

Redes de Sensores Sem Fio para Monitoramento Agro-Climatológico na Amazônia

Thienne M. Johnson. Mauro Margalho

Universidade da Amazônia (UNAMA)
Av. Alcindo Cacela, 287 - 66060-902 - Belém/PA PA – Brasil

{margalho, thienne }@unama.br

Abstract. *This paper presents the INFOCLIMA project, which aims to study wireless transmissions in the Brazilian Amazon. The simulation results are useful for our initial research, showing that data transmissions over an ad-hoc wireless network through Amazonian vegetation will adversely affect nodes more distant from the sink. Therefore, environmental monitoring projects should pay special attention to the probability of data loss, since for this application delay and throughput do not affect the monitoring application much.*

Resumo. *Este artigo apresenta o projeto INFOCLIMA, que tem por objetivo estudar transmissões de rede sem fio na Amazônia Brasileira. Os resultados de simulação são úteis para a pesquisa inicial, mostrando que as transmissões de dados em uma rede ad hoc através de vegetação amazônica vai prejudicar os nós mais distantes do sorvedouro. Portanto, os projetos de monitoração ambiental devem tomar cuidado especialmente com a perda de dados, já que neste tipo de aplicação (transferência dos dados dos sensores) as métricas de atraso e vazão não comprometem o desempenho geral.*

1. Introdução

Sensores são dispositivos que recebem e respondem a sinais ou estímulos e podem ser usados para medir quantidades físicas, como temperatura e pressão, e converter os dados obtidos em sinais eletrônicos. O uso de sensores para monitoramento existe há diversas décadas, sendo usados em aplicações de climatologia, biologia e indústria.

Os estudos para conectar sensores em rede começaram em projetos militares (Chong, 2003), como os programas Sound Surveillance System (SOSUS), Distributed Sensor Networks (DSN) no Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA) (Chee-Yee e Kumar, 2003). Durante a guerra fria, foram desenvolvidos sistemas como o SOSUS, com sensores acústicos no fundo do oceano, que detectava e rastreava submarinos soviéticos.

Uma rede de sensores sem fio (RSSF) pode ser caracterizada pelo uso de uma quantidade grande de nós sensores com a capacidade de se comunicar. Esses nós podem ser colocados dentro do fenômeno a ser analisado ou próximo a ele, diferentemente das redes de sensores tradicionais (Akyildiz et al, 2002). As posições de cada nó podem ser pré-determinadas ou aleatórias e a implantação de redes de sensores pode ser feita em

locais de difícil acesso. A comunicação entre estes nós é feita através de uma rede *ad-hoc* sem fio, um nó transmitindo a outro nó próximo os valores do sensoriamento.

Os avanços recentes em comunicações permitiram o desenvolvimento de sensores pequenos e baratos baseados em microelectromechanical system (MEMS), com capacidade de comunicação via rede sem fios e processadores de baixo consumo de energia. O uso de dispositivos pequenos e baratos possibilita o uso em larga escala para diversos tipos de aplicações.

O uso de redes de sensores na agricultura e indústria de alimentos está em estágio inicial. Sensores ambientais são usados para estudar resposta da vegetação às variações climáticas, rastrear e medir população de pássaros ou outros animais. Os projetos de pesquisa geralmente usam sensores tradicionais (sem capacidade de comunicação) usam um dispositivo chamado de datalog. Este dispositivo é conectado aos sensores e armazena os dados coletados, permitindo posterior sincronização com laptops e PDAs localmente. Este tipo de coleta de dados é muito trabalhosa e suscetível a erros de armazenagem durante a transcrição [Wang, 2005].

O custo para uma instituição que possui sensores espalhados em diversos locais de coleta pode ser muito alto. Além de manterem-se os equipamentos, como sensores e datalogs, ainda existe o custo com o transporte e trabalho de pessoas responsáveis por fazer a coleta dos dados armazenados nos datalogs. Como exemplo, o Savannah River Site coleta manualmente quarenta mil amostras por ano, com o custo da análise chega a USD1000 por amostra (HO, 2005).

Em outros casos, existe a impossibilidade de realizar a pesquisa no ambiente de coleta de dados em locais ditos “invioláveis”, pois a presença humana gera interferência nos objeto de pesquisa e, portanto, modifica os resultados do experimento. Como exemplo, em uma pesquisa realizada na ilha de Great Duck (Mainwaring, 2002), os pesquisadores só podiam entrar no ambiente observado a cada nove meses, para evitar perturbar o comportamento dos animais.

Este artigo tem por objetivo apresentar o Projeto INFOCLIMA, de estudos de redes sem fio e redes de sensores em clima amazônico. Estudos de simulação, usando os parâmetros do ambiente real, mostraram que o sinal da comunicação sem fio é atenuado pelos efeitos da vegetação, prejudicando, assim, o desempenho da rede de sensores de coleta de dados.

Este artigo está dividido em 6 partes. A seção 2 mostra algumas aplicações de monitoramento ambiental existentes. A seção 3 detalha o projeto INFOCLIMA, com as características da rede de sensores e os objetivos do projeto. A seção 4 mostra os parâmetros do estudo de simulação e os resultados obtidos. A seção 5 conclui este artigo e finalmente, a seção 6, mostra os trabalhos futuros deste projeto.

2. Aplicações de Redes de Sensores em Monitoramento Ambiental

Existem diversos sistemas para monitoramento ambiental. As instituições de pesquisa, como a Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), realizam monitoramento de diversos tipos, como contra fogueiras na floresta, porém ainda com uso de sensores tradicionais, ligados a datalogs [Embrapa, 2006]. Outro sistema usado

de forma manual é o GO!Sync, que é usado em uma vinícola para capturar informações relevantes, funcionando com equipes que fazem a coleta de dados e esses dados são posteriormente mapeados em uma base GIS (geographic information system) [Tadpole, 2006]. Uma outra versão deste tipo de sistema de coleta foi mostrada em [Burell, 2004]. O projeto SIPAM (Sistema para Preservação da Amazônia) [Sivam, 2006], patrocinado pelo Governo Brasileiro, usa diversos tipos de sensores interconectados para monitoramento da região amazônica. Sensores de monitoramento são usados até em Explorações Planetárias [Xiaoyan, 2001].

Como se vê, a automatização do processo de monitoramento pode ser usada em diversos tipos de ambientes e condições climáticas. Mas, e o efeito da vegetação e do clima nas transmissões de dados entre os sensores e os sorvedouros? Essa questão será investigada pelo projeto INFOCLIMA em sua primeira fase, e em fases futuras, será realizado o estudo do efeito do clima em comunicações sem fio de curta e longa distância.

3. Projeto INFOCLIMA

A Ciência da Climatologia, estudo científico do clima, tem por finalidade monitorar e analisar elementos climáticos de maior importância para diversas atividades práticas, como meteorologia, indústria, agricultura, transporte, arquitetura, medicina, etc., além de realizar pesquisas agroclimáticas de interesse para a região. Os principais aspectos das pesquisas agroclimatológicas realizadas no Estado do Pará são os componentes que mais afetam a produtividade de sistemas de produção e estudos voltados para flutuações climáticas. Os elementos mais comumente observados são: temperatura, umidade do ar, evaporação, chuva, vento, radiação global, brilho solar e temperatura do solo.

O conhecimento em tempo real destas informações permite maior confiabilidade nas previsões agroclimatológicas [Vianello, 1991]. Dados coletados em menores frequências refinam a caracterização climática necessária à pesquisa. E tudo depende da característica e objetivos dos diferentes tipos de pesquisa.

O acesso de forma informatizada a esses dados permite que sejam verificados em curtos espaços de tempo e disponibilizados para a comunidade de agricultores e pesquisadores. Para permitir essa atualização em tempo real, uma infra-estrutura de comunicação deve estar disponível a todo o momento. Porém, o clima da região amazônica é muito diferente de outras partes do planeta, onde os estudos sobre qualidade de comunicação e técnicas de correção de erros são testados.

A Região Norte do Brasil, localizada em uma faixa equatorial, caracteriza-se por altas temperaturas (associadas à intensa radiação solar incidente) e elevados índices pluviiais [Vianello, 1991]. O estudo do comportamento da comunicação sem fio na nossa região poderá gerar novas técnicas de transmissão de dados, para se adequar ao clima úmido e quente e à presença maciça de folhagens entre os dois pontos de comunicação.

A vantagem do uso de sensores em rede para monitoramento ambiental pode ser medida por sua habilidade de permitir novas aplicações. Neste estudo, uma rede de sensores possibilita a coleta de dados de longa duração em escalas e resoluções difíceis de se obter de forma manual.

Existem alguns estudos sobre o impacto da vegetação da floresta em transmissões sem fio: a presença da folhagem causa grande atenuação das ondas de rádio e reduz o alcance do equipamento de rádio [Kivacs et al, 1999 e Cavancante et al,

1999]. Transmissões de curto alcance, como nas redes de sensores sem fio, também são provavelmente afetadas por este tipo de ambiente. Este estudo trará também novos conhecimentos e técnicas que poderão ser utilizadas em nossa região para a melhoria da comunicação de dados. Os problemas identificados indicarão que métodos devem ser adicionados à infra-estrutura de comunicação para melhorar as transmissões.

3.1 Características da Aplicação

Os experimentos serão realizados em duas partes: transmissões de curto alcance (entre sensores) e longo alcance (transmissão de dados entre local de coleta e repositório de dados principal). Neste artigo, serão analisadas as transmissões de curto alcance. A Figura 2 mostra a configuração geral do projeto.

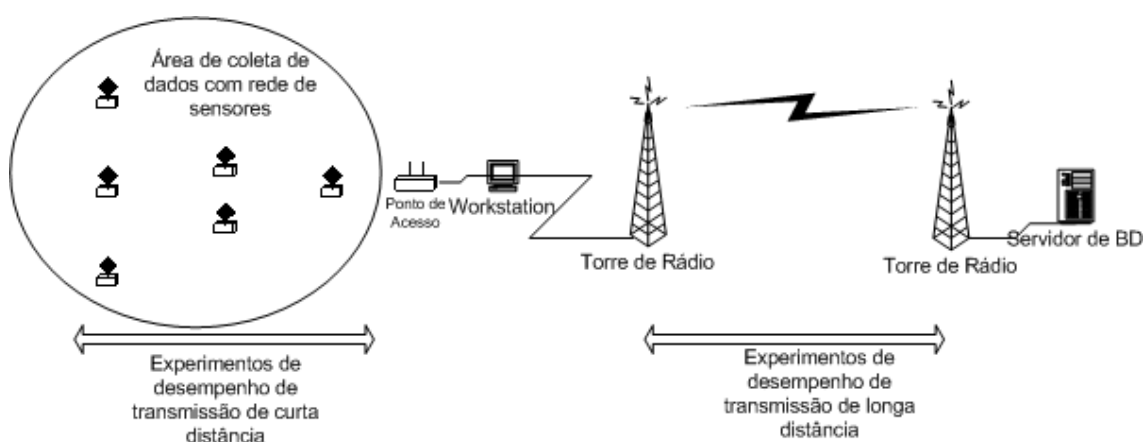


Figura 1: Arquitetura do Projeto

A classificação da rede de sensores sem fio do projeto INFOCLIMA segundo a metodologia proposta por RÖMER (2004) é detalhada na Tabela 1.

Tabela 1. Classificação da rede de sensores do projeto INFOCLIMA.

Parâmetro	Valor
Forma de instalação	Manual
Mobilidade	Imóvel
Tamanho dos nós	Matchbox
Heterogeneidade	Heterogêneos
Modalidade de comunicação	Rádio
Infra-estrutura	Ad hoc
Topologia	Multi hop e árvore
Cobertura	Esparsa
Conectividade	Conectada
Tamanho da rede	6 nós

3.3 Requisitos da Aplicação

A aplicação do INFOCLIMA tem as seguintes necessidades:

- Disponibilização via Internet: os dados devem ser enviados a um escritório central, de onde poderão ser acessados para consulta;
- Longevidade: as baterias dos sensores devem poder trabalhar por no mínimo 2 meses, de forma a economizar viagens dos pesquisadores ou técnicos aos locais de coleta.
- Manutenção a longa distância: a distância entre a estação de pesquisa e as estações meteorológicas (no interior do Estado do Pará) torna necessário que a rede de sensores possa ser gerenciada via Internet. Links de radio de longa distância permitirão o acesso aos sistemas remotos.
- Sensores e amostragem: os dados coletados serão basicamente meteorológicos. Uma frequência alta de coleta refina a caracterização climática necessária à pesquisa.
- Armazenamento de dados: um banco de dados é necessário para armazenar os dados coletados e para permitir que eles se tornem disponíveis na Internet para pesquisa e visualização em tempo real.

4. Simulação

O objetivo deste estudo de simulação é verificar como o ambiente interfere nas transmissões de rádio de curto alcance. O simulador usado (Network Simulator, ns-2), permite a caracterização de um parâmetro que indica o fator de perdas (causadas pela atenuação do sinal). De acordo com estudos de desempenho de transmissão de dados na Amazônia (Cavalcante, 1999), a perda de dados era muito grande nas transmissões em áreas de vegetação densa. Portanto, neste trabalho estamos estimando um fator de perdas alto (igual a 4, onde 1 é o mínimo e 5, o máximo) para simular a presença de vegetação densa entre os nós. Portanto, este parâmetro foi utilizado para comparar o desempenho das transmissões de dados.

4.1 Parâmetros da Simulação

Nesta primeira etapa do projeto, os estudos de simulação abrangeram apenas as transmissões entre os sensores, sendo 06 nós sensores e 01 nó que recebe as transmissões (nó sorvedouro). A simulação envolve a rede de sensores projetada para o projeto INFOCLIMA e foi configurada de acordo com as especificações descritas na Tabela 2.

4.1 Resultados

Foram obtidos resultados para atraso fim-a-fim, vazão e probabilidade de bloqueio para cada nó sensor. Os resultados gerados por sensores individualmente foram usados para caracterizar o comportamento da transmissão em relação às posições fixas dos sensores. Os sensores mais afastados do nó sorvedouro deveriam ter pior desempenho em relação aos sensores localizados mais próximos. A análise desses dados permite decidir se o desempenho individual do sensor é adequado ao uso projetado.

Tabela 2: Parâmetros da Simulação

Item	Valor / Quantidade
Nós	6 (5 sensores e 1 sorvedouro)
Área de cobertura	100 m ²
Tempo de Simulação	100 unidades de simulação
Tamanho da antena do sensor	10 cm
Ganho da antena	12 dBi
Frequência de Transmissão	914 MHz
Fator de perdas	1 e 4 (Varia de 1 a 5. Quanto maior, maiores as obstruções)
Desvio Padrão	5
Protocolo de Roteamento	AODV
Topologia	Ad-hoc
Tráfego	CBR (Constant Bit Rate) - 4 Kbps
Posições dos nós (m)	Sensor 1 (X=1, Y=1) Sensor 2 (X=1, Y=9) Sensor 3 (X=5, Y=5) Sensor 4 (X=9, Y=1) Sensor 5 (X=9, Y=9) Sorvedouro (X=50, Y=3)

Em relação ao atraso fim-a-fim, considerando o fator de perdas igual a 01 (poucas obstruções, com atenuação mínima do sinal) os nós mais próximos da fonte possuem os maiores atrasos devido a seu papel de roteadores do tráfego dos outros sensores até a fonte. No caso do fator de perdas igual a 04 (grande atenuação do sinal), os nós mais distantes tiveram seu desempenho piorado, mas para os nós mais próximos da fonte, o desempenho permaneceu estático.

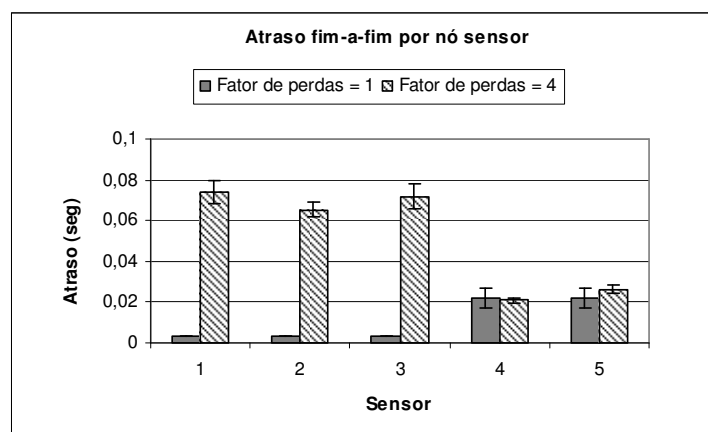


Figura 2: Atraso fim-a-fim

Para vazão, os nós mais distantes sofreram de perda de desempenho, enquanto que os nós mais próximos da fonte mantiveram seu nível de vazão, ao modificar o parâmetro de perdas de 01 para 04.

Em relação à probabilidade de bloqueio, considerando o fator de perdas igual a 01, esta probabilidade é praticamente nula em todos os sensores, enquanto que se torna muito alta quando o fator de perdas igual a 4.

Estes resultados mostram que as transmissões sem fio em redes ad hoc são afetadas pelo ambiente amazônico nos nós mais distantes do sorvedouro. Portanto, os projetos de monitoração ambiental devem tomar cuidado especialmente com a perda de dados, já que neste tipo de aplicação (transferência dos dados dos sensores) as métricas de atraso e vazão não comprometem o desempenho geral.

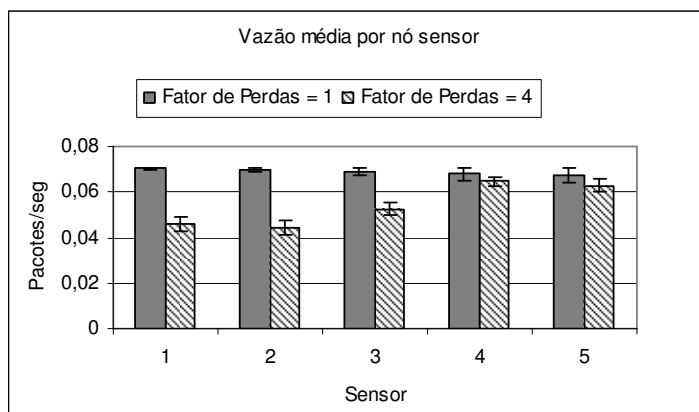


Figura 3: Vazão Média

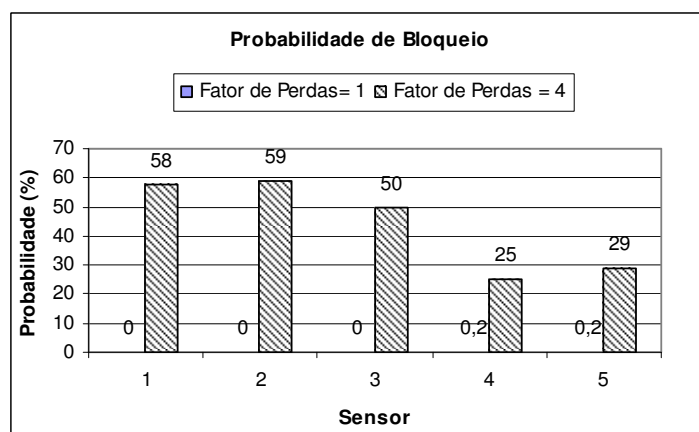


Figura 4: Probabilidade de Bloqueio

5. Conclusões

Este artigo apresentou o projeto INFOCLIMA, que tem por objetivo estudar as transmissões de redes sem fio no ambiente da Amazônia. Os resultados destes estudos de simulação foram úteis para a pesquisa inicial, mostrando que o fator de perdas causado por atenuação de sinal afeta o desempenho da rede de sensores, principalmente os nós mais distantes do nó sorvedouro.

5. Trabalhos Futuros

O próximo passo deste projeto é estudar os efeitos das características da floresta Amazônia (clima equatorial, forte radiação solar, altas temperaturas) nas transmissões sem fio de curto e longo alcance. Serão usados *links* de longa distância em Belém e no

interior do Estado para estudos de longa distância e uso de redes de sensores sem fio, para estudos de curta distância.

6. Referências

- Pike, J. (2002) “Sound Surveillance System (SOSUS)”, Disponível em: <http://www.globalsecurity.org/intell/systems/sosus.htm>, Novembro.
- Chee-Yee, Chong; Kumar, S.P. (2003) “Sensor networks: Evolution, opportunities, and challenges”, *Proceeding of IEEE*, Agosto.
- Akyildiz, W. Su; Sankarasubramaniam, Y.; Cayirci., E. (2002) “Wireless sensor networks: a survey”, *Computer Networks*, vol. 38, n. 4, p.393–422.
- Wang, N et al. (2006) “Wireless sensors in agriculture and food industry – recent development and future perspective”, *Computers and Electronics in Agriculture*, n. 50, p.1-14.
- Ho, Clifford et al. (2005) “Overview of Sensors and Needs for Environmental Monitoring”, *Sensors*, n.5, p.4-37.
- Mainwaring, Alan. (2002) “Wireless Sensor Networks for Habitat Monitoring”. In: *WSNA'02*, Atlanta, Georgia, Setembro.
- Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) (2006). <http://www.embrapa.br>.
- Tadpole Technology. (2006) “Ste. Michelle Wine Estates Automates Vineyard Inspection with GO! Sync for ArcPad”. Disponível em: <http://www.gisuser.com/content/view/8881/>. Maio.
- Burell, J. and Brooke, Tim. (2004) “Vineyard Computing: Sensors Networks in Agricultural Production”, *Pervasive Computing*, vol.3, n.1, p.38-45.
- SIPAM (Sistema de Proteção da Amazônia) (2006), Disponível em: <http://www.sipam.gov.br>. Julho.
- Hong, Xiaoyan; Gerla, Mario; Rajive Bagrodia. (2001) “The Mars Sensor Network: Efficient, Energy Aware”. In: *Military Communications Conference Proceedings*, vol. 1, p. 418- 422.
- Vianello, R., ALVES, A.” *Meteorologia Básica e Aplicações*”. Viçosa (MG) Imprensa Universitária: 1991.
- Kivacs, I.Z, Eggers, P.C.F, Olesen, K. (1999) “Radio Channel Characterization for Forest Environment in the VHF and UHF Frequency Bands”. *IEEE 50th Vehicular Technology Conference*, Amsterdam, Holanda, Setembro, p.1387-1391.
- Cavalcante, G et al. (1999) “Mobile Radio Propagation Along Mixed Paths in Forest Environment”, *Journal of Microwaves and Optoelectronics*, vol. 1, n. 4, Setembro.
- Römer, K e Mattern, F. (2004) “The design space of Wireless Sensor Networks”, *IEEE Wireless Communications*, vol.11, n. 6, p.54-61.