

## IMPLEMENTAÇÃO DO K-NEAREST NEIGHBORS EM VHDL

LEANDRO WEIGE DIAS<sup>1</sup>; DIEGO PORTO JACCOTTET<sup>2</sup>; ALEXANDRE GOMES DA COSTA<sup>3</sup>; RICARDO MATSUMURA DE ARAÚJO<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas – [lwdias@gmail.com](mailto:lwdias@gmail.com)

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pelotas – [alexandre.gcosta@gmail.com](mailto:alexandre.gcosta@gmail.com)

<sup>3</sup>Universidade Federal de Pelotas – [diego.porto.j@gmail.com](mailto:diego.porto.j@gmail.com)

<sup>4</sup>Universidade Federal de Pelotas – [ricardo@inf.ufpel.edu.br](mailto:ricardo@inf.ufpel.edu.br)

### 1. INTRODUÇÃO

O objetivo deste projeto é realizar o reconhecimento de classes implementando o algoritmo de classificação KNN em FPGA na placa Cyclone, elaborando uma interface entre o sensor Kinect Versão 2, o computador e a placa Altera Cyclone (2C35). Este trabalho está vinculado ao Grupo de Aplicações de Inteligência Artificial (GAIA), da Universidade Federal de Pelotas (UFPel).

O K-Nearest Neighbors (KNN) é um algoritmo de classificação que usa um banco de exemplos para classificar a entrada de um novo dado. No processamento de um novo dado, verifica-se quais exemplos são parecidos com ele para classificar a qual classe ele pertence (University of Leicester, 2012). No KNN implementado neste trabalho utilizou-se a distância euclidiana para calcular a similaridade dos exemplos.

FPGA é muito utilizada para protótipos, onde não se justifica um projeto ASIC personalizado. Entre as vantagens da FPGA está o alto paralelismo e adaptabilidade, com paralelismo para dados, tarefas, pipeline ou uma mistura desses. FPGA também é muito eficiente na questão da quantidade de bits necessários para uma tarefa. Em FPGA a lógica de instruções e de codificação de endereços se torna desnecessária, isso possibilita alcançar throughput muito maior que em processadores tradicionais, assim como uma redução da quantidade de energia usada. FPGAs vem se tornando cada vez mais poderosas, o que torna seu uso cada vez mais interessante (NAJJAR et al., 2003).

Embora existam pesquisas relacionadas a reconhecimento de padrões utilizando o Kinect, encontra-se uma lacuna no que diz respeito a utilização de FPGA para execução de algoritmos de aprendizagem de máquina. No campo de pesquisa de reconhecimento de padrões utilizando o Kinect, Choi alcançou 89% de acurácia em 2014 para o reconhecimento de gestos humanos usando redes neurais (CHOI et al., 2014). Zhang, alcançou acurácia de 99.14% usando SVMs (ZHANG et al., 2014). Já Saha alcançou 90.83% usando ensemble trees (SAHA et al., 2014). O diferencial deste trabalho está no uso da FPGA, implementando na placa Cyclone o algoritmo KNN para reconhecimento de classes.

O uso do Kinect para capturar informações justifica-se pelo fato de que o uso de gestos é um dos meios de Interação Humano-Computador (Human-Computer-Interaction - HCI) mais naturais e intuitivos. Além disso existem aplicações em realidade virtual, linguagem de sinais e jogos de computador. Criar sistemas para o reconhecimento de gestos ainda é um problema desafiador. Métodos usando imagens de profundidade vem se tornando cada vez mais populares, pois é mais

robusto ao fundos de imagem confusos (REN et al., 2011). O uso do Kinect pode simplificar muitas das etapas no processamento de vídeos, já que ele captura e pré-processa as imagens, conforme ressaltado por Andersson (2014).

## **2. METODOLOGIA**

Para realizar a transmissão de dados do sensor Kinect com o computador utilizou-se uma comunicação full-duplex RS-232 (ida e volta ao mesmo tempo). Os sinais são representados com voltagens em relação ao ground (chamado common).

Os sinais na placa Altera Cyclone (2C35) para comunicação serial são UART\_TXD para envio e UART\_RXD para receber. Cada pacote possui 10 bits, 8 bits de dados e dois para start e stop. Além disso é incluído um prescaler no código que implementa esse protocolo, ele deve contar de 0 até 5208, já que  $50\text{MHz}/9600\text{Bit/sec} = 5208$ . 9600 é o baud rate da serial. Assim conseguimos saber o tempo que se deve aguardar na contagem, usando o clock, para igualar o baud rate. Esse método é muito usado em FPGAs para fazer o timing com unidades externas, como memória RAM, etc.

Feito a comunicação com o computador, os dados foram enviados para o algoritmo KNN implementado em FPGA. Cada nova informação que é enviada do Kinect para o computador é processado pelo KNN e o algoritmo retorna a qual classe a informação pertence.

Foi criada uma unidade de controle para gerenciar a execução do KNN e o recebimento dos dados do Kinect, assim como também para gerenciar a resposta da placa com relação a qual classe a informação vinda do Kinect foi classificada.

A base de exemplos do KNN foi implementado em uma memória da placa FPGA. Após uma nova informação vir do Kinect e ser processada pelo KNN no FPGA, o display LCD da placa mostra o valor 0 se a pessoa está com os braços para cima e o valor 1 se a pessoa está com os braços para baixo.

## **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Foram coletados 174 exemplos divididos igualmente entre mãos para cima e para baixo. Para descobrir a quantidade de exemplos necessários para que o KNN possa reconhecer essas posições, foram testadas diferentes quantidades desses exemplos coletados no conjunto de treinamento. Inicialmente 5%, 10%, 15%, então 20%, 30% e 40%.

Se observou que 30% (52 exemplos) já alcança mais de 99% de taxa de acerto, então se diminuiu para 25% dos dados para treinamento, ainda com 99% de acertos. Já com 20% dos dados para treinamento, o resultado fica em 95% de acertos com base de teste em cima do resto dos dados.

De acordo como os teste realizados, observou-se de que foi possível atingir 99% de acerto com uma base contendo 43 exemplos.

## **4. CONCLUSÕES**

Este trabalho desenvolveu uma interface que envia dados do Kinect para o computador e do computador para a placa Altera, o KNN foi implementado em VHDL e executado na placa Altera Cyclone (2C35).

O tempo de execução do algoritmo na placa Altera foi extremamente rápido, levando menos de 1 segundo para processar uma entrada de dados. Esta velocidade de execução na placa mostra o potencial do algoritmo implementado em FPGA. Uma das grandes dificuldades para classificação de dados em tempo real é devido a lentidão de resposta, o que torna o projeto desenvolvido com maior relevância devido a sua velocidade de execução.

O projeto mostrou também que embora o sensor Kinect não estivesse ligado diretamente na placa Altera, mas possuindo um computador como interface, a velocidade de comunicação do sensor com a placa se mostrou eficaz, fazendo a comunicação de forma extremamente rápida.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSSON, V. O. **Identificação Biométrica com Antropometria e Caminhar Humano Utilizando o kinect**. 2014. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação). 2014 – Programa de Pós-Graduação em Computação, Universidade Federal de Pelotas.

CHOI, J.-H.; KO, D.-H.; KIM, H.; and LEE, S.-G. Design of body gesture recognition system for regularity and repeatability gestures. **International Conference In Control, Automation and Systems (ICCAS)**, Korea, v.1, n.1. p.449–453, 2014.

NAJJAR, W.; BOHM, W.; DRAPER, B.; HAMMES, J.; RINKER, R.; BEVERIDGE, J. R.; CHAWATHE, M.; ROSS, C., et al. High-level language abstraction for reconfigurable computing. **IEEE Computer Society**, v.36, n.8, p.63-69, 2003.

SAHA, S.; DATTA, S.; KONAR, A.; and Janarthanan, R. A study on emotion recognition from body gestures using kinect sensor. **International Conference In Communications and Signal Processing (ICCSP)**, v.1, n.1, p.056-060, 2014.

University of Leicester. **Introduction to k Nearest Neighbour Classification and Condensed Nearest Neighbour Data Reduction**. Acessado em 26 jul. 2014. Online. Disponível em:  
[http://www.math.le.ac.uk/people/ag153/homepage/KNN/OliverKNN\\_Talk.pdf](http://www.math.le.ac.uk/people/ag153/homepage/KNN/OliverKNN_Talk.pdf).

ZHANG, Z.; LIU, Y.; Li, A.; WANG, M. A novel method for user-defined human posture recognition using kinect. **International Congress In Image and Signal Processing (CISP)**, on, v1, n.1, p.736-740, 2014.