

Interreg



Cofinanciado por
la Unión Europea
Cofinanciado pela
União Europeia

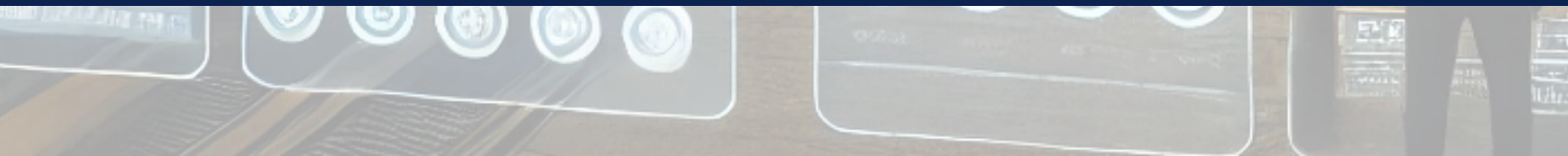
España – Portugal

*Twin*NavAux



Arquitetura padrão para a implementação de um gémeo digital num produto

Dic 2024





Conteúdo

1

Funcionalidades de um gémeo digital

2

Arquitetura básica de um gémeo digital

3

IoT: dados, sensores, protocolos de comunicação

4

Desenvolvimento de modelos de simulação

5

Armazenamento de dados

6

Visualização



Funcionalidades de um gémeo digital



A definição mais completa do conceito de gémeo digital é dada por M. Singh quando afirma que um gémeo digital é um modelo dinâmico virtual ou digital (simulação) de um objeto real (uma máquina, um componente, um processo, etc.). Este modelo deve representar o estado exato do seu gémeo físico (real) em qualquer momento e em qualquer situação, trocando dados reais (fluxos de dados do real para o virtual e vice-versa) e preservando simultaneamente os dados históricos. Qualquer alteração numa parte do gémeo, tanto real como virtual, deve refletir-se na outra, para que a replicação real-virtual seja exata.

Existem, no entanto, gémeos digitais que adoptam esta definição parcialmente, em função do momento da criação do gémeo ou da funcionalidade pretendida. Assim, podemos falar de gémeos digitais em função do nível de integração ou de automatização. A versão mais básica seria um modelo digital, em que os dados do objeto físico são transferidos manualmente para o modelo virtual, de modo a que qualquer alteração na parte real não se reflecta automaticamente na parte virtual. O nível seguinte seria a sombra digital, em que os dados fluem autonomamente do objeto real para o seu modelo virtual, mas não o contrário. Neste caso, qualquer alteração na parte real reflecte-se automaticamente na parte virtual, mas não o contrário. E o nível mais elevado seria o próprio gémeo digital, tal como definido acima.

Por outro lado, é possível criar gémeos digitais (ou sombras) de partes de um sistema e integrar estes gémeos parciais para obter o gémeo do sistema completo (gémeo do sistema). E se integrarmos vários sistemas, teremos um gémeo do sistema de sistemas (SoS).

Um gémeo digital, e não o seu nível de automatização, será determinado pela aplicação a que se destina.

Os gémeos podem ser utilizados para:

Monitorizar um equipamento, sistema ou processo. Uma vez que replica de perto o estado de funcionamento do sistema físico que representa e recolhe dados contínuos de sensores e outros dispositivos, esta monitorização contínua permite-lhe identificar alterações subtis no desempenho ou nos parâmetros críticos.

Manutenção preditiva de equipamentos e sistemas. O gémeo digital sugere planos de manutenção personalizados, reduzindo os custos associados a intervenções desnecessárias e minimizando o tempo de inatividade.

Testes de protótipos e simulação de cenários. Testar virtualmente diferentes condições de funcionamento e identificar os impactos no desempenho do sistema. Isto permite prever o comportamento dos equipamentos em situações de stress e identificar os componentes com maior probabilidade de falhar.

Tudo isto com a possibilidade de interligar o gêmeo digital com sistemas de gestão da manutenção (CMMS) que automatizam a emissão de alertas e permitem uma resposta mais rápida e eficiente.

No caso do gêmeo digital para monitorização, é necessário criar o modelo virtual do que se pretende replicar na realidade e que exista um fluxo de dados entre a parte real e a parte virtual em tempo real. Se não for este o caso, a monitorização em tempo real não é possível. O modelo virtual deve basear-se num modelo de simulação que reproduza o comportamento do equipamento/sistema real de forma fiável. Este modelo de simulação pode ser 1D ou algoritmos de aprendizagem automática. Para a transferência de dados entre a parte real e a parte virtual, é necessário colocar sensores que transmitam as variáveis físicas a controlar. Os dados dos sensores em tempo real são comparados com os dados obtidos na simulação, o que permite garantir o correto funcionamento do equipamento/sistema ou detetar qualquer anomalia nesse funcionamento. O armazenamento contínuo destes dados permitirá a geração de dados históricos que podem ser úteis para análises posteriores.

Estes conjuntos de dados armazenados com dados das variáveis físicas medidas com os sensores são a ferramenta de trabalho dos gêmeos digitais da manutenção preditiva.

Estes conjuntos de dados permitem treinar modelos de simulação em todos os casos de funcionamento do equipamento/sistema, de modo a que, dadas algumas condições de fronteira iniciais, sejam capazes de prever as falhas que o equipamento terá após um determinado número de horas de trabalho. Os modelos de simulação podem ser executados em tempo real (monitorização) ou executados durante um determinado período de tempo, em que o passo de tempo é acelerado em relação ao tempo real. Nestes gêmeos, o estado do equipamento/sistema virtual deve ser atualizado à medida que o estado do equipamento/sistema real se altera, ou seja, à medida que o estado do equipamento se deteriora ou à medida que as tarefas de manutenção executadas restabelecem o estado do equipamento. Ou seja, o próprio gêmeo necessita de uma manutenção específica.

No caso dos gêmeos que são criados no momento da conceção do equipamento, não é possível aplicar a parte sensorial (IoT), uma vez que a parte real ainda não existe. Nestes casos, um modelo CAD 3D é utilizado como ponto de partida e um modelo de simulação é criado com base num modelo matemático. Estes modelos incorporam equações da física, termodinâmica, dinâmica, etc., capazes de reproduzir o comportamento mecânico de um equipamento. Desta forma, a parte virtual do gêmeo pode ser utilizada para simular diferentes cenários de utilização desse equipamento e, assim, otimizar a conceção. Nestes gêmeos, é útil dispor de conjuntos de dados históricos de equipamentos semelhantes para ajustar os modelos de simulação.



Arquitetura básica de um gêmeo digital

2



A arquitetura de um gémeo digital é entendida como os diferentes componentes que integrarão a implantação do gémeo digital. Estes componentes podem variar em função das funcionalidades ou necessidades que surjam nesta implantação.

Os componentes a combinar seriam, em qualquer caso, os seguintes

1. Sensoriais - IoT
2. Ambientes de simulação
3. Ambientes de execução: plataformas IoT, plataformas de nuvem, computação periférica.
4. Armazenamento de dados
5. Análise (grandes volumes de dados, ML/DL)
6. Visualização (AR, HMI)
7. Cibersegurança

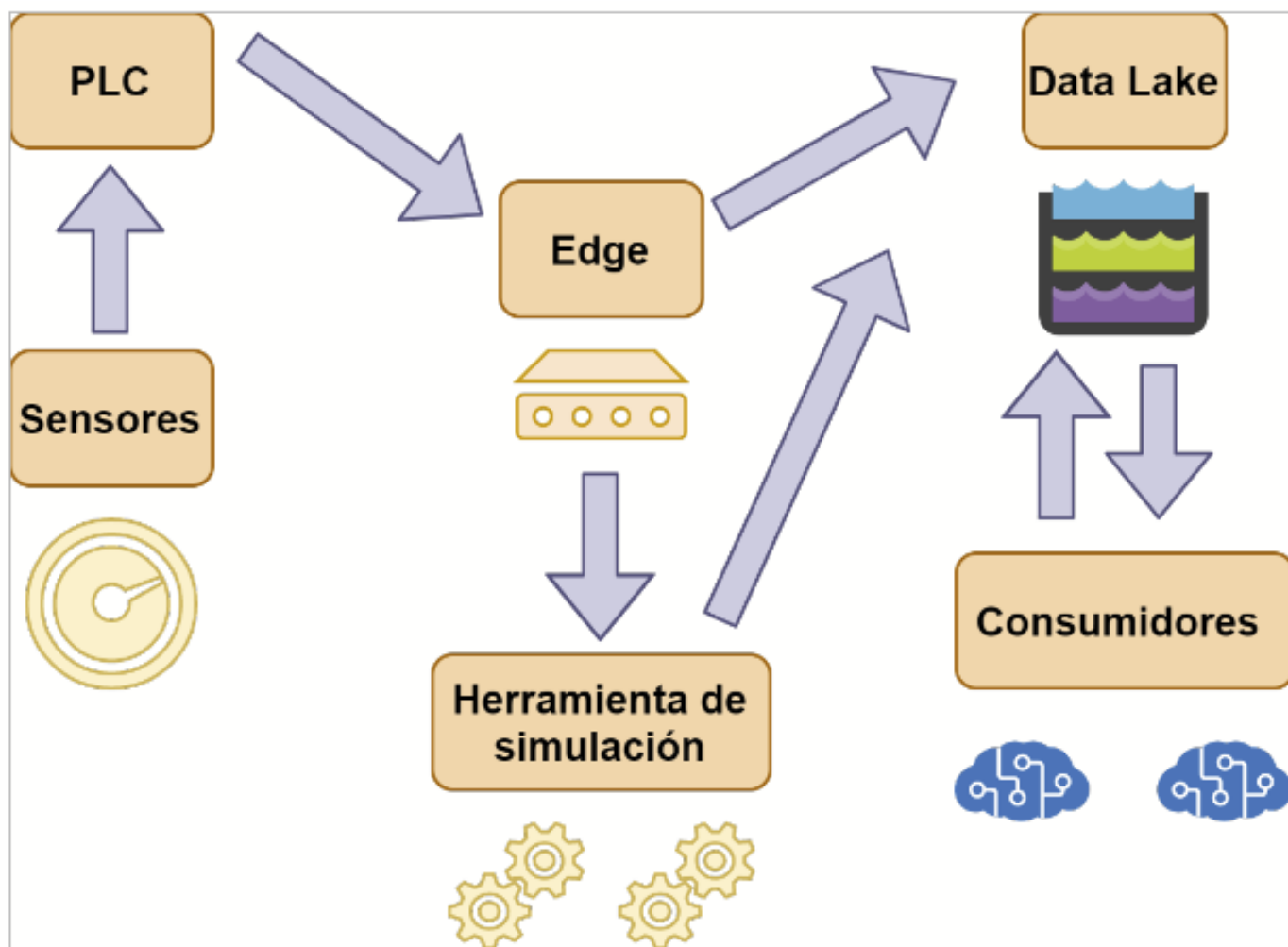


Figura 1. Esquema básico de uma arquitetura de um gémeo digital

A arquitetura de um gêmeo digital é fundamentalmente a arquitetura dos modelos de simulação em que se baseia. Por conseguinte, é necessário começar por definir o domínio a modelizar, como os processos industriais, os sistemas de equipamentos, etc. A definição do domínio ajuda a delinear os limites do sistema, as entidades envolvidas e os processos ou comportamentos subjacentes a simular.

O sistema pode ser representado por equações diferenciais, modelos estatísticos, modelos de aprendizagem automática ou outras formulações matemáticas. A escolha da ferramenta ou ambiente de simulação depende da natureza do sistema (determinístico, probabilístico, híbrido). Além disso, podem ser utilizados solucionadores numéricos (solucionadores de EDO, algoritmos de otimização, etc.) para calcular o comportamento do sistema ao longo do tempo.

O passo seguinte consiste em ajustar as entradas e saídas do modelo. Normalmente, os modelos baseiam-se em várias fontes de dados de entrada, como dados de sensores, dados históricos, parâmetros e bases de dados externas. Os resultados dos modelos de simulação são enviados aos utilizadores ou a outros sistemas para análise e tomada de decisões. Estes resultados podem ser métricas de desempenho, previsões ou visualizações.

As arquiteturas de simulação modernas baseiam-se frequentemente em fluxos de dados em tempo real ou em conjuntos de dados históricos para fornecer dados precisos e dinâmicos. A integração com dispositivos IoT/IIoT, sensores ou bases de dados permite que o sistema se mantenha atualizado e responda às alterações das condições do mundo real. A camada de integração de dados é responsável pela limpeza, formatação e comunicação dos dados entre o modelo de simulação e os sistemas externos.

Os motores de simulação são o componente central que conduz a execução do modelo. Processa os dados de entrada, executa os algoritmos subjacentes e gera resultados. O motor deve gerir a progressão temporal (discreta, contínua ou híbrida), a sincronização de eventos ou estados do sistema e a gestão dos recursos (CPU, memória, etc.). Estes motores de simulação podem ser em tempo real (para aplicações como os sistemas de controlo) ou em tempo não real (para fins analíticos).

As simulações podem ser computacionalmente intensivas, exigindo a orquestração de recursos em várias máquinas ou clusters. A paralelização divide tarefas entre CPUs/GPUs para executar partes do modelo simultaneamente, o que melhora o desempenho, especialmente para simulações em grande escala (por exemplo, modelagem de um sistema completo). O Kubernetes e estruturas de orquestração semelhantes podem lidar com modelos de simulação distribuídos em contêineres.

Algumas arquiteturas envolvem modelos híbridos que combinam diferentes abordagens de modelização (por exemplo, discreta e contínua) ou integram vários modelos de simulação para representar conjuntos complexos de sistemas. Os quadros de co-simulação são utilizados para orquestrar a interação entre diferentes modelos (por exemplo, simulação de sistemas mecânicos e elétricos).

Por último, podem ser utilizados algoritmos de controlo na arquitetura do modelo de simulação para permitir mecanismos de feedback que ajustem o comportamento do modelo com base nos resultados. E também para incluir camadas de otimização que permitam ao modelo procurar a melhor solução dentro de restrições definidas (por exemplo, minimizar o consumo de energia ou maximizar o desempenho).

Podemos classificar a arquitetura dos modelos de acordo com a forma como estão ligados uns aos outros. Podemos falar de arquitetura monolítica, modular, distribuída, federada ou híbrida. Na arquitetura monolítica, todos os componentes da simulação estão contidos num único modelo ou sistema. É simples, mas carece de flexibilidade e de escalabilidade. Numa arquitetura modular, a simulação é dividida em módulos independentes e reutilizáveis (os grandes sistemas podem ser divididos em subsistemas), o que permite flexibilidade e escalabilidade. Na arquitetura distribuída, o modelo é distribuído por vários sistemas ou processadores, permitindo simulações em grande escala e de elevado desempenho. Na arquitetura federada, vários modelos são executados em paralelo, muitas vezes criados em ferramentas ou ambientes diferentes. Um gestor central da federação coordena as interações entre eles. Uma arquitetura híbrida combina diferentes técnicas ou abordagens de simulação (por exemplo, algoritmos de aprendizagem automática e simulações contínuas) num único modelo. Existem várias normas disponíveis para a implementação de todas estas arquiteturas, como a FMI/FMU (Functional Mockup Interface/Unit) ou a HLA (High Level Architecture).

As arquiteturas que têm de tratar um fluxo de dados devem incluir um conjunto de serviços e ferramentas:

- Armazenamento e processamento de dados.
- Ingestão de dados: recolha de dados de várias fontes, quer em lote quer em fluxo contínuo.
- Orquestração de dados: gestão da calendarização e das dependências do fluxo de trabalho.
- Transformação de dados: aplicação de pipelines de transformação de dados para extrair valor dos dados, por exemplo, através da aplicação de lógica comercial, agregações e enriquecimentos.
- Business intelligence e análise: consulta e comunicação de dados para comunicar eficazmente o valor extraído.
- Qualidade dos dados: consistência dos dados, latência e erros nos dados.
- Gestão do acesso: controlo do acesso aos dados e gestão das permissões.

Os ambientes baseados na nuvem fornecem plataformas flexíveis e escaláveis para a implementação de modelos, com a vantagem de recursos de computação distribuídos. É o caso da AWS (Amazon Web Services), que oferece serviços EC2 a pedido para recursos de computação, AWS Batch para a execução de simulações em grande escala e AWS S3 para armazenamento. As simulações podem ser executadas em paralelo utilizando o poder da computação em nuvem, o que é útil para simulações computacionalmente intensivas. Um caso semelhante é o do Microsoft Azure, que fornece recursos de computação como as Máquinas Virtuais Azure e o Azure Batch para a implementação de modelos de simulação. Os gêmeos digitais do Azure são particularmente adequados para criar e executar simulações de ambientes físicos, permitindo simulações de ecossistemas IoT e ambientes inteligentes. O outro grande fornecedor deste ambiente de nuvem é a Google. O Google Cloud Platform (GCP) oferece o Google Compute Engine para executar simulações personalizadas, o Google Kubernetes Engine (GKE) para modelos de simulação em contentores e o Google Cloud AI para executar simulações baseadas em IA.

Para aplicações em tempo real ou aplicações que exigem uma latência mínima, as plataformas de computação periférica permitem que os modelos sejam executados perto do local onde os dados são gerados, o que melhora a eficiência. Para este caso, existem diferentes ambientes disponíveis, como o Azure IoT Edge, o AWS IoT Greengrass ou o NVIDIA Jetson. O Azure permite que as simulações sejam executadas diretamente em dispositivos de ponta, processando os dados perto do local onde são gerados. Isto é útil quando a tomada de decisões em tempo real e baseada em simulações é essencial. Da mesma forma, o AWS IoT Greengrass permite que as simulações sejam executadas no edge, fornecendo capacidades de processamento de dados locais que permitem que os modelos de simulação funcionem em tempo real em dispositivos IoT. Em contrapartida, a NVIDIA fornece capacidades de simulação aceleradas por GPU em dispositivos de ponta, tornando-as adequadas para simulações em tempo real em drones ou veículos autónomos.

O meio-termo entre os dois casos acima seriam os ambientes híbridos. Este tipo de ambiente liga a nuvem e as extremidades para lidar com o processamento em tempo real, mantendo a conectividade da nuvem para actualizações, formação de modelos e inferência em lote. As simulações podem ser executadas parcialmente na nuvem e parcialmente em recursos locais para equilibrar a latência, a segurança e o custo. É o caso do Google Anthos, que permite a implementação de aplicações em contentores, incluindo modelos de simulação, em infraestruturas de nuvem locais e híbridas. Suporta Kubernetes para orquestração e assegura a consistência entre ambientes. As simulações em nuvem híbrida também são possíveis no AWS Outposts.

Por conseguinte, é necessário assegurar, pelo menos, um subconjunto destes serviços sempre que os modelos orientados para os dados são implementados em contextos empresariais.

Os ambientes de implantação mais comuns são no local, na nuvem, em contentores e numa solução periférica.

Enquanto numa implantação no local as aplicações são executadas em servidores locais dentro de uma organização, a implantação na nuvem utiliza plataformas de nuvem externas que disponibilizam infraestruturas e serviços escaláveis, oferecendo um conjunto diferenciado de serviços em função dos modelos de implantação IaaS, PaaS ou SaaS. Em contrapartida, a contentorização é popular para as arquiteturas de microsserviços: os contentores incluem aplicações e dependências empacotadas em conjunto, o que melhora a portabilidade. Por último, a implantação no extremo permite alojar serviços ligeiros no extremo da rede, por exemplo, perto de fontes de dados, o que reduz a latência e implementa cenários em tempo real.

A arquitetura relevante para a implementação de modelos na periferia pode ser vista no contexto geral das arquiteturas de referência da Internet Industrial das Coisas (IIoT). A IIoT trata de processos relacionados com a aquisição, transformação, intercâmbio e análise de dados.

Análise dos ambientes disponíveis para a arquitetura do modelo

Para selecionar um ambiente para a implantação de uma arquitetura de modelos de simulação para sistemas complexos, é necessário escolher o ambiente certo que suporte uma computação eficiente, escalabilidade e integração perfeita com outros componentes. Diferentes ambientes respondem a diferentes aspetos da implantação de modelos, como a execução em tempo real, a integração na nuvem e na periferia, a orquestração e a interação com dispositivos IoT.

Para simulações que requerem computação distribuída e implantação modular, ferramentas de orquestração como Kubernetes e Docker oferecem flexibilidade e escalabilidade. Os modelos de simulação podem ser colocados em contentores com o Docker e orquestrados através do Kubernetes, permitindo um escalonamento eficiente, tolerância a falhas e gestão em clusters. O Kubeflow pode ser utilizado para gerir fluxos de trabalho de simulação e de aprendizagem automática num ambiente Kubernetes, simplificando a formação, a validação e a implementação de modelos orientados para os dados. Para gerir os processos de aprendizagem automática e automatizar os processos de formação, implantação e reciclagem de modelos, o Apache Airflow pode ser útil para orquestrar fluxos de trabalho.

Para determinadas indústrias ou casos de utilização, a implementação de modelos em servidores locais ou em clusters de computação de alto desempenho (HPC) garante um melhor controlo, segurança ou atribuição de recursos. Por conseguinte, as soluções HPC são utilizadas para executar modelos de simulação computacional de elevado desempenho que exigem controlo direto sobre o hardware ou que têm de cumprir requisitos de segurança rigorosos. Software como o OpenFOAM (para simulações CFD) ou o Ansys Fluent pode ser implementado num ambiente HPC para obter computação de alta velocidade.





1. SENSORIZAÇÃO - IoT

Os sensores são dispositivos que medem uma quantidade física. Podem ser analógicos ou digitais. Se for gerado um valor analógico, este deve ser convertido num valor digital durante o processo de leitura para que possa ser armazenado numa variável. Falamos de sensores inteligentes quando estes permitem não só a leitura da grandeza, mas também o processamento dos dados.

Exemplo: sensor de temperatura.

O gêmeo digital é fortemente influenciado pelos requisitos do sensor. A representação virtual de modelos necessita de várias informações do bem real. Esta informação pode ser disponibilizada através da instalação de sensores adequados no equipamento e do subsequente armazenamento correto dos dados.

Para determinar qual o sensor adequado, é necessário especificar algumas características básicas:

- Faixas de amplitude do sensor. Dependendo do sistema e do equipamento medido, a capacidade de alcance varia. Ou seja, as medições de rpm de 0 a 200 rpm quando o limite de rpm do veio concebido é de 150 rpm estariam corretas. Se a gama de medição do sensor for de 0 a 100 rpm, será incorreto. Uma seleção errada pode resultar na impossibilidade de captar o fenómeno físico em que estamos interessados.
- Natureza da medição. Dependendo da grandeza física, a tecnologia do sensor pode variar. As propriedades físicas podem determinar a complexidade do sensor e da sua medição.
- Taxas de frequência. Determinar o nível de resolução temporal necessário para a aplicação. A grandeza medida pode ter uma frequência baixa, média ou alta, pelo que o sensor tem de se adaptar aos fenómenos para que sejam medidos os dados necessários, o que pode resultar em demasiados dados inúteis, unidades de sensor mais caras e outras ineficiências. O Hz de aquisição do sensor determinará o volume de dados adquiridos. Se a frequência com que uma variável varia não for elevada, os sensores que medem a 1 Hz devem ser mais do que suficientes, por exemplo.

1.1 Tipos de sensores, características, quantos, para quê

1. Intensidade. Este sinal pode ser obtido por meio de diferentes tecnologias.

- Resistência de derivação + Amplificador de isolamento/ADC. Este método calcula o valor da corrente a partir da tensão através de uma resistência conhecida. A queda de tensão através da resistência de derivação é proporcional à corrente que flui através dela. Amplamente utilizado, é adequado para a deteção de pequenas correntes e não gera muito calor. Requer componentes adicionais para o isolamento e é pouco adequado para grandes correntes.
- Sensores de efeito Hall. Baseados no fenómeno do efeito Hall. Mede o campo magnético gerado pela corrente. Adequado para corrente alternada, contínua ou pulsante. Deteção de corrente para fins gerais.
- Bobinas de Rogowski. Mede a corrente alternada (CA) ou impulsos de corrente de alta velocidade. Consiste numa bobina flexível enrolada à volta do condutor. Adequado para corrente alternada, não intrusivo e compacto. Monitorização da qualidade da energia, gestão da energia.
- Sensores Fluxgate. Proporciona uma elevada precisão. Mede o campo magnético gerado pela corrente. Medição de corrente de alta precisão.
- Sensores de corrente sem núcleo. Mede a corrente sem núcleo magnético. Adequado para pequenos dispositivos e aplicações económicas. Desempenho comparável ao dos sensores de corrente com núcleo. Interessante para aplicações onde o tamanho e o custo são importantes. A medição de corrente não está sujeita a compensação de histerese magnética e não depende da temperatura de desmagnetização da ferrite. A frequência e a largura de banda não são limitadas pela saturação inerente do elemento magnético do núcleo.

2. Energia eléctrica. Utiliza sensores de corrente e de tensão.

3. Fluxo. Estas variáveis podem ser obtidas através de diferentes tecnologias..

- Sensor de caudal de pressão diferencial. Estes sensores calculam a diferença de pressão entre dois pontos num sistema de fluido. Uma constricção (como um tubo Venturi ou uma placa de orifício) acelera o fluido, criando um diferencial de pressão. Ao medir a pressão em ambos os pontos, o caudal pode ser determinado utilizando a equação de Bernoulli. Estes sensores são versáteis e amplamente utilizados na indústria.
- Sensores de caudal mássico térmico. Estes sensores baseiam-se nas propriedades térmicas de um fluido para medir o caudal. São normalmente utilizados em aplicações gasosas, de baixo caudal e de alta precisão (por exemplo, fabrico de semicondutores). Os sensores de caudal mássico térmico são precisos e adequados para cenários de baixo caudal.

- Sensores de fluxo eletromagnéticos. Estes sensores geram um campo magnético através do fluido e medem a voltagem induzida à medida que o fluido flui através do campo. A tensão induzida é proporcional à velocidade do fluido e, consequentemente, ao caudal. Funcionam bem para fluidos condutores.
- Sensores de fluxo ultrassônicos. Os sensores ultrassônicos utilizam ondas sonoras para medir o fluxo. São utilizadas técnicas de tempo de trânsito ou Doppler. Os sensores de tempo de trânsito medem o tempo que as ondas ultrassônicas demoram a viajar para montante e para jusante no fluido. Os sensores Doppler analisam as alterações de frequência causadas pelo movimento do fluido. Não são intrusivos e adequados para uma variedade de aplicações.
- Sensores de caudal de turbina. Utilize uma turbina rotativa para medir o caudal. Sensores de fluxo térmico MEMS. Sensores pequenos e de baixo custo com elevada sensibilidade para caudais muito baixos.

4. Frequência. Estas variáveis podem ser obtidas através de diferentes tecnologias.

- Sensores de corrente de efeito Hall. Até 100 KHz.
- Sensores de bobina Rogowski.

5. Composición de los gases. Composição dos gases. Estas variáveis podem ser obtidas através de diferentes tecnologias.

- Cromatografia gasosa (CG). A cromatografia gasosa é uma técnica poderosa que separa e analisa misturas de gases. Utiliza uma fase estacionária (como sílica gel ou alumina) e uma fase gasosa móvel. A GC é amplamente utilizada para análises composicionais precisas em laboratórios.
- Espectroscopia de infravermelhos (IV). Os sensores infravermelhos detetam a absorção de luz infravermelha por moléculas de gás. Cada gás tem um padrão de absorção único, permitindo a identificação e quantificação de componentes específicos numa mistura.
- Sensores de gás capacitivos. Estes sensores medem as alterações na capacitância devido à adsorção de gás numa superfície sensível. São normalmente utilizados para detetar gases específicos, como o dióxido de carbono ou o metano.

6. Energia mecânica. Utiliza sensores de binário e rpm.

7. Pressão. Estas variáveis podem ser obtidas através de diferentes tecnologias.

- Sensores de pressão diferencial. Estes sensores calculam a pressão medindo a diferença de pressão entre dois pontos. Geralmente utilizam um diafragma ou membrana para detetar a diferença de pressão. Os tipos comuns incluem os medidores Venturi (com base na equação de Bernoulli, utilizam uma constrição para acelerar o fluido e medir a queda de pressão), placas de orifício (semelhantes aos medidores Venturi, mas com um orifício circular simples), tubos de Pitot (medem a pressão dinâmica no fluxo de fluido) e sensores de pressão diferencial capacitivos (utilizam alterações na capacitância devido à deflexão do diafragma).
- Sensores de pressão do extensómetro. Os extensómetros alteram a resistência quando sujeitos a stress mecânico. Fixados a um diafragma, medem a tensão provocada pela pressão. Estes sensores são amplamente utilizados em aplicações industriais.
- Sensores de pressão capacitivos. Estes sensores medem as alterações na capacitância devido à deflexão do diafragma causada pela pressão. São sensíveis e adequados para aplicações de baixa pressão.
- Sensores de pressão MEMS. Os sensores de pressão de sistemas microeletromecânicos (MEMS) são dispositivos miniaturizados e integrados. Utilizam vários princípios (capacitivo, piezoresistivo, etc.) e são normalmente encontrados em eletrónica de consumo, sistemas automóveis e dispositivos médicos.
- Sensores de pressão piezoelétricos. Estes sensores convertem a pressão em carga elétrica utilizando materiais piezoelétricos. São adequados para medições dinâmicas e podem suportar pressões elevadas.



Freepik

8. RPM. Estas variáveis podem ser obtidas através de diferentes tecnologias.

- Codificadores de eixo (tipo rotativo). Estes sensores proporcionam uma alta resolução, normalmente variando entre 1.000 a 5.000 impulsos por rotação (PPR). Geram impulsos simétricos e claramente definidos quando o eixo é rodado. Os codificadores de eixo são fiáveis e amplamente utilizados para medições precisas de RPM.
- Sensores fotoelétricos (tipo ótico). Os sensores fotoelétricos detetam um alvo refletor no eixo de rotação. São adequados para deteção de média a baixa resolução, dependendo do número de impulsos medidos por rotação. Estes sensores funcionam bem numa variedade de aplicações.
- Sensores magnéticos de velocidade de rotação (tipo proximidade). Estes sensores utilizam vários princípios de medição de proximidade magnética para monitorizar velocidades na gama de 0 a 30.000 RPM. Podem detetar as velocidades dos componentes da máquina sem contacto direto com o eixo rotativo. Os sensores magnéticos são versáteis e económicos.
- Tacómetros. Concebido para medir a velocidade de rotação ou de superfície. Podem operar em modo de contacto ou sem contacto. Os tacómetros mecânicos analisam eletronicamente as rotações do sensor mecânico. Este método é normalmente utilizado para resoluções baixas entre 20 e 20.000 RPM. Os tacómetros digitais fornecem leituras precisas de RPM e são amplamente utilizados em diversas aplicações.

9. Temperatura. Estas variáveis podem ser obtidas através de diferentes tecnologias.

- Termómetros de resistência (RTD). Estes sensores utilizam a variação da resistência elétrica de um metal (geralmente platina) com a temperatura. Os RTD oferecem uma elevada precisão e estabilidade, sendo adequados para uma variedade de aplicações.
- Termopares (TC). Os TC consistem em dois cabos metálicos diferentes unidos numa extremidade. A diferença de temperatura entre a junção e a outra extremidade gera uma voltagem que se correlaciona com a temperatura do fluido. Os TC são robustos e amplamente utilizados em ambientes industriais.
- Sensores de diodo ou transístor. Os díodos ou transístores semicondutores apresentam características de tensão ou corrente dependentes da temperatura. Estes sensores são compactos, económicos e adequados para aplicações onde o espaço é limitado.
- Termografia infravermelha. Os sensores infravermelhos detetam radiação térmica emitida por fluidos ou superfícies sólidas. Não têm contacto e podem medir a distribuição de temperatura numa superfície. No entanto, podem não ter um bom desempenho em fluidos opticamente opacos.

10. Par. Esta variável pode ser obtida através de diferentes tecnologias.

- Sensores de binário extensómetro. Os extensómetros estão fixos na superfície do eixo. Quando o binário é aplicado, o veio deforma-se, causando stress nos medidores. A voltagem é convertida num sinal elétrico que pode ser medido e analisado. Utilizado em diversas aplicações industriais e científicas para medição precisa de binário.
- Sensores de binário magnetoelásticos. Estes sensores detetam alterações na permeabilidade medindo alterações no seu próprio campo magnético. Quando o binário é aplicado, o material sofre stress, o que afeta as suas propriedades magnéticas. Muito adequado para ambientes agressivos (altas temperaturas, vibrações e corrosão).
- Sensores de binário piezoelétricos. Um material piezoelétrico é comprimido quando é aplicado um binário. Esta compressão gera uma carga elétrica, que é medida por um amplificador de carga. É utilizado em testes de motores e transmissões, dinamómetros e análises de motores elétricos.
- Sensores de binário rotativo. Estes sensores medem diretamente o binário num componente rotativo. Utilizam transdutores rotativos para fornecer leituras precisas. Comumente utilizado em testes automóveis, desenvolvimento de motores e máquinas industriais.
- Sensores de binário de reação. Mede binário estático ou dinâmico sem provocar rotação. São transdutores estacionários ou não rotativos. Útil para aplicações onde o veio permanece fixo.

11. Vibração. Esta variável pode ser obtida através de diferentes tecnologias..

- Sensores ultrassónicos. Os sensores ultrassónicos utilizam ondas sonoras para medir distâncias ou detetar objetos. Emitem pulsos ultrassónicos e medem o tempo que os ecos demoram a regressar. Estes sensores são comumente utilizados em automação industrial, robótica e aplicações automóveis.
- Acelerómetros piezoelétricos. Estes sensores medem a vibração e a aceleração. Geram uma carga elétrica quando submetidos a stress mecânico. Os acelerómetros piezoelétricos são amplamente utilizados na monitorização da integridade estrutural, testes automóveis e aplicações aeroespaciais.
- Sensores MEMS (Microelectromechanical Systems). A tecnologia MEMS permite a miniaturização dos sensores, tornando-os adequados para uma variedade de aplicações. Estes sensores podem medir aceleração, pressão e até frequência. Os acelerómetros MEMS, por exemplo, podem detetar vibrações e alterações de movimento.

12. Voltagem. Esta variável pode ser obtida através de diferentes tecnologias.

- Transdutores de tensão. Estes dispositivos permitem a medição de tensão isolada. A LEM oferece uma vasta gama de sensores de tensão, incluindo tecnologias como o Efeito Hall, Fluxgate e isolamento digital. Estes sensores podem medir tensões de 10 V a 6,4 kV. Os sensores de efeito Hall, por exemplo, utilizam o campo magnético para gerar um potencial elétrico, permitindo uma medição precisa da tensão.
- Divisores de tensão. Nos sensores de deformação, a medição é baseada num divisor de tensão. Existem dois tipos principais de sensores de tensão disponíveis: os sensores de tensão do tipo capacitivo e os sensores de tensão do tipo resistivo. Estes sensores dividem a voltagem para fornecer uma saída proporcional.
- Transformadores de corrente (TC) e transformadores de potencial (TP). Embora sejam utilizados principalmente para medir corrente, os TC também podem medir tensão indiretamente. São baseados na lei de Faraday e são comumente utilizados em sistemas de energia.

Uma das primeiras conclusões é que os gêmeos digitais têm uma forte componente de sensor e exigem um grande esforço ao estabelecer padrões de comunicação e necessidades de hardware associadas. Normalmente, não são necessárias muitas tecnologias de sensores diferentes. Mas é necessário definir corretamente os sensores necessários. Para isso, é importante conhecer os modelos de simulação a desenvolver e as variáveis futuras com as quais os modelos serão comparados ou que alimentam estes modelos.

Isto significa que algumas condições de contorno devem ser consideradas, como as seguintes:

- Capacidade de obter uma medição a bordo da variável desejada.
- Seleção do sensor para determinar qual a técnica de condicionamento de sinal a utilizar, qual a taxa de dados a ter, etc.
- Se os sensores forem intrusivos e necessitarem de ser instalados durante a instalação do equipamento ou do próprio sistema. Neste caso, o gêmeo e a sua implantação devem ser tidos em conta desde a fase de conceção do equipamento ou sistema.
- Vida útil prevista e manutenção necessária.

1.2 PLC

O nível PLC (Programmable Logic Controller) é o nível mais baixo e mais próximo das máquinas. É um computador robusto, adaptado para instalação em processos e máquinas industriais. Um autómato pode ter dezenas de entradas/saídas para sinais, pode ser instalado sozinho ou pode ser montado num bastidor e combinado com outros autómatos. Os sensores estão ligados ao PLC e medem grandezas físicas de forma a que os valores sejam mantidos actualizados para que possam ser consultados a partir de outros dispositivos ou níveis superiores através de um protocolo de campo como o MODBUS ou PROFINET. Mas também existe a possibilidade de utilizar TCP/IP. A variedade de protocolos de comunicação não facilita os problemas de segurança na rede de comunicação, razão pela qual padronizaram o protocolo com OPC-UA (Open Platform Communications Unified Architecture), que é aceite e utilizado de forma bastante massiva pela indústria. Normalmente, estes protocolos de campo permitem um modelo de assinatura no qual são enviados dados atualizados sempre que há uma alteração.

Exemplo: Siemens S7-1500.

Existe ainda a possibilidade de utilizar um SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition). É um dispositivo de controlo de hardware que inclui processadores, uma rede de comunicação de dados e uma interface de utilizador para monitorizar máquinas e processos. A rede de comunicação permite o acesso remoto aos dados recolhidos pelo SCADA.

O PLC e o SCADA não são incompatíveis, podem ser combinados, tudo depende das necessidades de ligação entre sensores e o ambiente em que os dados são processados. E ambos podem ser eliminados da arquitetura se trabalharmos com sensores IoT que se ligam via Wi-Fi a uma cloud.



1.3 IoT Gateway

Se trabalharmos com sensores ligados diretamente a uma rede, devemos utilizar aquilo que conhecemos como gateways IoT. Estes dispositivos eram inicialmente hardware, mas agora estão disponíveis em versão software (plataforma virtual) para serem alojados na cloud ou num servidor local.

É um dispositivo que liga sensores, módulos IoT e dispositivos inteligentes à cloud. Servem como um gateway sem fios para fornecer acesso à Internet a vários dispositivos.

Mas têm a vantagem de que neles podem ser realizados determinados processamentos de dados, como a agregação de dados, a tradução de protocolos, a filtragem e a compressão de dados. Isto reduz a quantidade de dados transmitidos para a nuvem e melhora a eficiência da rede.

Dependendo de vários fatores, teremos um tipo de gateway IoT ou outro. Seja por razões físicas ou de recursos, seja por razões de aplicação específica, podemos estabelecer várias categorias ou tipos de gateway. Como sempre, a decisão final sobre qual escolher dependerá dos requisitos específicos de cada rede e dos diferentes tipos de dispositivos ligados (e do seu número).

- Gateways IoT industriais, que são, logicamente, concebidos e projetados para aplicações industriais. Caracterizam-se pela sua durabilidade, pois podem (e geralmente o fazem) operar em ambientes hostis e oferecem uma variedade de opções de conectividade.
- Em ambientes onde uma solução de conectividade sem fios é suficiente, principalmente porque as áreas de conectividade são limitadas, a opção são os gateways IoT sem fios. São utilizados protocolos de comunicação como o WiFi, mas também outros como o Zigbee, entre outros. É uma solução eficiente, de baixo consumo e baixo custo.
- Os gateways integrados nos próprios dispositivos ligados formam uma solução compacta e integrada para redes IoT pequenas ou muito pequenas.
- Os gateways multiprotocolo permitem a comunicação entre dispositivos que utilizam diferentes protocolos de comunicação, uma solução flexível e versátil.
- Gateways de cloud, alojados na cloud, que fornecem uma solução de acesso remoto para gerir e processar dados de dispositivos conectados.

1.4 Edge

Os dispositivos deste nível são responsáveis por ler os dados dos sensores PLC e enviá-los para um Data Lake. São dispositivos concebidos para operar em condições desfavoráveis da máquina (vibrações, pó, sujidade, salpicos). A este nível, alguns cálculos de luz também podem ser realizados nos dados, como a filtragem de sinal.

A deslocação de parte da carga computacional para estes dispositivos, que normalmente estão localizados perto da fonte de dados, permite que a cloud seja reservada para tarefas computacionalmente intensivas. Estas tarefas podem incluir a análise de conjuntos de dados maiores de uma gama mais ampla de fontes e a utilização de análises avançadas para obter informações sobre as tendências. Estes dispositivos, que estão associados ao que é conhecido como computação de ponta, apenas necessitam de fornecer os resultados dos dados que foram processados localmente, após o que são normalmente descartados. Apenas as informações úteis e pós-processadas são enviadas para a nuvem e armazenadas



2. AMBIENTES DE SIMULAÇÃO

O núcleo de um gêmeo digital são os modelos de simulação que irão replicar o comportamento do equipamento real. Existem diversas ferramentas para desenvolver modelos de simulação. Os mais utilizados para o desenvolvimento de modelos de produtos serão aqui descritos. Isto inclui:

- Simcenter Amesim
- Matlab e Simulink
- OpenModelica
- Dymol

Simcenter Amesim

O Simcenter é um conjunto de soluções de software oferecidas pela Siemens Digital Industries Software que permite aos engenheiros realizar simulações e testes de sistemas em vários domínios. Dentro do Simcenter está o Amesim, que é uma ferramenta para a modelação e simulação de sistemas multidomínio, como componentes mecânicos, hidráulicos, pneumáticos, térmicos e elétricos. Este software está licenciado sob uma licença proprietária.

Os principais recursos são:

- Simulação baseada em física para múltiplos domínios e escalas.
- Simulação baseada em dados para melhores insights e otimização.
- Integração de testes e simulações para uma validação e verificação mais rápidas.
- Processo de simulação e gestão de dados para melhorar a colaboração e a eficiência.

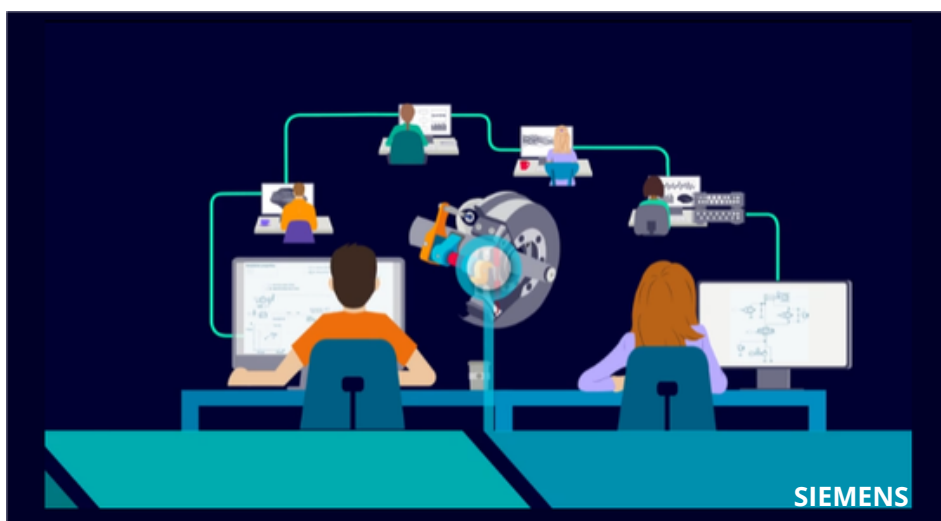
Esta ferramenta permite aos utilizadores criar e validar modelos ao nível do sistema, analisar o comportamento e o desempenho do sistema e otimizar o design e o funcionamento do sistema. O Simcenter Amesim disponibiliza uma biblioteca com mais de 6.500 componentes prontos a utilizar (arrastar e largar), abrangendo uma vasta gama de domínios de engenharia, como automóvel, aeroespacial e marítimo. O Simcenter Amesim também suporta a co-simulação com outras soluções Simcenter, como o Simcenter 3D ou o Simcenter STAR-CCM+ (Simulação Computacional de Fluidos), bem como software de terceiros, como o Matlab/Simulink, o Modelica e o Functional Mock-up Interface (FMI).

Esta ferramenta possui um mecanismo de simulação com solucionadores patenteados de passos fixos e variáveis. Isto significa que é necessária uma instalação mínima do seu ambiente para executar os modelos, mesmo que estejam encapsulados.

Permite também a reutilização e personalização de componentes de bibliotecas utilizando Modelica ou C/C++.

O Simcenter Amesim cumpre os requisitos mínimos gerais para ferramentas de modelação, ou seja, execução rápida e robusta, com uma janela gráfica e uma vasta documentação para facilitar a sua utilização.

O Simcenter Amesim combina bibliotecas multifísicas prontas a utilizar com soluções orientadas para a indústria. Isto permite que os utilizadores criem modelos rapidamente e realizem análises com precisão.



As bibliotecas básicas fornecem os blocos de construção fundamentais para a modelação e simulação de sistemas multidomínio. Incluem componentes para os domínios mecânicos, hidráulicos, pneumáticos, térmicos, elétricos e de controlo. Os utilizadores também podem criar os seus próprios componentes ou bibliotecas personalizadas utilizando a linguagem Modelica ou código C/C++. As bibliotecas base são:

- **Mecânica:** Esta biblioteca contém componentes para modelar corpos rígidos e flexíveis, juntas, engrenagens, rolamentos, molas, amortecedores e muito mais.
- **Hidráulica:** Esta biblioteca contém componentes para a modelação de sistemas de energia fluida, tais como bombas, válvulas, cilindros, motores, tubos e acumuladores.
- **Pneumático:** Esta biblioteca contém componentes para a modelação de sistemas de dinâmica de gases, tais como compressores, bicos, válvulas, câmaras e permutadores de calor.
- **Térmico:** Esta biblioteca contém componentes para a modelação da transferência de calor e sistemas termodinâmicos, tais como fontes, sumidouros, condutores, convectores, radiadores e fluidos térmicos.
- **Elétrico:** Esta biblioteca contém componentes para a modelação de sistemas elétricos e eletrónicos, tais como fontes, cargas, resistências, condensadores, indutores, transformadores, díodos, transístores e interruptores.
- **Controlo:** Esta biblioteca contém componentes para a modelação de sistemas de controlo, tais como sensores, atuadores, controladores, filtros, lógica e funções matemáticas.

As bibliotecas de aplicações fornecem componentes e ferramentas especializadas para modelar e simular aplicações específicas, como a propulsão, a combustão, o ar condicionado ou os sistemas elétricos. As bibliotecas de aplicação são:

- **Powertrain:** Esta biblioteca contém componentes para modelação e simulação de motores de combustão interna, transmissões, sistemas de transmissão e máquinas elétricas.
- **Combustão:** Esta biblioteca contém componentes para modelação e simulação de processos de combustão, tais como ignição por faísca, ignição por compressão, turbina a gás e motores de foguete.
- **Ar condicionado:** Esta biblioteca contém componentes para modelação e simulação de sistemas de ar condicionado, tais como compressores, evaporadores, condensadores, válvulas de expansão e refrigerantes.
- **Célula de combustível:** esta biblioteca contém componentes para a modelação e simulação de sistemas de células de combustível, tais como membrana de troca de protões, óxido sólido e células de combustível de metanol direto.
- **Bateria:** Esta biblioteca contém componentes para modelação e simulação de sistemas de baterias, tais como baterias de chumbo-ácido, níquel-hidreto metálico, iões de lítio e lítio-enxofre.

As bibliotecas do setor fornecem componentes e ferramentas personalizadas para a modelação e simulação de sistemas em setores específicos, como o automóvel, aeroespacial, marítimo, energia e bens de consumo. Incluem também normas da indústria e melhores práticas para garantir a conformidade e a qualidade. As bibliotecas do setor são:

- Automóvel: Esta biblioteca contém componentes e ferramentas para a modelação e simulação de sistemas automóveis, como a dinâmica do veículo, chassis, suspensão, travões, direção e assistência ao condutor.
- Aeroespacial: Esta biblioteca contém componentes e ferramentas para a modelação e simulação de sistemas aeroespaciais, tais como dinâmica de voo, aerodinâmica, trem de aterragem, controlo de voo e aviónica.
- Marítimo: Esta biblioteca contém componentes e ferramentas para a modelação e simulação de sistemas marítimos, tais como propulsão, manobras, hidrodinâmica e movimento de navios.
- Energia: Esta biblioteca contém componentes e ferramentas para a modelação e simulação de sistemas de energia, como a geração, distribuição, conversão e armazenamento de energia.
- Bens de consumo: esta biblioteca contém componentes e ferramentas para modelar e simular sistemas de bens de consumo, como eletrodomésticos, dispositivos pessoais e produtos inteligentes.

O Amesim não só é capaz de desenvolver KBM (Knowledge Based Models), como também disponibiliza algumas funcionalidades para o desenvolvimento de DDMs (Data Driven Models). É possível importar Redes Neurais para o Amesim. É possível construir uma ROM (Reduce Order Model), por exemplo. Esta ferramenta permite criar ROMs e DDMs utilizando algoritmos de regressão linear e não linear, redes neuronais e decomposição ortogonal adequada.



Simcenter AmO Simcenter Amesim oferece diversas opções de visualização de dados para facilitar a análise e a compreensão dos resultados da simulação. Algumas das opções são:

- **Gráficos.** Permite criar gráficos de diferentes tipos, como XY, polar, barra, circular, superfície, etc. Os gráficos podem ser personalizados com diferentes opções de cores, escala, legenda, rótulo, etc. Os gráficos podem ser exportados para diferentes formatos, como PNG, JPG, PDF, etc.
- **Dashboards.** Permite criar painéis interativos com diferentes elementos gráficos, como indicadores, medidores, termómetros, interruptores, botões, etc. Os painéis podem ser ligados aos parâmetros do modelo e mostrar a sua evolução em tempo real. Os painéis podem ser exportados para diferentes formatos, como HTML, PNG, JPG, etc.
- **Análise linear.** Permite a análise linear de sistemas, como a análise de frequência, análise modal, análise de estabilidade, etc. Os resultados podem ser apresentados em diferentes gráficos, como Bode, Nyquist, Nichols, etc. Os gráficos podem ser exportados para diferentes formatos, como PNG, JPG, PDF, etc.
- **Animação.** Permite criar animações 2D ou 3D dos sistemas, utilizando imagens, modelos CAD ou geometrias simples. As animações podem ser sincronizadas com os resultados da simulação e mostrar o comportamento dinâmico dos sistemas. As animações podem ser exportadas para diferentes formatos, como AVI, MP4, GIF, etc.

Por outro lado, pode exportar dados de simulações e até mesmo pós-processar dados de entrada para exportação ou reutilização numa simulação. Diferentes formatos de ficheiro são possíveis.

O Simcenter Amesim também pode ser implementado como um serviço de cloud, permitindo aos utilizadores lidar com picos de utilização de simulação do sistema e aceder aos seus modelos a partir de qualquer lugar. O Simcenter Amesim também pode ser integrado no Simcenter Webapp Server, que fornece acesso baseado na web a resultados de simulação específicos para utilizadores finais. O Simcenter Webapp Server permite aos utilizadores armazenar e partilhar modelos, executar simulações e traçar resultados relevantes através de um navegador da Web. O Simcenter Webapp Server também permite aos utilizadores criar aplicações web de engenharia personalizadas e fáceis de utilizar, que podem ser partilhadas com qualquer pessoa na organização, como equipas de vendas, pré-vendas e técnicas.



Matlab/Simulink

O Matlab e o Simulink são poderosas ferramentas de software desenvolvidas pela MathWorks que permitem aos engenheiros e cientistas realizar cálculos numéricos, simulações e projetos baseados em modelos. O Matlab é uma plataforma de programação e computação numérica que permite aos utilizadores analisar dados, desenvolver algoritmos e criar modelos. O Simulink é um ambiente de diagrama de blocos que permite aos utilizadores conceber sistemas com modelos multidomínio, simular antes de migrar para o hardware e implementar sem escrever código.

Os avanços na tecnologia de propulsão e simulação marítima, demonstrados através de vários estudos MATLAB/Simulink, realçam o papel fundamental que estas ferramentas desempenham no avanço da engenharia marítima. O MATLAB e o Simulink tornaram-se indispensáveis para permitir simulações em tempo real de motores a diesel e sistemas de propulsão de embarcações navais, incorporando machine learning para otimizar a manutenção e facilitando a criação de gémeos digitais para análise abrangente do sistema. Estas capacidades realçam a aplicação abrangente do MATLAB/Simulink na propulsão e simulação marítima, melhorando a compreensão teórica e prática dos sistemas marinhos. Contribuem significativamente para o setor marítimo, melhorando a eficiência operacional, a sustentabilidade e a segurança.

O Matlab é uma linguagem de programação multiparadigma proprietária e um ambiente de computação numérica. O Matlab permite a manipulação de matrizes, a plotagem de funções e dados, a implementação de algoritmos, a criação de interfaces de utilizador e a interface com programas escritos noutras linguagens. Os engenheiros e cientistas utilizam o Matlab porque lhes permite expressar diretamente a matemática de matrizes e arranjos. A álgebra linear no Matlab é intuitiva e concisa. Aplicável em vários campos de trabalho, tais como análise de dados, processamento de sinais e imagens, design de controlo e outras aplicações.

Os principais recursos são:

- Computação numérica e análise de dados abrangentes.
- Visualização e exploração de dados.
- Criação de scripts, funções e classes.
- Criação de aplicações para implementação na web e desktop.
- Computação paralela e execução em cloud.



O Simulink é um ambiente de diagrama de blocos para simulação multidomínio e design baseado em modelos. Suporta o design ao nível do sistema, simulação, geração automática de código e testes e verificação contínuos de sistemas embebidos. O Simulink fornece um editor gráfico, bibliotecas de blocos personalizáveis e solucionadores para modelação e simulação de sistemas dinâmicos. Está integrado no Matlab, permitindo incorporar algoritmos do Matlab em modelos e exportar resultados de simulação para o Matlab para análise posterior.

É apresentada uma breve descrição do Simulink.

- Editor gráfico para criar e gerir diagramas de blocos hierárquicos.
- Bibliotecas de blocos predefinidos para modelação de sistemas de tempo contínuo e discreto.
- Mecanismo de simulação com solucionadores de EDO de passo fixo e passo variável.
- Visualize os escopos e os dados para ver os resultados da simulação.
- Ferramentas de gestão de projetos e de dados para gerir ficheiros de modelos e dados.
- Ferramentas de análise de modelos para refinar a arquitetura do modelo e aumentar a velocidade da simulação.
- Bloco de função Matlab para importar algoritmos Matlab para modelos
- Ferramenta de código legacy para importar código C e C++ em modelos.
- Engenharia de sistemas baseada em modelos e projeto de arquitetura..

O Matlab/Simulink cumpre os requisitos mínimos gerais para ferramentas de modelação, ou seja, execução rápida e robusta, com uma janela gráfica e ampla documentação para facilitar a sua utilização (este software está licenciado sob uma licença proprietária).

É composto pelas seguintes ferramentas de aplicação geral em modelação de sistemas:

- Matlab: Foi concebido para ser aplicável em vários campos de trabalho, tais como análise de dados, processamento de sinais e imagens, design de controlo e outras áreas. O software fornece ferramentas de desenvolvimento úteis que melhoram a manutenção e o desempenho do código, bem como a integração com outras linguagens de programação, como Fortran, C/C++, .NET ou Java. Outra característica útil é que o Matlab suporta programação orientada a objectos, o que permite definir objectos que combinam dados com funções que operam sobre os mesmos dados. Esta funcionalidade torna muito mais fácil manter e estender os recursos e o código dos componentes.
- Simulink: É uma interface gráfica de utilizador avançada e fácil de utilizar que fornece aos utilizadores a criação de modelos fáceis de utilizar, edição de ligações, simulação de modelos e análise e plotagem de resultados. O Simulink pode comunicar com o Matlab.

O Simulink incorpora extensas bibliotecas integradas. Ao mesmo tempo, muitas funcionalidades do Simulink são fornecidas através da utilização do Toolbox proprietário. É fornecida uma lista de áreas de aplicação multifísica com a extensão de software correspondente.

- Aplicações gerais. Para sistemas dinâmicos gerais.
- Aplicações automóveis. O Simulink permite a modelação e simulação de uma grande variedade de sistemas automóveis. O veículo e o ambiente podem ser modelados e simulados, e podem ser desenvolvidos algoritmos de controlo para aplicações automóveis.
- Aplicações de automação industrial. Processamento de sinal. Para modelos de processamento de sinal e sistemas de comunicação.
- Projeto de controlo. Conceber e analisar sistemas de controlo modelados no ambiente Simulink.
- Modelação física. Para modelar sistemas físicos no ambiente Simulink.
- O Simscape estende o Simulink com ferramentas para a modelação de sistemas que abrangem domínios mecânicos, elétricos, hidráulicos e outros domínios físicos, como redes físicas. Fornece blocos de construção fundamentais destes domínios para permitir criar modelos de componentes personalizados.
- Engenharia de sistemas. Desenhe e analise arquiteturas de sistemas no Simulink.

O System Composer permite a especificação e análise de arquiteturas para a engenharia de sistemas orientada a modelos e modelação de arquitetura de software.

O Matlab/Simulink permite carregar e utilizar dados do espaço de trabalho do Matlab, carregar dados de diferentes formatos de ficheiro e aceder a servidores de dados.

É possível visualizar dados de uma simulação. O Matlab oferece uma grande variedade de tipos de gráficos integrados, tais como gráficos de linhas, gráficos de dispersão, gráficos de distribuição e gráficos geográficos para visualizar conjuntos de dados de um conjunto diversificado de aplicações. Estes gráficos permitem explorar visualizações de dados, anotar e personalizar visualizações de dados, exportar visualizações de dados, integrar visualizações de dados com análises de dados ou até mesmo ligar o Matlab com outras ferramentas de visualização de dados (exemplos: Tableau, Power BI ou Plotly).

Os dados podem ser exportados a partir de simulações e até mesmo dados de entrada pós-processados para exportação ou reutilização numa simulação. Diferentes formatos de ficheiro são possíveis.

SIMULINK[®]

É possível criar modelos de ROM utilizando o Simulink. Podem ser utilizados vários métodos, dependendo do tipo e complexidade do modelo. Alguns desses métodos são:

- Simplificação do modelo. Redução do modelo removendo estados variáveis que não têm qualquer efeito na resposta global do modelo. Este método é utilizado para reduzir a precisão física do modelo. Para realizar esta simplificação, pode-se utilizar funções integradas do Matlab que se aplicam a representações de espaço de estado e funções de transferência. Em vez disso, enquanto ainda modelamos com equações físicas, deve ser utilizado algum conhecimento da física subjacente para realizar uma simplificação manual do próprio modelo.
- Redução de modelo orientada por dados. Algumas caixas de ferramentas podem ser aplicadas ao setor dos gêmeos digitais e à criação de modelos baseados em dados. Algumas técnicas disponíveis são o ajuste de curvas, tabelas de consulta, redes neurais ou NARX.

Existem opções web no pacote de software MathWorks que permitem a simulação.

- Simulink Online. Esta é uma funcionalidade que fornece acesso ao Simulink a partir de qualquer browser padrão, em qualquer lugar onde tenha acesso à Internet. Pode utilizar o Simulink Online para conceber, simular e implementar os seus modelos sem ter de fazer downloads ou instalações. Também é possível colaborar com outras pessoas através da partilha online e do armazenamento em nuvem.
- Compilador Simulink. É um produto que permite partilhar simulações como executáveis autónomos, aplicações web e FMUs. Pode utilizar o Simulink Compiler para gerar aplicações web a partir dos seus modelos Simulink e implementá-las no Matlab Web App Server, onde pode executá-las e interagir com elas através de um navegador web.
- Visualização web do Simulink. É uma funcionalidade que permite visualizar e explorar modelos Simulink num navegador da Web. Pode utilizar o Simulink Web View para partilhar os seus modelos com outras pessoas que não tenham o Simulink instalado ou para incorporar os seus modelos em páginas web ou documentos. Também pode utilizar o Simulink Web View para executar simulações e ajustar parâmetros do modelo.

OpenModelica

O Open Source Modelica Consortium (OSMC) é uma organização não governamental e sem fins lucrativos e instituto de investigação na área dos sistemas ciberfísicos, com o objetivo de desenvolver e promover o desenvolvimento e utilização da implementação de código aberto OpenModelica da linguagem de computador Modelica e normas relacionadas, incluindo FMI, SSP, DCP, bem como ferramentas e bibliotecas de código aberto associadas ao OpenModelica, coletivamente designadas por Ambiente OpenModelica.

O OpenModelica está disponível para utilização comercial e não comercial sob as licenças GPLv3 e sob os termos da Licença Pública OSMC, conforme definido nos Estatutos OSMC. O objetivo do OSMC, dentro das limitações dos seus recursos, é fornecer suporte e manutenção ao OpenModelica, suportar a publicação na web e coordenar as contribuições para o OpenModelica.

O OpenModelica utiliza a linguagem Modelica, que é adequada para a modelação multidomínio de sistemas grandes, complexos e heterogéneos. É adequado para subcomponentes de múltiplos domínios (mecânicos, elétricos, eletrónicos, magnéticos, hidráulicos, térmicos, de controlo, de energia e orientados a processos), suportando a ligação causal de componentes governados por equações matemáticas para facilitar a modelação a partir dos primeiros princípios.

Os modelos são descritos matematicamente por equações diferenciais, algébricas e discretas. Não há necessidade de resolver nenhuma variável manualmente. Uma ferramenta Modelica terá informação suficiente para decidir isso automaticamente. O Modelica foi concebido de tal forma que os algoritmos especializados disponíveis podem ser utilizados para permitir o manuseamento eficiente de grandes modelos com milhares de equações.

A semântica da linguagem Modelica é especificada por um conjunto de regras para traduzir qualquer classe descrita na linguagem Modelica numa estrutura Modelica plana. Uma classe que deve ser simulada por si só é designada por modelo de simulação. A estrutura planar Modelica é também definida para casos diferentes dos modelos de simulação; incluindo funções (podem ser utilizadas para fornecer conteúdo algorítmico), pacotes (utilizados como mecanismo de estruturação) e modelos parciais (utilizados como modelos básicos).

Existem restrições semânticas específicas para um modelo de simulação, de forma a garantir que o modelo está completo; permitir que a sua estrutura plana Modelica seja transformada num conjunto de equações diferenciais, equações algébricas e discretas.

OpenModelica

É apresentada uma descrição sumária da linguagem Modelica.

- Linguagem declarativa estaticamente tipada.
 - As equações e funções matemáticas permitem a modelação causal.
 - Especificação de alto nível e verificação estática de tipos para maior correção.
- Modelação multidomínio.
 - Combina sistemas elétricos, mecânicos, termodinâmicos, hidráulicos, biológicos, de controlo, de eventos, de tempo real, etc.
- Tudo é uma classe.
 - Práticas de engenharia segura usando linguagem orientada a objectos estaticamente tipada, conceito geral de classe.
- Programação de componentes visuais.
 - Capacidades de arquitetura de sistemas hierárquicos.
- Eficiente, não proprietário.

O OpenModelica é constituído pelas seguintes ferramentas para aplicação geral na modelação de sistemas:

- Compilador interativo avançado (OMC) OpenModelica. É um compilador Modelica que traduz o Modelica para código C. É suportado por uma tabela de símbolos contendo definições de classes, funções e variáveis. O OMC inclui também um interpretador Modelica para uso interativo e avaliação contínua de expressões. O subsistema inclui também recursos para construir executáveis de simulação ligados a solucionadores numéricos ODE ou DAE selecionados [Fonte : Advanced Interactive OpenModelica Compiler (OMC)].
- OpenModelica Connection Editor (OMEdit): Uma interface gráfica de utilizador avançada, de código aberto e fácil de utilizar, que fornece aos utilizadores a criação de modelos fáceis de utilizar, edição de ligações, simulação de modelos e plotagem de resultados. O OMEdit comunica com o OMC através de uma API interativa, solicita informações do modelo e cria modelos/diagramas de ligação com base na versão padrão das anotações do Modelica. Desenvolvido com bibliotecas Qt e C++ [Fonte: OpenModelica Connection Editor (OMEdit)].

A linguagem Modelica promove a reutilização ordenada de modelos de componentes através de pacotes contendo bibliotecas estruturadas de modelos reutilizáveis. O exemplo mais proeminente é a Modelica Standard Library (MSL).

O OpenModelica permite a inclusão de dados externos carregando dados em formato de tabela a partir de um ficheiro externo fornecido, bem como aceder a ficheiros e caminhos através de scripts. Os caminhos do repositório podem ser acedidos para fins de modelação e simulação com dados atualizados.

Os resultados da simulação podem ser visualizados através de gráficos como o gráfico paramétrico, o gráfico de matriz e o gráfico paramétrico de matriz. Todas as variáveis guardadas podem ser apresentadas.

Por outro lado, é possível visualizar a geometria simulada. Ao disponibilizar um CAD, associado aos componentes abertos no OMEdit, pode ativar a simulação com animação (Simulação > Simular com Animação); O sinalizador +d=VISXML é incluído automaticamente, para que sejam gerados todos os resultados variáveis necessários para a animação.

Os ficheiros de saída podem ser gerados em diferentes formatos no momento da simulação, as variáveis selecionadas podem ser exportadas após a simulação ou as variáveis plotadas podem ser exportadas para um ficheiro. Os formatos de ficheiro comuns são MAT, CSV e PLT.

Dymola

O Dymola é uma ferramenta de software comercial de modelação e simulação concebida para modelar sistemas físicos complexos. Desenvolvido pela Dassault Systèmes, é frequentemente utilizado na área da engenharia e simulação de sistemas.

É apresentada uma breve descrição de Dymola:

- Suporte da linguagem Modelica: O Dymola baseia-se na linguagem de modelação Modelica, que é uma linguagem de padrão aberto concebida para modelar sistemas físicos complexos.
- Modelação multidomínio: o Dymola suporta a modelação e simulação de sistemas multidomínio, permitindo aos utilizadores integrar componentes de vários domínios de engenharia, como sistemas mecânicos, elétricos, térmicos e de controlo.
- Suporte Open Modelica: O Dymola suporta a plataforma de código aberto OpenModelica, facilitando a interoperabilidade entre diferentes ferramentas e ambientes de modelação que suportam a linguagem Modelica.
- Editor de modelos gráficos: O software inclui normalmente um editor gráfico que permite aos utilizadores criar modelos montando componentes graficamente. Isto torna-o fácil de usar para engenheiros e cientistas sem um amplo conhecimento de programação.
- Recursos de simulação: O Dymola fornece recursos avançados de simulação, permitindo aos utilizadores realizar simulações dinâmicas de sistemas complexos. Suporta simulações de tempo contínuo e eventos discretos, permitindo o estudo do comportamento do sistema ao longo do tempo.

- Bibliotecas de modelos: O Dymola vem normalmente com um conjunto rico de bibliotecas de modelos integradas contendo componentes e modelos predefinidos que representam vários sistemas físicos. Esta funcionalidade de biblioteca facilita a montagem de modelos complexos.
- Cosimulação e integração: O Dymola suporta a cosimulação, permitindo aos utilizadores combinar modelos de diferentes domínios ou ferramentas para uma análise mais abrangente ao nível do sistema. Também se integra com outras ferramentas de engenharia, como software CAD e ferramentas de otimização.
- Personalização e extensibilidade: os utilizadores podem estender a funcionalidade do Dymola criando bibliotecas, componentes ou funções personalizadas. Isto permite a personalização para atender a requisitos específicos de modelação e simulação.
- Otimização e estimação de parâmetros: O Dymola fornece ferramentas para a otimização e estimação de parâmetros, permitindo aos utilizadores refinar os parâmetros do modelo para melhor corresponder aos dados experimentais ou otimizar o desempenho do sistema.
- Simulação em tempo real: algumas versões do Dymola suportam a simulação em tempo real, o que o torna útil para aplicações em que a simulação deve ser executada em sincronia com processos do mundo real, como os testes de hardware-in-the-loop (HIL).

O Dymola suporta uma ampla variedade de bibliotecas que abrangem vários domínios, permitindo aos utilizadores modelar e simular sistemas complexos em diferentes setores. Aqui estão alguns exemplos:

- Biblioteca Padrão Modelica: O Dymola inclui normalmente a Biblioteca Padrão Modelica, que fornece um conjunto fundamental de componentes para a modelação de fenómenos físicos fundamentais. Esta biblioteca está normalizada em todos os ambientes de simulação compatíveis com o Modelica.
- Bibliotecas de sistemas mecânicos: o Dymola suporta frequentemente bibliotecas para a modelação de sistemas mecânicos, incluindo componentes como engrenagens, molas, amortecedores e outros elementos mecânicos.
- Bibliotecas elétricas: as bibliotecas para modelação de sistemas elétricos são comumente suportadas. Isto pode incluir componentes para resistências, condensadores, indutores, transformadores e muito mais.
- Bibliotecas térmicas: estão incluídas bibliotecas para sistemas térmicos, abrangendo componentes como permutadores de calor, tubos, válvulas e outros elementos relevantes para a modelação da transferência de calor e dinâmica térmica.

- Bibliotecas de sistemas de fluidos: o Dymola suporta normalmente bibliotecas para a modelação de sistemas de fluidos, abrangendo componentes como bombas, válvulas, tubos e elementos de fluxo de fluidos.
- Bibliotecas de sistemas de controlo: as bibliotecas para a modelação de sistemas de controlo estão geralmente disponíveis, permitindo aos utilizadores incluir controladores, sensores, atuadores e outros elementos nos seus modelos.
- Bibliotecas automóveis: O Dymola é comumente utilizado na indústria automóvel e pode incluir bibliotecas especializadas para a modelação da dinâmica de veículos, motores, transmissões e outros sistemas automóveis.
- Bibliotecas aeroespaciais: podem ser suportadas bibliotecas específicas da área aeroespacial, disponibilizando componentes para a modelação da dinâmica de aeronaves, sistemas de propulsão e outros sistemas relacionados com a área aeroespacial.
- Bibliotecas hidráulicas: as bibliotecas para sistemas hidráulicos são normalmente incluídas, fornecendo componentes como bombas, válvulas, cilindros e propriedades de fluidos hidráulicos.
- Bibliotecas de sistemas de energia: O Dymola pode suportar bibliotecas para a modelação de sistemas de energia, incluindo componentes para geradores, transformadores, linhas de transmissão e outros elementos.
- Bibliotecas de energia renovável: podem existir bibliotecas relacionadas com sistemas de energia renovável, como painéis solares, turbinas eólicas e componentes de armazenamento de energia.

O Dymola permite carregar e utilizar dados de diferentes formatos de ficheiro acedendo a servidores de dados.

O Dymola disponibiliza diversas ferramentas e funções para visualizar dados de simulação. Os utilizadores podem analisar e interpretar os resultados de simulação através de representações gráficas, gráficos e outras técnicas de visualização. Também pode ser integrado com outras ferramentas de visualização.

Os dados podem ser exportados a partir de simulações e até mesmo dados de entrada pós-processados para exportação ou reutilização numa simulação. São possíveis diferentes formatos de ficheiro, incluindo ficheiros .csv, ficheiros FMU e ficheiros MAT.

O Dymola é uma ferramenta de modelação e simulação baseada em desktop e não foi concebida como uma aplicação baseada na web.





3. ENTORNOS DE EJECUCIÓN

Python

Python é uma linguagem de programação versátil, acessível tanto para programadores experientes como para estudantes iniciantes. A sua adaptabilidade e desenvolvimento robusto tornam-no adequado para projetos de diversas escalas. Amplamente utilizado pela sua eficiência, o Python simplifica a depuração com as suas capacidades integradas, melhorando assim a produtividade e a eficiência do programador.

Desde 2014, o Python tem sido consistentemente classificado entre as principais linguagens de codificação e é amplamente utilizado em cursos de ciência da computação em universidades dos Estados Unidos. O domínio do Python tornou-se quase indispensável para obter diplomas que exigem conhecimentos de codificação ou ciência da computação, especialmente em áreas como a análise de dados. A sua prevalência nos programas académicos garante a sua relevância no mercado de trabalho de pós-graduação.

A ampla adoção do Python nas instituições de ensino garante o seu impacto duradouro nos alunos. Quer seja a sua primeira linguagem de programação ou uma adquirida numa instituição de nível superior, o Python tem um valor significativo devido à sua proeminência na educação de nível universitário. Mesmo que os alunos escolham cursos diferentes ou aprendam outras linguagens de programação, o Python é ainda muito considerado pela sua influência e utilidade em ambientes académicos e profissionais.

Comparação com Matlab

O Python oferece diversas vantagens aos programadores. Primeiro, é de livre acesso a qualquer pessoa, permitindo que pessoas motivadas o utilizem como desejarem. Além disso, o Python é conhecido pela sua simplicidade e legibilidade, o que facilita a aprendizagem e a tradução de ideias em código, em comparação com o Matlab. As extensas bibliotecas, listas e dicionários do Python facilitam a programação organizada, enquanto a sua estrutura modular permite um arranque rápido e uma fácil introspeção. A manipulação de strings também é simplificada em Python, o que contribui para a sua eficiência.

Além disso, a compatibilidade do Python entre diferentes sistemas, incluindo Windows, Linux e OSX, garante uma ampla acessibilidade. Os programadores podem definir funções e classes conforme necessário, e o Python fornece uma variedade de kits de ferramentas GUI para criar aplicações personalizadas. Ao contrário do Matlab, o código Python é mais compacto, legível e menos propenso a erros devido à sua estrutura de blocos baseada em recuo e sintaxe clara para indexação e funções.

O Python supera o Matlab em vários aspetos. Em particular, a indexação de base zero do Python alinha-se com a maioria das linguagens de programação, facilitando a tradução para os utilizadores. A Programação Orientada a Objectos (POO) do Python é mais simples quando comparada com o esquema complexo do Matlab. Além disso, a natureza de código aberto do Python incentiva as contribuições da comunidade e oferece uma gama mais ampla de pacotes gráficos e conjuntos de ferramentas, ao contrário do modelo de desenvolvimento fechado do Matlab. Além disso, a instrução `import` do Python não possui uma versão equivalente do Matlab, o que aumenta ainda mais a sua versatilidade e adaptabilidade.

Uma vantagem significativa é o foco especializado do Matlab na computação numérica e na análise técnica. O Matlab foi inicialmente desenvolvido como um pacote de manipulação de matrizes, o que o torna particularmente adequado para lidar com operações matemáticas e tarefas de análise de dados comuns em engenharia, física e outras disciplinas técnicas. Além disso, o Matlab disponibiliza um conjunto abrangente de ferramentas e bibliotecas especificamente adaptadas às necessidades dos engenheiros e cientistas. Estas ferramentas abrangem uma vasta gama de funcionalidades, incluindo o processamento de sinais, o processamento de imagens, o design e a otimização de sistemas de controlo, entre outras. Esta coleção abrangente de ferramentas simplifica o processo de desenvolvimento e permite aos utilizadores resolver problemas técnicos complexos de forma eficiente. Além disso, o Matlab oferece uma interface gráfica de utilizador (GUI) integrada que simplifica a visualização de dados, o desenvolvimento de aplicações e a exploração interativa de algoritmos. Esta GUI permite aos utilizadores criar gráficos interativos, projetar interfaces gráficas de utilizador para as suas aplicações e visualizar dados de forma clara e intuitiva, sem a necessidade de bibliotecas ou ferramentas externas adicionais. Além disso, o Matlab fornece um suporte técnico robusto através da sua extensa documentação, tutoriais, fóruns online e serviços de apoio ao cliente dedicados. Esta infraestrutura de suporte ajuda os utilizadores a solucionar problemas, a aprender novas funcionalidades e técnicas e a manter-se atualizados com os últimos desenvolvimentos no Matlab.

Por fim, o desempenho e a eficiência do Matlab em termos de execução em tempo de execução e utilização de recursos são notáveis. Para certos tipos de tarefas computacionais, o Matlab pode superar o Python e outras alternativas, especialmente quando se trata de cálculos numéricos de grande escala ou aplicações com tempo crítico.

Ambiente de co-simulação SIMULINK

Embora o Simulink seja utilizado principalmente para simulação autónoma, também pode ser empregue num ambiente de co-simulação, onde se integra com outras ferramentas de simulação ou plataformas de software para modelar sistemas complexos que abrangem vários domínios. Estes modelos podem ser de diferentes domínios ou disciplinas, como por exemplo, sistemas de controlo, sistemas mecânicos, sistemas elétricos, etc.

As interfaces são desenvolvidas para facilitar a comunicação entre o Simulink e outras ferramentas de simulação. Estas interfaces tratam da troca de dados, sincronização e coordenação entre diferentes ambientes de simulação.

A troca de dados entre o Simulink e outras ferramentas de simulação ocorre durante a simulação. Isto inclui a troca de sinais de entrada, parâmetros e variáveis de estado entre modelos em cada ambiente de simulação.

Durante a co-simulação, cada ferramenta de simulação executa os seus respectivos modelos enquanto troca dados com outras ferramentas. A simulação prossegue iterativamente, com cada ferramenta a avançar o tempo de simulação e a atualizar o seu estado com base nos dados recebidos de outras ferramentas.

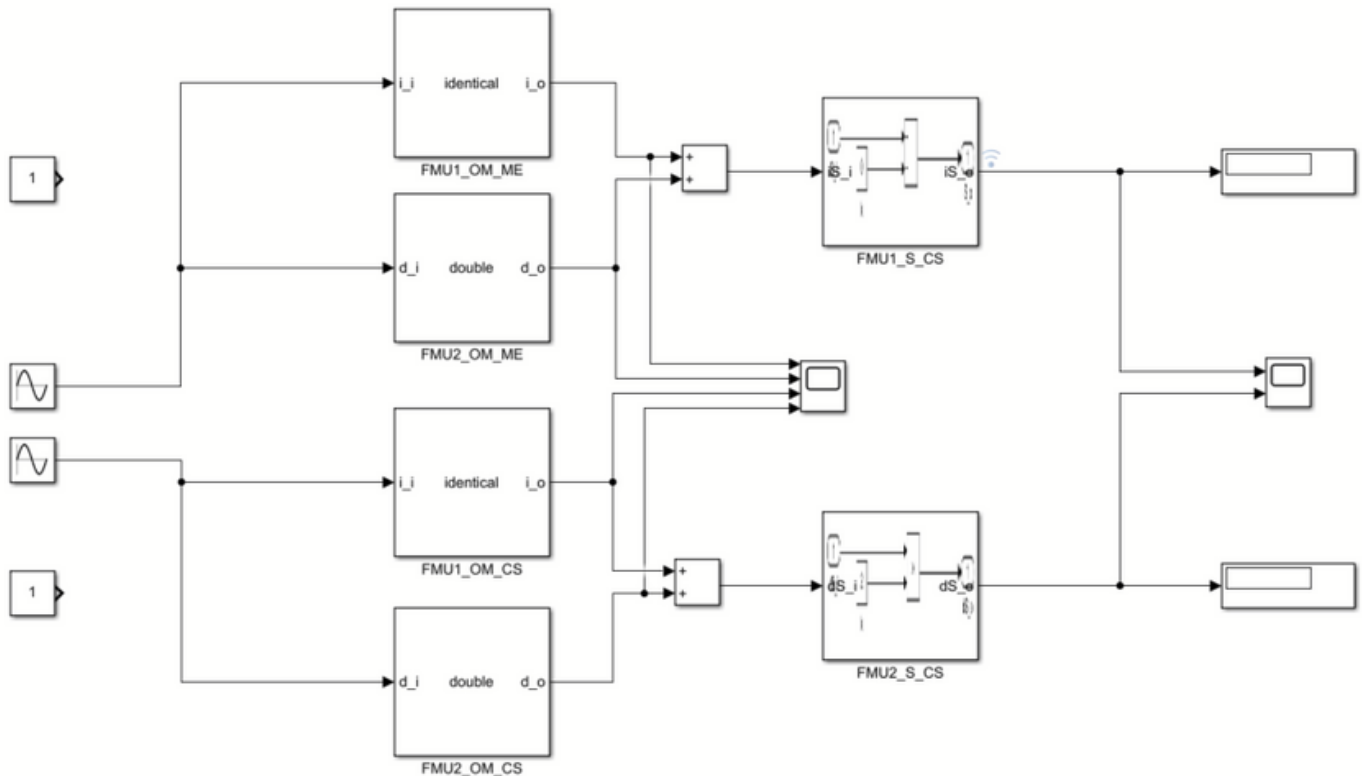
Os mecanismos de sincronização são empregues para garantir que os passos de tempo da simulação estão alinhados em todos os ambientes de simulação. Isto garante que os dados trocados entre as diferentes ferramentas são consistentes e precisos.

O controlo da simulação é normalmente gerido por um ambiente de simulação mestre ou coordenador. Este ambiente orquestra a execução de cada ferramenta de simulação, monitoriza o progresso da simulação e lida com erros ou exceções que possam ocorrer durante a co-simulação.

Em geral, a utilização do Simulink como ambiente de co-simulação permite aos utilizadores modelar e simular sistemas complexos que envolvem componentes de diferentes domínios ou disciplinas. Esta abordagem permite uma análise abrangente e uma otimização do desempenho do sistema em vários domínios.



```
src > Components > C3 > Index.js > ...
1  import {use} from "react"
2  import React useCallba... function React.useCallback extends...
3  import Theme useContext
4
5  function C3 useDebugValue
6  const the useEffect
7  return ( useImperativeHandle
8    < p>So useLayoutEffect
9    < p>En useMemo
10   < butt useReducer
11     Cli useRef
12   < /but useState
13   useLayoutEffect
14   useMemo
15   useReducer
16   useRef
17   useState
18   useContext
```



Padrões para execução em qualquer ambiente. Encapsulamento.

Os ambientes de desenvolvimento de modelos de simulação não são a opção mais flexível para a ligação ao PLC ou à cloud. Assim, é necessário executar os modelos em ambientes diferentes dos de desenvolvimento. Para tal, é muito útil poder encapsular os modelos em “blocos” fechados e independentes do ambiente de execução.

Análise de FMU, FME.

Na co-simulação, as Unidades Funcionais de Mockup (FMUs) são componentes de software que encapsulam modelos de simulação ou partes de modelos, permitindo a sua troca e integração com outras ferramentas de simulação. Assim sendo, uma FMU é uma representação empacotada de um modelo que inclui informação sobre a estrutura do modelo, variáveis e comportamento da simulação. Estas FMUs podem ser desenvolvidas em vários ambientes de modelação e simulação, como o Amesim, Modelica, Simulink ou Dymola.

O Amesim pode exportar FMUs para cosimulação e troca de modelos. As FMUs de cosimulação contêm o seu próprio solucionador e comunicam com o algoritmo mestre em pontos de comunicação discretos, enquanto as FMUs de troca de modelos dependem do solucionador do algoritmo mestre e comunicam em cada etapa de integração. O Amesim pode importar FMUs de outras ferramentas e utilizá-las como submodelos numa simulação de sistema maior, bem como manipular diferentes versões e plataformas de FMU. Existe uma interface gráfica para criar e exportar FMUs no Simcenter Amesim. Por fim, o Amesim pode validar a ligação correta de várias FMUs utilizando o FMU Compliance Checker.

SO Simulink tem um bloco de importação de FMU integrado, que suporta a troca de modelos e FMUs de cosimulação. O bloco Importar FMU seleciona automaticamente o modo FMU com base na FMU existente que pretende importar. Permite também ajustar parâmetros, guardar estados e avançar e recuar na simulação, desde que a própria FMU suporte estas funções. O bloco de importação da FMU pode gerar um relatório de conectividade para qualquer troca de modelo ou FMU de cosimulação.

No caso da Modelica, o padrão do FMI é independente. O OpenModelica suporta a exportação de FMU de acordo com o FMI 1.0 e FMI 2.0 para FMUs de troca de modelos e FMI 2.0 para FMUs de co-simulação. Além disso, suporta a importação de FMUs compatíveis com FMI 1.0 e 2.0 para troca de modelos e FMI 1.0 autónomo para cosimulação. Quando se pretende uma simulação de uma única FMU autónoma ou uma ligação de várias FMUs, a ferramenta recomendada é o OMSimulator.

A Dymola também suporta o padrão Functional Mock-up Interface (FMI). Veja como funciona o Dymola com a norma FMI:

- Exportação de modelos como FMUs: O Dymola permite aos utilizadores exportar modelos como Unidades Funcionais de Maquete (FMUs) de acordo com a norma FMI.
- Versões do FMI: O Dymola suporta diversas versões da norma FMI, incluindo o FMI 1.0 e o FMI 2.0. Os utilizadores podem escolher a versão adequada do FMI com base nos seus requisitos e nas características da ferramenta de simulação de destino.
- Estrutura e variáveis do modelo: Ao exportar um modelo como uma FMU, o Dymola inclui informação sobre a estrutura do modelo, as variáveis e as suas dependências. Esta informação é essencial para que o ambiente de cosimulação interprete e execute corretamente o modelo.
- Troca de modelos e cosimulação: O Dymola suporta os modos de troca de modelos e cosimulação definidos pela norma FMI. As FMUs de troca de modelos encapsulam todo o comportamento do modelo, enquanto as FMUs de cosimulação proporcionam uma abordagem mais modular e dinâmica, permitindo a interação com ambientes externos.
- Parametrização e inicialização: O Dymola permite aos utilizadores parametrizar FMUs durante a exportação, permitindo a criação de FMUs reutilizáveis com parâmetros configuráveis. Além disso, o Dymola fornece mecanismos para especificar condições iniciais para garantir a inicialização adequada em cenários de cosimulação.
- Exportação e importação de FMUs: depois de um modelo ser exportado como uma FMU do Dymola, o ficheiro FMU resultante pode ser utilizado noutras ferramentas de simulação que suportem a norma FMI. Em contraste, o Dymola pode importar FMUs criadas por outras ferramentas para análise posterior ou co-simulação.

- Mapeamento de variáveis da FMU: o Dymola fornece mecanismos para mapear variáveis entre o modelo Dymola e a FMU, facilitando a troca de dados entre o ambiente Dymola e ferramentas de cosimulação externas.
- Configurações de simulação da FMU: os utilizadores podem configurar vários parâmetros e opções de simulação ao exportar modelos como FMU, incluindo a escolha das configurações do solucionador e outras configurações relacionadas com a simulação..
- Documentação e suporte: a Dymola fornece documentação e suporte para trabalhar com FMU, incluindo orientações sobre como exportar modelos como FMUs, configurar definições de exportação e integrar FMUs em cenários de cosimulação.



4. ALMACENAMIENTO

Registar dados reais adquiridos a partir de sensores e dados de simulação é essencial para gerar um conjunto de dados históricos valioso para diferentes análises (o que aconteceu? O que acontecerá?). O seu armazenamento em bases de dados acessíveis para aplicação de técnicas de análise de dados é importante. Assim, é necessário definir qual o tipo de armazenamento mais adequado dependendo dos tipos de dados a armazenar. Também é necessário.

Data Lake

O Data Lake é um repositório que armazena dados brutos e não processados de diferentes tipos:

- Dados estruturados: armazenados numa base de dados relacional, como o MySQL, MariaDB, PostgreSQL, Microsoft SQL Server.
- Dados não estruturados: imagens ou vídeos, textos, manuais, documentos técnicos em PDF.
- Dados semiestruturados: dados sem esquema fixo, mas com tags, por exemplo, dados em formato JSON, XML.

O Data Lake seria composto por diferentes bases de dados, otimizadas para armazenar um tipo específico de dados.

No caso particular do armazenamento de resultados de simulação, são dados estruturados, uma vez que cada uma das variáveis do sistema, tanto entradas como saídas, são definidas nos modelos de simulação. Os resultados da simulação têm também associado um registo de data e hora, pelo que cada variável pode ser considerada como uma série temporal. Existem bases de dados otimizadas para serem eficientes tanto em espaço de armazenamento como em velocidade de leitura e escrita ao armazenar séries temporais, como o InfluxDB.

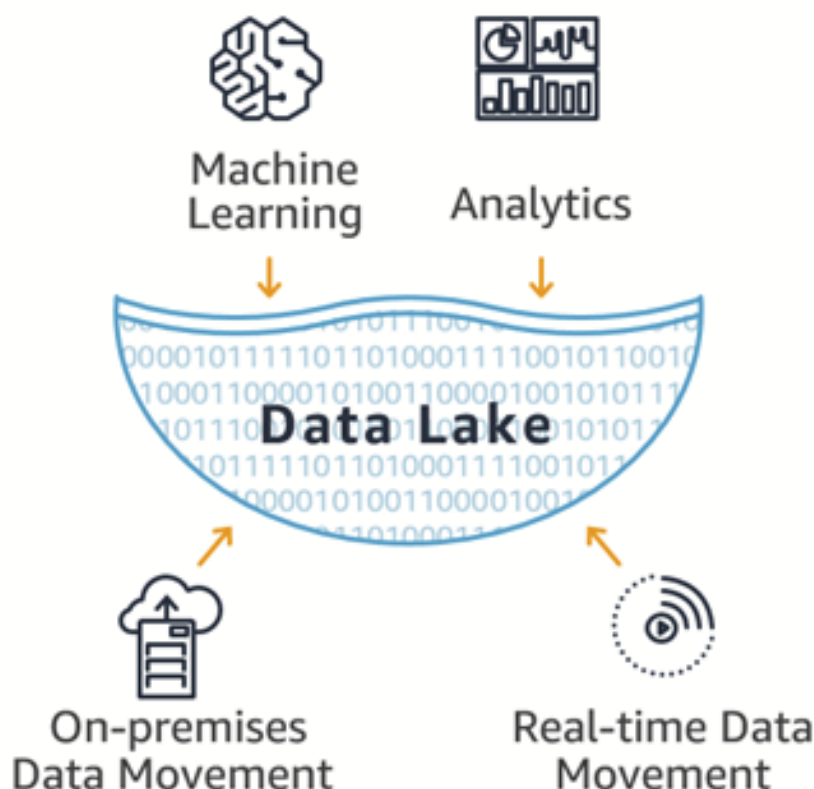


Ilustración . Esquema de un proceso ETL

Consumidores

Os consumidores do Data Lake são as aplicações que irão consultar os dados armazenados. Por exemplo, um modelo de aprendizagem automática pode extrair um grande volume de dados para utilizar como um conjunto de treino consultando o Data Lake ou consultando os dados mais recentes em tempo real que podem servir de entrada para o modelo. O processo de extração de dados para criar um conjunto de treino não é simples, mas quando os dados estão no Data Lake, pode ser automatizado.

Outro exemplo de um consumidor de dados seria uma aplicação com painéis para visualizar dados de simulação. Estes painéis seriam responsáveis por consultar os dados armazenados e exibi-los em gráficos.

A arquitetura do modelo de simulação desempenha um papel fundamental na determinação da eficiência, escalabilidade e precisão das simulações em vários domínios. A arquitetura apropriada depende de fatores como a complexidade do sistema, os requisitos em tempo real, a integração de dados e as necessidades computacionais.

Analítica (Big data, ML/DL)

O componente analítico de um gémeo digital depende de tecnologias de Big Data e de algoritmos de aprendizagem automática (ML) e de aprendizagem profunda (DL) para recolher, processar e analisar grandes volumes de dados. Estas tecnologias permitem transformar dados em informações práticas e precisas, essenciais para uma tomada de decisão informada.

No contexto do Big Data, os “8 Vs” (volume, variedade, velocidade, veracidade, variabilidade, validação, valor e visualização) resumem os desafios e as oportunidades na gestão de dados. O volume refere-se à quantidade de dados gerados por diferentes fontes, enquanto a variedade abrange os diferentes tipos e formatos de dados. A velocidade destaca a rapidez com que os dados são gerados e processados, e a veracidade avalia a sua qualidade e precisão. A variabilidade reflete alterações constantes nos dados, a validação garante a sua adequação e precisão, o valor representa a utilidade extraída desses dados e a visualização facilita a interpretação de grandes conjuntos de informação.

Ao integrar ML e DL, os gémeos digitais podem automatizar tarefas e executar análises avançadas. Estas tecnologias permitem aplicações como o reconhecimento de padrões, previsão de tendências, deteção de anomalias, otimização de processos em tempo real, processamento de linguagem natural e segmentação de clientes. A sinergia entre os “8 Vs” e estas ferramentas permite que os gémeos digitais sejam soluções robustas e adaptáveis para lidar com a complexidade e a escala dos dados no contexto atual.

Tecnologías Big Data

Para fazer face aos desafios associados ao Big Data, várias ferramentas desempenham um papel crucial:

O Hadoop é amplamente utilizado para armazenamento distribuído e processamento de grandes quantidades de dados. Esta abordagem é essencial para ultrapassar as limitações das arquiteturas centralizadas em termos de eficiência, tempo e custos. O Spark, por sua vez, oferece um ambiente poderoso para análise, suportando SQL, processamento em tempo real e machine learning. Utiliza um modelo de programação na memória que melhora significativamente o desempenho ao minimizar as operações de leitura e escrita em disco. Por fim, o Kafka é um sistema de mensagens concebido para ser escalável, rápido, fiável e durável. Este sistema é capaz de gerir grandes volumes de dados em tempo real, com uma arquitetura distribuída que garante o balanceamento de carga e a tolerância a falhas.

Em conjunto, estas tecnologias transformam grandes volumes de dados em informação útil, ajudando as organizações e os investigadores a obter insights relevantes para a tomada de decisões.

Machine Learning

Os modelos de aprendizagem automática desempenham um papel fundamental na análise e exploração de big data. Estes algoritmos são concebidos para extrair informação, prever tendências e otimizar operações com base em padrões previamente identificados nos dados. Em aplicações como os gémeos digitais, os modelos de ML são essenciais para simular o comportamento de sistemas físicos, prever falhas e melhorar a eficiência dos recursos.

	Regression	Classification	Clustering	Type
Linear Regression	X			Supervised Learning
Logistic Regression	X			Supervised Learning
Naive Bayes		X		Supervised Learning
Decision trees	X	X		Supervised Learning
K-Means			X	Unsupervised Learning
K-nearest neighbor (KNN)	X	X		Unsupervised Learning
Support Vector Machine (SVM)		X		Unsupervised Learning
DBSCAN (Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise)			X	Unsupervised Learning

Modelos de machine learning (ML)

Os modelos variam consoante o tipo de problema a resolver. A tabela acima mostra exemplos de algoritmos categorizados pelas técnicas e tipo de aprendizagem que utilizam.

Deep Learning

O Deep Learning (DL), um subcampo do Machine Learning, destaca-se pela utilização de redes neuronais profundas, compostas por múltiplas camadas interligadas. Estas redes têm a capacidade de aprender representações complexas de dados de forma hierárquica, permitindo-lhes resolver problemas como o reconhecimento de imagens, a tradução automática e a previsão de séries temporais.

Ao contrário das abordagens tradicionais que dependem da engenharia manual de características, o DL automatiza este processo identificando padrões ocultos diretamente nos dados brutos. Apesar de exigir infraestruturas de computação robustas e grandes volumes de dados, a DL continua a revolucionar áreas como a visão computacional e a robótica, graças à sua capacidade de generalizar e obter precisão em tarefas complexas.

Sistemas de Base de Dados para Big Data

Os sistemas de base de dados desempenham um papel central na gestão de grandes volumes de dados. Soluções como o Cassandra e o MongoDB destacam-se pela sua flexibilidade e escalabilidade, sendo especialmente úteis em ambientes que exijam processamento distribuído. Estas bases de dados NoSQL oferecem vantagens como o manuseamento ágil de dados, a adaptação a alterações frequentes na estrutura de dados e tempos de resposta rápidos em cenários de elevada procura. Embora as bases de dados relacionais sejam indispensáveis em contextos que exigem uma consistência rigorosa, as soluções NoSQL têm ganho popularidade pela sua capacidade de lidar com a diversidade e o volume de dados modernos.



5. CIBERSEGURIDAD

As aplicações gémeas digitais apresentam desafios de cibersegurança devido à sua dependência de dispositivos de IoT, computação em nuvem ou IA.

É por isso que a integridade e a autenticidade dos dados devem ser garantidas quando se trabalha com dados de sensores em tempo real. Deve ser considerada a possibilidade de ataques MitM (Man in the middle) que possam manipular as comunicações entre o sistema físico e o sistema virtual.

A gestão de acesso é essencial para minimizar os ataques. Podem existir múltiplos acessos ao gémeo digital (operadores, fabricantes, terceiros, etc.), mas cada um deles deve fazê-lo com um papel diferente e com as devidas restrições para que o controlo de acessos seja rigoroso. Os métodos de autenticação desempenham um papel importante nestes casos.

Deve ser dada especial atenção à segurança dos dispositivos IoT que fazem parte do twin, pois geralmente não possuem encriptação e são o ponto mais vulnerável do sistema.

Hoje em dia, as implementações na cloud são cada vez mais seguras, minimizando a vulnerabilidade das APIs, configurações de armazenamento incorretas, etc. Estas plataformas têm os seus próprios sistemas de segurança que previnem as habituais ameaças à segurança dos dados, etc.

No entanto, os níveis de segurança podem ser aumentados através da aplicação de um conjunto de boas práticas:

- **Comunicação segura e encriptação**

A encriptação de ponta a ponta (TLS 1.3, AES-256) pode ser utilizada para dados em trânsito e em repouso. Bem como APIs seguras com OAuth 2.0 e JWT para realizar autenticação. Além disso, é possível implementar o que é conhecido como Arquitetura de Confiança Zero (ZTA), onde o acesso é verificado continuamente, assumindo que não existe confiança inerente.

- **Gestão de Identidade e Acesso (IAM)**

A autenticação multifator (MFA) pode ser aplicada a todos os pontos de acesso no gémeo digital. O controlo de acesso baseado em funções (RBAC) e o princípio do menor privilégio (PoLP) são ferramentas eficazes para a gestão de acessos.

- **Deteção e monitorização de ameaças**

Os sistemas de deteção de intrusão (IDS) podem ser implementados para monitorizar anomalias de rede. E utilize ferramentas SIEM (gestão de informação de segurança e eventos) para alertas em tempo real.

- **Desenvolvimento e implementação seguros de gémeos digitais**

Uma boa prática é auditar e corrigir vulnerabilidades de software e firmware regularmente. Ou encapsule modelos ou aplicações em contentores (por exemplo, Docker, Kubernetes) com controlos de acesso rigorosos.

- **Integridade dos dados e segurança da IA**

A integridade dos dados deve ser garantida e pode ser alcançada através de Blockchain ou com assinaturas digitais para verificar a autenticidade das fontes de dados. Também é importante ter conjuntos de dados de treino robustos e deteção de anomalias.





**IoT: dados, sensores,
protocolos de
comunicação**

3





Formato dos dados

A escolha do formato de dados para a aquisição de sensores depende de vários fatores, incluindo o tipo de sensor, a natureza dos dados, a compatibilidade com os sistemas existentes e a facilidade de processamento. Alguns formatos de dados comuns utilizados para a aquisição de sensores podem ser:

I. CSV (valores separados por vírgula):

Um formato baseado em texto simples e amplamente utilizado, onde cada linha representa um registo de dados e os valores são separados por vírgulas. O CSV é fácil de ler e pode ser aberto com software de folhas de cálculo comuns.

II. JSON (JavaScript Object Notação):

Um formato de troca de dados leve e legível. O JSON é frequentemente utilizado para dados estruturados e é facilmente analisado com diversas linguagens de programação. Suporta estruturas aninhadas e é adequado para representar dados complexos de sensores.

III. XML (Linguagem de Marcação Extensível):

Outro formato baseado em texto que permite a representação de dados hierárquicos e estruturados. O XML é mais detalhado quando comparado com o JSON, mas ainda é muito utilizado, especialmente em determinados setores e aplicações.

IV. Formatos binários (por exemplo, Protocol Buffers, Avro):

Os formatos binários são mais compactos e eficientes para grandes conjuntos de dados, em comparação com os formatos baseados em texto. O Protocol Buffers e o Avro são exemplos de formatos de serialização binária que oferecem eficiência e velocidade.

V. HDF5 (Formato de Dados Hierárquicos versão 5):

Um formato de ficheiro e um conjunto de ferramentas para gerir dados complexos. O HDF5 é particularmente útil para armazenar grandes conjuntos de dados com vários tipos de dados e hierarquias. É comumente utilizado em aplicações científicas e de engenharia.

VI. Filas de mensagens (por exemplo, MQTT, Apache Kafka):

Para dados de sensores em tempo real ou de streaming, podem ser utilizados protocolos de enfileiramento de mensagens como o MQTT ou o Apache Kafka. Estes protocolos permitem uma comunicação eficiente entre sensores e consumidores de dados e suportam vários formatos de dados.

VII. Parquet:

Um formato de armazenamento em colunas altamente eficiente para grandes conjuntos de dados. O Parquet é frequentemente utilizado em estruturas de processamento de big data, como o Apache Spark e o Apache Hive.

VIII. Protocolos de sensores binários (por exemplo, Modbus, OPC-UA):

Dependendo do tipo de sensores e dos protocolos de comunicação que suportam, podem ser utilizados protocolos de sensores binários, como o Modbus ou o OPC-UA, para uma troca de dados eficiente e padronizada.

IX. Formatos de base de dados (por exemplo, SQL, NoSQL):

Armazenar dados de sensores em bases de dados, sejam elas relacionais (SQL) ou não relacionais (NoSQL), é comum. A escolha depende dos requisitos específicos da aplicação, das necessidades de escalabilidade e da complexidade dos dados.

X. Formatos binários personalizados:

Em alguns casos, os formatos binários personalizados são concebidos para satisfazer necessidades específicas, otimizando o tamanho dos dados, a velocidade ou outros requisitos específicos da aplicação.

XI. PASSO (ISO 10303):

STEP, que significa Standard for Product Model Data Exchange, é uma norma internacional para representação e troca de dados de produtos. A norma é desenvolvida e mantida pela Organização Internacional de Normalização (ISO) e pela Comissão Eletrotécnica Internacional (IEC). O STEP é amplamente utilizado nas indústrias de fabrico e engenharia para facilitar a interoperabilidade de sistemas de desenho assistido por computador (CAD), engenharia assistida por computador (CAE) e fabrico assistido por computador (CAM). Este formato é essencial para o processo de simulação e gestão de dados (SPDM) e gestão do ciclo de vida do produto (PLM).

Ao seleccionar um formato de dados, é essencial considerar fatores como o tamanho dos dados, a facilidade de integração, a interoperabilidade e as ferramentas e plataformas utilizadas para a análise e processamento de dados na sua aplicação específica. Além disso, deve ser considerada a conformidade com as normas da indústria e a interoperabilidade com os sistemas existentes.



Requisitos de aquisição

A taxa de aquisição do sensor refere-se à frequência com que um sensor recolhe dados durante um determinado período de tempo. A taxa de amostragem apropriada do sensor depende de vários fatores relacionados com a aplicação específica e as características do fenómeno que está a ser medido. Algumas considerações para determinar a frequência de aquisição do sensor podem ser:

- **Frequência de amostragem**

A taxa de aquisição do sensor refere-se à frequência com que um sensor recolhe dados durante um determinado período de tempo. A taxa de amostragem apropriada do sensor depende de vários fatores relacionados com a aplicação específica e as características do fenómeno que está a ser medido. Algumas considerações para determinar a frequência de aquisição do sensor podem ser:

- **Natureza do fenómeno:**

É necessário considerar a dinâmica e as características do fenómeno que se está a medir. Os fenómenos que mudam ou flutuam rapidamente podem exigir taxas de amostragem mais elevadas para captar detalhes importantes. Para resolver isto, um critério poderia ser o teorema de amostragem de Nyquist-Shannon, que afirma que a taxa de amostragem deve ser pelo menos duas vezes a componente de frequência mais alta do sinal para evitar o aliasing.

- **Faixa de amplitude**

Outra variável que influencia a seleção de um sensor são as gamas de amplitude. Esta gama de amplitude num sensor refere-se à gama de valores que o sensor é capaz de medir. Representa o intervalo entre os valores mínimo e máximo que o sensor pode detetar ou medir com precisão. Este intervalo é normalmente especificado na folha de dados ou nas especificações técnicas do sensor e é um parâmetro importante para compreender as capacidades e limitações do sensor.

É essencial escolher um sensor com uma gama de abrangência que seja adequada aos requisitos específicos do equipamento. Se o sensor for exposto a valores que excedam a sua gama especificada, poderá fornecer medições imprecisas ou não fiáveis.

Para obter detalhes específicos sobre a gama de amplitude de um sensor, é recomendável consultar a folha de dados do sensor ou a documentação técnica fornecida pelo fabricante. A folha de dados inclui normalmente informações sobre a gama de funcionamento do sensor, sensibilidade e outras características de desempenho. Uma má seleção pode resultar na incapacidade de captar os fenómenos.

- **Requisitos de largura de banda:**

Avalie a largura de banda do sinal de interesse. Se o fenómeno tiver uma ampla gama de frequências, será necessária uma taxa de amostragem mais elevada para representar fielmente o sinal sem aliasing.

- **Armazenamento e transmissão de dados:**

A capacidade de armazenamento e transmissão de dados necessita de ser considerada. Taxas de amostragem mais elevadas geram mais dados, o que pode representar desafios para o armazenamento, processamento e transmissão, especialmente em navios que são ambientes com recursos limitados.

- **Requisitos em tempo real:**

É necessário determinar se é necessária monitorização ou controlo em tempo real. Algumas aplicações, como os sistemas de controlo por feedback, podem exigir uma elevada taxa de amostragem para responder rapidamente a alterações no ambiente.

- **Filtragem e processamento de sinal:**

Em alguns casos, taxas de amostragem mais baixas combinadas com um processamento de sinal apropriado podem ser suficientes para extrair informação relevante. Assim sendo, as técnicas de filtragem e processamento de sinal devem estar disponíveis para alguns modelos. Neste caso, temos de considerar a gestão de dados como uma combinação de duas fontes diferentes (gestão de conjuntos de dados híbridos).



Sensorização de equipamentos

Os navios modernos estão equipados com sistemas de monitorização avançados que rastreiam continuamente uma vasta gama de parâmetros operacionais. Para os equipamentos elétricos, as principais medições incluem a tensão, a corrente e a potência, que ajudam a garantir que os sistemas elétricos estão a funcionar dentro de limites seguros e eficientes.

Para equipamentos que operam com fluidos ou gases, os sensores monitorizam o fluxo e a pressão, fornecendo dados cruciais que ajudam a manter o funcionamento adequado de sistemas como o fornecimento de combustível, arrefecimento e operações hidráulicas. Esta monitorização garante que o equipamento opera dentro dos parâmetros desejados, evitando possíveis problemas como fugas ou quedas de pressão que possam comprometer o desempenho.

As máquinas rotativas, como bombas e motores, são monitorizadas através das suas rotações, potência e binário. Estas medições são essenciais para avaliar a eficiência e a saúde mecânica das máquinas. Por exemplo, variações no binário ou nas rotações podem indicar possíveis problemas mecânicos, como desgaste ou desalinhamento, que podem ser resolvidos proactivamente antes de se tornarem problemas mais significativos.

É claro que um único equipamento pode apresentar uma combinação das características acima referidas. Por exemplo, uma bomba pode ser equipada com sensores que monitorizam o seu consumo de energia elétrica, caudal, pressão, bem como as suas rotações e binário. Ao agregar e analisar estes dados abrangentes, os operadores de navios podem melhorar o desempenho dos seus equipamentos, otimizar a eficiência energética e garantir a fiabilidade e a segurança dos sistemas dos navios.

Esta abordagem holística à monitorização é possível através da integração de sensores, atuadores e software de controlo, facilitando a recolha de dados em tempo real, a análise e a operação remota da ponte ou da sala de controlo. Além disso, esta infraestrutura de monitorização detalhada serve como uma base sólida para a implementação de um twin digital, uma réplica virtual dos sistemas do navio. Um gémeo digital pode ser utilizado para monitorização, controlo e manutenção de equipamentos sem a necessidade de instalar novos sensores. Ao aproveitar os dados existentes, um gémeo digital pode simular diferentes cenários, prever as necessidades de manutenção e otimizar as operações, melhorando ainda mais a eficiência e a segurança das operações marítimas.



Protocolos de comunicação: sensores - dispositivos IoT, dispositivos - cloud

Quando se trabalha com dados de sensores em tempo real ou de streaming, é essencial utilizar os protocolos apropriados para uma comunicação de dados eficiente e fiável. Abaixo estão alguns protocolos comuns utilizados para gerir dados de sensores em tempo real ou de streaming:

1.MQTT (Transporte de Telemetria de Enfileiramento de Mensagens):

O MQTT é um protocolo de mensagens leve e eficiente, concebido para redes de baixa largura de banda, alta latência ou não fiáveis. É amplamente utilizado na Internet das Coisas (IoT) para comunicação em tempo real entre sensores e aplicações. O MQTT é um protocolo standard ISO amplamente adotado para a IoT. É um protocolo de mensagens extremamente simples e leve, ideal para redes limitadas. Estas características tornam-no uma boa escolha para recolher dados de navios de vários sensores, integrar dados de navios com sistemas de logística, manutenção e cadeia de abastecimento em terra, gerar alertas e notificações e alimentar sistemas de análise de dados. A capacidade do MQTT para lidar com ligações de rede intermitentes ou instáveis é inestimável para manter a comunicação e a troca de dados em condições marítimas desafiantes.

2. WebSocket:

O WebSocket é um protocolo de comunicação que fornece canais de comunicação full-duplex numa única ligação de longa duração. É comumente utilizado para aplicações web em tempo real, incluindo as que envolvem a transmissão de dados de sensores.

3.º CoAP (Protocolo de Aplicação Restrita):

O CoAP é um protocolo concebido para dispositivos e redes com recursos limitados, o que o torna adequado para aplicações IoT. É um protocolo leve que pode ser utilizado para comunicação em tempo real entre sensores e servidores.

4. AMQP (Protocolo Avançado de Enfileiramento de Mensagens):

O AMQP é um protocolo de mensagens que permite a comunicação entre diferentes componentes num sistema distribuído. Suporta mensagens assíncronas e é adequado para a troca de dados em tempo real em várias aplicações.

5. HTTP/2 e HTTP/3:

As versões mais recentes do protocolo HTTP, HTTP/2 e HTTP/3, introduzem melhorias em termos de desempenho e suporte para comunicação em tempo real. Permitem a multiplexação, o que reduz a latência e melhora a eficiência.

6. DDS (Serviço de Distribuição de Dados):

O DDS é um protocolo de middleware concebido para sistemas de missão crítica e de tempo real. Fornece um modelo de publicação-subscrição para distribuir e subscrever fluxos de dados de forma escalável e fiável.

7. RTP (Protocolo de Transporte em Tempo Real):

O RTP é um protocolo utilizado para fornecer áudio e vídeo em redes IP. É normalmente utilizado em aplicações em tempo real que exigem a entrega atempada de dados de sensores, como streaming de vídeo ou VoIP.

8.º Protocolo Kafka:

O Apache Kafka é uma plataforma de streaming distribuída e tem o seu próprio protocolo de comunicação. O Kafka é amplamente utilizado para criar aplicações de streaming e pipelines de dados em tempo real.

9. STOMP (Simple Text Oriented Message Protocol):

O STOMP é um protocolo de mensagens simples, concebido para middleware orientado a mensagens. Pode ser utilizado para comunicação em tempo real entre sensores e aplicações, fornecendo um formato baseado em texto para troca de mensagens.

10. AMT (Asynchronous Management Protocol):

O AMT foi concebido para comunicação em tempo real em sistemas de automação industrial. Suporta modelos de comunicação pedido-resposta e publicação-subscrição.

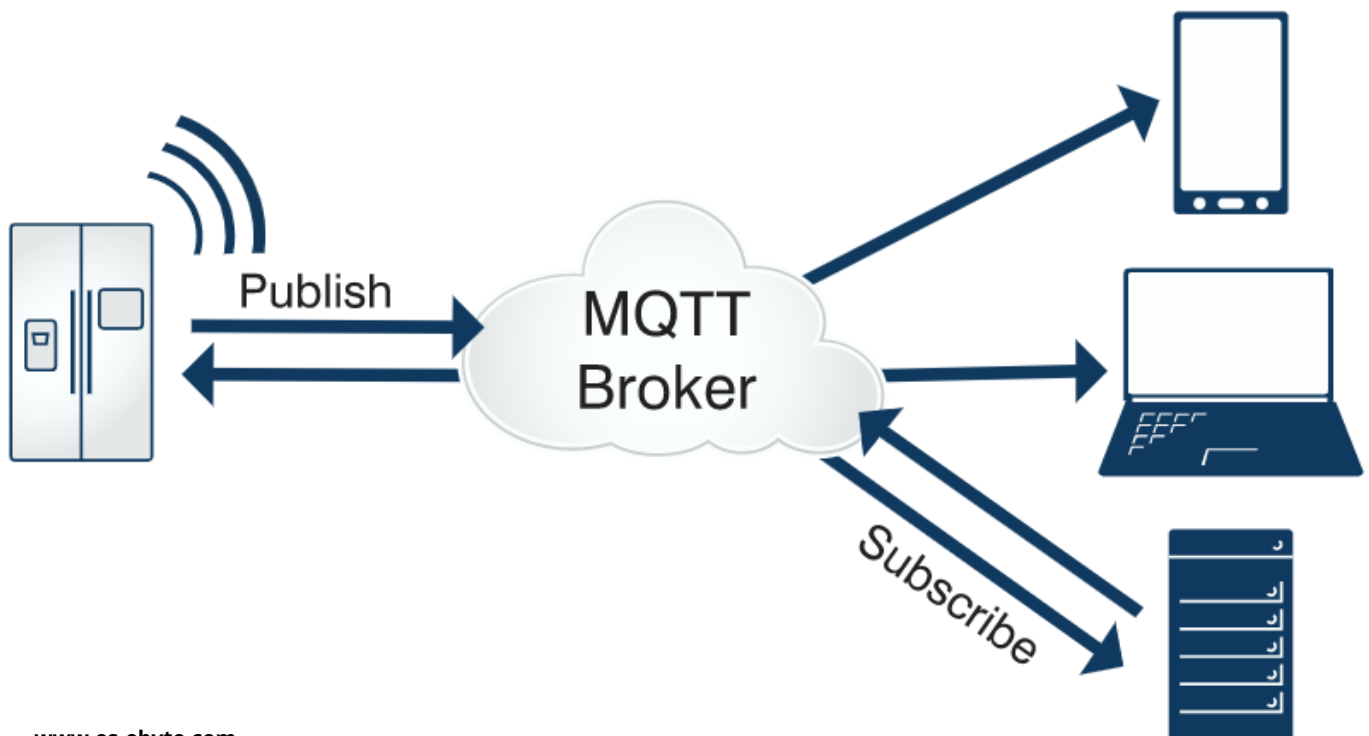
11. XMPP (Protocolo de Presença e Mensagens Extensíveis):

O XMPP é um protocolo para comunicação em tempo real que está frequentemente associado a aplicações de mensagens instantâneas. Pode ser adaptado para utilização em cenários que exijam a partilha de dados de sensores em tempo real.

12. OPC UA (Unified Architecture):

O OPC UA é uma norma para comunicação industrial e interoperabilidade. É amplamente utilizado em automação industrial para troca de dados em tempo real entre sensores e sistemas de controlo. Este protocolo suporta uma grande variedade de tipos e estruturas de dados, incluindo estruturas hierárquicas, arrays e tipos definidos pelo utilizador. Isto permite uma fácil integração com diferentes dispositivos e sistemas e de diferentes fabricantes. O OPC UA suporta a comunicação em tempo real, o que é essencial em aplicações que exigem tempos de resposta rápidos. A troca de dados, incluindo multicast e processamento em batch, é feita dentro do protocolo.

Ao seleccionar um protocolo para dados de sensores em tempo real ou de streaming, devem ser considerados fatores como latência, fiabilidade, eficiência de largura de banda e requisitos específicos do sistema. Além disso, o protocolo escolhido deve estar alinhado com as capacidades dos sensores e as capacidades de processamento dos modelos de simulação utilizados.





Desenvolvimento de modelos de simulação

4



O modelo de simulação pode ser abordado de diferentes formas, dependendo dos requisitos do elemento físico ou sistema e dos resultados esperados. Isto permite-lhe escolher diferentes graus de simulação. Uma simulação de alto nível significa desenvolver uma simulação com um elevado grau de abstração, deixando de fora muitos detalhes e focando-se nas tendências gerais. Enquanto as simulações de nível inferior se concentram em interações detalhadas.

Uma simulação de alto nível pode ser rentável se estivermos interessados em resultados gerais, padrões ou dinâmicas gerais em vez de componentes individuais detalhados. As simulações de alto nível geralmente simplificam ou adicionam detalhes de baixo nível para modelar sistemas complexos de uma forma computacionalmente mais eficiente. São utilizados em diversos campos, como modelos climáticos ou económicos, para compreender tendências, comportamentos ou sistemas de grande escala. As simulações militares e estratégicas utilizam frequentemente modelos de alto nível para simular o resultado de batalhas, guerras ou decisões estratégicas de grande escala, utilizando jogos de guerra para simular o movimento de unidades inteiras, como batalhões ou frotas, em vez de soldados ou veículos individuais. O foco está nas estratégias gerais, alocação de recursos e logística, e não nos detalhes dos envolvimento ou táticas individuais.

As simulações de alto nível ajudam os projetistas de navios a avaliar o desempenho global de uma embarcação, concentrando-se nos resultados globais em vez de interações detalhadas ao nível dos componentes. Em vez de modelar cada interação do fluido com o casco a nível molecular, as simulações de alto nível analisam a resistência global e o arrasto que um navio experimenta à medida que se move na água. Estas simulações avaliam a eficiência de diferentes formatos e tamanhos de casco, avaliando métricas como o consumo de combustível, a velocidade e a estabilidade.

Este grau de simulação pode ser útil para modelar o consumo geral de combustível e os níveis de emissões do navio sob diferentes condições de operação, incluindo velocidades de cruzeiro, carga e estados do mar. Ao mesmo nível, esta simulação pode ser combinada com outro modelo de alto nível para simular as rotas dos navios. A otimização das rotas dos navios pode ajudar a reduzir o tempo de viagem e a utilização de combustível ao identificar as rotas mais eficientes através dos oceanos, tendo em conta as variações sazonais e os fatores ambientais. Ao mesmo tempo, as simulações de alto nível podem avaliar como diferentes condições meteorológicas, como tempestades, ventos fortes ou mar agitado, afetam a viagem de um navio. Estas simulações agregam dados meteorológicos e prevêem o impacto no consumo de combustível, velocidade e segurança, permitindo que sejam feitos ajustes no rumo ou na velocidade do navio.

Este nível de abstração aplicado à simulação pode ser suficiente para obter resultados significativos em manutenção, gestão do ciclo de vida ou gestão de energia. Neste último caso, é possível modelar o uso geral de energia do navio considerando a forma como os diferentes sistemas interagem entre si. O foco poderia estar na identificação de oportunidades de poupança de energia em vez de modelar o fluxo detalhado de energia através de cada sistema.

No mesmo nível estão simulações como evacuação, controlo de danos, estabilidade do navio e navegabilidade, onde o foco está na forma como o navio se comporta em diferentes condições marítimas ou como o navio responde a uma falha crítica, em vez da hidrodinâmica detalhada ou da mecânica específica de cada componente ou sistema.

As simulações de alto nível requerem menos esforço computacional porque não requerem a modelação de cada pequeno detalhe. Isto torna-os ideais para simular sistemas de grande escala com muitas partes interativas, bem como para testar diferentes cenários e compreender os seus potenciais efeitos no sistema como um todo. Por outro lado, este tipo de simulação baseia-se em simplificações e suposições que podem levar a previsões imprecisas. A agregação de comportamentos ou processos a um nível elevado pode, por vezes, levar a resultados menos precisos, especialmente nos casos em que as interações de baixo nível têm efeitos significativos no sistema.

No caso da simulação de baixo nível, o que é feito é uma simulação de granularidade fina que se foca em componentes individuais ou interações entre sistemas. Este nível de simulação pode ser mais intensivo computacionalmente, mas também mais preciso na representação do sistema que está a ser estudado. Um exemplo claro disso são as simulações de dinâmica de fluidos (CFD), onde é possível modelar o comportamento de qualquer escoamento (água do mar, ar, petróleo, etc.). Outro exemplo são as simulações de sensores, onde é necessário modelar como os sensores interagem com o seu ambiente, monitorizando o sinal para testar algoritmos de controlo ou de desempenho e replicar as condições de ambientes complexos.

As simulações de baixo nível no contexto dos navios envolvem uma modelação muito detalhada dos vários processos físicos, mecânicos e ambientais que afetam a operação do navio. Estas simulações centram-se em aspetos complexos do comportamento do navio e nas suas interações com o ambiente, desde a dinâmica de fluidos e sistemas de propulsão até às tensões estruturais e desafios de navegação.

Provavelmente a aplicação mais conhecida são os modelos CFD. É uma ferramenta poderosa capaz de simular a resistência das ondas, a esteira da hélice, o desprendimento de vórtices ou a cavitação. Ao focar estes fenómenos específicos a um nível detalhado, os formatos do casco, os designs das hélices ou as configurações do leme podem melhorar o seu desempenho.

As simulações de baixo nível são também aquelas que se baseiam na análise de elementos finitos (FEA), que se centram nas tensões e deformações sofridas pelo casco, superestrutura e outros componentes do navio. Estas tensões podem ser induzidas por ondas, devido ao impacto de cargas ou vibrações.

No que diz respeito ao sistema de propulsão, as simulações de baixo nível abordam a termodinâmica do motor, rastreando a transferência de calor dentro dos cilindros ou forças mecânicas que afetam o veio. Podem ser realizadas simulações detalhadas para modelar a interação entre as pás da hélice e a água, modelando as forças de sustentação e arrasto geradas em cada ponto da superfície da pá. O mesmo acontece com as manobras de navios, onde os modelos simulam o movimento do navio em resposta aos ângulos do leme e aos fatores ambientais. Para este efeito, a simulação ambiental que inclua alturas e frequências de ondas, velocidade e direção do vento ou correntes pode ser muito útil.

No campo dos materiais, as simulações de baixo nível tentam prever como os materiais de um navio se irão degradar ao longo do tempo devido à exposição a ambientes marítimos adversos. A modelação detalhada dos fenómenos de corrosão pode ajudar a analisar como a água salgada, a humidade e a temperatura afetam o casco de aço e os componentes do navio ao longo do tempo, prevendo como a corrosão se irá desenvolver e identificando áreas críticas que necessitam de proteção ou manutenção. Ou, no caso dos revestimentos, as simulações de baixo nível podem modelar a eficácia de diferentes tipos de revestimentos de proteção (por exemplo, tinta anticorrosiva ou camadas antiincrustantes) na prevenção de danos no casco e nos sistemas do navio.

As simulações de baixo nível podem fornecer-nos resultados precisos e modelos realistas de sistemas complexos. Isto torna-os ferramentas valiosas para aplicações onde pequenas diferenças no comportamento podem ter impactos significativos (danos no casco, inundações, etc.). Além disso, estas simulações podem revelar informação que as abstrações de nível superior podem perder (comportamento fluido dentro de um sistema) e, portanto, levar a previsões mais precisas. Por outro lado, estes tipos de modelos podem ser computacionalmente dispendiosos, especialmente para sistemas grandes com muitos componentes a interagir. E também, a sua complexidade pode dificultar o seu desenvolvimento e validação. Por estas razões, são frequentemente utilizados quando detalhes subtis são importantes para compreender o comportamento do sistema.

Os modelos baseados em conhecimento, frequentemente associados a sistemas especialistas ou a sistemas baseados em regras, dependem de um conjunto predefinido de regras, lógica e conhecimento específico do domínio para tomar decisões.

Em alguns casos, os modelos baseados no conhecimento podem incorporar dados históricos para refinar regras ou fazer adaptações. Isto é especialmente relevante em sistemas que aprendem e evoluem ao longo do tempo.

Os modelos baseados em conhecimento incluídos nos gémeos digitais são modelos dinâmicos, pelo que os dados de séries temporais são um componente importante no modelo de simulação. Os dados de séries temporais envolvem observações ou medições recolhidas ao longo do tempo; Estes dados serão dados de entrada para modelos de simulação que visam replicar processos do mundo real através de representações matemáticas ou computacionais. Ao trabalhar com dados de séries temporais, necessitamos de alguns requisitos:

I. Recolha e pré-processamento de dados:

Os dados das séries temporais devem ser limpos e marcados com data e hora adequadamente. Este último problema dependerá da frequência de amostragem de cada parâmetro. O problema surge quando os sinais dos sensores têm taxas de amostragem diferentes, mas precisamos do mesmo registo de data e hora para todos eles no conjunto de dados de um modelo.

II. Validação e calibração do modelo:

É altamente recomendável validar modelos de simulação, e isso é possível utilizando dados de séries temporais históricas. Isto ajuda a garantir que o modelo representa com precisão a dinâmica e os comportamentos do sistema subjacente. O mesmo se aplica à calibração de modelos de simulação utilizando dados de séries temporais. Isto é necessário para ajustar os parâmetros e melhorar a precisão.

III. Estimativa e previsão de parâmetros

Por vezes, os dados de séries temporais podem ser utilizados para estimar parâmetros em modelos de simulação. Isto pode ser feito utilizando várias técnicas, como métodos de otimização ou abordagens estatísticas, para melhorar a fidelidade do modelo. Da mesma forma, podemos aproveitar os dados de séries temporais para desenvolver modelos de previsão que prevejam valores futuros. Os modelos de simulação podem fornecer insights sobre os processos subjacentes que impulsionam as tendências observadas. Em qualquer caso, a mesma taxonomia de dados dos dados de séries temporais deve ser aplicada a estes conjuntos de dados com fontes diferentes.

IV. Integração do modelo:

Gerir dados quando tem vários modelos integrados pode ser desafiante. A abordagem mais simples pode ser priorizar os dados para utilização seletiva por cada modelo. Isto leva à definição de uma hierarquia de dados de acordo com o tipo de integração.

V. Classificação dos dados por cenários:

Os modelos de simulação podem ser utilizados para explorar diferentes cenários e os seus potenciais impactos no sistema. Assim, é necessário classificar os dados de séries temporais (ou outros tipos de dados) por cenários (operação normal, falha, etc.).

Cada classe deve ter características definidas, como condições iniciais, FTA, FMCA, etc.

Dependendo da orquestração do modelo e da implementação da arquitetura, podemos definir relações entre diferentes elementos de dados. Isto pode envolver relações hierárquicas ou dependências.

Exemplo:

Pode ser desenvolvido um modelo KBM para fazer previsões de consumo de combustível a partir de determinados dados de entrada. Para tal, devem estar disponíveis vários sensores no motor de propulsão. O trabalho de seleção dos sensores a disponibilizar pode ser otimizado com a ajuda dos requisitos do modelo KBM.

O modelo KBM, neste caso, é construído de forma a reproduzir o funcionamento de um motor diesel a partir de medições de potência mecânica. Esta potência mecânica é obtida com sensores de binário e de velocidade no motor. Abaixo está uma lista de entradas e variáveis de estado disponíveis para o modelo.

Entradas:

- Potência mecânica: requer a instalação de sensores de binário e velocidade no veio do motor do gerador no barco.

Variáveis de estado:

- Consumo de combustível.
- Energia elétrica gerada
- Carga do motor do gerador.
- Binário e rotações do motor.
- Temperatura de exaustão..
- Otras variables de estado.

El modelo puede mostrar otras variables de estado como aceleraciones del eje, variables del motor y variables del modelo del generador. Además, este modelo de generador se puede ampliar, con el objetivo de tener acceso a un mayor número de variables de estado. Una de las mayores ventajas de los modelos KBM (Knowledge Based Model) es la posibilidad de acceder a un mayor número de variables de estado que un modelo DDM. Además, todas las variables de estado a las que se puede acceder desde un modelo DDM requieren que se hayan realizado medidas previas mediante sensores colocados en el equipo real.

ML MODELS

A aprendizagem automática (ML) representa uma subárea da inteligência artificial que visa permitir que os sistemas informáticos aprendam e melhorem a partir de dados, sem depender de uma programação explícita para cada tarefa. Este campo baseia-se no desenvolvimento de algoritmos capazes de identificar padrões nos dados e, assim, fazer previsões ou tomar decisões. Esta funcionalidade de aprendizagem automática tem sido amplamente utilizada em aplicações que vão desde sistemas industriais a serviços de recomendação personalizados.

Além disso, a utilização de modelos de ML em gémeos digitais permite a exploração de “cenários hipotéticos”, como simular condições específicas e o impacto que podem ter no desempenho do sistema. Estas capacidades resultam em tomada de decisão mais informados, maior eficiência operacional, redução de custos e melhoria da competitividade das organizações.

Aprendizagem supervisionada

A aprendizagem supervisionada é um subcampo da aprendizagem automática que utiliza dados rotulados para treinar algoritmos para fazer previsões ou classificações. Este tipo de aprendizagem baseia-se em conjuntos de dados de treino onde as variáveis de entrada estão associadas a um rótulo ou valor conhecido. Durante o processo de treino, o modelo ajusta os seus parâmetros internos para minimizar o erro entre as previsões e os rótulos conhecidos. Uma vez treinado, o modelo pode ser aplicado a novos dados para fazer previsões com um elevado nível de precisão.

A aprendizagem supervisionada é amplamente utilizada numa variedade de aplicações, tais como diagnósticos médicos, previsão da procura, deteção de fraudes e manutenção preditiva. Este método pode ser subdividido em dois tipos principais de modelos: regressão e classificação.



Modelos de Regressão

Os modelos de regressão são utilizados para prever variáveis contínuas, como a temperatura de um motor ou a vida útil restante de um equipamento. Estes modelos analisam a relação entre variáveis de entrada (independentes) e uma variável de saída (dependente), procurando identificar padrões ou tendências que possam ser descritos por uma relação funcional (linear ou não linear).

Por exemplo, a regressão linear pressupõe que a relação entre variáveis pode ser expressa por uma linha reta, enquanto modelos mais avançados, como a regressão polinomial ou modelos baseados em redes neuronais, capturam relações mais complexas.

A aplicação destes modelos é comum em cenários onde há necessidade de fazer previsões quantitativas, como previsões financeiras ou análises de desgaste de equipamentos industriais.



Modelos de Classificação

Os modelos de classificação, por outro lado, são concebidos para prever variáveis categóricas. O objetivo é atribuir rótulos ou categorias aos dados de entrada com base nos padrões aprendidos durante o treino. Estes modelos utilizam técnicas estatísticas, de probabilidade e algoritmos de aprendizagem automática, como árvores de decisão, máquinas de vetores de suporte (SVMs) e redes neurais, para diferenciar entre categorias.

Por exemplo, na manutenção preditiva, os modelos de classificação podem ser utilizados para prever se o equipamento está num estado “normal”, “degradado” ou “falha iminente”. Estes tipos de modelos são essenciais em aplicações de deteção de fraude, reconhecimento de imagens e classificação de documentos.



Aprendizagem não supervisionada

Ao contrário da aprendizagem supervisionada, a aprendizagem não supervisionada funciona com dados não rotulados. Este método analisa exclusivamente variáveis de entrada para identificar padrões, grupos ou distribuições ocultas nos dados. A aprendizagem não supervisionada é particularmente útil em situações em que não existe informação suficiente para rotular os dados ou em que o volume de dados é tão elevado que a rotulagem manual se torna impraticável.

Estes métodos são frequentemente utilizados para análises exploratórias, ajudando os investigadores e engenheiros a compreender melhor a estrutura subjacente dos dados. A aprendizagem não supervisionada também desempenha um papel essencial na redução da dimensionalidade, onde as variáveis redundantes ou irrelevantes são removidas para melhorar o desempenho dos modelos posteriores.



Modelos de agrupamento

Os modelos de agrupamento são concebidos para dividir os dados em grupos (clusters) com base nas semelhanças ou na proximidade. O objetivo é maximizar a semelhança entre elementos do mesmo cluster e minimizar a semelhança entre clusters diferentes. As técnicas comuns incluem o K-Means, que atribui dados ao cluster mais próximo com base na distância média, e o DBSCAN, que identifica os clusters com base na densidade de dados.

Estes modelos têm aplicações em marketing (segmentação de clientes), biologia (classificação de espécies) e manutenção preditiva (identificação de padrões operacionais anómalos). A sua capacidade de identificar clusters ocultos torna-os ideais para explorar conjuntos de dados complexos.



Modelos de series temporales

Los modelos de series de tiempo están diseñados para manejar datos organizados cronológicamente, analizando tendencias, patrones estacionales y dependencias temporales. Estos modelos son ampliamente utilizados para predecir valores futuros como ventas mensuales, consumo de energía o fallas de equipos.

Los modelos clásicos como ARIMA (promedio móvil integrado autorregresivo) se utilizan a menudo para capturar dependencias lineales en series de tiempo. Más recientemente, se han aplicado técnicas basadas en redes neuronales como LSTM (memoria a largo plazo a corto plazo) para abordar dependencias no lineales y complejas. Estos modelos son esenciales en dominios como la previsión meteorológica, el análisis del mercado financiero y la monitorización de equipos industriales.



Modelos de redes neuronales profundas

Las redes neuronales profundas representan una clase avanzada de modelos que utilizan múltiples capas de neuronas artificiales para aprender representaciones jerárquicas de datos. Cada capa aprende progresivamente características más abstractas, lo que permite al modelo identificar patrones complejos en datos sin procesar, como imágenes, sonido o texto.

Los modelos descritos anteriormente se utilizan ampliamente en visión artificial, procesamiento del lenguaje natural y aplicaciones de detección de anomalías. Por ejemplo, en el mantenimiento predictivo, se pueden utilizar redes neuronales profundas para detectar patrones imperceptibles que indican fallas inminentes en los equipos. La capacidad de estas redes para manejar grandes volúmenes de datos y complejidad las hace indispensables en muchas áreas de la ciencia y la ingeniería.





Armazenamento de Dados

5



A implementação de um gêmeo digital requer uma infraestrutura de armazenamento de dados robusta para capturar, processar e disponibilizar informação em tempo real. A escolha da tecnologia de armazenamento depende do volume, velocidade e variedade dos dados gerados. As principais opções utilizadas neste contexto são descritas abaixo, com detalhes sobre a sua aplicabilidade, vantagens e desafios.



Base de Dados

As bases de dados desempenham um papel crucial no armazenamento e gestão de dados estruturados e semiestruturados de um gêmeo digital. Garantem a integridade e a disponibilidade dos dados para análise e tomada de decisões.

Bases de dados relacionais (SQL)

As bases de dados relacionais são ideais para armazenar dados organizados em tabelas, garantindo consistência e integridade referencial. São amplamente utilizados em aplicações industriais e comerciais. Existem diversas tecnologias que permitem a implementação e armazenamento de dados relacionais:

- PostgreSQL: código aberto, robusto e extensível, suporta JSON e processamento avançado de consultas
- MySQL: Muito utilizado em aplicações web e escalável para grandes volumes de dados
- Microsoft SQL Server: Integra-se bem com os produtos Microsoft e oferece alta disponibilidade
- Base de Dados Oracle: Recomendado para sistemas críticos que exijam elevado desempenho e segurança



Bases de Dados NoSQL

Para aplicações que exigem maior flexibilidade e escalabilidade horizontal, as bases de dados NoSQL são uma excelente escolha. São ideais para lidar com grandes volumes de dados não estruturados e para aplicações que exigem alta disponibilidade.

- MongoDB: Baseado em documentos JSON, facilita a modelação flexível de dados
- Cassandra: Excelente para aplicações distribuídas que exijam tolerância a falhas
- Redis: utilizado como cache de alto desempenho e base de dados chave-valor
- Neo4j: Baseado em grafos, adequado para modelar relações complexas



Data Lake y Datacenter

O conceito de Data Lake e Datacenter é essencial para gerir grandes volumes de dados, garantindo a sua acessibilidade e segurança.

Os data lakes são repositórios escaláveis onde os dados são armazenados na sua forma original, permitindo análises avançadas, machine learning e integração com diversas fontes de dados:

- Apache Hadoop: Plataforma distribuída para armazenamento e processamento de big data.
- Amazon S3: Armazenamento de objetos escalável e altamente disponível.
- Azure Data Lake: otimizado para análises avançadas e integração com serviços de IA.
- Google Cloud Storage: solução flexível integrada no ecossistema de machine learning do Google.

Os Data Centers são infraestruturas físicas dedicadas ao processamento e armazenamento de dados, garantindo uma elevada segurança e fiabilidade.

- Dell EMC: Soluções de armazenamento empresarial escaláveis.
- IBM Storage: elevado desempenho para armazenamento de dados críticos.
- NetApp: armazenamento híbrido para cloud e local.



Cloud Computing

As soluções de armazenamento na nuvem oferecem escalabilidade, segurança e integração com serviços de análise e aprendizagem automática, permitindo a construção de gémeos digitais mais eficientes.

Serviços Web da Amazon (AWS)

A AWS fornece uma infraestrutura fiável e escalável para armazenamento e processamento de dados.

AWS S3: Armazenamento de objetos distribuídos.

- AWS RDS: Bases de dados geridas para SQL.
- AWS DynamoDB: NoSQL de alta disponibilidade.
- AWS IoT Core: Conectividade e processamento de dados de sensores.



Microsoft Azure

A plataforma Azure proporciona soluciones integradas de almacenamiento y procesamiento de datos para gemelos digitales.

Armazenamento de Blobs do Azure: armazenamento de objetos escalável.

- Azure SQL Database: Base de dados relacional gerida
- Cosmos DB: NoSQL com suporte para diferentes modelos de dados
- Azure Digital Twins: plataforma para modelação e simulação de gémeos digitais



Google Cloud Platform (GCP)

O GCP oferece serviços avançados para armazenamento e análise de dados.

- Google Cloud Storage: armazenamento fiável de objetos
- BigQuery: Processamento e análise de grandes volumes de dados
- Firestore: base de dados NoSQL para aplicações escaláveis
- IoT Core: Processamento de dados de sensores conectados



IBM Cloud e Oracle Cloud

Estas plataformas oferecem soluções híbridas e empresariais com suporte para bases de dados escaláveis e segurança avançada.

- IBM Cloud Object Storage: armazenamento distribuído para big data.
- Oracle Autonomous Database: Base de dados autónoma segura e de alto desempenho.

A escolha da solução de armazenamento ideal dependerá das necessidades do gémeo digital, do volume de dados gerados, das exigências de segurança e da infraestrutura existente. A integração eficiente entre bases de dados, data lakes e a cloud é essencial para garantir um fluxo contínuo de informação e permitir uma análise preditiva eficaz. Além disso, a escolha adequada das tecnologias afetará diretamente a escalabilidade e a eficiência operacional do sistema.





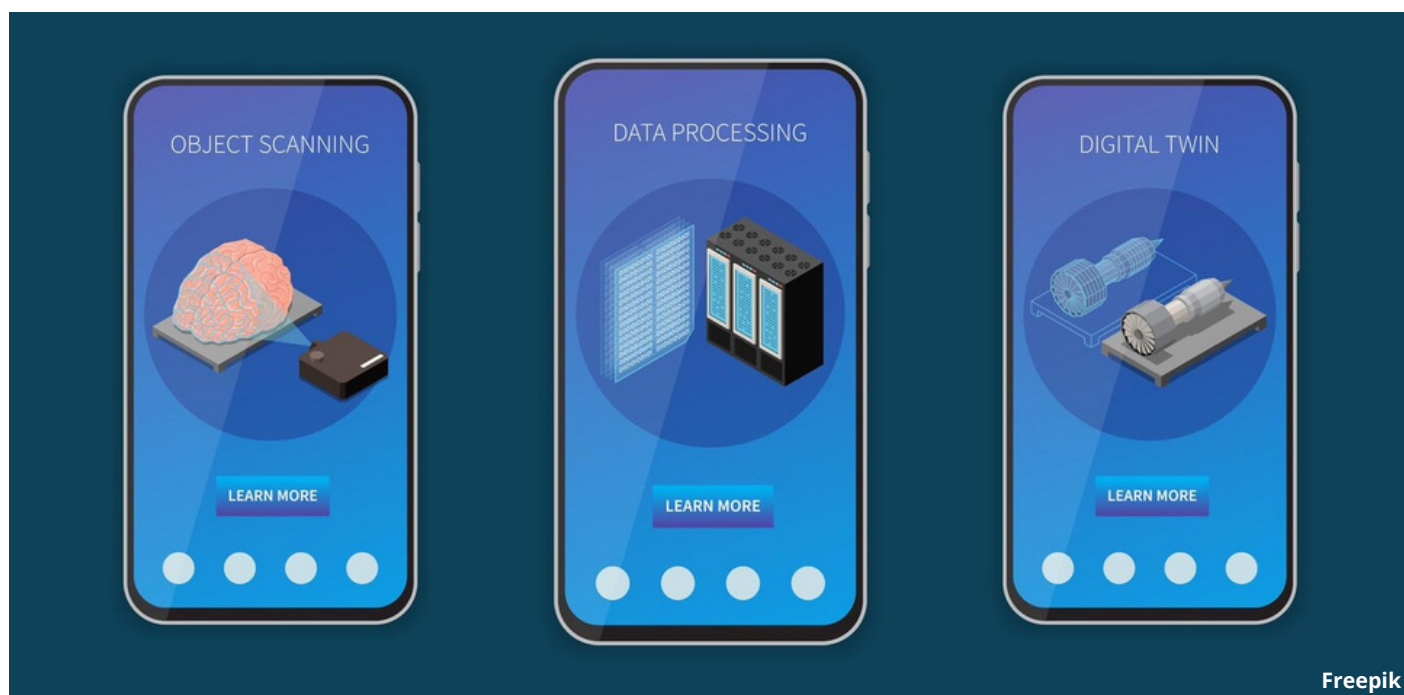
Introdução

A integração da realidade aumentada em gémeos digitais representa uma evolução significativa na forma como interagimos com modelos virtuais de sistemas físicos. Esta secção explora como a Realidade Aumentada (RA) melhora a funcionalidade e o valor dos gémeos digitais, proporcionando benefícios tangíveis em diversos setores da indústria.

Os gémeos digitais revolucionaram a forma como monitorizamos, analisamos e otimizamos sistemas físicos complexos. A incorporação da realidade aumentada acrescenta uma nova dimensão a esta tecnologia, permitindo uma interação mais intuitiva e eficiente com dados e modelos virtuais.

Fundamentos Tecnológicos

O R.A. sobrepõe a informação digital ao mundo real, criando uma experiência interativa onde coexistem elementos virtuais e físicos. No contexto dos gémeos digitais, R.A. atua como uma ponte entre o mundo físico e a sua representação digital.



Benefícios da integração do gêmeo digital - realidade aumentada

Visualização aprimorada

Sobreposição de dados relevantes em tempo real em equipamentos físicos

Visualização tridimensional de parâmetros e métricas

O que permite a identificação imediata de anomalias e desvios

Operações otimizadas

Criação e utilização de guias de manutenção interativos

Instruções passo a passo sobrepostas ao equipamento real

Isto leva a uma redução de erros em procedimentos complexos.

Colaboração melhorada

Partilha de visualizações em tempo real entre equipas de trabalho

Assistência remota com sobreposição de instruções

Formação imersiva para novos colaboradores ou na gestão de novos equipamentos



Retorno do investimento

Benefícios Quantificáveis

- Redução dos tempos de manutenção
- Redução de erros operacionais
- Otimização de recursos

Benefícios Qualitativo

- Aumento da satisfação dos colaboradores
- Melhoria na tomada de decisões
- Transferência de conhecimento mais eficaz



Implementação e considerações técnicas

REQUISITOS DE SOFTWARE

Existem três arquiteturas principais para o desenvolvimento de aplicações de realidade virtual, as quais estão associadas a uma maior ou menor complexidade na sua implementação, e que se encontram listadas abaixo.

1. MOTOR GRÁFICO + LIBRERÍA DE R.A.

Como deve imaginar, para utilizar esta arquitetura necessitamos principalmente de dois softwares diferentes: por um lado, necessitamos de um motor gráfico, que permita a visualização de conteúdos 3D nos dispositivos e a programação das interações necessárias na aplicação. Por outro lado, é necessária uma biblioteca de realidade aumentada que esteja integrada no motor gráfico anterior e permita, através de diferentes sensores que dependerão do dispositivo de exibição a utilizar, calcular a posição onde o conteúdo aumentado deve ser exibido, e exibi-lo.

Esta opção é a mais versátil das três, pois temos a liberdade de escolher tanto o motor como a biblioteca de realidade aumentada que melhor se adaptam ao nosso projeto.

A desvantagem desta arquitetura em comparação com outras é que requer um programador experiente para fornecer interatividade aos objetos virtuais..

Em relação aos motores gráficos, os dois mais utilizados na Eurorregião são o **Unreal Engine** e o **Unity 3D**. Ambos permitem a criação de aplicações de RA. se combinado com uma biblioteca R.A. compatível.

Tanto a Unity como a Unreal distribuem uma versão gratuita, mas muito eficiente, do software para freelancers e pequenas organizações, até atingirem um determinado limite de receitas com o desenvolvimento destas aplicações virtuais.

A biblioteca de realidade aumentada mais utilizada é a **PTC Vuforia**, que pode transformar dados CAD e IoT existentes em experiências detalhadas que fornecem informações críticas aos trabalhadores da linha da frente quando e onde precisam.

A Vuforia utiliza internamente as plataformas ARCore (Google) e ARKit (Apple), permitindo aos programadores utilizar ambas as bibliotecas, a um nível baixo, para fornecer mais poder às suas aplicações de realidade aumentada.

Apresenta uma série de módulos:

- Vuforia Expert Capture, para captura de conteúdos
- Vuforia Studio, ferramenta de criação de conteúdos
- Giz Vuforia, para comunicação e colaboração
- Vuforia Engine, que permite aos clientes visualizar e personalizar produtos.

VANTAGENS

- Poder gráfico
- Motores gráficos com uma grande comunidade
- Versões gratuitas poderosas
- Exportar para várias plataformas (web, óculos de realidade aumentada, dispositivos móveis)
- As bibliotecas de realidade aumentada cobrem quase todas as possibilidades (reconhecimento de marcadores, posição espacial, reconhecimento de ambiente, posicionamento GPS, etc.)
- Capacidades de desenvolvimento ilimitadas.

INCONVENIENTES

- Necessidade de pessoal técnico e especializado (programadores)
- Necessidade de hardware de desenvolvimento potente
- Aumento do tempo/complexidade de desenvolvimento
- Desenvolvimentos com partes comuns para cada plataforma (iOS, Android, Hololens, MagicLeap), mas existem partes específicas para cada uma delas

2. TECNOLOGIAS “TUDO EM UM

Existem bibliotecas que englobam os dois aspetos do ponto anterior (motor gráfico + biblioteca de realidade aumentada) numa única ferramenta de desenvolvimento, são “encapsuladas” e são utilizadas em conjunto sem a possibilidade de escolher cada parte em separado.

Este conceito elimina a possibilidade de optar por utilizar um motor gráfico da sua preferência com uma biblioteca que se adapte a necessidades específicas, mas oferece uma melhor integração e, acima de tudo, uma maior facilidade de desenvolvimento.

Geralmente, estas tecnologias “tudo em um” baseiam-se em normas web, como é o caso, por exemplo, do WebAR ou do AR.js.

WebAR é a abreviatura utilizada para se referir à Realidade Aumentada baseada na Web. Basicamente, é uma tecnologia que permite o acesso a experiências de RA. diretamente do browser, sem ter de descarregar nenhuma aplicação adicional.

Até há pouco tempo, a maioria das experiências de realidade aumentada tinha de ser aproveitada através de aplicações móveis (AR baseada em aplicações), o que significava que o utilizador tinha de aceder a um mercado de aplicações como o Google Play ou a App Store e descarregar a aplicação específica para esse conteúdo, com a perda de tempo e o consumo de memória móvel que isso acarretava.

No entanto, nos últimos anos, o grande desenvolvimento dos browsers móveis e a capacidade das câmaras neles incorporadas tornaram possível criar facilmente páginas com conteúdo de RA, que são acedidos a partir de um endereço URL, seja a partir de um URL no navegador web ou através de um código QR.

Desta forma, a liberdade e a flexibilidade da tecnologia web são aproveitadas para criar experiências baseadas no reconhecimento de imagem, reconhecimento de superfície e experiências geolocalizadas, e isto é feito utilizando a câmara do dispositivo móvel através de um browser como o Google Chrome, Firefox, Safari, Microsoft Edge, etc.

Com o webAR, pode abrir um endereço web, como qualquer uma das muitas páginas que visita todos os dias, e a qualquer momento, através da câmara do telefone, pode exibir conteúdo aumentado numa revista, numa secretária, num equipamento industrial, etc.

Que tecnologias são utilizadas para executar o webAR?

O WebAR utiliza uma combinação de tecnologias para proporcionar experiências de RA imersivas e interativas na web. Estas tecnologias incluem:

- ARCore e ARKit: são kits de desenvolvimento de software criados pela Google e pela Apple, respetivamente, que permitem experiências de RA nos respetivos dispositivos. Utilizam várias tecnologias, como a visão computacional e a aprendizagem automática, para reconhecer e rastrear objetos físicos no ambiente físico do utilizador, permitindo que o conteúdo virtual seja sobreposto ao mundo real de forma fluida e imersiva.
- WebGL: Este é um padrão web que permite que os gráficos 3D sejam renderizados num navegador web. O WebAR utiliza o WebGL para renderizar conteúdo virtual sobreposto ao mundo real, permitindo que seja apresentado de forma realista e interativa.
- HTML5: Trata-se de um standard web que define a estrutura e o conteúdo de uma página web. O WebAR utiliza o HTML5 para criar e exibir a interface do utilizador para a experiência de RA, permitindo aos utilizadores interagir com o conteúdo virtual de forma natural e intuitiva.
- JavaScript: É uma linguagem de programação muito utilizada na web. O WebAR utiliza JavaScript para unir todas as tecnologias acima referidas, permitindo que a experiência de RA seja executada e controlada no navegador web.

AR.js é uma biblioteca JavaScript popular para visualização WebAR. Em conjunto, estas tecnologias permitem que o WebAR forneça experiências de RA interativas e imersivas na web, sem exigir uma aplicação dedicada.

AR.js é uma biblioteca JavaScript gratuita e de código aberto para criar experiências de realidade aumentada na web. É construído nos padrões web WebGL e WebRTC e utiliza as estruturas ARToolKit e AR.js para permitir experiências de RA.

O AR.js foi concebido para ser fácil de utilizar e leve, o que o torna uma escolha popular entre os programadores que procuram criar experiências de RA na web. É compatível com uma vasta gama de navegadores da Web e dispositivos de visualização, incluindo smartphones, tablets e computadores de secretária.

Os marcadores de RA podem ser qualquer imagem ou padrão, embora para o AR.js seja recomendado utilizar códigos QR a preto e branco.

VANTAGENS	INCONVENIENTES
• Totalmente gratuito, sem versão limitada • Facilidade de desenvolvimento (normalmente Javascript) • Utilização a partir de vários dispositivos sem exportar (Android e iOS) • Utilizar via navegador da Web sem instalar nenhum plug-in • Não há necessidade de hardware muito potente	• Necessidade de pessoal técnico especializado (programadores) • Menos potência gráfica do que as aplicações dedicadas • Necessidade de alojamento para alojar o aplicativo • Liação de internet estável

3. PLATAFORMAS “NO-CODE”

Existe ainda uma terceira via, composta por empresas que criaram ferramentas de geração de aplicações de RA. e R.V. de forma simples, como o espanhol Viroo ou Eyeflow, que também permitem que até o pessoal inexperiente gere aplicações de RV/RA com recursos avançados.

Estas ferramentas possuem software que permite gerar aplicações de RA. utilizando a técnica de “arrastar e largar”.

Eyeflow é uma plataforma de geração de conteúdos em realidade virtual e aumentada que se destaca pela sua versatilidade e facilidade de utilização, uma vez que não requer conhecimentos de programação. O sistema oferece flexibilidade para operar tanto online como offline e inclui integração com serviço de suporte remoto para assistência técnica.

Uma das suas características mais notáveis é a capacidade de integrar conteúdo em plataformas de gestão da aprendizagem (LMS), tornando-o ideal para ambientes educacionais e de formação. A plataforma é altamente acessível, permitindo a ligação de vários dispositivos, como smartphones, computadores pessoais e uma vasta gama de dispositivos de realidade virtual e aumentada, com especial destaque para a utilização do Microsoft HoloLens. Além disso, possui capacidades de conectividade IoT (Internet of Things), o que alarga significativamente as suas possibilidades de aplicação e funcionalidade.



ViROO é uma plataforma de desenvolvimento baseada em Unity que se destaca pela sua abordagem "no-code", permitindo a criação de aplicações sem programação, mas também oferecendo a flexibilidade de incorporar código avançado personalizado por utilizadores experientes. A plataforma destaca-se pela capacidade de criar ambientes multi-utilizador e pela compatibilidade com uma vasta gama de equipamentos. Todo o conteúdo é gerido diretamente no ecossistema ViROO, que inclui o Virtual Desk, um portal de formação dedicado. Uma característica particularmente valiosa é a sua capacidade de importar e trabalhar com modelos 3D de software CAD, o que o torna especialmente útil para aplicações industriais.



VANTAGENS

- Desenvolvimento de aplicações acessível a qualquer pessoa (não apenas a programadores)
- Possibilidade de o utilizar em diferentes dispositivos sem exportação
- Ferramentas estáveis e comprovadas

INCONVENIENTES

- Custo. São ferramentas pagas sem versão gratuita
- Otimização. Ao incluir uma camada de abstração adicional, estas não são tão otimizadas como as soluções anteriores.

Dynamic 365 Guides and Remote Assist. Uma terceira opção é utilizar o ecossistema Microsoft 365. Estes dois programas de software permitem a criação de experiências de realidade aumentada e atividades de manutenção remota, respetivamente, utilizando óculos Microsoft HoloLens como dispositivo de visualização.

Este é também um conjunto que permite que ambos os tipos de tarefas sejam realizadas por pessoal não especializado, sem conhecimentos de programação e até mesmo sem conhecimentos de 3D, com a consequente flexibilidade que isso traz às empresas utilizadoras.

O Dynamic 365 Guides permite criar um guia composto por instruções passo a passo, imagens, vídeos e hologramas 3D. Após a criação do guia, este é passado para os óculos HoloLens para ligar os cartões de instruções (virtuais) e os hologramas ao espaço de trabalho físico, movendo-os para o local correto. Pode utilizar a biblioteca padrão de hologramas 3D e também importar os seus próprios objetos 3D.



Por sua vez, o Dynamics 365 Remote Assist, através do HoloLens 2, dispositivos Android ou iOS, permite aos trabalhadores receber informações de especialistas e colaboradores remotos através de videochamadas Teams, partilhando a visualização dos equipamentos de realidade aumentada mencionados.

A desvantagem destes sistemas é que a Microsoft anunciou recentemente que deixará de suportar estas ferramentas a partir de 2027.

REQUISITOS DE HARDWARE

Mais uma vez, podemos encontrar diferentes níveis de hardware quando se trata de executar aplicações de realidade aumentada, desde as mais simples às mais complexas.

DISPOSITIVOS MÓVEIS

Os dispositivos móveis tornaram-se uma plataforma fundamental para a realidade aumentada, graças à sua onnipresença e à integração de câmaras, sensores e processadores cada vez mais potentes. A maioria dos smartphones e tablets modernos são capazes de executar aplicações de RA através de frameworks como o ARCore (Android) e o ARKit (iOS), que permitem o reconhecimento do ambiente, o rastreio de movimento e a sobreposição precisa de elementos virtuais no mundo real.

Entre as principais vantagens da utilização de dispositivos móveis para RA. A sua acessibilidade destaca-se, pois a maioria das pessoas já possui um smartphone, dispensando a necessidade de aquisição de hardware específico e, por outro lado, a curva de aprendizagem é menor, pois os utilizadores estão familiarizados com o manuseamento destes dispositivos. O custo de desenvolvimento e distribuição também é mais baixo, aproveitando as infraestruturas existentes da loja de aplicações. A portabilidade e a duração da bateria são outros pontos fortes, juntamente com a melhoria constante das capacidades de processamento e da qualidade dos sensores integrados.

No entanto, existem limitações significativas. A principal é que o utilizador precisa de segurar o dispositivo constantemente, o que pode ser desconfortável durante sessões longas ou quando são necessárias as duas mãos para outras tarefas. O campo de visão é limitado pelo tamanho do ecrã e pelo ângulo da câmara, oferecendo uma experiência menos imersiva do que os óculos de RA. Os sensores, embora capazes, não são tão precisos como os dos dispositivos especializados, o que pode afetar o seguimento e a estabilidade dos elementos virtuais. As limitações de processamento e até mesmo térmicas devem também ser consideradas como aplicações de RA São exigentes e podem causar o sobreaquecimento do dispositivo durante sessões prolongadas

Em contextos industriais e profissionais, os dispositivos móveis podem ser uma excelente opção para aplicações específicas ou de curta duração, como a visualização de modelos 3D, navegação aumentada ou inspeções breves. No entanto, para tarefas que exijam uma utilização prolongada ou com as mãos livres, como manutenção industrial ou formação técnica, os óculos de RA Continuam a ser a opção mais adequada, apesar do custo mais elevado.

DISPOSITIVOS DEDICADOS

O Microsoft HoloLens e o Magic Leap representam dois marcos importantes no desenvolvimento de hardware de realidade aumentada, com especial ênfase no HoloLens como referência no setor.

Desenvolvido pela Microsoft, o HoloLens consolidou-se como uma tecnologia pioneira que revolucionou as aplicações de realidade aumentada e assistência remota, destacando-se pela facilidade de implementação e pela compatibilidade com o motor Unity para o desenvolvimento de aplicações. Apesar do sucesso inicial e da posição como escolha ideal para entrar no mundo da realidade aumentada e da manutenção industrial, especialmente pela sua relação custo-benefício, a Microsoft anunciou que fornecerá atualizações de software apenas para problemas críticos de segurança e bugs até 2027, marcando um ponto de viragem no seu ciclo de vida.

O HoloLens destacou-se sobretudo pelas aplicações Dynamic Guides e Remote Assist, ferramentas que facilitam significativamente a implementação de soluções de realidade aumentada em ambientes profissionais. Esta tecnologia, embora aparentemente não continue o seu desenvolvimento para o público em geral, deixou um importante legado na indústria e estabeleceu padrões para futuros desenvolvimentos no campo da realidade aumentada.

O que a Microsoft está a dar continuidade é ao trabalho com o Exército dos EUA para fornecer um capacete de RA. verdadeiramente operacional, o Sistema Integrado de Aumento Visual (IVAS) do Exército, que proporciona maior valor acrescentado aos seus militares, com base no HoloLens.



Os **Magic Leap** são óculos de realidade aumentada que tiveram duas versões principais: o Magic Leap One (lançado em 2018), com muitas deficiências, e o Magic Leap 2 (lançado em 2022) que está dentro do que se espera de um dispositivo com estas características.

O Magic Leap 2 representa uma melhoria significativa em relação ao seu antecessor, sendo mais leve e compacto, com um campo de visão mais amplo (70 graus na diagonal) e uma tecnologia única de escurecimento dinâmico que pode escurecer seletivamente partes do headset para melhorar a visibilidade do holograma em ambientes luminosos. Esta característica torna-os especialmente úteis em ambientes industriais e de saúde.

Ao contrário do HoloLens, que se concentrou principalmente em aplicações empresariais desde o início, a Magic Leap começou com ambições de mercado de consumo, embora mais tarde se tenha voltado para o setor empresarial. Por fim, a empresa focou-se em setores como a saúde, a indústria transformadora e a defesa (onde também trabalha com a HoloLens).

O Magic Leap 2 possui controlos tácteis que permitem uma interacção mais precisa com os elementos virtuais. A plataforma suporta o desenvolvimento com Unity 3D e Unreal Engine, facilitando a criação de aplicações, embora neste caso sejam necessários conhecimentos de programação.

No entanto, tal como no caso do HoloLens, o preço tem sido uma barreira à adoção em massa, mantendo-se principalmente no âmbito empresarial e de desenvolvimento.



METAVERSO

O Metaverso representa a próxima evolução da Internet, conceptualizada como um espaço virtual tridimensional persistente e partilhado que combina vários elementos de tecnologia, incluindo realidade virtual e realidade aumentada, onde os utilizadores podem interagir com um ambiente gerado por computador e com outros utilizadores, tudo em tempo real.

A definição atual do Metaverso abrange vários elementos-chave: persistência (o mundo continua a existir e a evoluir mesmo quando os utilizadores não estão conectados), sincronia (permite interações em tempo real), interoperabilidade (capacidade de mover ativos digitais entre diferentes plataformas) e economia digital (permite aos utilizadores criar, possuir, investir e negociar ativos digitais).

Entre as **vantagens** mais significativas do Metaverso encontramos:

- Eliminar as barreiras geográficas à interação social e profissional
- Reduzir a necessidade de deslocações físicas para reuniões e eventos
- Novas oportunidades económicas através da economia digital
- Experiências mais imersivas e envolventes do que as atuais plataformas digitais
- Maior potencial para a criatividade e autoexpressão

No entanto, também apresenta **desafios** significativos. :

- Preocupações com a privacidade e segurança dos dados
- Necessidade de uma infraestrutura tecnológica robusta
- Riscos de dependência e isolamento social
- Problemas de acessibilidade e exclusão digital
- Desafios de interoperabilidade entre diferentes plataformas

A evolução do Metaverso está apenas a começar, e o seu desenvolvimento contínuo promete transformar fundamentalmente a forma como interagimos, trabalhamos, aprendemos e nos entretemos no mundo digital. No entanto, o seu sucesso dependerá em grande parte da capacidade da indústria para enfrentar os desafios técnicos, sociais e éticos que surgem ao longo do caminho.

Os gémeos digitais beneficiam de melhorias na interoperabilidade de dados impulsionadas por estruturas de dados abertos, como OpenUSD, gráficos avançados, IA generativa e computação acelerada, levando ao surgimento de uma nova classe de gémeos digitais baseados em física e habilitados para IA.

Na indústria, estes gémeos satisfazem a necessidade de visibilidade de dados em tempo real, manutenção preditiva, otimização de processos, operações remotas, melhoria da qualidade, gestão de riscos e redução de custos nas operações de fabrico.

No campo puramente industrial, o metaverso mais focado e evoluído é o da empresa tecnológica NVIDIA, denominado Omniverse.

Omniverse

O NVIDIA Omniverse™ é uma plataforma de APIs, SDKs e serviços que permite aos programadores integrar as tecnologias de renderização Open USD, NVIDIA RTX™ e IA de física generativa em ferramentas de software e fluxos de trabalho de simulação existentes para casos de utilização industrial e de robótica.

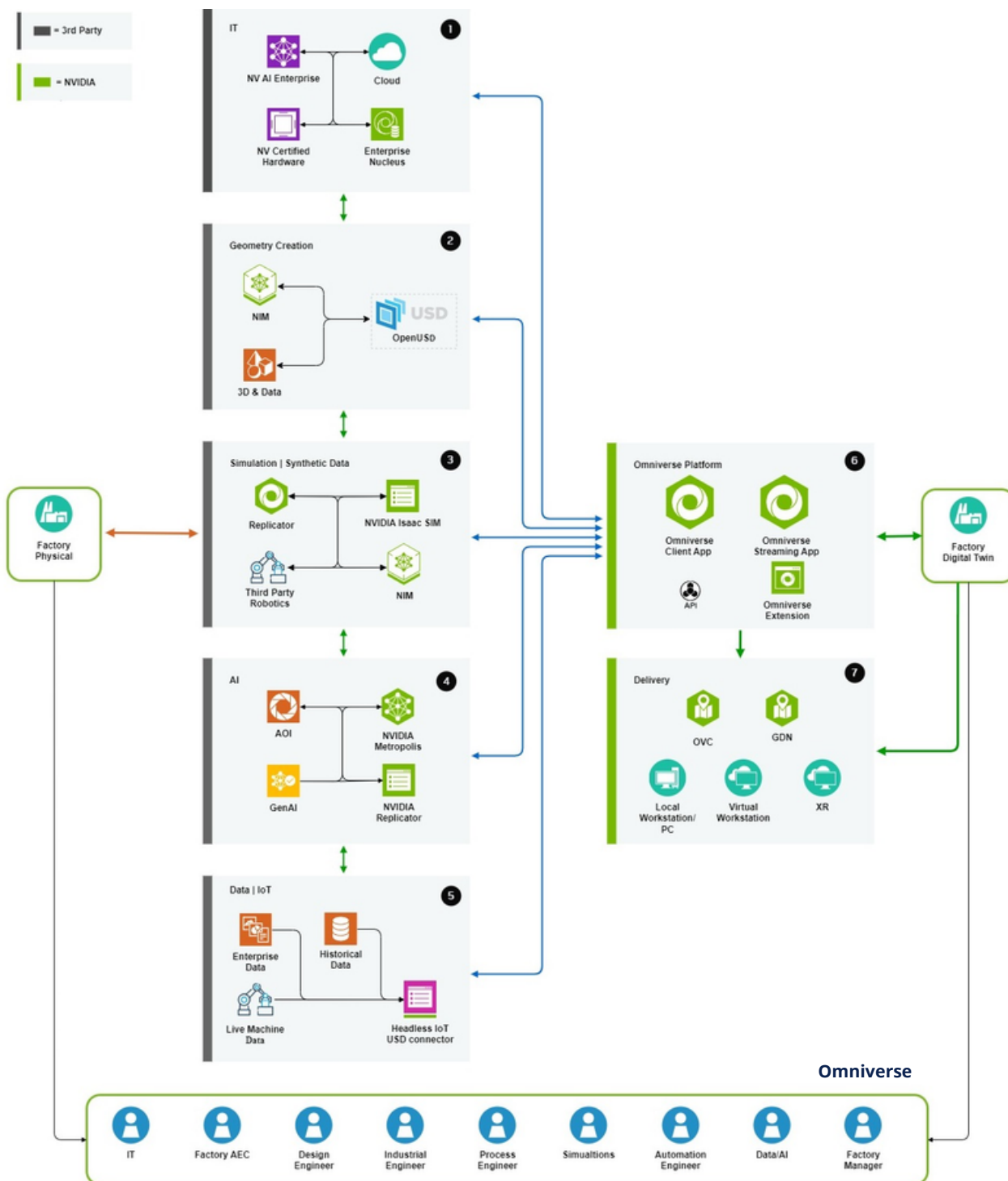
O formato OpenUSD (Universal Scene Description) é independente do sistema de ficheiros e tem uma API para criar, editar, consultar, renderizar, colaborar e simular mundos virtuais. Diferentes utilizadores podem modificar a representação de uma equipa ou de uma fábrica, em diferentes camadas, ao mesmo tempo, e as suas edições não prejudicarão o trabalho dos outros. Liga-se diretamente a uma vasta gama de sistemas CAD no mercado.

RTX™ é a plataforma mais avançada para tecnologias de ray tracing e renderização neural em tempo real, aumentando o FPS, reduzindo a latência e melhorando a qualidade da imagem.

A IA física permite que máquinas autónomas, como robôs ou carros autónomos, percebam, compreendam e executem ações complexas no mundo real (físico). É também frequentemente chamada de “IA física generativa” devido à sua capacidade de gerar conhecimento e ações a serem executadas. Esta IA estende a IA generativa atual com uma compreensão das relações espaciais e do comportamento físico do mundo 3D em que vivemos, o que é conseguido através do fornecimento de dados adicionais contendo informações sobre as relações espaciais e as regras físicas do mundo real durante o processo de treino da IA.

Em termos de IoT, os sensores e dispositivos da Internet das Coisas (IoT) desempenham um papel crucial no fornecimento de dados em tempo real que mantêm os gémeos digitais precisos e atualizados, permitindo interações dinâmicas e bidirecionais entre os reinos físico e digital. O Omniverse permite integrar extensões personalizadas, tais como: ligar fontes de dados IoT (CSV, corretor de mensagens, etc.), incorporar dados IoT no modelo USD, visualizar dados IoT utilizando uma extensão OmniUI ou modificar o desempenho da geometria utilizando dados IoT.

Na imagem seguinte podemos ver a arquitetura de referência do gêmeo digital da fábrica no Omniverse:



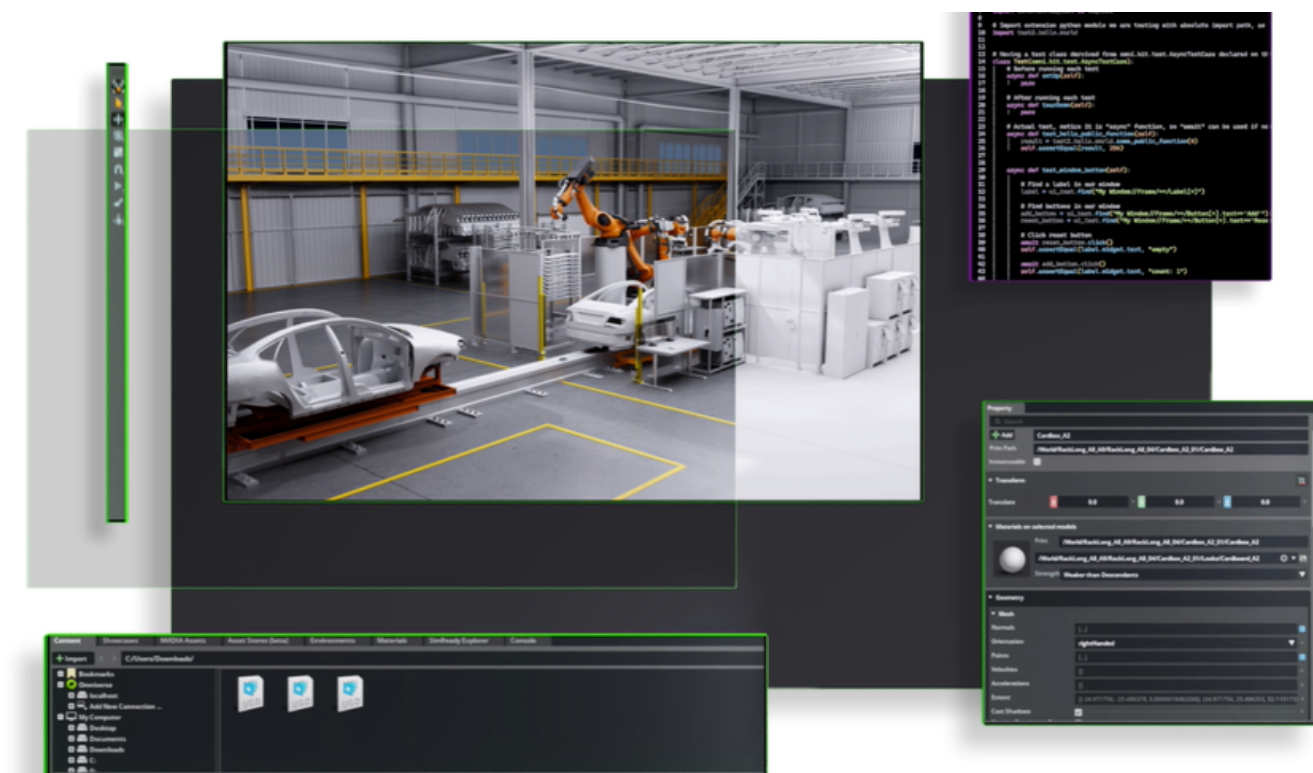
Relativamente ao licenciamento desta ferramenta, temos várias possibilidades:

- NVIDIA Omniverse Enterprise, anual ou trienal
- Programa Educativo, com menor custo e licenças anuais ou trienais
- Programa Inception com licença anual
- Gratuito e limitado na utilização

A versão Enterprise contém vários módulos:

- Kit SDK Omniverse
- Editor base do Omniverse
- Extensões do Omniverse
- Renderizador Omniverse RTX
- NVIDIA PhysX
- API de streaming de aplicações
- Núcleo Omniverse.

A não ser que a empresa utilizadora tenha uma infraestrutura própria e muito poderosa, para trabalhar com o Omniverse deve fazê-lo através de uma cloud como a AWS ou o Azure, para a qual existem os produtos NVIDIA necessários.



Unity

Incluimos esta sección sobre o Unity porque, nos últimos tempos, tem-se concentrado fortemente no mundo industrial e criou o Unity Industry, que é definido como um conjunto de produtos e serviços para os programadores criarem experiências 3D personalizadas e em tempo real para RA, RV, dispositivos móveis, computadores desktop e web, aplicadas em qualquer setor.

Inclui:

- A versão mais recente do Unity
- Pixyz para importação otimizada de geometrias
- Colaboração na Nuvem

Os produtos Pixyz permitem simplificar os fluxos de trabalho de dados 3D e prepará-los para qualquer utilização de visualização:

- Otimizar modelos 3D complexos para criar ativos prontos para aplicação em tempo real.
- Automatizar a preparação e o processamento de dados 3D, CAD e nuvem de pontos.
- Permite uma revisão instantânea e uma colaboração perfeita.

O PiXYZ pode ser acedido de forma independente ou com o Unity Industry e apresenta a seguinte estrutura de solução:



Pixyz Studio

Características:

- Importa/convierte datos CAD, de malla y de nube de puntos
- Optimiza/exporta datos
- Automatiza tareas a través de la API de Python



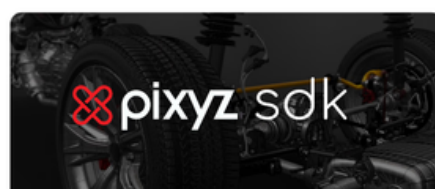
Pixyz Plugin

Incluido en [Unity Industry](#)

Complemento de Unity para importación de datos

Características:

- Importa datos CAD/3D/BIM en Unity
- Conserva la jerarquía y los metadatos
- Automatiza scripts con Rule Engine



Pixyz SDK

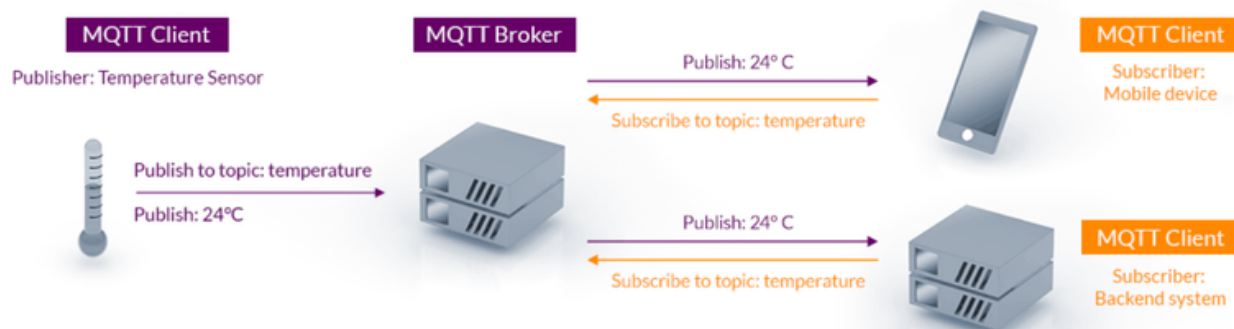
Características:

- Convierte y optimiza datos en lotes
- Se ejecuta en instalaciones locales o en la nube privada
- Libera el poder de Pixyz en cualquier lugar y a escala

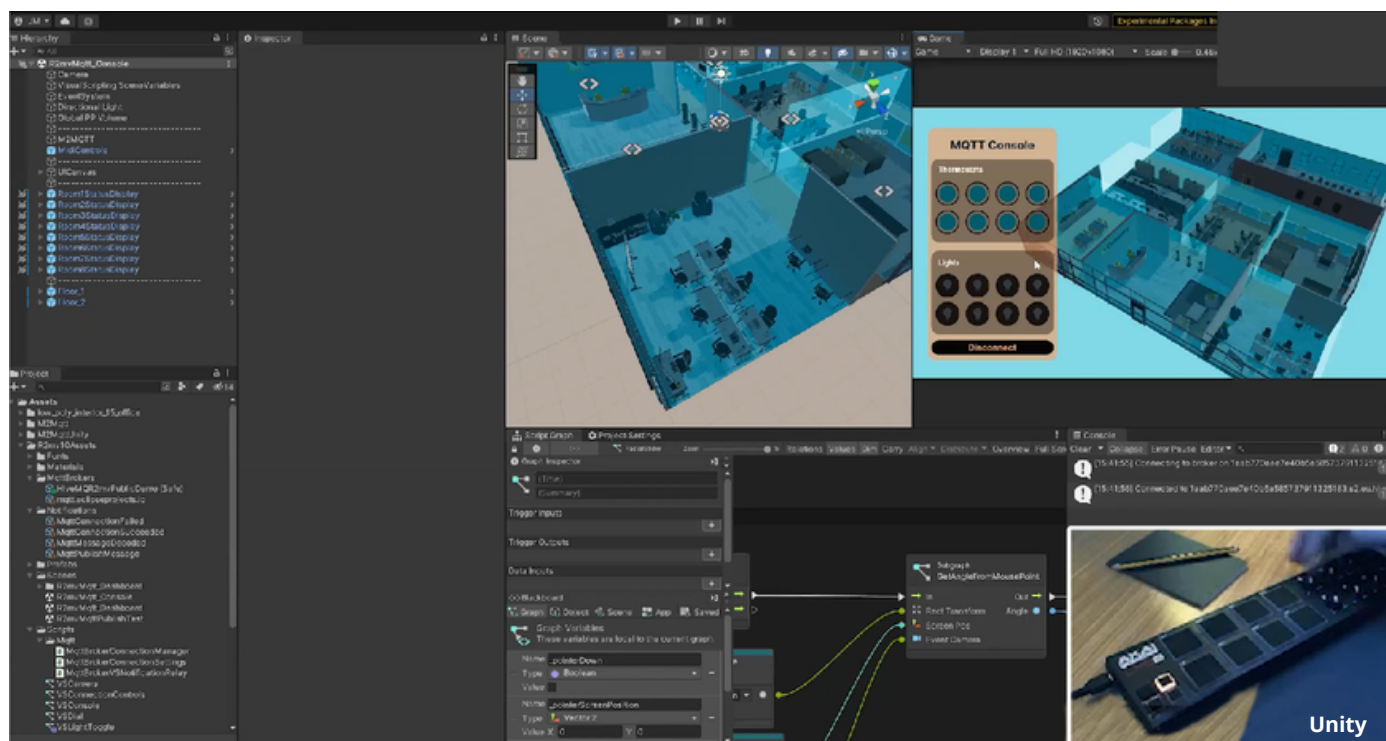
As ferramentas disponíveis no Unity Cloud permitem às equipas colaborar, partilhar e gerir ficheiros dentro de um projeto ou entre projetos de forma simples e intuitiva.

Mas a Unity apresenta agora também recursos avançados para intercomunicação bidirecional entre a simulação virtual e o equipamento industrial via IoT, aproximando mais empresas do mundo dos gêmeos digitais e do metaverso.

MQTT Publish / Subscribe Architecture

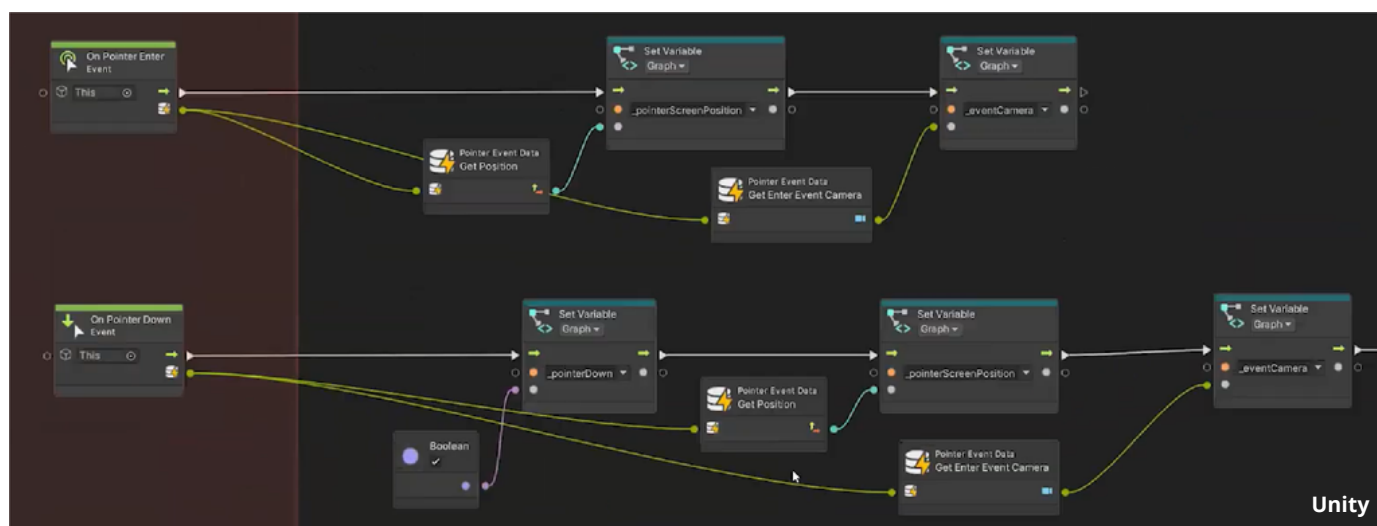


A imagem seguinte mostra a interface do Unity incluindo uma simulação e atuadores virtuais e físicos, que estão interligados para monitorizar e atuar na iluminação e temperatura dos escritórios.



La conexión se hace por medio de MQTT, un popular protocolo para IoT, que se descarga gratuitamente desde <https://github.com/gpvigano/M2MqttUnity>.

Entre os brokers (sistemas de comunicação intermédios) podemos encontrar o Mosquitto, muito comum na comunidade maker, e outros mais profissionais como o HBMQtt, em Python, ou o EMQTT, todos eles Open Source. Mas existem muitos outros, sendo que um ou outro terá de ser selecionado em função da linguagem a utilizar e do tipo de projeto a desenvolver.



Custom event. Fuente: Unity

Dando continuidade à abordagem da Unity ao gémeo digital, existe também uma funcionalidade da Unity para a comunicação com placas Arduino, o Uduino.



É descarregado da Unity Store e instalado em apenas alguns segundos. No Unity, parece-se com o lado direito da imagem acima e o hardware ao qual se liga tem uma interface dentro do Arduino IDE, que está selecionada no menu Examples: Uduino.

Esta capacidade facilita o acesso das empresas a estas tecnologias de forma barata e acessível, uma vez que existe um grande número de técnicos com formação em Unity e Arduino.

Interreg



Cofinanciado por
la Unión Europea
Cofinanciado pela
União Europeia

España – Portugal

*Twin*NavAux



AXENCIA
GALEGA DE
INNOVACIÓN



Asociación Cluster del Naval
Gallego (**ACLUNAGA**)



Universidade da
Coruña (**UDC**)



Industrias Ferri SA



Ibercisa Deck Machinery SA



Electrorayma SL



Centro de Apoio Tecnológico à
Indústria Metalomecânica (**CATIM**)



Universidade Portucalense
Infante Dom Henrique

Projeto cofinanciado pela União Europeia através do Programa Interreg VI-A
Espanha-Portugal (POCTEP) 2021-2027