

ALUNO: LUIZ MARCIO FARIA DE AQUINO VIANA, M.Sc.

DRE: 120048833

CPF: 024.723.347-10

RG: 08855128-8 IFP-RJ

REGISTRO: 2000103581 CREA-RJ

TELEFONE: (21)99983-7207

E-MAIL: luiz.marcio.viana@gmail.com

DISCIPLINA: CPS730 – INTERNET DAS COISAS

PROFESSOR: CLAUDIO MICELI

MOTIVAÇÃO PARA ESTUDO DO TEMA INTERNET DAS COISAS

INTERNET OF THINGS (IoT)

ÍNDICE

1. MOTIVAÇÕES E OBJETIVOS

1.1. OBJETIVOS

2. SOBRE MICROCONTROLADORES E SISTEMAS OPERACIONAIS

2.1. MICROCONTROLADORES

2.2. SISTEMAS OPERACIONAIS

3. ESTUDOS E PROJETOS DE PESQUISA ACADÊMICOS – GRADUAÇÃO / MESTRADO

4. ESTUDOS E PROJETOS DE PESQUISA PROFISSIONAIS

4.1. PROJETOS PILOTOS: OI TELECOM / TRANSPETRO / SEGURANÇA PESSOAL

4.1.1. LEVANTAMENTO CADASTRAL: OI TELECOM / TRANSPETRO

4.1.2. SEGURANÇA PESSOAL: PEDRO ANTÔNIO RIBEIRO DA SILVA

4.2. PROJETOS REALIZADOS: SINDUSCARGA / OI TELECOM / MAPVIEWER MOBILE

4.2.1. PROJETO GEOCORP: OI TELECOM

4.2.2. PROJETO e-TRACKING (JAVL): SINDUSCARGA / AMBEV

4.2.3. MAPVIEWER MOBILE: FOSS4G 2009

5. TEMA DE ESTUDO E PESQUISA NO DOUTORADO

5.1. *COMPUTATIONAL STORAGE DEVICES (CSDs)*

5.2. *CLOUD COMPUTING, EDGE COMPUTING E INTERNET OF THINGS (IoT)*

5.2.1. *CLOUD COMPUTING*

5.2.2. *EDGE COMPUTING*

5.2.3. *INTERNET OF THINGS (IoT)*

6. INTELIGÊNCIA COMPUTACIONAL

7. SERVIDOR DE BANCO DE DADOS DISTRIBUÍDO – HORUS IMAGE SERVER v2.0

8. REDES DE COMUNICAÇÃO

8.1. REDES POR CABO METÁLICO

8.2. REDES POR FIBRA OPTICA

8.3. REDES SEM FIO USANDO TRANSMISSÃO DIRECIONAL PONTO-A-PONTO

8.4. REDES SEM FIO USANDO TRANSMISSÃO OMNI-DIRECIONAL MULTIPONTO

8.5. REDES DE TELEFONIA CELULAR

8.6. REDES LORAWAN

9. CONCLUSÕES

10. BIBLIOGRAFIA

1. MOTIVAÇÕES E OBJETIVOS

Concluí a minha graduação em Engenharia Elétrica com ênfase em Engenharia de Sistemas e Computação, na Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ, em Julho de 1997.

Durante o curso de graduação em Engenharia, tive a oportunidade de cursar as disciplinas de Eletrônica, Circuitos Digitais, Telecomunicações, Redes de Computadores, Arquitetura de Computadores, Microcontroladores, Microprocessadores, Automação e Controle, e Sistemas Operacionais.

Nestas disciplinas, elaborei diversos trabalhos interessantes, tais como os descritos a seguir.

(a) GALAX e SPEED – 2 Jogos desenvolvidos inteiramente em Assembler para o processador Zilog Z-80. Projetos da disciplina de Microcontroladores do Prof. Orlando (UERJ).

(b) CTLMAQ – Sistema de monitoramento e controle de máquinas, com suporte multitarefa desenvolvido em Pascal para DOS, e com o código da troca de contexto entre as tarefas em Assembler *in-line* para o processador 80x86. Projeto da disciplina de Automação e Controle do Prof. Orlando (UERJ).

(c) DLXWIN – Simulador e compilador Assembler da Arquitetura DLX para Windows. Projeto desenvolvido usando Borland C/C++ 4.5 com a biblioteca de janelas OWL 2.0. Projeto final de graduação, orientado pela Profa. Cristiana Bentes (UERJ), e avaliado pelos professores, Eliseu Chaves (COPPE / UFRJ) e Orlando (UERJ).

Após o término da minha graduação, ingressei no curso de mestrado na área de Arquitetura de Computadores e Sistemas Operacionais, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Sistemas e Computação – PESC, da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, em Março de 1998.

Obtive o grau de Mestre em Engenharia de Sistemas e Computação, pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Sistemas e Computação – PESC, em Março de 2002. Durante o curso de mestrado, cursei as disciplinas de Arquiteturas de Computadores, Redes e Sistemas Operacionais, onde participei de diversos projetos.

(a) TinyRISC – Simulador e compilador Assembler da Arquitetura TinyRISC para Windows. Projeto de desenvolvimento e fabricação do protótipo de um processador de sinais, no qual também participei da estruturação do código VHDL das unidades de *fetch*, *decode* e *dispatch*, e que foi conduzido pelo Prof. Eliseu Chaves.

(b) BELLMAN – Simulador do algoritmo de roteamento Bellman-Ford, elaborado em conjunto com os alunos da área de Redes de Computadores, Magnos e Alexis, para a disciplina de Redes do Prof. Edmundo (COPPE / UFRJ).

(c) HWCOUNT – Implementação de suporte no Linux para monitoramento de desempenho dos processadores Intel Pentium e Pentium MMX. Projeto da disciplina de Sistemas Operacionais, do Prof. Victor (COPPE / UFRJ).

(d) SUPERSIM – Simulador do Processador Sparc v7 para os sistemas operacionais Linux e SUN Solaris. Ferramenta desenvolvida para realização dos experimentos da Pesquisa para Tese M.Sc., sobre Dynamic Trace Memoization with Reuse of Memory Access Instructions' Values. Sobre orientação dos professores, Eliseu Chaves (COPPE / UFRJ), Felipe França (COPPE / UFRJ) e Amarildo Teodoro da Costa (Instituto Militar de Engenharia - IME).

Na época, os conceitos sobre automação e controle, redes de sensores, microcontroladores e Internet, já eram bastante difundidos, porém o desenvolvimento de sistemas integrando estas tecnologias era limitado aos grandes fornecedores de soluções na área de automação, como as empresas SIEMENS e JOHNSON CONTROLS.

O crescimento de unidades de controles de baixo custo e a facilidade de transmissão de dados através da Internet, permitiram o surgimento de novas soluções na área de automação, que foram apresentadas por empresas de diferentes tamanhos e segmentos de mercado.

Para os amadores e apaixonados por tecnologia, o surgimento de kits de eletrônica, usando as placas microcontroladoras Arduino e Raspberry PI, disseminaram ainda mais o conhecimento sobre automação e o surgimento de diversos projetos amadores de sistemas de automação e controle.

1.1. OBJETIVOS

O objetivo principal de participar da disciplina Internet das Coisas (*Internet of Things – IoT*), é adquirir conhecimentos que possam me auxiliar na elaboração da minha pesquisa de Doutorado, que é baseada nos conceitos de *computational storage devices (CSDs)*, *digital image processing*, *deep neural networks (DNN)*, *distributed deep neural networks (DDNN)*, *cloud computing*, *edge computing* e *Internet of Things (IoT)*.

2. SOBRE MICROCONTROLADORES E SISTEMAS OPERACIONAIS

2.1. MICROCONTROLADORES

O crescente aumento na capacidade de processamento, de memória, e de área de armazenamento, permitiu que diversos modelos de processadores usados nos computadores do passado, fossem reaproveitados para atender soluções de automação e controle, que precisam de menor capacidade de processamento e memória.

Entre estes modelos de processadores, podemos destacar os antigos processadores de 8 bits, 16 bits e 32 bits, como o Zilog Z-80, Intel 80x86 e o Intel Centrino, que possuem atualmente larga utilização no mercado de automação.

Além disso, a redução no preço dos microcontroladores específicos para automação e controle, como o ATmega328P, PIC16CXXX e ESP32, permitiram o surgimento de kits de baixo custo, como as placas Arduino UNO R3 (Figura 1) e as placas WiFi LoRa 868 Mhz ESP32 com OLED (Figura 2), que foram elaboradas para atender ao público amador e aficcionado por tecnologia.

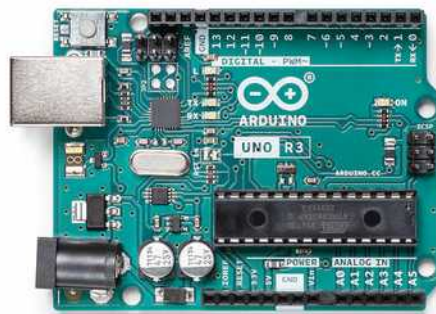


Figura 1: Placa Arduino UNO R3 com Processador ATmega328P, 8 bits, 16 Mhz.



Figura 2: Placa WiFi LoRa 868 Mhz ESP32 com OLED, 32 bits, 240 Mhz.

O crescente aumento no número de equipamentos portáteis, do tipo *smartphones* e *tablets*, com capacidade de processamento e memória superiores a muitos desktops vendidos no mercado, fez surgir uma nova indústria voltada para soluções de grande poder de processamento e baixo consumo de energia.

Neste cenário, grandes fabricantes de processadores desenvolveram soluções específicas para o segmento de *smartphones*, como os processadores Intel Atom, Intel Centrino, ARM v8, Qualcomm Sanpdragon, e NVIDIA Maxwell, que possuem baixo consumo de energia e altor poder de processamento.

Estes processadores também estão sendo utilizados em soluções de automação e controle que precisam monitorar um grande número de sensores que captam um grande volume de dados, como os gateways de telecomunicações e os sistemas de monitoramento por imagem.

Neste novo mercado, surgiram placas de baixo custo e com alto poder de processamento, como as placas Raspberry PI 4 (Figura 3) e NVIDIA Jetson Nano (Figura 4).



Figura 3: Raspberry Pi 4 - Processador Broadcom BCM2711, quad-core ARM Cortex-A72 (ARM v8) 64bits – Clock 1.5 Ghz – Memória RAM: 4GB DDR4.



Figura 4: Jetson Nano - Arquitetura NVIDIA Maxwell com 128 NVIDIA CUDA cores - Processador quad-core ARM Cortex-A57 (ARM v8) – Memória RAM 4GB – 16GB eMMC 5.1 Flash.

2.2. SISTEMAS OPERACIONAIS

O aumento na capacidade de processamento também permitiu melhorias no software básico usado para gerenciamento dos recursos dos microcontroladores.

Nos microcontroladores que usam os processadores Zilog Z-80, Intel 80x86, ATmega328P, PIC16CXXX e ESP32, a camada de software básico para gerenciamento dos recursos possui um conjunto limitado de recursos provenientes de uma BIOS básica destes microcontroladores.

Porém, com o crescimento na capacidade de processamento dos microcontroladores atuais, que tem como base os processadores Intel Atom, Intel Centrino, ARM v8, Qualcomm Sanpdragon, e NVIDIA Maxwell, as placas podem incluir além de uma BIOS básica, um sistema operacional completo. Neste cenário as soluções que usam sistemas operacionais de código fonte aberto como o Linux são largamente utilizadas.

3. ESTUDOS E PROJETOS DE PESQUISA ACADÊMICOS – GRADUAÇÃO / MESTRADO

Durante o curso de graduação em Engenharia, tive a oportunidade de desenvolver 3 simuladores de processadores, DLXWIN, TinyRISC e SuperSIM. Além de participar do projeto de desenvolvimento 3 processadores, TinyRISC, Mulflux e Superflux, atuando como organizador e revisor do código VHDL.

Entre estes trabalhos de pesquisa, o projeto de desenvolvimento do processador TinyRISC foi muito importante, porque neste trabalho de pesquisa o grupo coordenado pelo Prof. Eliseu Chaves chegou a fase de prototipagem e teste do processador.

4. ESTUDOS E PROJETOS DE PESQUISA PROFISSIONAIS

4.1. PROJETOS PILOTOS: OI TELECOM / TRANSPETRO / SEGURANÇA PESSOAL

Entre Março de 2001 e Fevereiro de 2013, trabalhei na empresa multinacional Brasileira, PARS PRODUTOS DE PROCESSAMENTO DE DADOS LTDA, e nesta empresa, tive a oportunidade de elaborar soluções para diversos modelos de equipamentos portáteis, como o HP iPAQ (Figura 5) e os telefones celulares da Nokia com GPS (Figura 6). Também elaborei soluções usando os equipamentos de controle e automação veicular Trimble Crosscheck AMPS e GSM (Figura 7).

4.1.1. LEVANTAMENTO CADASTRAL: OI TELECOM / TRANSPETRO

Nesta empresa participei de alguns projetos pilotos de levantamento cadastral para as empresas Oi e Transpetro, usando os equipamentos HP iPAQ (Figura 5) integrado com o software gratuito Autodesk OnSite View.



Figura 5: HP iPAQ Pocket PC.

4.1.2. SEGURANÇA PESSOAL: PEDRO ANTÔNIO RIBEIRO DA SILVA

Também elaborei projetos pilotos voltados para a área de segurança pessoal usando os equipamentos de automação veicular da Trimble Crosscheck AMPS e GSM (Figura 7), e posteriormente, usando os telefones celulares da Nokia com GPS (Figura 6).



Figura 6: Celulares Nokia com GPS e suporte J2ME.



Figura 7: Sistema de automação veicular Trimble Crosschek AMPS e GPRS.

4.2. PROJETOS REALIZADOS: SINDUSCARGA / OI TELECOM / MAPVIEWER MOBILE

Em Agosto de 2000, abri a empresa de elaboração de projetos de engenharia e desenvolvimento de softwares comerciais, para engenharia e geoprocessamento, TLMV CONSULTORIA E SISTEMAS EIRELI.

4.2.1. PROJETO GEOCORP: OI TELECOM

Através da minha empresa, participei como desenvolvedor contratado do projeto GEOCORP no ano de 2003, que efetuou um estudo de levantamento de mercado para a empresa OI TELECOM, usando equipamentos HP iPAQ integrado com o software gratuito Autodesk OnSite View no processo de coleta de dados de campo.

4.2.2. PROJETO e-TRACKING (JAVL): SINDUSCARGA / AMBEV

Neste período, estive em contato com o Sindicato das Empresas de Transporte de Carga, SINDUSCARGA, que permitiu elaborar uma solução para gerenciamento e controle de logística de frota que suporta diversos equipamentos de controle e automação veicular.

Esta solução foi apresentada posteriormente a empresa AMBEV em uma reunião no escritório da empresa PARS PRODUTOS DE PROCESSAMENTO DE DADOS LTDA, onde estiveram presentes o responsável pelo projeto na AMBEV e o Gerente Regional da Autodesk no Brasil.

4.2.3. MAPVIEWER MOBILE: SIMPÓSIO FOSS4G 2009

Entre 2007 e 2009, desenvolvi uma solução de levantamento e coleta de dados de campo integrada com sistemas de geoprocessamento e equipamentos portáteis do tipo *smartphones* e *tablets*.

Este sistema integra o servidor de mapas, MapGuide Open Source, com diferentes modelos de *smartphones* e *tablets*, como os equipamentos que suportam os sistemas operacionais PalmOS, Windows CE e Android.

Esta solução foi submetida ao congresso FOSS4G 2009, que ocorreu em Sydney na Austrália, no ano de 2009, e hoje integra o meu portfólio de soluções de geoprocessamento.

5. TEMA DE ESTUDO E PESQUISA NO DOUTORADO

Em Março de 2020, ingressei no curso de pós-graduação do Programa de Engenharia de Sistemas e Computação – PESC, da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, com objetivo de concluir o Doutorado na área de Arquitetura de Computadores e Sistemas Operacionais.

Ao ingressar no programa de Doutorado do PESC, iniciei os estudos das soluções que utilizam unidades de armazenamento de grandes volumes de dados e com capacidade de processamento *in-situ*, *computational storage devices (CSDs)*, e conduzi a minha pesquisa com objetivo de resolver o problema de captura, classificação, pesquisa e processamento de grandes volume de imagens geradas por câmeras de vigilância, sistemas de monitoramento por satélites e drones.

5.1. COMPUTATIONAL STORAGE DEVICES (CSDs)

O conceito de *computational storage devices (CSDs)* vem sendo amplamente estudado com a aplicação dos recursos de processamento diretamente na unidade de armazenamento, *in-situ processing*, permitindo que diversos serviços suportados anteriormente pelo sistema operacional ou pela camada da aplicação estejam disponíveis na unidade de armazenamento, reduzindo o trabalho da CPU e proporcionando maior velocidade na transferência dos dados entre as unidades de armazenamento e memória.

A Figura 8, apresenta a unidade do tipo *computational storage devices (CSDs)*, Newport CSD de 16 TB, fabricada pela empresa NGD SYSTEMS. Na Figura 9, podemos ver a imagem de um servidor hospedeiro com 24 unidades CSDs, totalizando 1536 TB de dados.

Para otimizar a captura, classificação, pesquisa e processamento de grandes volume de imagens, foi desenvolvido uma ferramenta para realização dos experimentos, denominada Horus Image Server v2.0.



Figura 8: *Computational storage devices (CSDs) - Newport CSD.*



Figura 9: Servidor hospedeiro com 24 unidades de armazenamento CSDs.

5.2. CLOUD COMPUTING, EDGE COMPUTING E INTERNET OF THINGS (IoT)

5.2.1. CLOUD COMPUTING

O conceito de computação em nuvem, *cloud computing*, permite que os recursos de transferência de dados, armazenamento e processamento, seja compartilhado por diversas empresas, em um serviço de nuvem pública, como Amazon AWS, Microsoft Azure, Oracle Cloud, Google Cloud, e etc, ou por diversos projetos de uma grande empresa, que compartilham uma nuvem privada, como ocorre na Petrobrás, e outras grandes empresas.

5.2.2. *EDGE COMPUTING*

O crescimento na capacidade de processamento e armazenamento dos microcontroladores atuais, como as placas Raspberry PI 4 (Figura 3) e NVIDIA Jetson Nano (Figura 4), favorecem a implementação de soluções de computação na borda, *edge computing*, permitindo que parte do processamento e classificação das imagens seja realizado pelos equipamentos remotos. Estudos mostram que o tráfego total de dados entre os equipamentos remotos e o *data center*, pode ser reduzido em até 20 vezes com o uso de computação na borda.

5.2.3. *INTERNET OF THINGS (IoT)*

Atualmente, os dispositivos portáteis do tipo *smartphones* geram um grande volume de informações que são coletadas automaticamente pelos sistemas operacionais Android e iOS.

Esta quantidade gigantesca de informações é enviada automaticamente a diversos servidores, para armazenar vídeos, fotos, audios, mensagens, informações de navegação, informações de usabilidade, erros do sistema, dados de posicionamento geográfico, dados da rede celular, dados das redes WiFi e Bluetooth que estes equipamentos identificam a todo instante, e tudo que a turma do FBI, CIA, NSA, Polícia Federal, Polícia Militar, Polícia Civil, e os fabricantes de serviços em nuvem, softwares e hardwares imaginarem que será útil hoje ou no futuro.

Este gigantesco conjunto de informações são armazenados, jamais apagados, e analisados constantemente para fornecer um perfil dos usuários e prover um serviço melhor. Deste modo, a Infraestrutura necessária neste processo inclui unidades de armazenamento capazes de processar os dados *in-situ*, e fornecer os resultados das consultas de forma simplificada, e no formato solicitado pelo usuário. Afim de reduzir o volume de dados trafegados entre cada unidade de armazenamento e o servidor hospedeiro.

Outros equipamentos que também geram grandes volumes de dados, são os equipamentos de vigilância e monitoramento com câmeras. Estes equipamentos registram imagens que são armazenadas constantemente, e na ocorrência de um evento, precisam ser consultadas de forma fácil e rápida para auxiliar as equipes de segurança na resolução de um problema.

Além dos *smartphones* e equipamentos de vigilância e monitoramento com câmeras, podemos destacar os sistemas de supervisão e controle, comuns nas empresas de utilities, como as empresas de Telecomunicações, Energia, Saneamento, e Óleo e Gás.

Estas empresas coletam constantemente informações dos equipamentos instalados em suas redes, para poder prover um serviço mais eficiente. Estes dados são armazenados e muitas ações automatizadas são realizadas por sistemas especialistas, e em situações críticas de forma manual pelos operadores.

As informações coletadas, são armazenadas e analisadas constantemente, com o objetivo de melhorar a ação dos sistemas especialistas e auxiliar as equipes na resolução de problemas de emergência que precisam ser resolvidos de forma manual pelos operadores.

6. INTELIGÊNCIA COMPUTACIONAL

Atualmente, muito investimento tem sido aplicado na implementação de soluções de Inteligência Computacional.

Nos meus estudos de pesquisa para o Doutorado, estou analisando soluções de Inteligência Computacional usando Redes Neurais Profundas, *Deep Neural Networks (DNN)*, para reconhecimento de padrões nas imagens. Além de outras soluções com objetivo de detectar mudanças e classificar texturas em imagens geradas por sistemas de monitoramento por satélite e drones (Figura 10).



Figura 10: Exemplos de classificação de texturas, detecção de mudanças e reconhecimento de padrões usando Inteligência Computacional.

A utilização das placas Raspberry PI 4 (Figura 3) e NVIDIA Jetson Nano (Figura 4), favorecem a implementação de soluções de computação na borda, *edge computing*, possibilitando que parte do processo de classificação dos dados seja realizado nos equipamentos remotos, usando o conceito de *Distributed Deep Neural Networks (DDNN)*.

7. SERVIDOR DE BANCO DE DADOS DISTRIBUÍDO – HORUS IMAGE SERVER v2.0

Para elaboração dos experimentos da Pesquisa para Tese de D.Sc., foi desenvolvido um servidor de banco de dados distribuído, que coordena o processo de armazenamento, classificação, pesquisa e processamento das imagens armazenadas nas unidades CSDs.

Soluções de geoprocessamento acessam grandes volumes de dados compostos por múltiplos arquivos de imagens de grandes dimensões, com mais de 400 MB, que precisam ser frequentemente processadas para conversão de formatos, alteração do sistema de coordenadas e projeção, criação de cache com diferentes níveis de precisão, comparação e identificação de mudanças, reconhecimento de padrões e etc.

Deste modo, distribuindo o processamento entre as unidades de armazenamento, obtemos maior agilidade nas execução destas tarefas. Além de efetuar o treinamento de modelos de Redes Neurais Profundas, *Deep Neural Networks (DNN)*, e a classificação das imagens, usando um processo em execução nas unidades CSDs.

Os resultados iniciais apresentaram um ganho em *speedup* de até 2,41, na execução do sistema de banco de dados distribuído, Horus Image Server v2.0, em um ambiente simulado com 4 unidades de armazenamento do tipo CSDs, com capacidade de processamento embutido, *in-situ processing*, quando comparado com o ambiente de referência, que utiliza 1 unidade de armazenamento do tipo SSD, tradicional e sem capacidade de processamento embutido.

8. REDES DE COMUNICAÇÃO

Para permitir a troca de informações entre os sensores e os microcontroladores, podemos utilizar comunicação serial, barramentos especializados, redes de dados em tempo real, redes de dados compartilhada ou por WiFi.

Após a informação ser coletada e analisada pelo microcontrolador, os dados são pré-classificados, e pode ser armazenados localmente ou transferidos para um *data center*.

8.1. REDES POR CABO METÁLICO

Ao transferir os dados para um *data center* usamos diversos meios de transferência, como os cabos metálicos do tipo par trançado ou coaxial, capaz de atender pequenas distâncias, e com capacidade de transmissão limitadas.

Normalmente as soluções que usam redes por cabo metálico são aplicadas na distribuição da rede de dados em uma certa localidade, unidades empresariais ou *data centers*.

Redes de par metálico possuem normalmente capacidades de transmissão de 10 Mbps, 100 Mbps ou 1 Gbps, dependendo do tamanho da área de atendimento, e podem alcançar até 10 Gbps nos *data centers*.

8.2. REDES POR FIBRA OPTICA

As redes por fibra optica, podem cobrir grandes distâncias e possuem capacidade ilimitada de transferência de dados. Porém, a sua instalação e manutenção é mais cara e de difícil execução, porque muitas vezes necessitam de obras em vias públicas para passagem da fibra optica para atendimentos dos consumidores.

Desta forma, o atendimento por fibra optica nas cidades Brasileiras evoluem de forma muito lenta pelas operadoras de telecomunicações. Porém, por ser o meio de comunicação com maior capacidade de transmissão de dados e cobertura de atendimento, é o meio de comunicação preferido para ligar os centros de comunicação de dados, e grandes consumidores comerciais e residenciais.

Atualmente, as operadoras Telefônica / Vivo, Claro / NET / EMBRATEL, TIM / Intelig e Oi Telecom, fornecem serviços de comunicação de dados usando fibra optica em algumas regiões das grandes cidades.

8.3. REDES SEM FIO USANDO TRANSMISSÃO DIRECIONAL PONTO-A-PONTO

As redes sem fio usando transmissão direcional ponto-a-ponto, podem atender com capacidade de transferência de dados de até 40 Gbps. Neste processo de transmissão são utilizadas antenas direcionais com grande precisão.

A melhoria nos equipamentos de transmissão por rádio e satélite, fornece ao sistemas de transmissão direcional ponto-a-ponto uma alta confiabilidade, sendo este o meio preferido de comunicação para atender centros de comunicação, unidades consumidoras e *data centers* localizados em regiões que não possuem atendimento por fibra optica.

8.4. REDES SEM FIO USANDO TRANSMISSÃO OMNI-DIRECIONAL MULTIPONTO

As redes omni-direcional multiponto são frequentes em instalações de unidades comerciais e residenciais, entre elas podemos destacar as redes sem fio WiFi e Bluetooth, as redes de telefonia Celular, e as redes que cobrem grandes distâncias com baixo consumo de energia, como a rede LoRaWan.

8.5. REDES DE TELEFONIA CELULAR

As redes de telefonia celular possuem capacidade de transferência limitada e com o aumento da frequência a cobertura de atendimento reduz, deste modo, a nova geração da rede de telefonia Celular 5G, necessitará de um maior número de estações radio base para atender uma mesma região que possui cobertura com as redes atuais 4G e 4.5G.

Estas redes podem ser públicas, como as redes das operadoras de telecomunicações, Telefônica / Vivo, Claro / NET / EMBRATEL, TIM / Intelig e Oi Telecom, ou privadas, como uma rede particular em uma unidade comercial e industrial de grande dimensões.

8.6. REDES LORAWAN

As redes LoRaWan, usam uma frequência baixa, e desta forma conseguem alcançar longas distâncias com baixo consumo de energia.

Diferente do que ocorre nas redes WiFi, Bluetooth e de telefonia Celular, os equipamentos que usam as redes LoRaWan, não efetuam uma conexão direta com a estação radio base, e a transmissão dos dados pode ser recebida por mais de uma estação, sendo de responsabilidade do serviço filtrar a informação duplicada no *data center*.

Estas redes possuem forte abrangência nas grandes cidades, e podem ser utilizadas de forma bastante útil em grandes áreas industriais, nas áreas rurais e em grandes fazendas.

Atualmente, muitas soluções de monitoramento e gerenciamento de sensores remotos que transmitem pouco volume de dados, como equipamentos de localização pessoal, equipamentos de medição de consumo de energia e de consumo de água usam redes LoRaWan.

9. CONCLUSÕES

Conforme mencionado, objetivo principal de participar da disciplina Internet das Coisas (*Internet of Things – IoT*), é adquirir conhecimentos que possam me auxiliar na elaboração da pesquisa de Doutorado.

A minha Pesquisa para Tese D.Sc., tem como objetivo verificar o desempenho das unidades de armazenamento com capacidade de processamento, *computational storage devices (CSDs)*, que possuem suporte para processamento embutido, *in-situ processing*, e que podem executar tarefas, como a classificação e o processamento de imagens diretamente nas unidades de armazenamento.

As unidades de armazenamento do tipo CSDs, oferecem uma solução bastante eficiente de armazenamento, classificação, indexação e processamento dos dados obtidos de sistemas de vigilância, sistemas de monitoramento por satélites, e de sistemas de monitoramento por drones.

Para auxiliar na elaboração da Pesquisa para Tese D.Sc., foi desenvolvido um sistema de banco de dados distribuído, denominado Horus Image Server v2.0, que utiliza a capacidade de processamento das unidades CSDs.

Os estudos iniciais apresentaram um ganho em *speedup* de até 2,41, na execução do sistema de banco de dados distribuído, Horus Image Server v2.0, em um ambiente simulado com 4 unidades de armazenamento do tipo CSDs, com capacidade de processamento embutido, em relação ao ambiente de referência que utiliza 1 unidade de armazenamento do tipo SSD, tradicional e sem capacidade de processamento embutido.

10. BIBLIOGRAFIA

[1] L. M. F. A. VIANA, *Memorização Dinâmica de Traces com Reuso de Valores de Instruções de Acesso à Memória* [Rio de Janeiro] 2002, XIT, 118 p. 29,7 cm (COPPE/UFRJ, MSc., Engenharia de Sistemas e Computação, 2002), Tese - Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, 1. Reuso Dinâmico de Traces, 2. Arquitetura de Processador, I. COPPEiWR.J 11. Título (série);

[2] Anonymous; "I/O and Energy Efficient Large-scale Image Similarity Search Using Computational Storage Devices", *USENIX FAST*;

[3] D. Jaeyong, C. F. Victor, B. Hossein, T. Mahdi, R. Siavash, H. Ali, Heydarigorji, S. Diego, F. G. Bruno, S. Leandro, K. S. Min, M. V. L. Priscila, M. G. F. França, A. Vladimir; "Cost-effective, Energy-efficient, and Scalable Storage Computing for Large-scale AI Applications"; *ACM Transactions on Storage*, Vol. 16, No. 4, Article 21. Publication date: October 2020.

[4] C. Wei, L. Yang, C. Zhushi, Z. Ning, L. Wei, W. Wenjie, O. Linqiang, W. Peng, W. Yijing, K. Ray, L. Zhenjun, Z. Feng, Z. Tong; "POLARDB Meets Computational Storage: Efficiently Support Analytic Workloads in Cloud-Native Relational Database"; *18th USENIX Conference on File and Storage Technologies*; pages 29-41; 2020.

[5] T. Surat, M. Bradley, H. T. Kung; "Distributed Deep Neural Networks over the Cloud, the Edge and End Devices"; *Naval Postgraduate School Agreements No. N00244-15-0050 and No. N00244-16-1-0018*. 2015.

- [6] Z. Li, W. Hao, T. Radu, and H. C. David Du; "Distributing Deep Neural Networks with Containerized Partitions at the Edge"; 2019.
- [7] C. Sandeep, C. Eyal, P. Evgenya, C. Thianshu, K. Sachin; "Neural Networks Meet Physical Networks: Distributed Inference Between Edge Devices and the Cloud"; 2018.
- [8] H. Ali, T. Mahdi, R. Siavash, B. Hossein; "STANNIS: Low-Power Acceleration of Deep Neural Network Training Using Computational Storage Devices"; 2020.
- [9] L. Chun-Yi, B. K. Jagadish, J. Myoungsoo, T. K. Mahmut; "PEN: Design and Evaluation of Partial-Erase for 3D NAND-Based High Density SSDs"; ISCA 2020.
- [10] T. Arash, G. L. Juan, S. Mohammad, G. Saugata, M. Onur; "MQSim: A Framework for Enabling Realistic Studies of Modern Multi-Queue SSD Devices"; ISCA 2020.
- [11] A. Bulent, B. Bart, R. John, K. Mathias, M. Ashutosh, B. A. Craig, S. Bedri, B. Alper, J. Christian, J. S. Willian, M. Haren, and W. Charlie; "Data Compression Accelerator on IBM POWER9 and z15 Processors"; ISCA 2020.
- [12] B. Eunjin, K. Dongup, and K. Jangwoo; "A Multi-Neural Network Acceleration Architecture"; ISCA 2020.
- [13] B. Summet, G. Jayesh, S. Zeev, R. Lihu, Y. Adi, S. Sreenivas; "Focused Value Prediction"; ISCA 2020.
- [14] K. Jeremy, A. Willian, B. Willian, B. Nadya, B. Robert, B. Chansup, C. Gary, G. Kenneth, H. Matthew, K. Jonathan, M. Andrew, M. Peter, P. Andrew, R. Albert, R. Antonio, Y. Charles; "Dynamic Distributed Dimensional Data Model (D4M) Database and Computation System"; 2012.
- [15] C. M. Rodrigo, O. T. Giovane, L. P. Maurício, L. P. Laércio, T. C. Amarildo, M. G. F. Felipe; "Value Reuse Potential in ARM Architectures"; IEEE 28th International Symposium on Computer Architecture and High Performance Computing; 2016.
- [16] L. P. Maurício, R. C. Bruce, T. C. Amarildo, M. G. F. Felipe, O. A. N. Philippe, "A Speculative Trace Reuse Architecture with Reduced Hardware Requirements", 2006.
- [17] D. G. Massimo, G. Maurizio; "WiSARD rp for Change Detection in Video Sequences"; ESANN 2017.

- [18] D. G. Massimo, G. Maurízio; “Change Detection with Weightless Neural Networks”; CVPR 2014.
- [19] C. Chunlei, C. Li, Z. Lei, Z. Xiaoyun, G. Zhiyong; “RCDFNN: Robust Change Detection Based on Convolutional Fusion Neural Network”; 2018.
- [20] Y. S. Abu-Mostafa, M. Magdon-Ismael, H. Lin Authors, “e-Chapter 8 – Support Vector Machines” in *Learning From Data a Short Course*, Country: Pasadena, CA, USA, 2012, ch. 8.
- [21] Scikit-learn: Machine Learning in Python, Pedregosa et al., JMLR 12, pp. 2825-2830, 2011, https://scikit-learn.org/stable/user_guide.html.
- [22] C. G. B. Caio; “An Adaptation of the Data Flow Library Sucuri Static Scheduler for In-Situ Computing”; Dissertation presented to COPPE/UFRJ in March, 2018.
- [23] M. Bjørling, J. González and P. Bonnet; “LightNVM: The Linux Open-Channel SSD Subsystem”; 15th USENIX Conference on File and Storage Technologies, 2015.
- [24] J. Huang, S. Nath, A. Badam, S. Sengupta, B. Sharma, L. Caulfield and M. K. Qureshi; “FlashBlox: Achieving Both Performance Isolation and Uniform Lifetime for Virtualized SSDs”; 15th USENIX Conference on File and Storage Technologies, 2015.
- [25] S. Yan, H. Li, M. Hao, M. H. Tong, S. Sundararaman, A. A. Chien and H. S. Gunawi; “Tiny-Tail Flash: Near-Perfect Elimination of Garbage Collection Tail Latencies in NAND SSDs”; 15th USENIX Conference on File and Storage Technologies, 2015.
- [26] F. Dougli, A. Duggal, P. Shilane, T. Wong, S. Yan and F. Botelho; “The Logic of Physical Garbage Collection in Deduplicating Storage”; 15th USENIX Conference on File and Storage Technologies, 2015.
- [27] W. He and D. H. C. Du; “SMaRT: An Approach to Shingled Magnetic Recording Translation”; 15th USENIX Conference on File and Storage Technologies, 2015.
- [28] Y. Li, H. Wang, X. Zhang, N. Zheng, S. Dahandeh and T. Zhang; “Facilitating Magnetic Recording Technology Scaling for Data Center Hard Disk Drives through Filesystem-level Transparent Local Erasure Coding”; 15th USENIX Conference on File and Storage Technologies, 2015.

[29] R. G. Tinedo, J. Sampé, E. Zamora, M. S. Artigas and P. G. López; “Crystal: Software-Defined Storage for Multi-tenant Object Stores”; *15th USENIX Conference on File and Storage Technologies*, 2015.

[30] S. K. Lee, K. H. Lim, H. Song, B. Nam, S. H. Noh; “WORT: Write Optimal Radix Tree for Persistent Memory Storage Systems”; *15th USENIX Conference on File and Storage Technologies*, 2015.