AValiação de Viabilidade de Transmissão de Vídeo em Tempo Real em Redes de Sensores Sem Fio Heterogêneas

Nathan Almeida Souza¹; Daniel Gouveia Costa²

1. Bolsista PIBIC/CNPq, Graduando em Engenharia de Computação, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: nathanalmeida.pg@gmail.com

2. Orientador, Departamento de Tecnologia, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: danielgcosta@uefs.br

PALAVRAS-CHAVE: RSVSF, Redes Multimídia, OV7670.

INTRODUÇÃO

Este trabalho relata a descrição da escolha e parametrização de uma configuração básica de nós e sensores visuais para uma RSSF Visual.

As redes de sensores sem fio são um tópico de pesquisa bastante relevante, tanto devido à sua grande aplicabilidade, quanto em relação aos desafios de implantação, configuração, operação e gerenciamento que ainda persistem. A utilização de sensores com câmera amplia consideravelmente esse cenário, abrindo um novo campo de pesquisa.

Quando sensores são equipados com câmeras de baixos custos e consumo energético, dados visuais podem ser obtidos do ambiente monitorado, permitindo um novo escopo de aplicações quando comparado com RSSF tradicionais compostas por sensores de grandezas escalares (temperatura, pressão, luminosidade, umidade, etc). Essas novas redes de sensores visuais sem fio (RSVSF) enriquecem a percepção do ambiente monitorado com imagens e/ou vídeos, aperfeiçoando aplicações de monitoramento tradicionais ou mesmo permitindo o surgimento de uma nova gama de aplicações, como em controle de tráfego, localização e rastreamento, segurança pública, previsão climática e monitoramento de locais de difícil acesso [1].

Por outro lado, a implementação comum de nós sensores se baseia em elementos com pouco poder de processamento e baixas taxas de transmissão, já que se espera que um nó sensor seja energeticamente eficiente, fisicamente pequeno e os dados adquiridos e transmitidos sejam de baixa complexidade. Em oposição, RSVSF típicas, nós fontes irão transmitir imagens e/ou vídeos para o ponto de saída da rede (*sink*). Essas transmissões podem demandar alta largura de banda e baixo atraso fim a fim.

Alguns fatores são extremamente relevantes no conflito entre desempenho vs. custo vs. consumo. A maioria dos nós sensores utiliza o padrão de comunicação IEEE 802.15.4, que apresenta baixo consumo energético, é relativamente barato, porém opera com taxa de transmissão muito baixa (250Kbps). Uma alternativa seria o IEEE 802.11, operando com taxas de Mbps, porém com um consumo energético muito superior, assim como o preço.

Nesse contexto, este trabalho propõe avaliar o comportamento de Redes de Sensores Visuais Sem Fio quanto à transmissão de vídeo variando a qualidade da imagem e as tecnologias e protocolos de transmissão, utilizando tecnologias atuais de hardware. Tendo como objetivo principal, buscou-se a parametrização de um nó sensor visual funcional e o mais barato possível.

A rede idealizada deve operar de forma a conseguir suportar o envio de imagens e/ou vídeo em tempo real. Para tal o nó deve ser eficiente e possuir uma faixa de *throughput* alta o bastante para não tornar-se um gargalo na comunicação. Tudo isso levando sempre em conta o valor monetário final do nó, que deve ser baixo.

METODOLOGIA

O primeiro trabalho realizado foi o levantamento dos componentes mais utilizados no mercado e área acadêmica no campo de RSVSF. O que demandou muito tempo devido a grande quantidade de componentes e principalmente com relação ao módulo OV7670, um sensor visual que possui diversas versões e muitos documentos que divergem em informações, todas as informações utilizadas sobre este módulo foram retiradas de seu *data sheet*.

Dentre os componentes mais importantes destacam-se:

Microcontrolador PIC16F877A: Este microcontrolador é produzido pela empresa Microchip, e possui como principais especificações técnicas [3]:

- Uma frequência máxima de operação de 20MHz;
- Uma memória de programa de 8K para palavras de 14 bits, ou 14.3KB. Com uma capacidade máxima de 8 posições na pilha de execução;
- Memória de dados de 368B;
- Uma quantidade total de 40 pinos, sendo que destes 33 são pinos de I/O;
- Módulo de comunicação MSSP (*Master Synchronous Serial Port*), que pode ser configurado como I2C (*Inter-Integrated Circuit*) ou SPI (*Serial Peripheral Interface*). Sendo que a interface I2C pode ser configurada como Mestre nas faixas de 100kHz, 400kHz ou 1MHz;
- Módulo USART (*Universal Asynchronous Synchronous Receiver/Transmitter*);

Microcontrolador PIC18F4550: Este microcontrolador é produzido pela Microchip, e possui como principais especificações técnicas [4]:

- Uma frequência máxima de operação de 48MHz. Porém a mesma pode chegar a 96MHz de entrada, utilizando o sistema de PLL interno oferecido pelo módulo;
- Uma memória de programa de 16K instruções, ou, 32KB. Com uma capacidade máxima de 32 posições na pilha de execução;
- Memória de dados de 2KB;
- Uma quantidade total de 40 pinos, sendo que destes 35 são pinos de I/O;
- Módulo de comunicação SPP (*Streaming Parallel Port*);
- Módulo de comunicação MSSP, que pode ser configurado como I2C ou SPI. Sendo que a interface I2C pode ser configurada como Mestre nas faixas de 100kHz, 400kHz ou 1MHz;
- Módulo USART;

XBEE Series 2: Módulo de comunicação largamente utilizado devido à sua eficiência energética, possuindo como principais características [2]:

- Interface de envio ZigBee, com funcionamento de 2,4 GHz;
- Interface de recepção UART;
- Taxas de recepção/envio UART: 1200 bps, 2400 bps, 4800 bps, 9600 bps, 19200 bps, 38400 bps, 57600 bps e 115200 bps;
- Consumo de 2mW em alta performance;

Módulo OV7670: Sensor visual que é muito utilizado atualmente por seu baixo custo, possuindo como faixa de alimentação e operação de 3,3V. Algumas de suas principais características são [5]:

- Interface de comunicação SCCB (*Serial Camera Control Bus*). Comunicação serial, compatível com I2C;

- Envio das imagens capturadas em comunicação paralela por bytes. Em uma taxa de comunicação de 10MHz à 40MHz;
- Qualidade máxima da imagem captura em VGA com 30fps;
- Possui formatos de resolução VGA, QVGA, CIF e QCIF;
- Formato de codificação do pixel em YUV/YCbCr, RGB555/565, GRB 4:2:2 e formato *raw* RGB, com 1, 2, 1 e 3 bytes respectivamente;

AL422B: Este componente consiste de uma memória do tipo DRAM configurada como FIFO (*First In First Out*) com capacidade de 3Mb, ou 384KB (393.216B). Oferecendo uma interface de uso simples e eficiente, já que possui controle interno por um MCU interno [6].

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O projeto idealizado deveria possuir capacidade para capturar imagens e enviá-las, podendo realizar ainda algum tipo de compressão. Porém, com as limitações dos microcontroladores estudados, isto se provou um problema. Pois para realizar tais tarefas deve-se obter toda ou boa parte da imagem. Como os microcontroladores estudados possuem grandes restrições em suas memórias de dados, isto se tornou impossível.

Outro problema encontrado é que os microcontroladores não possuem capacidade de enviar os bytes lidos tão rápido quanto os mesmos chegam. Isto se dá porque mesmo a maior velocidade de envio permitida para a interface serial *UART* é de 115200 bits por segundo, o que dá uma velocidade de 14,4KBps aproximadamente, sem levar em conta especificidades da comunicação. Sendo que, como descrito anteriormente, a menor velocidade de operação da câmera será de 10MHz de entrada, com sua configuração interna de registradores, pode-se fazer que a frequência interna seja de $10\text{Mhz}/(31+1) = 3,2\mu\text{s}$ ou seja um fluxo de 312,5KHz de frequência. Este valor de 32 pode ser obtido ao preencher o $\text{CLKRC}[5:0] = 0b11111$.

Vale ressaltar que com 10MHz de entrada a câmera possuirá aproximadamente uma cadência de 12 *frames* por segundo, com um pixel à cada 3,2 μs . E os microcontroladores estudados chegam a faixa máxima de operação de 20Mhz de entrada, 5Mhz efetivo, no caso do PIC16F877A [3] e já no caso do PIC18F4550 faixa máxima de operação de 48MHz, com 12MHz efetivo [4], logo seus períodos de instruções de nível *assemble* são 20 μs e 83,33ns para o PIC16F877A e PIC18F4550, respectivamente.

No primeiro caso nota-se uma diferença muito pequena entre as operações dos módulos, e já que o microcontrolador deve controlar o módulo visual, sua taxa de operação deve ser mais elevada que o mesmo. O que ocorre apenas no segundo caso, tendo uma diferença de mais de 30 vezes.

Esta taxa de operação no PIC18F4550 pode ser obtida com utilização de PLL interno, utilizando um cristal externo de 4MHz [4]. Porém mesmo que o este microcontrolador consiga superar em processamento o módulo visual, o mesmo não consegue repassar os frames recebidos via interface *UART*.

Isto ocorre, pois a quantidade de dados enviados é muito grande e a interface *UART* possui velocidades muito inferiores, em comparação com a taxa de recepção. A *UART* possui velocidades de comunicações mais utilizadas de 115200bps e 9600bps.

Também é importante lembrar que a FIFO possui capacidade máxima de 384KB, o que impossibilita totalmente esta aplicação com o formato VGA em RGB555/565 e *raw* RGB, já que estes formatos ultrapassam a capacidade da FIFO. O circuito projetado para este sistema pode ser visto na Figura 1.

Figura 1: Circuito idealizado para o sistema. Configuração utilizando PIC16F877A e UART.

CONSIDERAÇÕES FINAIS (ou Conclusão)

Este trabalho foi inicialmente proposto como objetivo principal: Avaliar o desempenho de Redes de Sensores Visuais Sem Fio para transmissão de vídeo utilizando Raspberry Pi, microcontroladores e módulos de comunicação IEEE 802.15.4 e IEEE 802.11. Este plano de trabalho foi alterado para: Avaliar a construção de Sensores Visuais para captura de fotos e vídeo em Rede de Sensores Visuais sem Fio e sua viabilidade com dispositivos de baixo custo e módulos de comunicação IEEE802.15.4 e IEEE 802.11.

Neste trabalho foi descrito a parametrização, construção e viabilidade de sensores visuais para RSVSF, sendo que os testes deveriam ser realizados em nível de software. Desta forma foram descritos os pontos positivos e negativos em cada uma das soluções abordadas. Além de discutir as limitações físicas e operacionais de cada sistema desenvolvido.

Logo os objetivos específicos e o objetivo geral foram atingidos, contudo ainda se existem diversas atualizações possíveis à serem feitas, tais como: implementação do modo *power-down* do nó sensor, afim de economizar energia, mais implementações com diferentes microcontroladores e até mesmo prototipação dos sistemas desenvolvidos, além de verificação física do funcionamento do sistema. Pode também ser desenvolvido um sistema que trabalhe em conjunto com o nó *sink* para automatizar a captura, armazenamento e compressão dos dados recebidos.

REFERÊNCIAS

- [1] Akyildiz I., Melodia T. e Chowdhury, K. (2007). A survey on wireless multimedia sensor networks. *Computer Networks*, 51(4):921–960;
- [2] MaxStream (2007). Xbee Series 2 rf modules Data Sheet. Disponível em <http://www.farnell.com/datasheets/27606.pdf>;
- [3] Microchip (2003). Pic16f877A Data Sheet. Disponível em <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39582b.pdf>;
- [4] Microchip (2009). Pic18f2455/2550/4455/4550 Data Sheet. Disponível em <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39632e.pdf>;
- [5] Omnivision (2005). OV7670/OV7671 CMOS VGA Data Sheet. Disponível em <http://www.voti.nl/docs/OV7670.pdf>;
- [6] AVERLOGIC, “AL422B Data Sheets – Revision V1.1”. 23 de Janeiro de 2001. Disponível em <http://www.haoyuelectronics.com/Attachment/OV7725%20+%20AL422B%28FIFO%29%20Camera%20Module%28V1.0%29/al422%20datasheet.pdf>;