이다. ID를 실제 시스템에서 발생하는 데이터들과 연결하고 인가하는 방법에 따라 같은 CAN을 사용한다 하더라도 매우 다른 특성을 가지게 된다. 그리하여 CAN의 장점을 최대한 살릴 수 있는 ID 인가방법을 찾기 위하여 지금까지 DM(Deadline Monotonic), ED(Earliest Deadline), MTS(Mixed Traffic Scheduling)와 같은 방법들이 제안되었다[4]. ID 인가 알고리즘은 스테이션이 프레임의 전송하기 위해 처음 시도한 순간부터 경과된 시간에 대하여 비례적으로 점점 증가되어가는 각 스테이션의 우선순위를 표시해주는 것이 기본적인 생각이다. 고정된 ID로의 전송과 제안된 ID 인가 알고리즘으로의 전송을 모의실험과 실험을 통하여 비교한다.

본 논문의 구성은 먼저 2장에서는 기존의 응용계층의 설계 방법들과 그에 분석을 보이고 ID 인가 알고리즘을 제안한다. 또한 3장에서는 기본 CAN과의 비교 분석을 eCAN을 이용한 실험과 모의실험을 시행한다. 4장에서는 결과와 앞으로 연구되어야 할 방향을 조명한다.

* 具 滋 倅 : 仁荷大學 電氣工學科 碩士課程

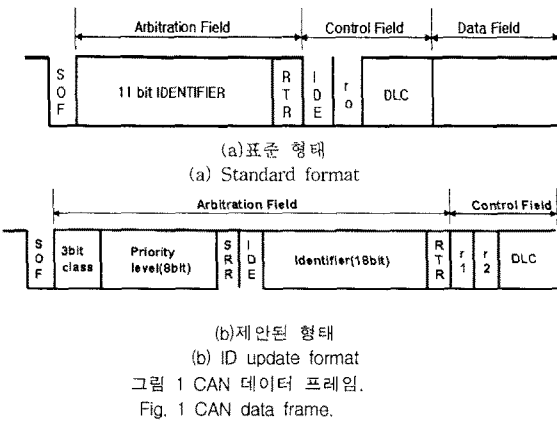
** 許 旭 烈 : 仁荷大學 電氣工學科 教授 · 工博

2. 휴머노이드 로봇을 위한 CAN 네트워크의 응용층 설계

2.1 CAN 기반 휴머노이드 로봇의 데이터 특징

휴머노이드 로봇의 네트워크를 구성함에 있어 고려해야 하는 점으로 여러 가지가 있겠지만 가장 중요한 것은 로봇의 안전성이 최우선적으로 고려되어야 하는 실시간 제어 시스템이다. 다시 말해서 정상시에 정상적인 조건에서의 동작은 물론이고 이상 사태가 발생하였을 시에도 네트워크가 제 기능을 발휘한다는 보장이 있어야 한다는 점이다. 휴머노이드 로봇에 각 관절의 모터들의 이상, 긴급 상황의 발생 등의 경우에는 이러한 이벤트를 알리는 메시지를 발생시키게 된다. 이러한 이벤트들이 언제나 데드라인 내에 전송될 수 있을 때, 전체 시스템의 진단, 모니터링 시스템이 제기능을 발휘하게 된다. 즉 각각의 스테이션 상에서 발생하는 메시지의 우선순위에 따라 대역폭을 할당하는 것이 아니라 공평하게 대역폭을 나누어야 한다. 기존의 방법들 중 MTS같은 방법에서는 이러한 메시지들을 처리하도록 제안되어 있으나 이것이 동적 우선순위 인가방법으로 되어 있어 사실상 적용하기가 어렵다.

2.2 데이터 교환원칙



CAN에 의해 데이터가 교환될 때 어떠한 스테이션도 주소화되지 않고 메시지의 내용이 통신망에서 유일하게 존재하는 메시지 ID에 의해서 정해진다. 실시간 처리에 있어서 통신망에서 교환되는 메시지의 우선순위는 메시지의 내용에 따라 다르며 해당 메시지의 ID에 의해 결정 되는데 시스템을 디자인하는 동안 결정되고 이것은 여러 개의 스테이션이 동시에 버스를 액세스하려고 할 때 버스 할당을 위하여 중요하다. 이진법에 의해 표현되고 동적으로 변할 수 없으며 가장 낮은 이진수를 가진 ID가 가장 큰 우선순위를 갖는다[5].

2.3 제안된 ID 인가 알고리즘

제안된 ID 인가 알고리즘은 스테이션이 프레임 전송하기 위해 처음 시도한 순간부터 경과된 시간에 대하여 비례적으로 점점 증가되어가는 각 스테이션의 우선순위를 표시해주는 것이 기본적인 생각이다. 우선 시스템이 동작하면 우선순위

레벨의 비트는 전부 1로 놓아진다. 프레임의 우선순위 레벨은 각 스테이션의 지역 변수 안에 기록되어지며 동작 중 전송 실패 시(프레임간의 충돌이나 전송 에러에 발생한 경우)에 1의 값이 감소되어지는 형태로 업데이트 되어진다. 다음 전송의 경우에는 우선순위 레벨이 낮아지므로 더 낮은 ID를 가진 메시지와 arbitration이 일어날 경우 우선순위 레벨이 낮은 메시지의 전송이 이루어진다. 만약 두 개 또는 더 많은 노드들이 같은 우선순위 레벨을 가지고 전송을 동시에 시도한다면 그 충돌은 ID 필드(18비트)를 고려하면 해결되어진다. 이 경우에는 각 스테이션의 우선순위가 완전하게 공정한 전송을 하지는 않는다. 왜냐하면 더 낮은 ID를 가진 프레임을 전송하기 때문이다. 또한 전송이 성공한다면 스테이션의 지역 변수는 다시 전부 1의 값으로(8비트이므로 255) 놓아진다. 그림1의 (b)는 우선순위 레벨이 있는 프레임의 구조이다. (a)의 표준 프레임과 비교해 보았을 때 오버 헤드 부분이 늘어나는 단점이 있지만 고정 되어있는 ID를 사용했을 때 발생하는 낮은 우선순위를 가진 메시지의 전송 시간의 불공정성을 해결할 수 있다.

휴머노이드 로봇의 경우 특별히 중요하고 중요하지 않은 모터가 없으므로 메시지의 공정한 전송은 중요한 문제로 제기 된다. 로봇의 주기적인 동작 메시지는 간헐적으로 발생하는 메시지보다 더 우선되어야 한다. 이 부분은 3비트의 우선순위 클래스를 통해 해결하며 메시지의 중요도별로 묶어서 클래스로 만든다.

3. eCAN을 이용한 실험과 모의실험

먼저 네트워크의 비실시간 트래픽에 관한 MAC 메커니즘을 분석한다. 모의실험은 이산신호 분석을 위한 ARENA를 사용하며 각 노드의 메시지의 전송과정은 POISSON분포에 따라 전송 한다[6]. 본 논문에서는 CAN의 구현을 위하여 TI사의 TMS320F2812의 eCAN을 사용한다. 실험 구성은 아래 그림과 같이 In Circuit 에뮬레이션 방식으로는 로봇과 같이 많은 DSP칩을 사용하는 시스템에서는 일일이 DSP칩을 하나하나 테스트 할 수 없으므로 JTAG 에뮬레이터를 이용한 패러럴 디버깅 방식을 사용하여 실험한다.

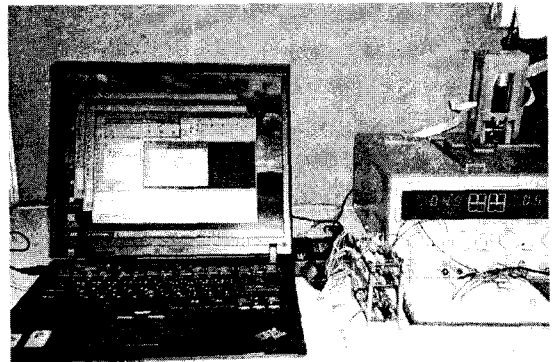


그림 2 JTAG 패러럴 디버깅 방식을 이용한 CAN의 구성.
Fig. 2 The composition of CAN which uses JTAG mode of a parallel debugging.

표 1 네트워크 부하와 스테이션 수를 고려한 평균 전송 지연시간.

Table 1 Average transmission delays varying network load and number of station.

(a) 전송속도 1Mbps인 경우 [단위:ms]
 (a) The case of transmission speed with 1Mbps [Unit:ms]

Load		simulation			experimentation		
		5 nodes					
		ID 1	ID 3	ID 5	ID 1	ID 3	ID 5
10%	CAN	0.135	0.139	0.158	0.144	0.148	0.169
	CAN'	0.135	0.142	0.161	0.144	0.152	0.169
50%	CAN	0.739	1.180	2.184	0.788	1.259	2.33
	CAN'	1.039	1.332	1.607	1.108	1.42	1.714
90%	CAN	1.465	4.038	42.384	1.563	4.307	45.21
	CAN'	10.537	11.932	13.293	11.24	12.727	14.179

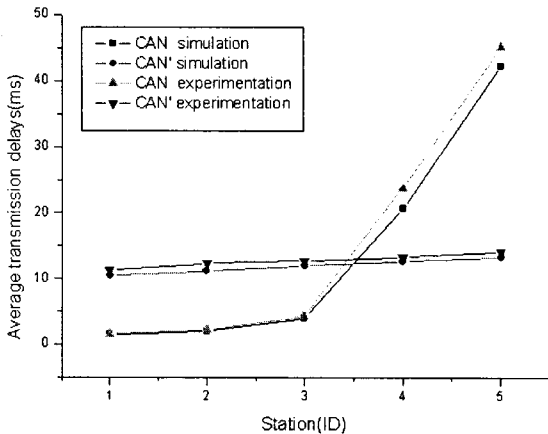


그림 3 데이터 교환에 대한 평균 전송시간.
 Fig. 3 Average transmission delays for data exchange.

표1은 대역폭의 10%, 50%, 90%에 해당하는 부하를 생성하여 1Mbps의 전송속도로 전송하였을 경우에 기본 CAN과 제안된 ID 인가 CAN(CAN'으로 표기)의 각 ID에 대한 전송속도를 나타낸 결과이다. 결과에서 볼 수 있듯이 부하가 커질수록 또 스테이션의 수가 더 많아질수록 각 스테이션에 걸리는 전송 지연 시간은 점점 증가함을 볼 수 있다. 각각 다른 ID를 가지는 스테이션들의 전송지연은 부하가 커지면 불공평하게 걸린다.

그림3은 부하 90%, 스테이션 5개의 모델로 비실시간 트래픽에 대한 기본 CAN과 제안된 ID 인가 CAN의 평균 전송지연 시간에 대한 그래프이다. 그림에서 볼 수 있듯이 기본 CAN의 경우 전송지연의 각 ID마다 불공평하게 작용하는 반면에 제안된 ID 인가 CAN은 전송지연 시간이 부하의 양만큼 공평하게 발생한다는 것을 볼 수 있다.

표2에서 보듯이 부하가 적은 경우라면 제안된 ID 인가 방법의 필요성이 없다. 하지만 네트워크상에 부하가 커질수

록 공정한 메시지 전송을 위해서는 제안된 ID 인가 방법은 꼭 필요하다고 하겠다.

4. 결 론

본 논문에서는 실시간 제어 시스템에 적용할 경우 많은 이점을 가진 것으로 알려진 CAN을 휴머노이드 로봇의 네트워크에 적용하기 위한 응용계층을 제안하고 성능을 분석하였다. CAN의 가장 중요한 특징인 식별자를 인가하는 방법으로 기존에 제안된 방법들의 특징을 보였으며 본 논문의 요지인 휴머노이드 로봇을 위한 CAN의 식별자 인가 방법을 제안하였다. 이것은 시간이 변함에 따라 계속해서 식별자를 새로이 인가하는 방법과 달리 고정 우선순위 인가방법으로 전송실패 시 우선순위를 높이는 방법이다. 또한 가능한 대역폭을 각각의 스테이션마다 균등하게 할당함으로써 전송지연시간을 일정하게 만들어주며 휴머노이드 로봇의 네트워크와 같이 안전성을 가장 중시하는 데이터 특성을 잘 반영할 수 있도록 하였다. 앞으로 휴머노이드 로봇의 다양한 분석을 통해 더욱 안전성을 꾀하며 메시지 전송의 지연시간을 더 감소시킬 수 있는 방안이 연구 되어야 할 것이며 본 논문에서 제안된 알고리즘은 휴머노이드 로봇과 비슷한 데이터 특성을 가진 시스템에도 유용하게 적용 되어질 것이라고 생각된다.

감사의 글

본 연구는 한국 과학재단 목적기초 연구(R01-2003-000-10364-0) 지원으로 수행되었음.

참고문헌

- [1] Miwa, H., Itoh, K., Ito, D., Takanobu, H., Takanishi, A., "Introduction of the need model for humanoid robots to generate active behavior," Intelligent Robots and Systems, 2003. (IROS 2003). Proceedings. 2003 IEEE/RSJ International Conference on , Volume: 2, Pages:1400-1406 vol.2, 27-31 Oct. 2003
- [2] K. Hirai, "The Honda Humanoid Robot: Development and Future Perspective," Industrial Robot: An International Journal, Vol.26, No.4, 1999, pp.260-266
- [3] Y. Sakagami and R. Watanabe, "The intelligent ASIMO: System overview and integration," in Proceedings of the IEEE Intl. Confer-ence, 2002 Intelligent Robots and Systems
- [4] Khawar M. Zuberi, "Design and Implementation of Efficient Message Scheduling for Controller Area Network," IEEE TRANSACTIONS ON COMPUTERS, VOL. 49, NO. 2, FEBRUARY 2000
- [5] BOSCH "CAN Specification version 2.0," page42-44, sep,1991
- [6] D, Kelton, R. Sadowski & D. Sadowki "Simulation with Arena, 2/e," ISBN 0-07-239270-3, McGraw-Hill