

Estudo dos elementos mínimos para projeto de sistemas embarcados compatíveis para máquinas e implementos agrícolas**

Rafael V. de Sousa^{1*}, Wellington C. Lopes^{2*}, Robson R. D. Pereira^{2*}, Ricardo Y. Inamasu^{3*}

¹ Professor do Centro de Ciência Exatas e Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos – UFSCar, São Carlos, SP, Brasil

² Pós-graduando, Núcleo de Pesquisa e Ensino em Automação e Simulação, Escola de Engenharia de São Carlos – EESC, Universidade de São Paulo – USP

³ Pesquisador, Embrapa Instrumentação Agropecuária, São Carlos, SP, Brasil

*e-mail: rafael.sousa@gmail.com; wlopes@gmail.com; robsondutra.pereira@gmail.com; ricardo@cnpdia.embrapa.br

**Financiado pela FINEP (processo: 01.09.0285.00), Fundo para o Setor do Agronegócio, CT, Agro – MAPA 01/2008

Resumo: Este trabalho apresenta o estudo das normas relacionadas com o ISOBUS. A sistematização dos resultados origina um documento referencial prático para projetos de redes embarcadas para automação de máquinas e implementos agrícolas.

Palavras-chave: ISOBUS, automação de máquinas agrícolas, redes embarcadas, padrões.

Study of the minimum elements for designing compatible embedded systems for agricultural machinery and implements

Abstract: This work presents the study of the standards related to ISOBUS. The systematization of the results generate a practical reference documentation for agricultural machinery (tractor, combine and implements) designs of embedded networking applied to agricultural machinery automation.

Keywords: ISOBUS, agricultural machinery automation, embedded networking, standards.

1. Introdução

Atualmente, instituições de pesquisa e associações de normas concentram esforços significativos para padronização da eletrônica embarcada em máquinas e implementos agrícolas através da implantação norma ISO 11783, conhecida no mercado também como ISOBUS (BENNEWEISS, 2005; GODOY, 2007; PEREIRA, 2009; FORÇA..., 2011). Observa-se também o esforço por parte de fabricantes de máquinas, implementos e de outros equipamentos para a promoção e para a implantação do ISOBUS. São exemplos dessas parcerias entre fabricantes, instituições de pesquisa e associações de normas: a *Association of Equipment Manufacturers*, que congrega os fabricantes de máquinas e implementos norte-americanos, representada pelo *North American ISOBUS Implementation Task Force* (NAIITF), nos Estados Unidos (AGRICULTURAL..., 2011); e a *Federation of Engineering Industry*, que congrega os fabricantes de máquinas e implementos europeus, representada pelo *Implementation Group ISOBUS* (IGI), na Comunidade Européia (VERBAND..., 2011). Em 2008, membro dessas associações fundiram as atividades em uma associação internacional AEF (*Agricultural Industry Electronics Association*) (AGRICULTURAL ..., 2008).

Benneweis (2005) cita que os objetivos das forças tarefas IGI e NAIITF são: promover a divulgação do padrão ISOBUS em conferências e em feiras agrícolas; desenvolver procedimentos de certificação para os fabricantes; e organizar reuniões, denominadas *plugfest*, para testar a conformidade de equipamentos de mercado com norma ISO 11783.

Constata-se em Oksanen, Linja e Visala (2005) que um dos desafios relacionados ao uso da rede ISO 11783 é o desenvolvimento de implementos compatíveis que realizem tarefas específicas, como o sensoriamento remoto e as aplicações VRT (*Variable Rate Technology*: tecnologias de aplicação à taxa variável que permitem a aplicação controlada de insumos agrícolas). No Brasil, embora haja o entendimento da importância desse padrão, os fabricantes de máquinas e equipamentos agrícolas, e, principalmente, os fabricantes nacionais de implementos se deparam com barreiras técnicas por

não possuírem tradicionalmente departamentos para desenvolvimento de eletrônica embarcada e pela carência no mercado de empresas fornecedoras de eletrônica própria para aplicações agrícolas. Essas barreiras impõem às empresas a necessidade de investimentos significativos para serem superadas, e, além disso, demandam-se investimentos para formação mão-de-obra especializada.

Para suprir as carências tecnológicas destacadas anteriormente e apoiar as empresas nacionais, está em andamento o projeto do Fundo para o Setor do Agronegócio, CT - Agro - MAPA 01/2008, financiado pela FINEP (processo: 01.09.0285.00), sob o título “Sistemas para Viabilizar Monitoramentos e Intervenções Localizadas”, que tem como objetivo geral de fomentar no mercado nacional as tecnologias relacionadas com o ISOBUS para tratores e, principalmente, para implementos agrícolas. O projeto trata também da integração das tecnologias de certa forma estabelecidas para monitoramento do solo e de plantas para desenvolvimento de tecnologias ISOBUS compatíveis para o mercado nacional.

Em consonância com o objetivo geral descrito, uma das etapas do projeto é promover a divulgação e a assimilação de conhecimentos relacionados com o ISOBUS e estabelecer metodologias de projeto para sistemas de automação em Agricultura de Precisão, para concepção de algumas tecnologias “gargalos” baseadas em Unidades Eletrônicas de Controle com ISOBUS (*Electronic Control Unit – ECU*). Nesse sentido esse trabalho apresenta uma sistematização de informações sobre a estrutura das normas ISO 11783 e ABNT NBR ISO11783, assim como se destaca os elementos de automação mínimos (as principais ECUs) para compor um barramento ISOBUS com especificações que permitam a implantação de aplicações agronômicas automatizadas em máquinas e implementos agrícolas.

2. Material e métodos

O comitê da ISO responsável pela norma ISO 11783 sob o título *Tractors and machinery for agriculture and forestry – serial control and communications*

data network é o TC23/SC19/WG1. No Brasil a Comissão de Estudos de Comunicação Eletrônica e Embarcada CE-04:015.15 do Comitê Brasileiro de Máquinas e Equipamentos Mecânicos CB-004 da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) é responsável pelo projeto da norma ABNT NBR ISO-11783 sob o título “Tratores e máquinas agrícolas e florestais - rede serial para controle e comunicação de dados” que a versão nacional da norma ISO 11783.

O levantamento foi realizado utilizando os documentos da norma ISO 11783 e os documentos da norma ABNT NBR ISO 11783. No levantamento buscou-se explicitar os documentos básicos e determinar o estágio atual dos projetos das normas. Além disso, o levantamento foi direcionado também para identificar os elementos de rede básicos para implantação de sistemas embarcados de automação em máquinas e implementos agrícolas.

No Brasil um grupo de trabalho formado por pesquisadores e representantes da indústria de máquinas e implementos agrícolas busca desde 2006 fomentar o desenvolvimento e a aplicação da norma ISO 11783 e da ABNT NBR ISO11783 através da organização denominada Força Tarefa ISOBUS Brasil (FORÇA..., 2011). Além da FTI Brasil apóia as ações da do Comitê CE 04:15:15 e colabora com as atividades de intercâmbio entre os membros da IGI e da NAIITF.

3. Resultados e discussão

O propósito da norma ISO 11783 é prover um padrão aberto para interconexão de sistemas eletrônicos

embarcáveis através de um barramento digital para permitir a comunicação de dados entre estes dispositivos sensores, atuadores e controladores. Uma única ECU pode ser responsável pela conexão de um ou mais dispositivos a um barramento de comunicação. Também, um dispositivo pode ser conectado a um barramento por uma ou mais ECUs. O conjunto formado por uma ECU e por dispositivos ISOBUS compatíveis constitui um nó de rede padrão CAN – *Controller Area Network* (SOUSA, 2002).

A ISO 11783 adota o protocolo CAN como enlace de comunicação por fio e algumas especificações da norma foram baseadas na norma DIN 9684 e muitas outras foram baseadas na norma SAE J1939. A Tabela 1 apresenta as partes da documentação da norma ISO 11783 e uma síntese sobre o estado do projeto de cada parte da norma.

A norma ABNT NBR ISO 11783 é a versão nacional da norma ISO 11783. Essa norma encontra-se em fase de elaboração, sendo que quatro documentos foram publicados. A Tabela 2 apresenta as partes da documentação da norma e uma síntese sobre o estado do projeto de cada parte da norma.

A Figura 1 ilustra um exemplo de uma rede segundo o padrão da ISOBUS disposto em um trator com um implemento conectado.

Os padrões relacionados com o ISOBUS têm definidos três tipos de sub-redes, que são conectados por dispositivos denominados *Network Interconnection Unit* (NIU) ou Unidade de Interconexão de Rede. Estas NIUs podem ser *Repeaters* (Repetidores), *Briges* (Pontes), *Routers* (Roteadores) e *Gateways* (Portais), com funções

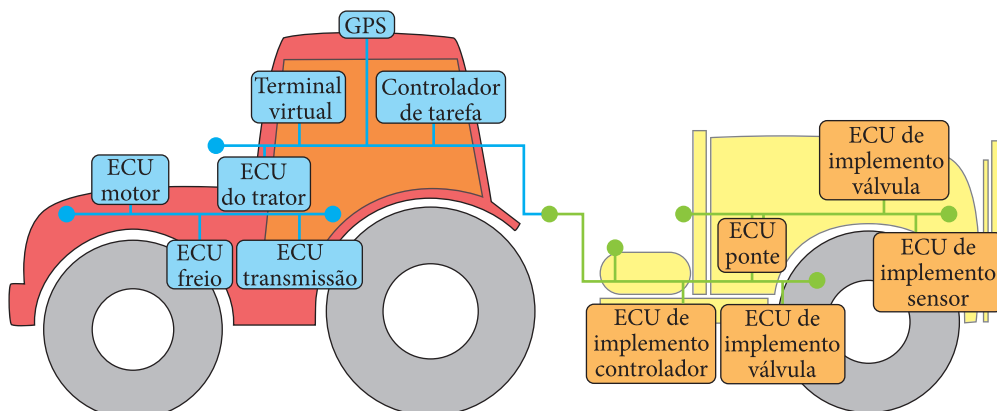


Figura 1. Ilustração de uma rede ISO 11783 e ABNT NBR ISO 11783.

Tabela 1. Status da norma ISO 11783.

Código do documento	Parte	Estágio atual do documento
ISO 11783-1:2007	Part 1: General standard for mobile data communication	Padrão Internacional para ser revisado*
ISO/FDIS 11783-2	Part 2: Physical layer	Protótipo final registrado para aprovação formal*
ISO 11783-3:2007	Part 3: Data link layer	Padrão Internacional para ser revisado*
ISO 11783-4	Part 4: Network layer	Padrão Internacional para ser publicado*
ISO 11783-5:2011	Part 5: Network management	Padrão Internacional publicado
ISO 11783-6:2010	Part 6: Virtual terminal	Padrão Internacional publicado
ISO 11783-7:2009	Part 7: Implement messages application layer	Padrão Internacional para ser revisado*
ISO 11783-8:2006	Part 8: Power train messages	Padrão Internacional confirmado para publicação*
ISO/FDIS 11783-9	Part 9: Tractor ECU	Protótipo final registrado para aprovação formal*
ISO 11783-10:2009	Part 10: Task controller and management information system data interchange	Padrão Internacional publicado
ISO 11783-11:2011	Part 11: Mobile data element dictionary	Padrão Internacional publicado
ISO 11783-12:2009	Part 12: Diagnostics services	Padrão Internacional para ser revisado*
ISO 11783-13:2011	Part 13: File server	Padrão Internacional publicado

*Padrão publicado é submetido a revisão periódica.

semelhantes às funções destes elementos nas redes de computadores pessoais convencionais. Um tipo de sub-rede é a sub-rede do veículo, denominada Barramento do Trator, onde podem estar conectadas ECUs para parâmetros veiculares associados, por exemplo, com o motor e com a transmissão (Figura 1). O outro tipo é a sub-rede principal de implementos, denominada Barramento de Implemento, onde podem estar conectadas ECUs para parâmetros relacionados com aplicações agrícolas como, por exemplo plantio e pulverização (Figura 1).

A presença de três ECUs específicas ilustradas na Figura 1 é necessária para viabilizar a operação da rede ISOBUS, sendo essas o Terminal Virtual (*Terminal Virtual* - VT), o Controlador de Tarefas (*Task Controller* - TC) e a ECU do Trator (*Tractor ECU* - TECU).

O Terminal Virtual (VT), especificado na parte 6 das normas, é uma ECU com tela gráfica que promove a interface entre a máquina (trator e implemento) e o operador (ser humano), e fica localizada na cabine de operação da máquina agrícola. Quando um implemento ISOBUS em é conectado em um trator ISOBUS, uma ECU de implemento qualificada como Mestre do Grupo de ECU (*Working Set Máster* - WSM) é responsável por interconectar todos os dispositivos do implemento e demais ECUs relacionadas com uma aplicação agrícola com o VT através de um arquivo padrão denominado *Object Pool* (OP) trafegado na rede. O *Object Pool* é um arquivo que contém a descrição de um conjunto de objetos definidos pelas normas (máscaras, botões, variáveis, indicadores gráficos, figuras, etc.) que são exibidos no Terminal Virtual para representar graficamente

Tabela 2. Status da norma ABNT NBR ISO 11783.

Código do documento	Parte	Estágio atual do documento
ABNT NBR ISO 11783 parte 1	Norma geral para comunicação de dados móvel	Padrão Nacional em elaboração
ABNT NBR ISO 11783 parte 2	Camada física	Padrão Nacional publicado*
ABNT NBR ISO 11783 parte 3	Camada de enlace de dados	Padrão Nacional em fase final de revisão para consulta nacional
ABNT NBR ISO 11783 parte 4	Camada de rede	Padrão Nacional publicado*
ABNT NBR ISO 11783 parte 5	Gerenciamento de rede	Padrão Nacional em fase final de revisão para consulta nacional
ABNT NBR ISO 11783 parte 6	Terminal virtual	Padrão Nacional em elaboração
ABNT NBR ISO 11783 parte 7	Camada de aplicação - mensagens de implemento	Padrão Nacional em elaboração
ABNT NBR ISO 11783 parte 8	Mensagens do veículo	Padrão Nacional em elaboração
ABNT NBR ISO 11783 parte 9	ECU do trator	Padrão Nacional publicado*
ABNT NBR ISO 11783 parte 10	Controlador de tarefas e gerenciamento da troca de dados do sistema de informação	Trabalhos para iniciar
ABNT NBR ISO 11783 parte 11	Dicionário de dados	Padrão Nacional publicado*
ABNT NBR ISO 11783 parte 12	Serviços de diagnósticos	Trabalhos para iniciar
ABNT NBR ISO 11783 parte 13	Servidor de arquivos	Padrão Nacional em elaboração

*Em fase de Consulta Nacional para publicação.

a ECU do implemento responsável pelo comando a aplicação agrícola.

Controlador de Tarefa especificado na parte 10 é uma ECU especial responsável pelo envio, recebimento e armazenamento de dados de processos agrícolas, e, além disso, contém a interface de dados para sistemas computacionais externos à máquina agrícola. Essa ECU é responsável por gerenciar o controle de tarefas pré-determinadas, sendo que as tarefas são prescritas previamente, e são transmitidas para o trator no formato de arquivo *XML*. Para que as tarefas possam ser realizadas, um implemento ISOBUS compatível deve enviar as características de seus dispositivos o Controlador de Tarefas utilizando um arquivo denominado *Device Description Object Pool* (DDOP), também no formato XML. Essa ECU não

possui uma tela gráfica e por isso pode apresentar as tarefas no VT.

A ECU do Trator especificado na parte 9 é uma NIU com funções especiais e faz a interconexão do barramento do trator com o barramento de implemento.

4. Conclusões

A sistematização das informações realizada sobre as normas que definem o ISOBUS, associada ao levantamento de elementos de automação básicos para compor um barramento ISOBUS permitiu a geração de uma documentação referencial de suporte para projetos de sistemas embarcados de automação para máquinas e implementos agrícolas. Destaca-se a importância das ECUs especiais (VT,

TC e TECU) e identifica-se que os esforços de desenvolvimento devem ser direcionados também para os arquivos *Object Pool* e *Device Description Object Pool* para viabilizar respectivamente a operações das ECUs de implimento e a ECU Controlador de Tarefa, pois tais elementos são essenciais na definição da operação da máquina e do implimento na aplicação agrícola automatizada.

Referências

- AGRICULTURAL INDUSTRY ELECTRONICS FOUNDATION - AEF. **Pense ISOBUS**. Disponível em: <http://www.aef-online.org/fileadmin/MEDIA/downloads/AEF_brochure_POR.pdf>. Acesso em: 07 out. 2011.
- BENNEWEIS, R. K. Status of the ISO 11783 serial control and communications data network standard. In: AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS - ASAE ANNUAL INTERNATIONAL MEETING, 2005, Tampa. **Proceedings...** Tampa: ASAE, 2005.
- FORÇA TAREFA ISOBUS BRASIL. Disponível em: <<http://www.isobus.org.br>>. Acesso em: 07 out. 2011.
- GODOY, E. P. **Desenvolvimento de uma ferramenta de análise de desempenho de redes CAN (Controller Area Network) para aplicações em sistemas agrícolas**. 2007. 93 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia)-Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.
- OKSANEN, T.; LINJA, M.; VISALA, A. Low-cost positioning system for agricultural vehicles. In: IEEE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON COMPUTATIONAL INTELLIGENCE IN ROBOTICS AND AUTOMATION, 2005, Espoo, Finland. **Proceedings...** Espoo: IEEE, 2005. <http://dx.doi.org/10.1109/CIRA.2005.1554293>
- OKSANEN, T.; OHMAN, M.; MIETTINEM, M.; VISALA, A. ISO 11783 - Standard and its implementation. In: INTERNATIONAL FEDERATION OF AUTOMATIC CONTROL - IFAC WORLD CONGRESS, 16., 2005, Prague, Czech Republic. **Proceedings...** IFAC, 2005.
- OKSANEN, T.; SUOMI, P.; VISALA, A.; HAAPALA, H. ISOBUS compatible implements in the project AGRIX. In: EUROPEAN CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 5., 2005, Uppsala, Sweden. **Proceedings...** Uppsala, 2005.
- PEREIRA, R. R. D. **Protocolo ISO 11783: procedimentos para comunicação serial de dados do controlador de tarefa**. 2009. 188 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica)-Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.
- SOUSA, R. V. **CAN (Controller Area Network): uma abordagem para automação e controle na área agrícola**. 2002. 194 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica)-Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2002.
- SOUSA, R. V.; GODOY, E. P.; PORTO, A. J. V.; INAMASU, R. Y. **Redes Embarcadas em Máquinas e Implementos Agrícolas: o Protocolo CAN (Controller Area Network) e a ISO11783 (ISOBUS)**. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2007.
- VERBAND DEUTSCHER MASCHINEN UND ANLAGENBAU - VDMA. Disponível em: <<http://www.vdma.org>>. Acesso em: 07 out. 2011.