

1.03.99 - Ciência da Computação.

SISTEMA PARA CONTROLE DE ACESSO E AUTOMAÇÃO EM PRÉDIOS INTELIGENTES

Hyuri S. Maciel^{1*}, André L.L. Aquino²

1. Estudante de IT da Universidade Federal de Alagoas UFAL

2. Professor Dr. da Universidade Federal de Alagoas UFAL

Resumo:

Este trabalho apresenta um sistema embarcado para prédios inteligentes, que conecta diferentes funcionalidades como: identificação de pessoas e controle de acesso com sensores de uso geral. O sistema possui as seguintes funcionalidades: controle de acesso utilizando dois fatores, reconhecimento facial e RFID; identificação do usuário no ambiente por meio de sensores de presença, configuração automática da iluminação com base na intensidade da luz e comportamento do usuário; ajuste da temperatura baseado nos dados do sensor de temperatura. A comunicação entre os dispositivos é feita através de Rádio Frequência. Esse sistema pode ser facilmente implantado em salas de reuniões, escritórios, edifícios empresariais ou repartições públicas. Por intermédio das avaliações realizadas observamos que o tempo de execução de processamento é aceitável quando usamos uma solução de comunicação de Rádio Frequência. Tais características tornam nosso sistema adequado a aplicações sensíveis ao contexto.

Palavras-chave: Cidades inteligentes, sensores, sensível ao contexto.

Apoio financeiro: CNPq.

Trabalho selecionado para a JNIC pela instituição: UFAL.

Introdução:

A contínua urbanização e o crescimento geral da população fará com que 2,5 bilhões de novas pessoas passem a viver em áreas urbanas até 2050, que abarcarão mais de 6 bilhões de habitantes dos 9,6 bilhões previstos [1]. Esse crescimento, tipicamente desordenado, causa um estresse significativo na estrutura das cidades, devido ao aumento da demanda por recursos essenciais, como água, energia, utilização de recursos naturais, serviços de saúde, segurança etc [2].

Um dos desafios tecnológicos é o desenvolvimento de soluções capazes de fornecer eficientemente esses recursos essenciais a todos. Essas soluções devem estar intimamente conectadas com o crescimento social, cultural e sustentável, de forma a aumentar a qualidade de vida dos cidadãos. Para isso, utiliza-se diversas tecnologias da informação e Comunicação (TICs) visando a criação das chamadas Cidades Inteligentes (CIs). Assim a infraestrutura pode ser equipada com as mais avançadas soluções tecnológicas, como sensores inteligentes e sistemas embarcados com comunicação sem fio, a fim de facilitar a interação do cidadão com os elementos urbanos presentes no ambiente ao seu redor, levando a uma utilização mais eficiente destes recursos.

Este trabalho trata de uma sala inteligente que está em acordo com os conceitos de CI, porém em menor escala, promovendo conforto, segurança, economia, tanto em custos diretos (água, luz, etc), quanto em custos indiretos (manutenção e operação). Para isso desenvolvemos um sistema embarcado que atua em um ambiente fechado com o intuito de torná-lo inteligente. As principais contribuições deste trabalho são: avaliação do desempenho do reconhecimento de faces em soluções de controle de acesso realizadas em computadores de pequeno porte; integração de duas tecnologias, reconhecimento facial e RFID para controle de acesso em ambiente restritos; configuração da iluminação e temperatura baseada no comportamento do usuário; e avaliação do impacto da comunicação de Rádio Frequência. O objetivo geral desse projeto é automatizar uma sala de forma a torná-la sensível ao contexto.

Metodologia:

Nossa proposta é composta por um módulo de controle de acesso com autenticação baseado no reconhecimento facial e RFID, módulo de configuração de iluminação baseado no comportamento do usuário na sala e um módulo para controle da temperatura. As informações são compartilhadas entre os dispositivos usados no sistema que se comunicam entre eles através de Rádio Frequência. O reconhecimento facial, o método utilizado foi o *Eigenfaces* [3]. Este método retorna um conjunto de vetores de distribuição probabilística

para a geração de dados. Outro método bastante utilizado para o reconhecimento facial é o *Haar Cascade* [4]. Neste método é definido uma estrutura contendo um encadeamento de classificadores [5]. Para utilizar as técnicas de tratamento e processamento das imagens, utilizamos a biblioteca OpenCV.

Dentre os diversos trabalhos relacionados temos o proposto por K. Kail et al. [6] sobre reconhecimento de faces temos o estudo apresentado por Hu et al. [7] que compararam dois métodos, *Principal Component Analysis* e *Two-Dimensional Principal Component Analysis*.

Em nossa solução, a comunicação entre os dispositivos é realizada por Radio Frequência, evitando o acesso direto à Internet e, conseqüentemente, aumentando a segurança do sistema. A comunicação dos nós sensores do sistema é feita pelo módulo de Rádio Frequência NRF24L01+2.4GHz, que opera em uma faixa conhecida como Sub-Giga. Também foi implementado um protocolo de comunicação CSMA/CA, uma vez que reduz a ocorrência de perda de pacotes, já que o transmissor avisa ao meio que pretende enviar dados à rede.

O sistema de controle inteligente resumidamente, é feito por: uma Beaglebone Bord para o reconhecimento facial; uma placa arduino UNO para autenticação RFID; uma placa arduino UNO com diferentes sensores de presença, luz e chaves magnéticas são utilizadas para configuração da iluminação; e uma placa arduino UNO com sensores de temperatura e umidade, transmissor infravermelho para efetuar o monitoramento da temperatura e controle através do ar-condicionado.

O processo de reconhecimento da face inicia-se quando a câmera detecta um rosto e então envia a imagem através da porta serial USB, para a BeagleBone que executa a autenticação através do reconhecimento facial, uma placa arduino UNO que recebe e processa os dados da TAG RFID do usuário que está realizando o reconhecimento da face, para tomar a decisão de acesso. Quando a autenticação dos dois fatores é validada (face reconhecida e TAG RFID valida), a porta se abre através do acionamento de um fecho magnético. Quando o usuário entra no ambiente uma mensagem é enviada para os microcontroladores responsáveis pelo controle da iluminação e temperatura, com os dados de qual usuário está entrando na sala. O controle da iluminação vai depender dos dados do sensor de luminosidade e do local que o usuário se encontra, detectado através dos sensores de movimento, já o controle da temperatura vai depender do valor medido pelo sensor de temperatura.

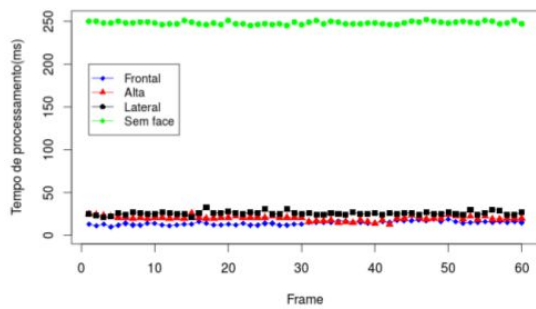
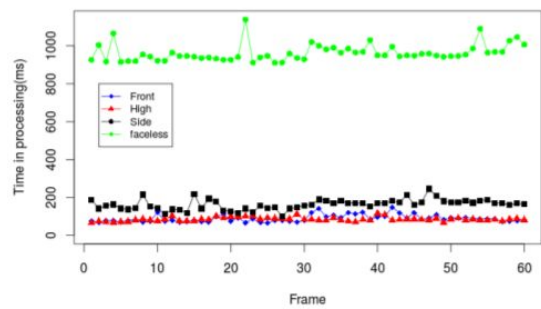
Resultados e Discussão:

Para avaliar o desempenho do nosso sistema, verificamos a precisão do processo de reconhecimento facial e o desempenho de comunicação por Rádio Frequência. Para o reconhecimento facial de forma embarcada, consideramos 5 faces cadastradas e 5 não cadastradas na base de dados, e posicionamos a câmera nas posições alta, lateral e frontal, para cada posição foram efetuadas 30 capturas de imagens com três graus de confiança: 0.975, 0.980 e 0.985. A base possui 12 faces cadastradas, foram retiradas 100 fotos de cada face A tabela 1 mostra um resumo dos resultados, vemos que para o nível de confiança 0.980 com a posição frontal e alta de forma geral ficaram satisfatórios.

Tabela 1: Indivíduos presentes e não presentes na base

Confiança	0.975	0.980	0.985	
Frontal	0.470	0.703	0.587	Certo
	0.530	0.283	0.027	Errado
	0	0.013	0.386	Desconhecido
Alta	0.400	0.727	0.494	Certo
	0.547	0.003	0	Errado
	0.003	0.247	0.500	Desconhecido
Lateral	0.237	0.610	0.490	Certo
	0.623	0.050	0	Errado
	0	0.260	0.483	Desconhecido

Comparamos o tempo de resposta da placa, executamos em tempo real o módulo de reconhecimento facial embarcado e também em um computador. Os gráficos da figura 1 ilustram o tempo de execução, podemos observar que apenas quando o sistema está executando sem ter nenhuma face na frente da câmera é que o processamento é muito alta. No entanto, nos outros cenários vemos que o tempo de execução no computador é de 25 e 50 e na placa entre 50 e 200 milissegundos. Neste teste consideramos apenas com uma face sendo capturada pela câmera

(a) Computador *desktop*

(b) Placa

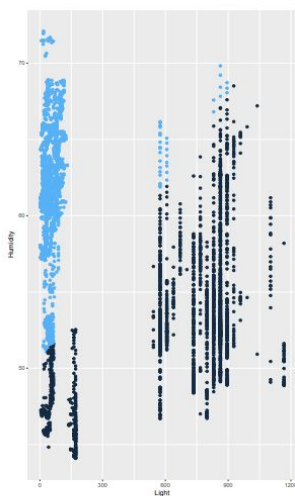
Figura 1: Tempo de resposta referente ao reconhecimento facial.

Avaliamos o desempenho da comunicação por Rádio Frequência, a fim de identificar o impacto de comunicação do sistema. Foram realizados dois testes: um para verificar a taxa de perda de pacotes em diferentes intervalos de tempo durante a transmissão de pacotes; e outro para verificar a influência da distância entre os dispositivos durante a transmissão. Como visto na tabela 2 o primeiro teste podemos observar que no pior caso foi para 200ms onde tivemos uma perda de 11 pacotes. No segundo teste, onde foram realizados usando distâncias diferentes em centímetros, nenhuma barreira foi colocada entre os módulos, o pior resultado foi na distância de 200cm onde 4 pacotes foram perdidos isso pode ter ocorrido por conta de alguma interferência na transmissão.

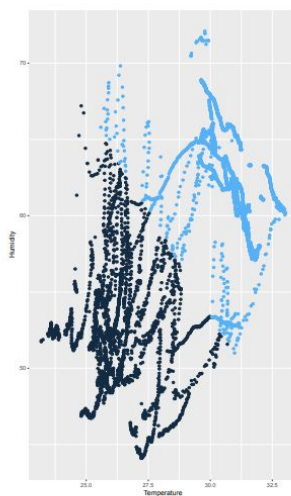
Tabela 2: Avaliação de pacotes perdidos

Tempo (ms)	Pacotes transmitidos	Pacotes perdidos	Distancia (cm)	Pacotes enviados	Pacotes Perdidos
200	853	11	80	340	2
300	548	7	100	322	1
400	423	1	200	354	4
500	340	2	300	352	3
2,000	90	1	400	322	1
2,500	72	0	500	324	2
3,000	60	0	600	322	2

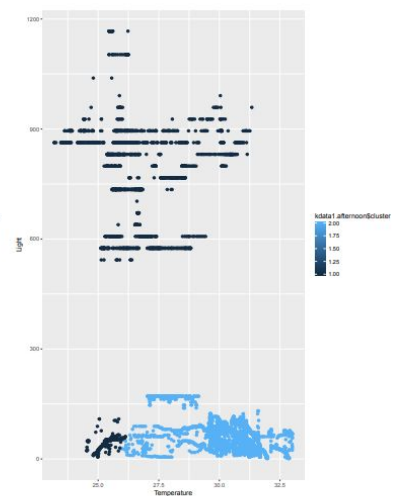
Foram analisados dados baseados em análise não supervisionada, um usuário se dispôs a anotar seus horários dentro da sala (horário de entrada e saída), para comprar com a classificação.



(a) Luz x Umidade



(b) Temperatura x Umidade



(c) Temperatura x Luz

Figura 2: Análise não supervisionada dos dados

Ademais, com o intuito de realizar a identificação de comportamento inteligente utilizamos K-means [8], os dados foram normalizados e toda computação foi realizada em linguagem de programação R (versão 3.3.2). O uso do algoritmo separou os dados em dois agrupamentos, uma vez que os dados seriam divididos entre dados nos quais os recursos estão sendo utilizados e os dados nos quais não estão, como visto na figura 2, a legenda mostra que os dados foram separados em 2 grupos que vão de um azul escuro à um azul mais claro. Uma vez que supostamente os dados são divididos em dois grupos um quando utiliza os recursos outro não. Essa análise se mostrou pouco eficiente para representação dos dados, mas já apresenta indícios de que tal abordagem é promissora.

Coletamos 22 dias de dados para este teste, devido a dinâmica do prédio monitorado, onde ocorreram desligamentos da energia elétrica o armazenamento dos dados coletados para esse teste foram intermitentes. Atualmente contamos com 16 sensores do tipo MICA-Z coletando dados de luminosidade, temperatura e umidade por todo o prédio, com esses dados coletados estaremos refinando a análise de dados e consequentemente a acurácia das técnicas empregadas.

Conclusões:

Os testes realizados mostram a viabilidade do sistema embarcado proposto, sem a necessidade de um servidor para processar as solicitações. Mesmo com um pequeno atraso de detecção da face quando comparado com uma execução em um computador convencional, o sistema funcionou como esperado, permitindo o acesso apenas para usuários autorizados. Embora tenha tido uma perda de pacotes em alguns casos ao enviar dados entre os sistemas, essa perda não afeta o objetivo final de permitir o acesso, ativar as luzes e controlar a temperatura.

Com um protótipo implantado no ambiente iremos realizar uma coleta de dados mais consistentes, com isso poderemos aplicar técnicas de aprendizagem de máquina para deixar o ambiente sensível ao contexto, ficando isso para trabalhos futuros.

Referências bibliográficas

- [1] United Nations. World Urbanization Prospects 2014: Highlights. Department of Economic and Social Affairs. United Nations Environment Programme, 2014.
- [2] G. Banavar, R. Morris, M. Naphade, C. Harrison, and J. Paraszczak. Smarter cities and their innovation challenges. *Computer*, 44:32–39, 2011.
- [3] M. Turk and A. Pentland. Eigenfaces for recognition. *Journal of cognitive neuroscience*, 3(1):71-86, 1991.
- [4] P. Viola and M. J. Jones. Robust real-time face detection. *International journal of computer vision*, 57(2):137-154, 2004.
- [5] W. A. R. dos Reis. Detecção de sinais de trânsito através do método de classificação adaboost. *UNOPAR Científica Ciências Exatas e Tecnológicas*, 12(1), 2014.
- [6] K. Kail, C. Williams, and R. Kail. Access control system with RFID and biometric facial recognition, Nov. 1 2007. US Patent App. 11/790.385.
- [7] J. Jun Hu, G. Zheng Tan, F. Ogang Luan, and A. S. M. L. Libda. 2DPCA versus PCA for face recognition. *Journal of Central South University*, 22(5): 1809-1816, 2014.
- [8] P.-N. Tan, M. Steinbach, and V. Kumar. *Introduction to Data Mining*. Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., 2005.