



Projeto que busca monitorar o Hardware de aplicações CBTC nos sistemas de Metrô em São Paulo.

2023/2 Sprint 1

São Paulo Tech School

Desenvolvido por Anthony Bento, Davi Soo, Gabriel Nunes, Gabriel Sanchez, Maria Paula e Yasmin Yuri

Sumário

| | |
|--|----|
| Contexto | 3 |
| Contexto da Escolha: | 5 |
| Prejuízos Financeiros:..... | 6 |
| 5% dos acidentes e paralisações envolvendo sistemas metroviários são causados..... | 6 |
| por problemas envolvendo Softwares CBTC e seu Hardware, alguns exemplos reais para evidenciar isso:..... | 6 |
| Medidas com o Hardware:..... | 6 |
| Monitoramento do Hardware:..... | 8 |
| Justificativa | 9 |
| Objetivos | 10 |
| Desenvolvimento do Sistema de Mitigação de Riscos CBTC: | 10 |
| Identificação de Ameaças e Riscos:..... | 10 |
| Comunicação de Ameaças e Medidas de Segurança: | 10 |
| Usabilidade e Integração: | 10 |
| Requisitos: | 11 |
| Premissas | 11 |
| Restrições | 12 |
| Conclusão | 12 |

Contexto

O estado de São Paulo, localizado na região Sudeste do Brasil, se destaca por sua dimensão territorial e seu papel preponderante na economia e cultura do país. Sua vastidão de cerca de 248.209,4 quilômetros quadrados é um reflexo do panorama diversificado que abrange desde áreas urbanas altamente desenvolvidas até ricas paisagens naturais. O coração dessa grandeza reside na cidade de São Paulo, cuja população ultrapassa a marca de 12 milhões de habitantes, consolidando-se como uma das maiores metrópoles do mundo.

Nesse contexto, o fluxo de pessoas se desenha como um traço distintivo e vital. A cidade, com sua profusão de atividades comerciais, culturais e industriais, atrai diariamente uma multidão em busca de oportunidades e experiências. O movimento incessante de indivíduos é testemunho da dinâmica que permeia essa região de intensa atividade humana.

Para gerenciar esse fluxo constante, o sistema de metrô de São Paulo assume um papel de destaque. Esse intrincado emaranhado de trilhos subterrâneos desempenha um papel fundamental na mobilidade urbana, oferecendo uma rede interligada que abrange diversos pontos da metrópole. Diariamente, milhões de cidadãos confiam no metrô para suas jornadas, constituindo uma média de aproximadamente 5,8 milhões de passageiros por dia útil, totalizando mais de 2 bilhões de usuários anualmente.

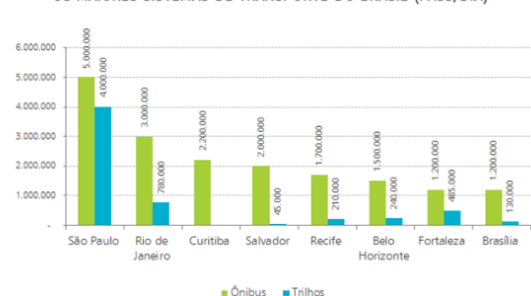
População e taxa anual de crescimento, 1920-2021



População em São Paulo Aumenta 20 vezes em 100 anos

Fonte: notícias.r7.com

OS MAIORES SISTEMAS DE TRANSPORTE DO BRASIL (PASS/DIA)



Passageiros de Ônibus e Trilhos no Brasil

Fonte: Via Trolebus

O funcionamento eficiente do metrô é resultado de uma combinação de tecnologia avançada, planejamento estratégico e operações bem coordenadas. O sistema, com suas linhas entrelaçadas, proporciona uma alternativa ágil e confiável ao trânsito congestionado nas ruas, contribuindo para a redução de emissões e congestionamentos.

Contudo, é essencial ressaltar que qualquer falha no sistema de metrô pode ter um impacto significativo em toda a dinâmica da cidade. Lentidões e paralisações inesperadas não apenas causam inconveniências para os usuários, mas também reverberam em efeitos em cascata que se estendem por toda a malha urbana. Exemplos reais reforçam essa interdependência: em 2019, uma falha técnica na Linha 1-Azul do metrô resultou em uma paralisação que afetou aproximadamente 40 mil passageiros durante a hora do rush. Essa interrupção causou atrasos em outros meios de transporte, engarrafamentos nas vias urbanas e impactou negativamente a produtividade de muitos trabalhadores que dependiam do sistema para chegar aos seus destinos.

Tais incidentes demonstram como o sistema de metrô é uma peça crucial do quebra-cabeça da mobilidade urbana de São Paulo. Qualquer desvio em seu funcionamento afeta não somente a vida dos passageiros diretos, mas também a funcionalidade de toda a metrópole, acarretando prejuízos econômicos, sociais e ambientais. E para mitigar os impactos adversos decorrentes de eventuais problemas no sistema de metrô, o Centro de Controle Operacional (CCO) desempenha um papel crucial. O CCO é o cérebro por trás da operação do metrô, monitorando em tempo real a movimentação dos trens, o funcionamento das linhas e a segurança dos passageiros.

Os softwares e sistemas integrados utilizados no CCO permitem uma supervisão detalhada das operações em toda a rede de metrô. Os controladores podem identificar anomalias, realizar ajustes de velocidade, programar manutenções preventivas e, em casos de emergência, tomar medidas imediatas para garantir a segurança e a eficiência.

Em um exemplo concreto, durante um incidente técnico em 2020 que afetou parte da Linha 3-Vermelha, o CCO rapidamente detectou a irregularidade e coordenou ações

para mitigar o impacto, incluindo o direcionamento de trens para rotas alternativas e a comunicação imediata com os passageiros. Existem diversos Softwares responsáveis por gerenciar o sistema, porém um dos mais importantes e o que vamos enfatizar nessa pesquisa é o Communication-Based Train Control (CBTC). Um sistema de controle de metrô baseado em comunicação e transporte ferroviário modernos. Ele utiliza comunicação em tempo real entre os trens e a infraestrutura, permitindo um controle mais preciso e seguro dos movimentos dos trens.

O software CBTC é uma tecnologia avançada que utiliza comunicações sem fio para coordenar a movimentação dos trens com extrema precisão e segurança. Ele permite o monitoramento contínuo da posição dos metrô, a adaptação dinâmica das velocidades e a manutenção de intervalos seguros entre os veículos. Com a capacidade de ajustar automaticamente a operação de acordo com as condições em tempo real, o CBTC desempenha um papel vital na redução de atrasos, no aumento da capacidade da linha e na melhoria geral da experiência do passageiro.

Contexto da Escolha:

No dia 10/08/2023, realizamos uma pesquisa de campo fundamental para concretizar nosso tema. Até aquele momento, tínhamos certeza sobre a temática relacionada a sistemas metroviários de transporte. No entanto, deparávamos com uma extensa gama de softwares disponíveis, o que nos conduziu a uma tomada de decisão. Optamos por buscar uma estação SSO, com o objetivo de aprofundarmos nosso entendimento sobre seu funcionamento e identificarmos o software central mais relevante. Com uma exploração minuciosa das estações da linha verde, conseguimos, após várias tentativas, a valiosa oportunidade de conversar com um funcionário da SSO, o que contribuiu significativamente para o enriquecimento do nosso projeto.



Fonte: Via Noc Line



Fonte: Via Noc Line

Prejuízos Financeiros:

5% dos acidentes e paralisações envolvendo sistemas metroviários são causados por problemas envolvendo Softwares CBTC e seu Hardware, alguns exemplos reais para evidenciar isso:

1. Incidente no Metrô de Londres (2003): No Metrô de Londres, em 2003, um erro no sistema de sinalização, que também está relacionado ao CBTC, levou a um acidente. Um trem ultrapassou um sinal vermelho devido a um problema de comunicação entre o computador central e os componentes no trem. O erro de hardware resultou em um choque entre dois trens, causando a morte de sete pessoas e ferindo outras.

2. Falha no Metrô de Singapura (2017): Em 2017, o sistema de metrô de Singapura experimentou uma falha em uma linha equipada com o CBTC. Um problema técnico, possivelmente relacionado ao hardware, causou a interrupção dos serviços por várias horas, afetando milhares de passageiros.

3. Metropolitano de Nova York, EUA (2017): Problemas técnicos relacionados ao sistema CBTC em algumas linhas do metrô de Nova York causaram atrasos generalizados e cancelamentos. Estimativas iniciais indicaram que a interrupção poderia ter custado mais de \$1 milhão de dólares por hora em termos de impacto econômico na cidade.

Levando como base o último exemplo, uma hora com o sistema fora do ar gerou prejuízos em aproximadamente \$1 milhão de dólares, e relacionando com outras notícias evidenciamos que grande causa dos problemas que envolvem esse software são causados por mau funcionamento do Hardware.

Medidas com o Hardware:

Com base na pesquisa, identificamos o software CBTC como um papel crucial em toda a operação e que apesar dos benefícios inegáveis do sistema CBTC, uma falha em sua operação pode acarretar sérios riscos e desafios. A interrupção ou mau funcionamento do CBTC poderia resultar em atrasos significativos na movimentação dos metrô, potencialmente afetando a pontualidade dos serviços e causando desconforto aos passageiros. Além disso, em situações mais críticas, uma falha no sistema de controle de metrô poderia aumentar a possibilidade de colisões ou outros acidentes, comprometendo

a segurança dos usuários e exigindo ações de contingência imediatas por parte do Centro de Controle Operacional. Portanto, enquanto o CBTC oferece um avanço tecnológico notável, é essencial adotar medidas rigorosas de monitoramento, manutenção e treinamento para mitigar os riscos potenciais e garantir uma operação contínua e segura do sistema de metrô.

Um robusto banco de dados é utilizado para operar com eficiência e segurança. Abrange uma ampla gama de informações, incluindo dados sobre a localização precisa dos trens, seus estados operacionais, velocidades, distâncias entre veículos e informações sobre a infraestrutura da linha. Esses dados são constantemente atualizados e processados em tempo real para permitir que o sistema tome decisões informadas e otimize a movimentação dos metrô.

No entanto, a integridade desse banco de dados é de vital importância para a operação do CBTC. Um banco de dados cheio ou sobrecarregado, sem alertas prévios, pode afetar negativamente o desempenho do sistema. A falta de capacidade de armazenamento ou a lentidão no acesso aos dados podem resultar em atrasos na atualização das informações, dificultando o funcionamento adequado do CBTC. Além disso, uma falha súbita no banco de dados pode levar a decisões incorretas por parte do sistema, afetando a segurança e a eficiência da operação dos trens.

Em termos de hardware, a máquina que executa o sistema CBTC deve ser mantida com rigorosos padrões de qualidade e monitoramento contínuo. Qualquer problema com a máquina, como falhas de componentes ou superaquecimento, pode ter efeitos devastadores na operação do CBTC. Por exemplo, um overclock excessivo da memória RAM ou de outros componentes pode causar instabilidades no sistema, resultando em erros e interrupções.

Uma fiscalização deficiente do hardware, a falta de manutenção regular e a ausência de procedimentos de backup adequados podem agravar ainda mais os riscos. A falta de um plano sólido para lidar com problemas técnicos ou falhas de hardware pode

levar a situações críticas em que a operação do CBTC é comprometida, potencialmente levando a atrasos, cancelamentos de trens ou, em casos extremos, a possíveis incidentes de segurança.

Com base na mencionada contextualização, a equipe da Noc Line está empenhada em desenvolver e implementar um sistema para mitigar riscos em aplicações de metrô CBTC. Esse sistema se destina a efetuar monitoramento integral dos componentes de hardware e bases de dados. Através de uma análise minuciosa, busca-se identificar e comunicar quaisquer potenciais ameaças que possam se manifestar na aplicação em questão. Estamos comprometidos em garantir uma abordagem proativa e de vanguarda para a salvaguarda da integridade e da segurança do seu ambiente tecnológico.

Monitoramento do Hardware:

Nosso projeto é responsável por monitorar os sistemas de Hardwares que estejam rodando Softwares CBTC dentro de aplicações de metrô. Consideramos como extrema importância analisar os seguintes dados:

%CPU: O monitoramento contínuo da porcentagem de uso da CPU nos softwares CBTC desempenha um papel técnico crucial, assegurando um desempenho consistente e seguro do sistema de controle de trens. Ao manter a utilização da CPU dentro de limites adequados, garante-se que a máquina que executa o CBTC tenha recursos computacionais suficientes para processar informações em tempo real, responder prontamente a eventos imprevistos e coordenar com precisão o movimento dos trens. Isso é essencial para o funcionamento fluido das operações ferroviárias, minimizando a possibilidade de atrasos, falhas de resposta ou interrupções críticas. Além disso, um monitoramento proativo da CPU oferece insights valiosos para a otimização contínua do sistema, permitindo ajustes precisos e melhorias técnicas que contribuem para a eficiência, a confiabilidade e a segurança global do sistema CBTC.

%USO DO DISCO: A gestão eficiente do armazenamento de dados é um fator crítico para manter o controle seguro e eficaz dos trens em um ambiente de transporte público.

Isso não apenas mitiga os riscos de interrupções operacionais, mas também salvaguarda a integridade do serviço oferecido aos passageiros. Ao manter um olhar atento sobre a utilização do disco, é possível garantir que a máquina que executa o CBTC possua capacidade adequada para armazenar e acessar dados cruciais, permitindo decisões informadas, resposta rápida a eventos e a manutenção de um ambiente seguro para a viagem dos passageiros. Além disso, essa supervisão contínua fornece informações essenciais para aprimoramentos técnicos e ajustes precisos, contribuindo para a otimização geral do sistema CBTC, sua eficiência operacional e a garantia da segurança contínua dos sistemas de transporte público.

%USO DA RAM: O monitoramento da porcentagem de uso da memória RAM em softwares CBTC é essencial para garantir o desempenho, a confiabilidade e a segurança contínuos dos sistemas de controle de trens. Ao manter a memória sob controle, as operadoras de metrô podem oferecer um serviço eficiente, seguro e pontual para os passageiros, minimizando o risco de interrupções indesejadas.

Esse monitoramento estará disponível para os nossos clientes através de Dashboards interativas dentro da nossa aplicação.

Justificativa

Mitigar os 5% dos acidentes envolvendo Softwares CBTC.

Objetivos

Desenvolvimento do Sistema de Mitigação de Riscos CBTC:

- Criar um sistema abrangente de monitoramento para aplicações de metrô CBTC.
- Desenvolver um software capaz de monitorar integralmente os componentes de hardware e as bases de dados relacionadas.
- Implementar recursos de análise detalhada para identificação de potenciais ameaças.
- Site Local para clientes poderem gerenciar suas aplicações.

Identificação de Ameaças e Riscos:

- Realizar análises minuciosas para identificar possíveis ameaças que possam afetar a aplicação CBTC.
- Estabelecer um mecanismo de detecção precoce para identificar anomalias e comportamentos suspeitos.
- Criar um sistema de alerta que comunique de forma eficaz qualquer ameaça identificada.

Comunicação de Ameaças e Medidas de Segurança:

- Desenvolver um sistema de notificação para alertar os responsáveis sobre ameaças detectadas.
- Gerar relatórios abrangentes sobre as ameaças identificadas e as ações tomadas para mitigá-las.
- Fornecer informações claras e acionáveis para auxiliar na tomada de decisões relacionadas à segurança.

Usabilidade e Integração:

- Projetar a interface do sistema de monitoramento de forma intuitiva e amigável.
- Oferecer treinamento e suporte para os operadores do sistema, garantindo sua eficácia no uso diário.

Requisitos:

| BackLog de Requisitos Sprint 1 |
|--|
| Ambiente AWS |
| Site Estático Local |
| Diagrama de BD |
| Tema Geral do Projeto |
| Mini Projeto Individual (Console Kotlin) |
| Entrevista Lean Inception |
| MindMap |
| Lista Classificada de Requisitos |
| Cliente Linux |
| Captura de Dados |
| Ferramenta de Gestão |
| Definição do Negócio |
| Pesquisa de Campo |
| Inovação |
| Proto-Persona |

Premissas

- Acesso Autorizado: O sistema de mitigação de riscos pressupõe que todas as atividades e acessos serão realizados por pessoal autorizado e devidamente treinado.
- Colaboração Interdepartamental: Pressupõe-se uma colaboração estreita entre a equipe de desenvolvimento.
- Integridade das Informações: É assumido que os dados coletados e analisados pelo sistema serão precisos e confiáveis.
- Compatibilidade Técnica: O sistema será projetado levando em consideração a infraestrutura técnica existente no ambiente de aplicação CBTC para garantir sua compatibilidade. (Linux, Windows ext...)
- Capacidade de Escalabilidade: O sistema é projetado com a capacidade de expansão para atender a futuras necessidades em relação a mudanças de plataformas.
- Recursos de Hardware e Software: O projeto pressupõe a disponibilidade adequada de recursos de hardware e software para a implementação bem-sucedida do sistema.

Restrições

- **Orçamento Limitado:** O projeto está sujeito a restrições orçamentárias e deve ser executado dentro dos recursos financeiros alocados.
- **Prazo:** A implementação do sistema de mitigação de riscos deve ser concluída dentro do prazo especificado, levando em consideração eventuais ajustes devido a desafios técnicos.
- **Disponibilidade de Pessoal:** O projeto depende da disponibilidade e capacidades da equipe da Noc Line e de quaisquer outros parceiros envolvidos.
- **Regulamentações e Conformidade:** O sistema deve atender a todas as regulamentações e padrões exigidos pelo cliente.
- **Limitações Tecnológicas:** Restrições tecnológicas podem surgir ao lidar com sistemas legados ou limitações de infraestrutura que podem afetar o design e a implementação do sistema.
- **Interferência nas Operações:** A implementação do sistema deve ser realizada de maneira a minimizar qualquer interferência nas operações regulares do metrô CBTC.
- **Aceitação dos Usuários Finais:** A eficácia do sistema depende da aceitação e colaboração dos usuários finais.
- **Privacidade e Confidencialidade:** O sistema deve respeitar e garantir a privacidade dos dados e informações sensíveis, aderindo a políticas de proteção de dados.

Conclusão

Ao considerar essa documentação, o projeto terá uma base sólida para guiar o desenvolvimento e a implementação bem-sucedida do sistema de mitigação de riscos em aplicações de metrô CBTC.

São Paulo Tech School

2023/2