

Trabalho Prático nº2

Serviços de Análise e Monitorização Oceânica

Licenciatura em Engenharia Informática
Sistemas Distribuídos

Autores:

Carolina Machado, al79359

Jordi Mucuta, al75624

Pedro Pereira, al 78686

PROTOCOLO DE COMUNICAÇÃO

O sistema desenvolvido baseia-se numa arquitetura distribuída composta por quatro entidades principais: os dispositivos WAVY (clientes de monitorização), os Agregadores (nós intermediários), os Serviços de Pré-processamento e Análise (expostos via RPC) e o Servidor Central. Esta nova versão do sistema mantém a estrutura modular anterior, mas substitui a comunicação direta por mecanismos mais robustos e escaláveis, como chamadas remotas (RPC) e comunicação assíncrona baseada em publicação/subscrição.

A ligação entre os dispositivos WAVY e os Agregadores é assegurada por um sistema Pub/Sub implementado com RabbitMQ. Cada WAVY publica os dados sensoriais nos tópicos correspondentes ao tipo de sensor (ex: temperatura, salinidade, pressão), enquanto os Agregadores subscrevem apenas os tópicos do seu interesse. As mensagens publicadas seguem o formato JSON, contendo identificador da WAVY, timestamp e o valor do sensor, garantindo uniformidade e interoperabilidade na troca de dados.

Ao receber os dados via RabbitMQ, o Agregador procede ao seu pré-processamento, recorrendo a chamadas RPC síncronas para um serviço externo. Este serviço é responsável por normalizar os dados, converter diferentes formatos (como CSV, XML, JSON) e uniformizar a taxa de amostragem, assegurando a coerência necessária para posterior análise.

Após o pré-processamento, os dados são encaminhados pelo Agregador para o Servidor Central, que também comunica com serviços externos via RPC para a execução de análises estatísticas ou deteção de padrões. Estas análises podem ser distribuídas por diferentes módulos, permitindo maior paralelismo e eventual integração com plataformas de computação de alto desempenho (HPC).

O protocolo de comunicação prevê ainda que os resultados obtidos sejam armazenados numa base de dados MongoDB, uma base de dados NoSQL orientada a documentos. A escolha do MongoDB justifica-se pela sua excelente integração com estruturas de dados em JSON, que são nativamente suportadas pelo sistema. Além disso, a flexibilidade do esquema permite armazenar dados heterogéneos provenientes de sensores com diferentes formatos e frequências, sem necessidade de uma estrutura rígida. A escalabilidade horizontal e a performance em

consultas baseadas em campos específicos, como timestamp ou tipo de sensor, tornam o MongoDB particularmente adequado para sistemas de monitorização em tempo real com grandes volumes de dados.

A informação armazenada pode ser consultada e parametrizada através de uma interface simples, acessível via linha de comandos ou interface web, que permite ao utilizador visualizar análises, consultar histórico de dados ou solicitar novas análises, definindo parâmetros como o tipo de sensor, a WAVY de origem ou o intervalo temporal.

Este protocolo distribuído garante uma separação clara de responsabilidades entre componentes: os dispositivos WAVY apenas enviam dados, os Agregadores funcionam como hubs inteligentes de receção e encaminhamento, os serviços RPC asseguram o processamento avançado, e o Servidor centraliza a análise, persistência e interface de acesso. A utilização combinada de RPC e Pub/Sub assegura escalabilidade, modularidade e resiliência à arquitetura de comunicação do sistema.

IMPLEMENTAÇÃO

Agregador

O módulo agregador funciona como um servidor TCP, estabelecendo comunicação direta com os dispositivos sensores. Este componente é responsável pela gestão das ligações e pelo controlo dos estados operacionais dos dispositivos. Adicionalmente, efetua o encaminhamento dos dados recolhidos para o serviço de pré-processamento, permitindo ainda a configuração dinâmica dos tipos de dados tratados por cada dispositivo individual.

Wavy

Os dispositivos WAVY consistem em sensores subaquáticos simulados, concebidos para aplicações em ambientes de Internet das Coisas (IoT). Estes dispositivos são capazes de recolher dados provenientes de seis tipos distintos de sensores: acelerómetro, giroscópio, hidrofone, transdutor, câmara e indicadores de estado. A transmissão dos dados é realizada através do protocolo RabbitMQ, utilizando um *exchange* do tipo *fanout*, o que permite a disseminação da informação para múltiplos consumidores simultaneamente.

Serviço de Pré-processamento RPC

O serviço de pré-processamento, acessível via chamadas de procedimento remoto (RPC), tem como função principal a uniformização das taxas de amostragem entre sensores heterogêneos. Este serviço realiza também a conversão entre diversos formatos de dados, nomeadamente JSON, XML, CSV e texto simples. As tarefas de validação, normalização e interpolação linear são aplicadas com o intuito de corrigir discrepâncias temporais nos dados. O sistema está integrado com uma infraestrutura de computação de alto desempenho (HPC) para permitir análises mais exigentes do ponto de vista computacional.

Servidor Web e Dashboard

O sistema inclui uma interface web responsiva que permite a visualização em tempo real dos dados provenientes dos sensores. Através de APIs REST, os utilizadores podem aceder a dados históricos de forma estruturada. O *dashboard* suporta análises estatísticas em tempo real, deteção automática de padrões e emissão de alertas. Para assegurar a persistência dos dados e facilitar o acesso futuro, todo o conteúdo é armazenado numa base de dados MongoDB.

Coleta e Transmissão de Dados

Os dispositivos WAVY simulam sensores oceânicos reais, gerando dados em diferentes frequências:

- Acelerômetro/Giroscópio: 10Hz (medição de movimento)
- Hidrofone: 20Hz (captação de som subaquático)
- Transdutor: 5Hz (medição de pressão)
- Status/Câmera: 1Hz (monitoramento de estado)

Cada dispositivo pode ser controlado individualmente, permitindo início, parada e envio manual de dados específicos.

Processamento e Uniformização

O serviço de pré-processamento é responsável pela aplicação de algoritmos

avançados destinados à harmonização dos dados provenientes de sensores heterogêneos. A uniformização da taxa de amostragem é realizada através de técnicas de interpolação linear, permitindo a sincronização temporal dos sinais. Para garantir a coerência histórica, é utilizado um buffer circular que mantém uma janela de dados recentes. Além disso, a taxa de amostragem pode ser configurada dinamicamente consoante o tipo de sensor em operação.

No que respeita à conversão de formatos, o sistema oferece suporte a múltiplas estruturas de dados, incluindo JSON, XML, CSV e texto plano. O processo de validação é automático, assegurando a conformidade estrutural dos dados, e inclui também o mapeamento de metadados personalizados, promovendo a flexibilidade na integração com outros sistemas.

Adicionalmente, é implementado o padrão Circuit Breaker, cuja finalidade é proteger o sistema contra falhas em cascata decorrentes de serviços remotos instáveis. Este mecanismo permite configurar timeouts para chamadas RPC e efetuar a recuperação automática de conexões, garantindo a resiliência da plataforma.

Gerenciamento de Estados

O sistema implementa uma máquina de estados robusta para os dispositivos:

- Desconhecido → Associada → Operação ⇌ Manutenção → Desativada

Validações de transição garantem a integridade do sistema e previnem estados inconsistentes.

CONCLUSÃO

O sistema WAVY constitui uma solução tecnológica robusta e escalável para o monitoramento oceânico em tempo real, respondendo de forma eficaz aos desafios impostos por ambientes subaquáticos dinâmicos e complexos. A sua arquitetura, assente em microserviços, promove elevada flexibilidade, facilidade de manutenção e modularidade, permitindo a evolução contínua do sistema sem comprometer a sua integridade operacional. Além disso, a adoção de padrões de projeto consolidados, como o Circuit Breaker e a comunicação assíncrona via message broker, assegura níveis acrescidos de fiabilidade e desempenho.

As principais contribuições do sistema incluem a uniformização temporal dos dados provenientes de sensores heterogéneos, através da aplicação de algoritmos de interpolação, assegurando a coerência temporal das amostras recolhidas. Destaca-se igualmente a flexibilidade na gestão de formatos de dados, com suporte transparente à conversão entre JSON, XML, CSV e texto plano, o que facilita a interoperabilidade com diversos sistemas externos. A capacidade de análise em tempo real, aliada à deteção automática de padrões e anomalias, constitui um avanço significativo na monitorização contínua e inteligente de ambientes aquáticos. O sistema é ainda resiliente a falhas, integrando mecanismos de tolerância como circuit breakers e recuperação automática de conexões. Por fim, a interface web desenvolvida oferece uma experiência de utilização intuitiva e responsiva, permitindo a visualização clara e acessível das informações processadas.