

SIBIAGRO 2007

Anais

6º Congresso Brasileiro de Agroinformática
São Pedro, SP - 8 a 11 de outubro

Criação e produção: Embrapa Informática Agropecuária - ACN
Tiragem: 350 exemplares - 20 de setembro de 2007

Organizadores

Embrapa

Informática Agropecuária



FEAGRI
Federação dos Engenheiros Agrônomos do Brasil



UNICAMP

Promoção



Apoio



FUNDEPAG



CAPES

REDE ISOBUS PARA CONTROLE E COMUNICAÇÃO DE DADOS DE UM ROBÔ AGRÍCOLA MÓVEL

EDUARDO PACIÊNCIA GODOY¹
GIOVANA TRIPOLONI TANGERINO²
RAFAEL VIEIRA DE SOUSA³
ARTHUR JOSÉ VIEIRA PORTO⁴
RICARDO YASSUSHI INAMASU⁵

RESUMO: Diante da grande necessidade de se projetar máquinas e implementos agrícolas cada vez mais automatizadas, uma forte tendência atual é o desenvolvimento de robôs móveis e veículos autônomos para área agrícola. Estes robôs e veículos, implementados com as mesmas tecnologias existentes em máquinas agrícolas, desempenham tarefas específicas com grande eficiência, originando ganhos de operação quando comparados a utilização de grandes máquinas. Uma tecnologia que oferece grandes benefícios para a interconexão destes dispositivos em máquinas agrícolas e que vem sendo utilizada em robôs e veículos é o protocolo de comunicação CAN (*Controller Area Network*). A norma ISO11783 (ISOBUS) representa a padronização do protocolo CAN para aplicações em máquinas e implementos agrícolas e atualmente constitui o principal alvo de implementação e desenvolvimento. Este trabalho apresenta a aplicação de uma rede ISOBUS embarcada para controle e comunicação de dados dos dispositivos de um robô agrícola móvel. Os resultados desse trabalho buscam auxiliar no desenvolvimento de tecnologias de controle via redes CAN e na implementação da norma ISO11783, bem como demonstrar a aplicação de uma rede ISOBUS, definição de um esquema de mensagens e configurações para as unidades de controle de um robô agrícola.

PALAVRAS-CHAVE: rede CAN, ISOBUS, robôs móveis, mensagens ISO11783.

ISOBUS NETWORK FOR CONTROL AND DATA COMMUNICATION OF A MOBILE AGRICULTURAL ROBOT

ABSTRACT: Because of the necessity of projecting more automatized agricultural machines and implements, a current trend in the agricultural area is the development of mobile robots and autonomous vehicles. These robots and vehicles developed with the same technologies existing in agricultural machinery can be more efficient doing specific tasks than traditional large tractors, giving the same, or even greater, overall output as conventional systems. A technology that has strong potential to be apply on the devices interconnection in agricultural machinery is the CAN protocol. This technology provides significant benefits and has been used as an embedded control network in agricultural robots and vehicles. The implementation of the ISO11783 standard represents the standardization of the CAN protocol for application in agricultural machinery and constitutes the main target of development. This work presents the application of an ISOBUS network to control and data communication of the devices connected in an agricultural mobile robot. The results can support the development of CAN-based control technologies and assist in the implementation of the ISO11783 standard with the demonstration of the ISOBUS messages and configurations to a mobile agricultural robot.

KEY-WORDS: CAN-based network, ISOBUS, mobile robots, ISO11783 messages.

¹ Doutorando em Engenharia Mecânica, EESC- USP, epgodoy@yahoo.com.br

² Mestranda em Engenharia Mecânica, EESC- USP, giovanatt@yahoo.com.br

³ Doutorando em Engenharia Mecânica, EESC-USP, rafael@cnpdia.embrapa.br

⁴ Dr. Engenharia Mecânica, EESC-USP, ajvporto@sc.usp.br

⁵ Dr. Engenharia Mecânica, EMBRAPA Instrumentação Agropecuária, ricardo@cnpdia.embrapa.br

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos tempos, observa-se um grande avanço na utilização da informática e da automação na área agrícola. Novas práticas, como as relacionadas com a Agricultura de Precisão - AP, têm demandado um número crescente de pesquisas em sensores embarcados e redes de comunicação (Auernhammer & Speckman, 2006) para o estudo da variabilidade espacial e para a aplicação de insumos a taxa variada. Novas tecnologias e dispositivos para aquisição de dados e atuação em tempo real estão sendo desenvolvidos para equipar máquinas agrícolas para dar suporte a essas práticas e torná-las automatizadas. Uma tendência recente vem sendo o desenvolvimento de robôs móveis e veículos autônomos para realização de tarefas específicas, melhorando a eficiência e originando ganhos de operação (reduz compactação do solo, ausência de operador) quando se comparados com a utilização de grandes máquinas (Blackmore & Griepentrog, 2006). No entanto o desenvolvimento desses tipos de robôs e veículos apresenta um grande desafio: desenvolver uma arquitetura eletrônica para integrar os dispositivos presentes, além de permitir futuras expansões através da inserção de novos equipamentos. Uma tecnologia amplamente utilizada nessa interconexão de dispositivos em máquinas agrícolas é o CAN, um protocolo de comunicação serial digital. A utilização do protocolo CAN na área agrícola é confirmada em Suvinen & Saarilahti (2006) e sua aplicação em tecnologias desenvolvidas para veículos e robôs agrícolas é vista como forte tendência (Darr; Stombaugh & Shearer, 2005), inclusive para a realidade brasileira (Porto, Sousa & Inamasu, 2005). Atualmente, a busca pela padronização do protocolo CAN, com a implementação da norma ISO11783 (ISOBUS), constitui o principal alvo de desenvolvimento como descrito em Benneweiss (2005). Trabalhos como Oksanem et al. (2005) e Miettinen et al. (2006) descrevem a implementação da ISOBUS e o desenvolvimento de componentes como terminal virtual, controlador de tarefas e ECU do trator. Orientado-se pelos fatos citados, este trabalho apresenta a aplicação de uma rede CAN embarcada, baseada na norma ISO11783, para controle e comunicação de dados em um robô agrícola móvel. Este robô busca viabilizar a pesquisa de tecnologias de navegação autônoma e aquisição de dados em AP, através de uma parceria entre a EESC/USP e a Embrapa de São Carlos.

2. OBJETIVO

O presente trabalho busca auxiliar no desenvolvimento de tecnologias de controle e comunicação de dados baseados no protocolo CAN para aplicações em robôs móveis e veículos autônomos na área agrícola. Com a aplicação de uma rede ISOBUS para o caso do robô agrícola, espera-se contribuir com o processo de implementação da norma ISO11783 como padrão de comunicação para redes embarcadas em máquinas e implementos agrícolas e auxiliar no desenvolvimento dessa tecnologia para o mercado nacional.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Revisão da ISO11783

O ISO11783 - *Tractors and machinery for agriculture and forestry – Serial control and communications data network* - é um padrão de comunicação baseado no CAN 2.0B desenvolvido para a interconexão de sistemas eletrônicos em máquinas e implementos agrícolas. Em aplicações do CAN e da ISO11783, o sistema eletrônico que promove a interconexão de um dispositivo à rede é denominado *Electronic Control Unit* (ECU) ou Unidade Eletrônica de Controle. O CAN 2.0B determina o comprimento de 29 bits para o identificador de uma mensagem e um tamanho máximo de 64 bits de dados para a mensagem. A velocidade de transmissão de dados é de 250kbits/s. Outras informações sobre definições de camada física e de enlace podem ser encontradas em Sousa (2002). Para as mensagens CAN definidas pela ISO11783, a informação de controle é codificada em um campo

denominado identificador (*identifier*) e são determinadas dois tipos de PDU (*Protocol Data Unit*) como mostrado na Figura 1.

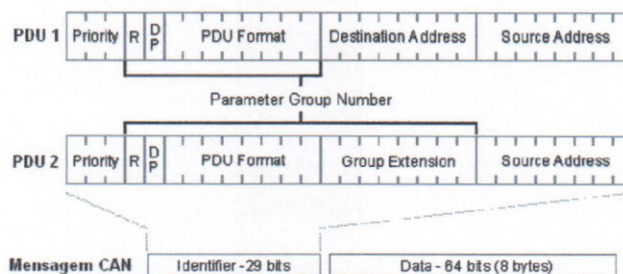


Figura 1 - Estrutura do Identificador e Formação das PDU para ISOBUS (Sousa, 2002)

Os campos que compõem a estrutura de uma mensagem, de acordo com a norma ISO11783, possuem diferentes funções. O campo P (*Priority*) – Prioridade, possui 3 bits que determinam a prioridade de acesso da mensagem. O campo PF (*PDU Format*) - Formato do PDU, possui 8 bits utilizados na especificação do tipo da mensagem e na determinação dos PGNs (*Parameter Group Numbers*). O campo PS (*PDU Specific*) - Especificidade do PDU, possui 8 bits que representam o endereço de destino da mensagem e depende diretamente do valor do campo PF, podendo ser DA - *Destination Address* ou GE - *Group Extension*. O campo SA (*Source Address*) – Endereço Fonte, possui 8 bits que identificam cada ECU. E o campo DF (*Data Field*) - Campo de Dados, possui 8 campos de 8 bits (64 bits no total) que contém as informações a serem transmitidas na mensagem. O valor do campo PF (oito bits – 0 a 255) define o tipo de mensagem transmitida pela ECU e especifica o campo PS. Valores para o PF entre 0 e 239, determinam uma PDU 1 e PS como endereço de destino (DA) enquanto valores entre 240 e 255 determinam uma PDU 2 e PS como endereço de grupo (GE). Endereço de destino (DA) permite que a mensagem seja enviada para uma ECU da rede em particular (transmissão ponto-a-ponto) e endereço de grupo (GE) permite que a mensagem seja enviada para várias ECUs simultaneamente (transmissão por difusão). Como mostrado na Figura 1, os dados de cada mensagem são agrupados em PGNs que possuem um valor único e são utilizados para identificação da mensagem e reconhecimento de comandos e pedidos. Um processo de gerenciamento de rede controla o endereçamento das ECUs durante o processo de inicialização da rede. Esses endereços são definidos por meio de um mecanismo de pedido de endereço (*Address Claim Mechanism*).

3.2 Eletrônica e Dispositivos do Robô Agrícola Móvel

O robô agrícola, mostrado na Figura 2, foi desenvolvido para promover o desenvolvimento de tecnologias de navegação, robótica e aquisição de dados para o meio agrícola.

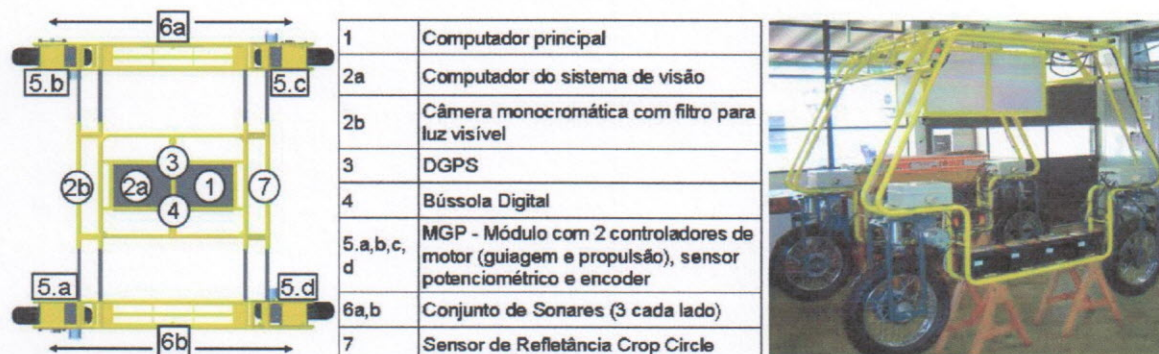


Figura 2 - Estrutura do Robô Agrícola e Equipamentos Conectados pela Rede ISOBUS

Para o controle e comunicação de dados dos diversos dispositivos conectados na estrutura do robô, como mostrado na Figura 2, foi proposta a utilização uma rede CAN embarcada baseada na ISOBUS. Para integração dos dispositivos na rede ISOBUS, foi utilizada uma ECU desenvolvida no trabalho de Sousa (2002). Essa ECU é composta basicamente por microcontrolador, tranceptor CAN e tranceptor RS232.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O robô agrícola móvel foi projetado para pesquisa de tecnologias de navegação autônoma. No entanto, em seu estado atual de desenvolvimento, o mesmo é teleoperado através de uma rede sem fio (IEEE 802.11b) por um usuário que envia mensagens de comando e controle. Essas mensagens são recebidas pelo computador principal, que funciona com um *gateway*, transformando as mensagens da rede sem fio para mensagens ISO11783 e vice versa. A troca de mensagens em uma rede ISOBUS só é possível depois que todas as ECUS conectadas na rede tenham seu endereço único. As mensagens de gerenciamento são enviadas por cada ECU na inicialização da rede. A mensagem “*address claim*” tem a finalidade de reivindicar um endereço na rede. Para as mensagens de controle e comunicação de dados foram definidos os seguintes campos: *Priority* igual a 6, *Reserved* e *Data Page* iguais a 0, *PDU Format* configurado para 255 (valor de uso proprietário aberto a usuários), *PDU Specific* utilizado como *Group Extension* (transmissão de mensagem por difusão e identificação da mensagem), *Source Address* define o endereço de origem da mensagem e *DL - Data Length* determina a quantidade de dados da mensagem (0 a 7 para 1 a 8 bytes de dados). A partir dessas informações, foram definidas as mensagens conforme a norma ISO11783 para o robô agrícola. Uma síntese dessas mensagens é mostrada na Tabela 1. As mensagens de controle determinam a ação dos módulos do robô e são enviadas pelo usuário. Nessa mensagem são enviados dados de velocidade e ângulo de guiagem (2 bytes) para os MGPs (módulo de guiagem e propulsão) e dados de movimentação da câmera (1 byte) para a ECU do PC Visão. Dados relacionados ao sistema de visão do robô não são transmitidos pela rede CAN.

Tabela 1 - Caracterização do Conjunto de Mensagens Definidas para Rede ISOBUS

ECU	Dado da Mensagem	PGN (HEX)	PF	GE	SA	DL	Taxa de envio
Todas	<i>Address claim</i>	EE00	238	DA	254	3	Inicialização
Computador	Controle dos MGPs	FF0B	255	11	128	3	Usuário
	Pedido de status aos MGPs	FF0A	255	10	128	1	Usuário
MGP1	Resposta de status	FF0A	255	10	129	1	Após pedido
	<i>Encoder / Velocidade</i>	FF0C	255	12	129	2	500 ms
	Potenciômetro / Ângulo Guiagem	FF0D	255	13	129	2	500 ms
MGP2	Resposta de status	FF0A	255	10	130	1	Após pedido
	<i>Encoder / Velocidade</i>	FF0C	255	12	130	2	500 ms
	Potenciômetro / Ângulo Guiagem	FF0D	255	13	130	2	500 ms
MGP3	Resposta de status	FF0A	255	10	131	1	Após pedido
	<i>Encoder / Velocidade</i>	FF0C	255	12	131	2	500 ms
	Potenciômetro / Ângulo Guiagem	FF0D	255	13	131	2	500 ms
MGP4	Resposta de status	FF0A	255	10	132	1	Após pedido
	<i>Encoder / Velocidade</i>	FF0C	255	12	132	2	500 ms
	Potenciômetro / Ângulo Guiagem	FF0D	255	13	132	2	500 ms
GPS	Dados 1 do GPS	FF14	255	20	133	8	1000 ms
	Dados 2 do GPS	FF14	255	20	133	8	1000 ms
Crop Circle	Dados reflectância/ IR e VIS	FF15	255	21	134	8	1000 ms
PC Visão	Movimentação da Câmera	FF16	255	22	135	4	1000 ms
Bússola	Dados Bússola / Orientação	FF17	255	23	136	4	500 ms

Sonares D	Sonares lado direito / Distância	FF18	255	24	137	8	500 ms
Sonares E	Sonares lado esquerdo/ Distância	FF18	255	24	138	8	500 ms

As mensagens de status têm a finalidade de informar ao usuário o correto funcionamento das ECUs da rede. Mensagens de dados têm a finalidade de transmitir os dados dos sensores (*encoder*, potenciômetro, GPS, bússola) para controle do robô. Por exemplo, para o GPS, os dados definidos para a mensagem ISO11783 foram: latitude, indicador de qualidade do GPS, número de satélites (dados 1) e longitude e diluição horizontal da precisão (dados 2). Para o sensor de refletância *Crop Circle*, os dados definidos foram: número da amostra e dados R(IR) e R(VIS). A bússola fornece leituras em Graus (0 – 360° a partir de uma referência) e os sonares transmitem medidas da distância lateral entre o robô e possíveis objetos. Tangerino (2006) apresenta uma descrição detalhada do conteúdo das mensagens do robô agrícola.

5. CONCLUSÕES

Este trabalho apresenta a aplicação de uma rede ISOBUS para controle e comunicação de dados de um robô agrícola. A utilização do CAN e do padrão ISOBUS torna possível o controle distribuído dos dispositivos além de facilitar a comunicação de dados entre as ECUs do robô. Uma síntese do processo de endereçamento da norma ISO11783 é apresentada e auxilia na definição de um esquema de mensagens para as ECUs de um robô agrícola, que é conforme a ISOBUS. Espera-se que estes resultados contribuam com grupos de pesquisa sobre robôs agrícolas, CAN e norma ISO11783, difundindo conhecimento e viabilizando seu desenvolvimento e implementação por empresas no mercado nacional da área agrícola.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AUERNHAMMER, H.; SPECKMANN, H. Dedicated Communication Systems and Standards for Agricultural Applications. Chapter 7, Section 7.1 Communication Issues and Internet Use, **ASAE CIGR Handbook of Agricultural Engineering**. v. 7, p. 435-452. 2006.
- BENNEWEIS, R.K. Status of the ISO11783 Serial control and communications data network standard. In: ASAE INTERNATIONAL MEETING. **ASAE paper** 051167. Florida, 2005.
- BLACKMORE, S. M.; GRIEPENTROG, H. W. Autonomous Vehicles and Robotics. Chapter 7, Section 7.3 Mechatronics and Applications, **ASAE CIGR Handbook of Agricultural Engineering**. v. 6, p. 204-215. 2006.
- DARR, M. J.; STOMBAUGH, T. S.; SHEARER, S. CAN based distributed control for autonomous vehicles. **Transactions of the ASAE**, v. 48, p. 479-490. 2005.
- MIETTINEN, M.; OKSANEN, T.; OHMAN, M.; VISALA, A. Implementation of ISO 11783 compatible task controller. In: CIGR WORLD CONGRESS. **Proceedings**. Germany, 2006.
- OKSANEN, T., OHMAN, M.; MIETTINEN, M.; VISALA, A. ISO 11783 – Standard and its implementation. In: IFAC WORLD CONGRESS. **Proceedings**. Prague, 2005.
- PORTO, A. J. V.; SOUSA, R. V.; R. Y.; INAMASU, R. Y. Veículos Agrícolas Autônomos (VAA's) e Robôs Agrícolas Móveis (RAM's). In: CONGRESSO TEMÁTICO DE DINÂMICA, CONTROLE E APLICAÇÕES. **Anais**. DINCON. Bauru, 2005.
- SOUSA, R. V. **CAN (Controller Area Network): uma abordagem para automação e controle na área agrícola**, 2002. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, USP, São Carlos, 94p.
- SUVINEN, A.; SAARILAHTI, M. Measuring the mobility parameters of forwarders using GPS and CAN bus techniques. **Journal of Terramechanics**. v. 43, p. 237-252. 2006.
- TANGERINO, G. T. Robô Agrícola Móvel (RAM): implementação de protocolos de alto nível para integração de dispositivos em rede CAN. **Relatório de Iniciação Científica**. 38p, FAPESP, 2006.