

# Sistema de Monitoramento de Integridade Estrutural Baseado em Rede de Sensores

Flávio Nunes, Lucas Corrêa, Adalbery Castro, Aldebaro Klautau

Instituto de Tecnologia – Universidade Federal do Pará (UFPA)  
Rua Augusto Corrêa, 01 - CEP 66075-110, Belém - Pará – Brasil.

flaviohernanfnunes@gmail.com, lucas.correa@itec.ufpa.br, {aldabery, aldebaro}@ufpa.br

***Abstract.** Techniques for Structural Health Monitoring (SHM) have been the subject of intense research recently. This trend can be attributed to the high costs of maintenance and repair of large infrastructures, besides the loss of invaluable lives in catastrophic accidents, which SHM try to predict and avoid. With this motivation, this work presents an embedded system under development that enables structural health monitoring and discusses important aspects such as the signals conditioning and the transmission of data captured by strain gages, accelerometers and temperature sensors.*

## 1. Introdução

O processo que implementa uma estratégia para identificar danos sofridos por infraestruturas de engenharia aeroespacial, civil e mecânica é denominado Monitoramento de Integridade Estrutural (do inglês: Structural Health Monitoring ou SHM). As técnicas de monitoramento de integridade estrutural têm sido tema de grandes grupos de estudos técnicos e científicos nas últimas décadas. Esta tendência pode ser atribuída aos elevados custos de manutenção e reparo de infraestruturas de grande porte, além do valor inestimável da perda de vidas em acidentes catastróficos, que podem ser previstos e evitados. O SHM pode um dia fornecer a tecnologia que minimize significativamente a incerteza associada à utilização de estruturas civis pós-terremotos ou ajudar a identificar e reparar danos em fuselagem de aeronaves. O conceito e outras aplicações do SHM são abordadas, respectivamente, em [Farrar e Worden, 2006] e [Farrar e Lieven, 2007].

Como resultado da interação entre profissionais das áreas de engenharia civil, elétrica e computação, é apresentado um Sistema Embarcado em desenvolvimento aplicado ao monitoramento de integridade estrutural, enfatizando-se aqui o condicionamento dos sinais e a transmissão dos dados capturados por sensores de deformação, aceleração e temperatura.

## 2. Solução Proposta

O sistema projetado baseia-se em redes de sensores com possibilidade de transmissão de dados com e sem fio, calibrador automático para extensômetros configurados em ponte de Wheatstone e digitalização dos dados com circuito de condicionamento de ganho ajustável, além de empregar conversor A/D de 16 bits com quatro entradas de conversão simultânea.

Em substituição aos tradicionais sistemas SHM que utilizam inúmeros cabos que conectam cada sensor à unidade de aquisição de dados, é proposto a digitalização dos sinais próxima aos sensores e, somente após isso, transmiti-los para a unidade de aquisição [Choi, H et al. 2008]. Esta abordagem evita que o sinal adquirido pelo sensor, ainda não digitalizado, receba ruído devido às variações de resistência de fios e estejam sujeitos à interferência eletromagnética, o que pode provocar erros nas medidas.

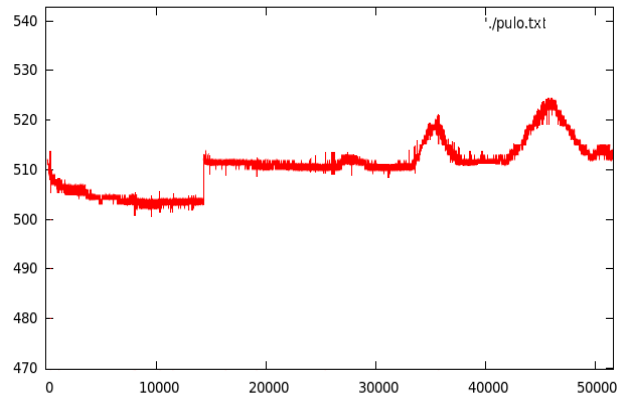
O primeiro protótipo apresenta circuito condicionador para extensômetro, o qual é composto por amplificador de instrumentação, potenciômetros digitais, um filtro

passa-baixa e um módulo Zigbee contendo um microcontrolador ATMEGA128RFA1. O protótipo (Figura. 1a) realiza um pré-processamento dos dados capturados pelo conversor A/D, além de realizar a transmissão sem fio dos dados até um computador.

O firmware desenvolvido para o microcontrolador utiliza o SDK BitCloud, fornecido pela fabricante Atmel, que além de fornecer uma API para facilitar a utilização de todos os recursos de hardware disponíveis, implementa as camadas de redes lógicas, de acordo com o IEEE 802.15.4 e o padrão ZigBee PRO.



(a) Protótipo com circuito condicionador para extensômetro.



(b) Amostras obtidas durante teste realizado em uma ponte de pedestres.

Figura 1

O gráfico (Figura 1b) apresenta os dados obtidos durante a execução de testes realizados em uma ponte de pedestres, onde foram fixados sensores de deformação (extensômetros) nos pontos de sustentação da estrutura. A taxa de amostragem obtida foi de 200 amostras por segundo, valor máximo utilizado por sistemas SHM convencionais. A estrutura sofreu ação de cargas estáticas e dinâmicas observadas, respectivamente, entre as amostras 0 a 20.000, onde há deformação de cerca de 10 microstrains e a partir da amostra 30.000, ocorrendo oscilação devido à atividade de locomoção da carga sobre diferentes pontos da estrutura.

### 3. Considerações Finais

O sistema SHM proposto encontra-se em fase de desenvolvimento, com realização dos primeiros testes com módulo de comunicação ZigBee e circuito de condicionamento para extensômetros. A concepção final do sistema envolverá utilização de tecnologia sem fio, através do padrão de comunicação ZigBee e de tecnologia de comunicação com fio, através do padrão CAN (Controller Area Network), atualmente com protótipo em construção, para o estabelecimento de uma rede de sensores capaz de transmitir dados digitalmente para uma unidade de armazenamento (datalogger). A utilização dessas duas tecnologias de transmissão permitirá a rede de sensores utilizar dois canais de comunicação diferentes, cabendo ao operador escolher o que melhor se adequar ao processo de monitoramento, levando em consideração fatores como tempo de utilização e a distância entre os sensores. Os padrões CAN e ZigBee atendem alguns requisitos do sistema, tais como a substituição dos diversos cabos por apenas um par de cabos para a comunicação, usando o padrão CAN, e ausência de cabos para o ZigBee, além de taxas de transmissão de dados de 250kbps e um alcance de 100 a 500 metros.

Os dados provenientes da rede serão posteriormente interpretados pela equipe de engenharia civil responsável pela manutenção de estruturas civis como pontes e viadutos, proporcionando maior praticidade e qualidade no emprego das técnicas utilizadas por esses profissionais na detecção e eventual correção de falhas. Esta realimentação permitirá o aprimoramento do sistema embarcado até atingir a sua versão final.

#### **4. Referências**

- Farrar, C.R.; Worden, K. An introduction to structural health monitoring. *Phil. Trans. R. Soc. A*.365.p.3003-315.2006.
- Farrar, C.R.; Lieven, N.A.J. Damage prognosis: the future of structural health monitoring. *Phil. Trans. R. Soc. A* 365.p.623-632.2007.
- Choi, H.; Choi, S.; Cha, H. Structural Health Monitoring System based on Strain Gauge Enabled Wireless Sensor Nodes. *Networked Sensing Systems. 5th International Conference on* , vol., no., pp.211,214, 17-19 June 2008