AVALIAÇÃO DE TÉCNICAS DE FILTRAGEM PARA PERSISTÊNCIA DE DADOS DE REDES DE SENSORES SEM FIO: APLICAÇÃO NA RASTREABILIDADE DE GRÃOS

Mateus Nascimento Czelusniak (PIBIC/CNPq/FA/UEPG), Rodrigo Modesto Rodrigues, Luma Alves Lopes, Maria Salete Marcon Gomes Vaz (Orientador), e-mail: salete@uepg.br.

Universidade Estadual de Ponta Grossa/Setor de Ciências Agrárias e de Tecnologia

Ciência da Computação/Metodologia e Técnicas da Computação.

Palavras-chave: Agricultura, Coleta de dados, Cadeia Produtiva.

Resumo
A coleta de dados através de redes de sensores sem fio é uma técnica importante na agricultura atual. Através dos dados coletados, o produtor agrícola pode fazer decisões informadas sobre sua plantação, adquirindo, dessa forma, maior controle sobre seu negócio. Para que as redes de sensores sem fio possam ser mais efetivas em suas atividades, a avaliação de seus diferentes usos e técnicas torna-se necessário. Por meio de uma revisão sistemática da literatura, três áreas principais foram definidas.

Introdução

Na agricultura, o uso de redes de sensores sem fio (RSSF) – redes compostas de vários nódulos autônomos e com alto grau de cooperação entre seus sensores (LOUREIRO, et al. 2003) – para a análise de características como humidade e temperatura do solo ajudam os produtores a evitar desperdícios e falhas no crescimento de plantações. Para que essas análises sejam eficientes, a coleta efetiva de dados através de RSSF torna-se uma necessidade. Em vista disso, propôs-se o estudo dos diferentes usos de RSSF na agricultura, com o intuito de adquirir um melhor entendimento das técnicas utilizadas.

Material e Métodos

O desenvolvimento do projeto iniciou-se com uma revisão sistemática da literatura. A revisão tinha como objetivo responder as seguintes perguntas: como RSSF são utilizadas na agricultura e quais os principais métodos em que elas são utilizadas em sistemas de rastreabilidade. As questões foram definidas através da análise de quais tecnologias são necessárias para a agricultura na indústria 4.0 (BRAUN et. al, 2018). Para obter-se dados recentes e extensos, apenas artigos escritos em inglês e publicados a partir de 2010 foram selecionados.

Três bases de pesquisa foram utilizadas – ACM Digital Library, IEEE Xplore Digital Library e ScienceDirect – e os termos de pesquisa utilizados foram “Wireless Sensor Network”, “Agriculture”, “Traceability” e “Smart Farm”. Para melhor organizar os critérios de seleção e a revisão sistemática como um todo, um software chamado StArt (*State of the Art through Systematic Review*), desenvolvido pelo Laboratório de Pesquisa em Engenharia de Software do departamento de computação da Universidade Federal de São Carlos (UFScar), foi utilizado.

Ao todo, 188 artigos foram encontrados, distribuídos entre as três bases de pesquisa. Desse total, 21 artigos da ACM Digital Library, 31 artigos da IEEE Xplore

Digital Library e 33 artigos da ScienceDirect foram aceitos para análise na revisão, em um total de 85 artigos.

Resultados e Discussão

Através da revisão sistemática, três áreas de estudo tornaram-se aparentes: sistemas de rastreabilidade na cadeira de produção, sistemas de monitoramento e a otimização de redes de sensores sem fio.

Os sistemas de rastreabilidade da cadeia produtiva foram o tema mais abordado nos artigos analisados, embora a maneira de sua implementação seja distinta. No estudo proposto por WANG et al. (2012), uma plataforma chamada *Supply-chain Pedigree Interactive Dynamic Explore* (SPIDER) foi desenvolvida utilizando tags RFID e o padrão EPCglobal para implementar um padrão internacional na avaliação de segurança alimentar, *Hazard Analysis and Critical Control Points* (HACCPs). A plataforma utiliza o conceito de ePedigree – documento digital que armazena dados e o histórico de um produto – para conseguir visibilidade total da cadeia produtiva. Através dos dados de cada empresa que utiliza a plataforma, o padrão de comportamento da cadeia é determinado e produtos que fogem desse padrão ficam destacados para avaliação de fiscais. O consumidor final pode inserir o ePedigree de um produto na plataforma e ter acesso rápido à avaliação HACCPs do mesmo, garantindo a segurança do produto.

No estudo proposto por MAINETTI et al. (2013), o sistema de rastreabilidade tem uma função mais secundária, fornecendo informações sobre os diferentes ingredientes de um mesmo produto (vegetais e saladas *ready-to-eat*), mas mantendo a decisão final na mão dos agrônomos. O sistema utiliza tecnologias como DataMatrix para a identificação de cada item e restringe o uso de UHF (*Ultra High Frequency*) RFID para o agrupamento desses itens, mantendo o baixo custo de implementação do sistema.

Em TERVONEN (2018), uma RSSF construída em uma topologia de estrela coleta dados sobre temperatura e umidade relativa do ar, para garantir o controle de qualidade no armazenamento de brotos de batata. A RSSF possui uma *Graphical User Interface* (GUI) remota, na qual o produtor pode avaliar os dados coletados e garantir condições ideais de armazenamento para manter o frescor e qualidade do alimento.

É observado, também, o estudo desenvolvido por CHEN (2014), no qual a característica principal dos sistemas de rastreabilidade estudados pode ser observada: a necessidade do controle de cada estágio da cadeia produtiva. Segundo o estudo, se o consumidor final descobre algo de errado com uma mercadoria, um esforço muito grande acontece para que encontre-se o ponto durante processo de produção no qual o erro ocorreu. O sistema de rastreabilidade de alimentos desenvolvido pelo estudo é baseado em arquitetura de Internet das Coisas (IoT) utilizando Mapas Cognitivos *Fuzzy* (FCM) para análise do ciclo de vida do uso de um produto, integrando cada etapa do processo e possibilitando descobrir exatamente a deficiência da cadeia.

Os sistemas de monitoramento tem como foco a coleta de dados como umidade e temperatura do solo, delegando a análise desses dados para o usuário, que então decide o melhor curso de ação. Exemplos de sistemas de monitoramento são descritos em FUKATSU, et al. (2014), no qual é proposto o desenvolvimento e aplicação de um Servidor de Campo Aberto (SCA) capaz de monitorar vários aspectos de diferentes campos agrícolas – como temperatura do ar, controle de atividades realizadas por funcionários, detecção de pragas, etc. O SCA é baseado

em uma rede de sensores sem fio (RSSF) na qual os nódulos são compostos de pequenos sensores com receptores de ondas de rádio. Os dados coletados são transmitidos para uma aplicação web, na qual o produtor tem acesso e decide o melhor plano de ação.

Outro exemplo da área é descrito em SANTOS, et al. (2018). O estudo propõe o uso de uma rede de sensores sem fio (RSSF) de pequeno a médio alcance em conjunto com uma engine de previsão para antecipar problemas na plantação. Segundo o estudo, parte considerável dos artigos sobre o uso de RSSF na agricultura focam na coleta de dados brutos, o que acarreta na detecção de problemas apenas quando eles já aconteceram. Através do framework AgriMeasure, baseado na tecnologia de Internet das Coisas (IoT) LoRa e no modelo de previsão ARIMA, é possível notificar o produtor via smartphone sobre futuras alterações de parâmetros que podem prejudicar a planta, tais como: temperatura do ar, temperatura do solo, umidade do ar, umidade do solo e luminosidade.

Em QIAN et. al (2015), também, temos aplicação de um sistema de monitoramento. O estudo propõe o desenvolvimento de um sistema de gerenciamento de precisão de um pomar de maças em uma região da China. Cada árvore é identificada através de uma etiqueta RFID aplicada com um chip UHF em seu centro e um QR code na superfície. O QR code permite o uso de celulares para a leitura de informações específicas sobre a árvore, como temperatura do ar, umidade do ar, umidade do solo e temperatura do solo. Os dados são coletados por meio de uma rede de sensores sem fio (RSSF) e transmitidos para um servidor, que então repassa as informações para as etiquetas de cada árvore.

Concluindo, temos XIANG et. al (2016), que descreve o desenvolvimento de sistema de sensores sem fio para a detecção de múltiplos gases (WGS2) como monitor em tempo real de uma cadeia produtiva em frigorífico. O sistema é composto por três partes: WMN, WAN e uma unidade de processamento de sinais. O WGS2 é utilizado para prever a validade do produto – no caso do estudo, uvas de mesa – através de dados como temperatura, umidade relativa e concentração de gases O2, CO2 e SO2 coletados pela sua rede de sensores múltiplos. Os dados coletados podem então ser avaliados por trabalhadores e gerentes, que agem conforme a situação demanda.

Os artigos sobre a otimização de redes de sensores sem fio possuem um foco de estudo amplo. PANDE et. al (2012) propôs o uso de um híbrido entre sensores de frequência de rádio (RF) e propagação de sinais em espaço aberto (FSO) como alternativa ao modelo puramente baseado em RF, que consome mais energia e possui custo mais elevado. É proposto, também, uma maneira sistemática de posicionamento para os sensores, com os nódulos baseados em FSO posicionados nos vértices de um hexágono e os sensores RF dentro da área dessa figura, posicionados em formato de grade.

Já ZENI et. al (2015) propõe o desenvolvimento e uso de redes de sensores sem fio (RSSF) de baixo custo e consumo de energia. Um protótipo foi instalado em uma fazenda de porte pequeno em região da África, local sem fonte de energia e água confiáveis a maior parte do ano. A RSSF é utilizada para a medição em tempo real dos níveis de umidade do solo – utilizados para medir o nível de estresse da planta – e transmiti-los ao celular do fazendeiro para que este tome o curso de ação necessário. Os nódulos da RSSF foram desenvolvidos a partir do micro controlador de um Arduino Mega (ATmega328P-PU1) e cada nódulo foi energizado por duas baterias Duracell AA configuradas em série. Com as especificações do estudo, conseguiu-se uma vida útil de aproximadamente 5 anos para a RSSF.

Conclusão/ões

Através dos artigos analisados, é possível traçar as principais áreas em que as redes de sensores sem fio são utilizadas, assim como definir os padrões e frameworks mais comuns na utilização da tecnologia.

Agradecimentos

Agradeço a orientadora Prof. Maria Salete Marcon Gomes Vaz e a coorientadora Luma Alvez Lopes, cujo o apoio e encorajamento carregaram-me durante o andamento do projeto.

Agradeço ao CNPq e a Fundação Araucária por incentivarem o desenvolvimento acadêmico e científico dos alunos.

Agradeço, por fim, a Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação por seus esforços em garantir que os alunos tenham contato com pesquisa científica durante sua formação acadêmica.

Referências

LOUREIRO, A. A. F.; NOGUEIRA, J. M. S.; RUIZ, L. B.; MINI, R. A. d. F.; NAKAMURA, E. F.; FIGUEIREDO, C. M. S. Redes de Sensores Sem Fio, 2003.

BRAUN, A.; COLANGELO E.; STECKEL T. Farming in the era of Industry 4.0, 2018

FUKATSU, T.; HIRAFUJI, M. Web-based sensor network system “Field Servers” for practical agricultural applications, 2014.

SANTOS, U. J. L. d.; PESSIN, G.; COSTA, C. A. d.; RIGHI, R. d. R. AgriPrediction: A proactive internet of things model to anticipate problems and improve production in agricultural crops, 2018.

WANG, L.; TING, J.S.L.; IP, W.H. Design of Supply-chain Pedigree Interactive Dynamic Explore (SPIDER) for food safety and implementation of Hazard Analysis and Critical Control Points (HACCPs). Computers and Electronics in Agriculture, n. 90, p. 14-23, 2012.

PANDE, M.; CHOUDHARI, N. K.; PATHAK, S. Energy Efficient Hybrid Architecture and Positioning of Sensors in WSN for Precision Agriculture, 2012.

TERVONEN, J. Experiment of the quality control of vegetable storage based on the Internet-of-Things, 2018.

MAINETTI, L.; PATRONO, L.; STEFANIZZI, M. L.; VERGALLO, R. An innovative and low-cost gapless traceability system of fresh vegetable products using RF technologies and EPCglobal standard, 2013.

CHEN, R. Autonomous tracing system for backward design in food supply chain, 2014.

QIAN, J.; YANG, X.; WU, X.; XING, B.; WU, B.; LI, M. Farm and environment information bidirectional acaquisition system with individual tree identification using smartphones for orchard precision management, 2015.

XIANG, W.; QILE,H.; MATETIC, M.; JEMRIC, T.; XIAOSHUAN, Z. Development and evaluation on a wireless multi-gas-sensores system for improving traceability and transparency of table grape cold chain, 2016.

ZENI, M.; MBITIRU, E. O. R.; NYAMBURA, A.; SAMUEL, L.; FLEMING, K.; WELDEMARIAM, K. Low-power Low-cost Wireless Sensors for Real-time Plant Stress Detection, 2015.