

ЛЕКЦІЯ № 15

Загальні відомості про Digital Twins

Питання лекції

1. Загальні поняття Azure Digital Twins
2. Загальні відомості про моделі двійників в Azure Digital Twins
- 3.

1. Загальні поняття Azure Digital Twins

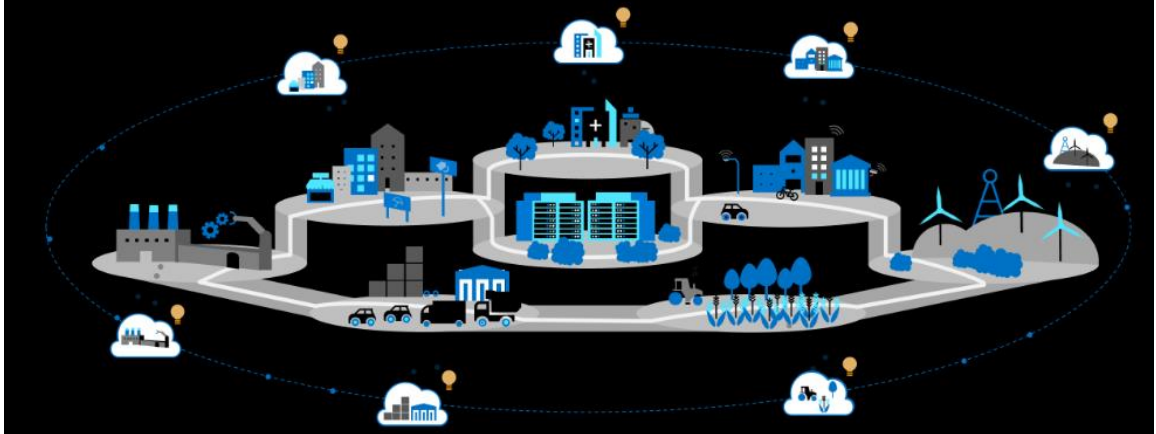
Digital Twins - це нова хвиля інновацій, яка допомагає використовувати розширені сценарії для Інтернету речей та інших технологій, дозволяючи переходити з підключених ресурсів на підключення середовища. Ця служба використовується для створення цифрових реплік (моделей) для цілих середовищ. Такими середовищами можуть бути будівлі, фабрики, ферми, енергомережі, залізничні лінії, стадіони і багато іншого - навіть цілі міста!

В рамках цієї лекції ми поговоримо про те, як моделювати будь-яке середовище і безпечно реалізовувати цифрових двійників з можливістю масштабування, підключати ресурси, такі як пристрої Інтернету речей та існуючі бізнес-системи, використовувати надійну систему подій для створення динамічної бізнес-логіки й обробки даних, виконувати інтеграцію з даними Azure і використовувати аналітику та онлайн-речей для відстеження минулих періодів і прогнозування майбутнього.

Термін "цифровий двійник" часто використовується в різних контекстах. Він існує вже певний час, але його визначення розширюється в міру розвитку компаній і технологій. Завдяки доступності хмарних технологій, удосконаленням в сфері симуляції, можливостям моделювання, платформ Інтернету речей і поліпшеному взаємодії з датчиками Інтернету речей компанії почали вкладати значні кошти в рішення для цифрових двійників.

Давайте розглянемо конкретний різновид цифрових двійників, які ми будемо створювати за допомогою Azure Digital Twins, і вивчимо деякі варіанти використання, що ілюструють, як цифрові двійники можна застосовувати в різних бізнес-середовищах.

Цифровой двойник — это цифровая реплика вещей, мест, бизнес-процессов и людей в реальном мире.



Визначення цифрового двійника в Майкрософт - цифрова репліка речей, місць, бізнес-процесів і людей в реальному світі. Цифровий двійник призначений для розуміння, управління, моделювання, аналізу та поліпшення реальних бізнес-операцій. Azure Digital Twins - це платформа Інтернету речей, що дозволяє створювати рішення Інтернету речей нового покоління, які моделюють реальний світ.

Інтернет речей надає компаніям безліч важливих відомостей по їх активах. Так як підключення рішення продовжують розвиватися, компаніям потрібно створювати комплексні цифрові моделі своїх середовищ цілком, щоб отримати аналітику за наступними напрямками:

- надання кращого продукту;
- оптимізація операцій;
- скорочення витрат;
- створення приголомшливих можливостей для клієнтів.

Такими середовищами можуть бути будівлі, фабрики, ферми, енергомережі, залізничні лінії, стадіони і навіть цілі міста.

Azure Digital Twins дозволяє клієнтам моделювати середовище, а потім безпечно реалізовувати цифрового двійника з можливістю масштабування. Підприємства можуть підключати до Azure Digital Twins існуючі бізнес-системи і активи, такі як пристрої Інтернету речей. Azure Digital Twins допомагає об'єднати розрізнені дані і надає надійну платформу для створення динамічної бізнес-логіки.

Azure Digital Twins легко інтегрується зі службами даних Azure, аналітики і штучного інтелекту для простого відстеження даних за минулі періоди і прогнозування майбутнього. В результаті підприємства одержують інформацію для вирішення поточних і майбутніх завдань.

Переваги Azure Digital Twins

Завдяки можливостям Інтернету речей ми вже підключаємо і відстежуємо окремі активи і пристрої. Інтернет речей дозволяє подолати розрив між розробляються моделями і реальними продуктами, що дозволяє поліпшити продукти і призначений для користувача досвід. Цей процес включає кілька типів цифрових двійників. наприклад:

Цифрові двійники виробничих ліній оптимізують заводські операції.

Багато клієнтів вже створюють цифрових двійників для кожного продукту, який вони виробляють і поставляють. Двійники продуктів можуть допомогти проектувальникам і виробникам отримати уявлення про повну життєвому циклі продукту.

На наступному етапі розвитку цифрових двійників ми розширимо ці можливості за межі інженерної оптимізації та активів. Ми дозволимо клієнтам створювати повнофункціональні моделі всієї бізнес-середовища і в кінцевому підсумку цілих бізнес-мереж. Ці комплексні цифрові двійники будуть об'єднувати традиційні бізнес-дані з моделлю, що відбиває безліч різних аспектів реальності. Ця прозора модель бізнесу дозволить вам управляти операціями, аналітикою та моделюванням.

Моделювання та створення цифрового подання цих середовищ може бути важким завданням навіть для самого сучасного бізнесу.



Зображення з перешкодами для створення цифрового двійника

Сьогодні моделювати підключення середовища непросто, так як вони охоплюють пристрої, місця, бізнес-системи і людей. З огляду на розрізненість даних в цих категоріях, дуже складно витягти з них цінну практичну інформацію. Створення рішень для цифрових двійників включає об'єднання безлічі компонентів, таких як моделювання, зберігання і системи подій. Буде потрібно дуже багато часу, щоб створити подібне безпечне і масштабуєме рішення.

Дуже складно підтримувати актуальність цифрових двійників і реагувати на зміни в реальному світі, щоб забезпечити оптимальний для користувача досвід.

Щоб подолати ці перешкоди, Azure Digital Twins допомагає виконувати такі завдання.

Створення комплексних цифрових моделей для цілих середовищ.

Отримуйте аналітичні відомості, які допоможуть вам поліпшити продукти, оптимізувати операції, скоротити витрати, а також забезпечити унікальний користувальницький досвід. Застосовуйте свої знання в тій чи іншій області разом зі службою Azure Digital Twins для створення підключених рішень. Моделюйте будь-яке середовище і безпечно реалізуйте цифрові двійники з підтримкою масштабування.

Відстеження даних за минулі періоди і прогнозування майбутнього будь-якої підключеної середовища.

З легкістю моделюйте і створюйте цифрові уявлення підключених середовищ за допомогою відкритої мови моделювання. Ви можете моделювати будівлі, фабрики, ферми, енергомережі, залізничні лінії, стадіони і навіть цілі міста. Реалізуйте цифрові двійники за допомогою середовища динамічного виконання, створивши динамічну бізнес-логіку і налаштувавши обробку даних в надійній системі подій. Отримайте доступ до практичних корисним відомостями за допомогою ефективних API запитів і легко інтегрувати системи з даними, аналітикою та штучним інтелектом Azure.

Усунення розрізненості в підключених середовищах.

Змоделюйте будь-яке фізичне середовище, яке важливе для вашого бізнесу. Потім підключіть вхідні дані з пристроїв Інтернету речей, які використовують центр Інтернету речей Azure, або з будь-якої бізнес-системи, щоб встановити єдиний динамічний шар інтеграції, який надає аналітичні відомості з усієї середовища.

Создавайте подключенные среды с помощью Azure Digital Twins

- Сократите время ввода в эксплуатацию
- Упростите создание комплексных цифровых моделей
- Отслеживайте данные за прошлые периоды и прогнозируйте будущее любой подключенной среды
- Устраните разрозненность в подключенных средах
- Используйте надежную платформу корпоративного класса в качестве основы



Створення надійної платформи корпоративного класу.

Створюйте підключені рішення Інтернету речей корпоративного рівня, користуючись перевагами дотримання вимог, безпеки та конфіденційності, якими славиться Azure. Відстежуйте, контролюйте і оновлюйте пристрою Інтернету речей з високим рівнем безпеки і масштабованості завдяки інтеграції з Центром Інтернету речей Azure. Керуйте доступом і посвідченнями за допомогою таких функцій, як управління доступом на основі ролей (RBAC) і Azure Active Directory.

Приклади використання Azure Digital Twins в різних галузях



Графічне представлення комплексної бізнес-середовища Azure Digital Twins

В ході перетворення бізнесу компанії відкривають для себе нові варіанти використання.

Необхідність моделювання всього підприємства стає більш очевидною. Компанії можуть використовувати Azure Digital Twins для створення комплексних моделей всього бізнесу, що включають процеси, людей і продукти. Ці моделі забезпечують повноцінне уявлення всього підприємства.

Уявіть собі компанію, яка може моделювати свої фабрики, а також своїх постачальників і торгових посередників. Моделювання дозволило б їй ще більше автоматизувати свої операції. Наприклад, компанія може отримувати сигнали про взаємодію з користувачами або про потреби магазинів і прив'язувати їх до виробничої лінії в режимі реального часу. Таким чином, компанія отримає видимість виробничих потужностей і можливостей задовольнити попит. Вона навіть може піти ще далі, включивши в цю схему постачальника сировини, щоб задовольнити попит на конкретні терміни. Ця можливість спрощує відстеження продукту.

Служба Azure Digital Twins допомагає подолати розрив між етапами життєвого циклу продукту: від задумки і розробки до використання. Завдяки цифровим двійникам і моделювання компанії можуть аналізувати різні сценарії для продукту, щоб протестувати численні ситуації ще до того, як вони відбудуться. Наприклад, перш ніж замовити дорогий актив, компанії можуть змодельовати результат зміни конфігурації або ремонту. У поєднанні зі штучним інтелектом і автоматизацією процесів компанії можуть отримати повноцінне самовідновлення і розширений аналіз основних причин.

Зі службою Azure Digital Twins компанії отримують цінні відомості, які дозволяють поліпшувати продукти, оптимізувати операції, скорочувати витрати і підвищувати ефективність роботи користувачів у всіх середовищах.

Інновації за допомогою Інтернету речей можна реалізувати в багатьох галузях. Приклади галузей:

Виробництво.

Енергетика, нафта і газ, природні ресурси.

Роздрібні продажі.

Прогалини.

Транспорт і подорожі.

Галузь Сегменти Варіанти використання:

виробництво

дискретне виробництво

безперервне виробництво

інтеграція продуктів

Автономні операції.

Аналіз першопричин для виявлення основної причини збоїв за рахунок відстеження проблем по всій топології.

Аналіз варіантів, моделювання.

Моделювання сценаріїв оптимізації, виявлення вузьких місць у виробництві і динамічна настройка операцій відповідно до вимог до виходу продукції.

Моделювання фізичних характеристик продукту, таке як цифрова перевірка для НДДКР і створення прототипів.

Пропозиція нових проектів або змін в проектах існуючих виробничих ліній для збільшення потужностей, таких як введення в експлуатацію та ефективна робота виробничої лінії за допомогою моделювання.

Модель, така як профілактичне обслуговування обладнання за допомогою моделювання.

Розширене цифрове моделювання.

Самовідновлення активів і поліпшене обслуговування.

Підтримка виробничих операцій в режимі реального часу для збільшення потужностей і обсягу виробництва.

Динамічне реагування на зміни попиту і пропозиції в реальному часі.

Розробка і виконання оптимізованих стратегій планування.

Моніторинг і контроль виробничих операцій.

Цифрові двійники вироблених товарів. Відстеження часу існування від інгредієнтів і компонентів до моніторингу використання продукту. приклади:

На яких верстатах або виробничих лініях проведений продукт або компонент?

Де він зберігався?

Хто його доставив?

Як задоволеність клієнтів пов'язана з виробничою лінією, доставкою і зберіганням?

Енергетика

Видобуток корисних копалин

службові програми

нафта і газ;

Якість навколишнього середовища і управління нею.

Інтелектуальне і прогнозоване управління мережами.

Цифрове моделювання мереж.

Самовідновлення активів і поліпшене обслуговування.

Оптимізація складу або процесу створення паливної суміші за допомогою моделювання.

Історія хмари. Прийняття рішень в галузях за допомогою демократизації даних.

Оптимізація виробництва енергії, наприклад вітрових установок.

Комплексна динамічна модель активів, можливість відстеження та оптимізації працездатності.

При використанні відновлюваної енергії знижуються витрати на обслуговування і експлуатацію, з'являються нові можливості прогнозування і оптимізації.

Скорочення ризиків, таких як пожежі та забруднення навколишнього середовища. Управління витратами на гарантійний ремонт за допомогою моделювання для виробництва і розподілу енергії, мікромереж і мереж відновлюваної енергії, таких як трансформатори, підстанції.

Вуглецеві двійники.

Retail

Товари широкого вжитку

ланцюжок поставок

Сільське господарство

Аналітика запасів по ланцюжку створення цінності.

Пули даних і системи аналітики, що охоплюють кілька галузей.

Автономні роздрібні операції.

Цифровий паспорт фізичних продуктів, який заповнюється на кожному етапі - від закупівлі сировини, виробництва і споживання до утилізації. Подивіться цифрових двійників і дайте відповідь на наступні питання.

Які знижки були застосовані?

Яка партія була відкликана?

Які продукти в деяких випадках були додані?
За якими ланцюжках поставок переміщалися продукти?
Де вони знаходяться зараз?
Коли в останній раз була оновлена упаковка?

Двійники комплексної ланцюжка поставок:

Сталий розвиток.

Транспортні операції.

Розподільні центри.

Планування завантаження і відправки за допомогою штучного інтелекту.

Моделювання нових процесів.

Продуктивність праці, переміщення запасів і ефективність обробки матеріалів.

Оптимізація запасів.

Моделювання реальних роздрібних магазинів, щоб направляти покупців прямо до товарів на полиці. Створення моделі для кожного покупця, щоб спрогнозувати поведінку при покупці.

Інтелектуальні складські операції.

Управління мережею постачальників.

Сталий розвиток, наприклад поставка продуктів "з ферми на стіл", для створення цифрового сертифікату для товарів.

Управління логістичними ланцюжками в сільському господарстві.

Моніторинг і контроль фермерських операцій.

Контроль здоров'я домашньої худоби.

Architecture

Engineering

Будівництво

управління простором

розумні будинки

розумні міста

Управління критично важливою інфраструктурою і виявлення загроз.

Управління та експлуатація будівель.

Енергоефективні будівлі.

Досвід і продуктивність людей в будівлі.

Моделювання, візуалізація і оптимізація планування інфраструктури.

Оптимізація продуктивності критично важливої інфраструктури.

Управління можливими аварійними ситуаціями, наприклад великими пожежами, повеннями, скупченням зливових вод або трафіком.

Підвищення якості нерухомості завдяки поліпшеному обслуговуванню і експлуатації, а також додаванню нових цифрових можливостей.

Управління енергоспоживанням і експлуатація будівель.

Управління простором і його оптимізація.

Досвід і продуктивність людей в будівлі.

Управління здоровим середовищем і якістю повітря в просторі.

Управління відходами.
Моніторинг і контроль експлуатації будівель.
Виявлення основної причини збоїв за рахунок відстеження проблем по всій топології.
Аналіз гіпотетичних варіантів для планування.

Приклади клієнтів





ІТ-отдел GE Aviation

С помощью Azure Digital Twins ИТ-специалисты компании GE Aviation создают полнофункциональную и исторически достоверную копию самолета.

- Отслеживание характеристик самолета с помощью действующей модели, поддерживающей изменение связей между ресурсами в реальном времени и сохраняющей историю обслуживания и данные о полетах.
- Получение аналитических сведений для прогнозирования проблем и рекомендации по их устранению.
- Отслеживание критически важных компонентов с помощью цифровой копии для повышения производительности.

GE Aviation використовує Azure Digital Twins для об'єднання даних з двох окремих систем для створення динамічної репліки літака. Одна система відстежує продуктивність літака в повітрі. Інша система відстежує всі, що відбувається з літаком на землі. В даний час дані для аудиту і відстеження збираються з цих систем вручну.

З новою системою GE Aviation отримує динамічну базу даних, яка відстежує продуктивність літака.

Крім відстеження поточної конфігурації GE Aviation використовує Azure Digital Twins для моделювання і документування кожного компонента і частини літака. Це дозволяє побачити, в якому літаку раніше був встановлений компонент, яка продуктивність компонента в кожному літаку, яке обслуговування виконувалося для компонента на попередньому літаку і яка продуктивність компонента в поточному літаку.

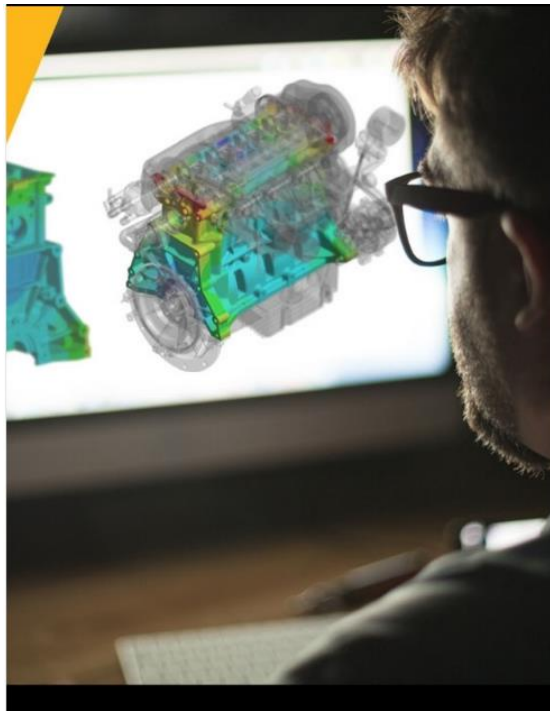
Нові відомості про компоненти за минулі періоди допоможуть компанії виявити потенційні проблеми, діагностувати поточні проблеми і знизити вартість обслуговування літака.



Зображення з прикладом використання Azure Digital Twins в Telstra Purple

Компанія Telstra вибрала Майкрософт в якості стратегічного партнера для проектування і створення масштабованої і об'єднаної платформи Інтернету речей Azure, щоб спростити операції і значно скоротити час виходу на ринок.

За підтримки свого постачальника технологічних послуг, Telstra Purple, компанія Telstra працює з Майкрософт над створенням розширеної рішення цифрових двійників для асфальтних заводів Downer Group. Такий цифровий асфальтовий завод забезпечує підвищену ефективність, надійність і безпеку. Крім того, це збільшує експлуатаційну прозорість і управління. Рішення визначає і відстежує небезпечні дії на підприємстві. Downer також планує реалізувати моніторинг ресурсів та відстеження жолобів, щоб уникнути інцидентів в майбутньому.



Ansys

Twin Builder: Цифровые двойники, основанные на физике

- Ansys использует Azure Digital Twins и Центр Интернета вещей Azure для совершенствования Twin Builder, чтобы еще больше облегчить развертывание основанных на физике моделей цифровых двойников для улучшения прогнозного и нормативного обслуживания физических ресурсов и оборудования.
- Быстро и легко создавайте и развертывайте основанные на физике модели цифровых двойников
- Анализируйте текущее поведение продукта и прогнозируйте влияние изменений в реальных сценариях
- Отслеживайте и оптимизируйте процессы в реальном времени
- Совершенствуйте обучение сотрудников
- Снижайте затраты на обслуживание и повышайте точность программ прогнозного обслуживания

Зображення з прикладом використання Azure Digital Twins в Ansys

Моделювання на основі фізичного світу вже давно є найважливішою частиною процесу проектування продукту, допомагаючи інженерам оптимізувати і перевіряти різні варіанти.

Завдяки повсюдному розгортанню датчиків Інтернету речей в продуктах і їх середовищі тепер можна застосувати ту ж технологію моделювання вже після виробництва, доставки і розгортання продукту на місці. Технологія моделювання може використовуватися для оптимізації продуктивності і енергоспоживання, а також для точного і своєчасного прогнозування збоїв, дозволяючи уникнути складнощів, пов'язаних з альтернативними методами.

ANSYS - лідер ринку програмного забезпечення для технічного моделювання. За допомогою ANSYS Twin Builder інженери можуть швидко створювати робочі моделі. Завдяки платформі Microsoft Azure Digital Twins тепер можна ефективно інтегрувати двійники на основі моделювання в більш широке рішення Інтернету речей.



Brookfield Properties  **willow**
know your world

Компанія Brookfield Properties задає новий стандарт інновацій в сфері нерухомості з допомогою платформи WillowTwin™ і Azure Digital Twins в One Manhattan West.

- Снизьте операционные затраты, оптимизируя использование энергии.
- Повышайте удовлетворенность работающих в здании людей с помощью персонализированных и контекстуализированных интерфейсов.
- Быстрее подключайте к работе новых сотрудников и обучайте их.

Зображення з прикладом використання Azure Digital Twins в Brookfield

Компанія Brookfield хотіла вивчити технологію цифрових двійників для створення віртуальної моделі хмарочоса One Manhattan West, підключеної безпосередньо до інфраструктури, обладнання та системам. Ця технологія дозволила б компанії Brookfield перетворити будівлю в інтелектуальну мережу об'єднаних просторів, інтегрувавши системи роздрібної торгівлі, офісу, готельної справи та житлових середовищ.

Цифровий двійник дозволяє компанії Brookfield і орендарям хмарочоса оптимізувати енергоспоживання і зробити будинок більш екологічним. Оптимізуючи системи та обладнання, наприклад, завчасно обслуговуючи обладнання для опалення та кондиціонування повітря ще до поломки, компанія Brookfield витрачає менше енергії. Аналіз даних у часі дає операторам уявлення про те, як вони можуть приймати рішення, що впливають на навколишнє середовище. Наприклад, вони можуть зменшити кількість джерел світла на певних поверхах в п'ятницю вдень. Економія енергії призводить не тільки до зниження витрат, але і до істотного скорочення викидів парникових газів.

Вивчення Azure Digital Twins в контексті рішення

Переход на решения для цифровых двойников



Схема этапов решения Azure Digital Twins

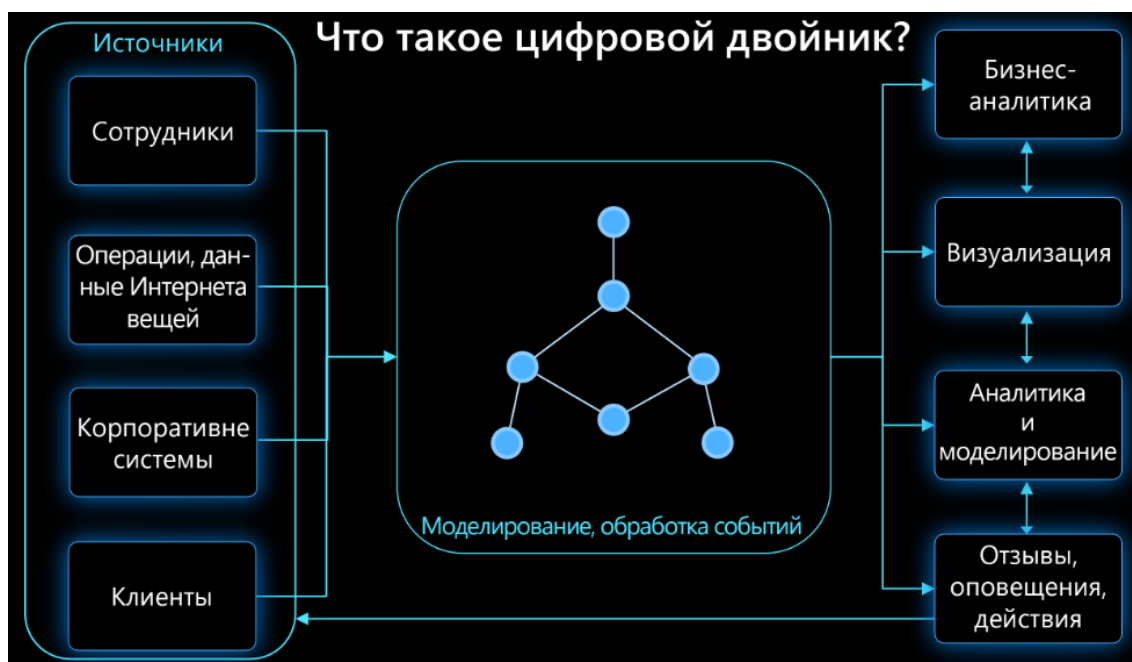
У контексті вирішення Azure Digital Twins - це платформа, яка дозволяє моделювати будь середу і підключати датчики і бізнес-системи до моделі для управління справжнім, відстеження минулого і прогнозування майбутнього.

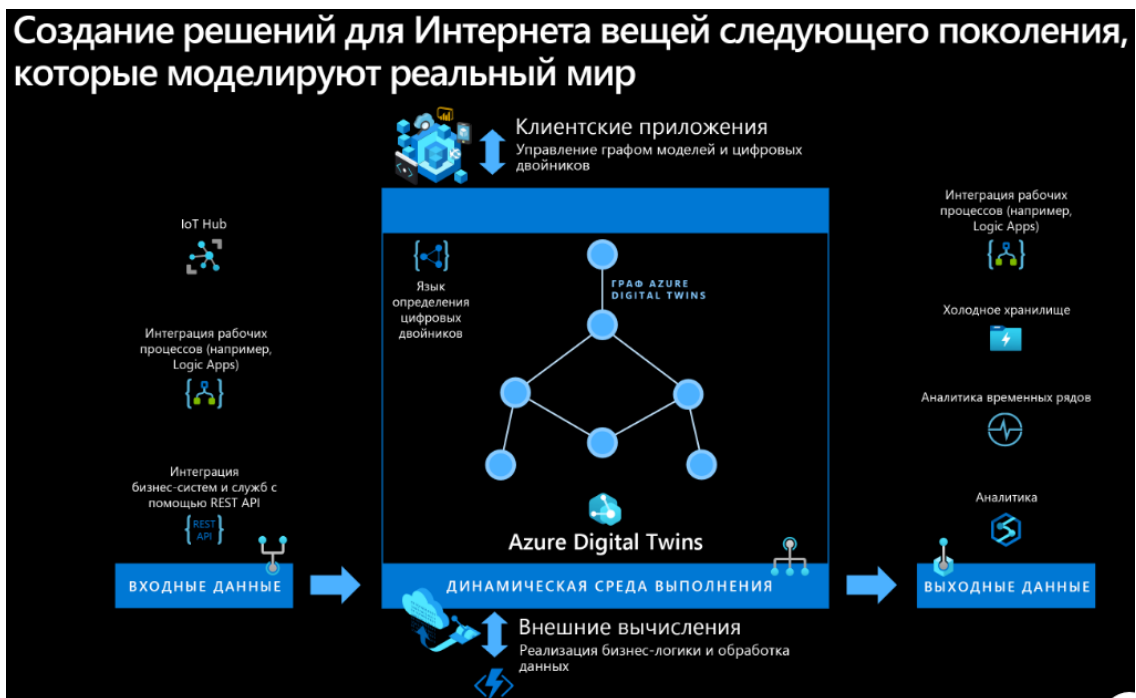
Щоб реалізувати цю обіцянку, звичайного клієнта необхідно моделювати своє середовище за допомогою мови визначення цифрових двійників (DTDL). Вони будуть підтримувати працездатність цієї моделі свого середовища за допомогою даних, що надходять:

від операційних систем, тобто даних Інтернету речей;

бізнес-систем, таких як CRM, ERP, управління персоналом і фінанси.

Аналітичні відомості, створені в цифровому двійнику, повинні передаватися в бізнес-системи, щоб можна було зробити якусь дію і замкнути цикл зворотного зв'язку.





Відкрита мова моделювання (DTDL)

Реальні середовища в Azure Digital Twins моделюються у вигляді графа топології. Суті, складові граф, називаються двійниками. Кожен тип двійника описується як колекція властивостей, телеметрії, команд, зв'язків і компонентів. Визначення двійників виражаються мовою DTDL, заснованому на JSON-LD.

Динамічне Виконавче Середовище Azure Digital Twins - це середовище динамічного виконання для реалізації двійників в поданні графа в реальному часі.

Визначивши для користувача бізнес-словник в Azure Digital Twins, можна створити граф двійників. Як правило, клієнти створюють графи програмно, використовуючи топологію на основі даних, які вже доступні в інших базах даних. Наприклад, вони можуть використовувати дані з систем управління інформацією про будівлі.

У Azure Digital Twins будь-яка зміна даних породжує подія. Вхідна телеметрія, зміни властивостей в графі, створення або видалення двійників - все це призводить до подій, на які може реагувати призначена для користувача бізнес-логіка. Розробники можуть визначати обробники подій для обробки подій в графі і поширювати дані через граф.

Azure Digital Twins також надає ефективну систему запитів для отримання аналітичних відомостей з середовища моделі.

Вхідні дані з Інтернету речей і бізнес-систем

Вхідні дані з Інтернету речей і бізнес-систем можуть передаватися в Azure Digital Twins для підключення активів, включаючи пристрої Інтернету речей, за допомогою Центру Інтернету речей Azure, Azure Logic Apps і REST API.

Центр Інтернету речей можна використовувати для підключення до Інтернету речей і пристроїв IoT Edge, щоб середовище динамічного виконання синхронізувалося з операційними даними.

Дані Інтернету речей не є обов'язковим компонентом рішень для цифрових двійників. Ви також можете керувати Azure Digital Twins з інших джерел даних за допомогою інтерфейсів REST API. Або можна створити з'єднувачі Azure Logic Apps на основі системи, з якої потрібно отримувати дані. Ви можете використовувати поєднання різних джерел даних (Інтернет речей та інші) для цифрового двійника.

Вихідні дані для служби "Аналітика часових рядів", сховища і аналітики

Azure Digital Twins надає кошти для виведення аналітичних відомостей в зовнішні служби, такі як "Аналітика часових рядів Azure", сховище і аналітика, за допомогою маршрутів подій до низхідним службам, таким як Azure Synapse Analytics.

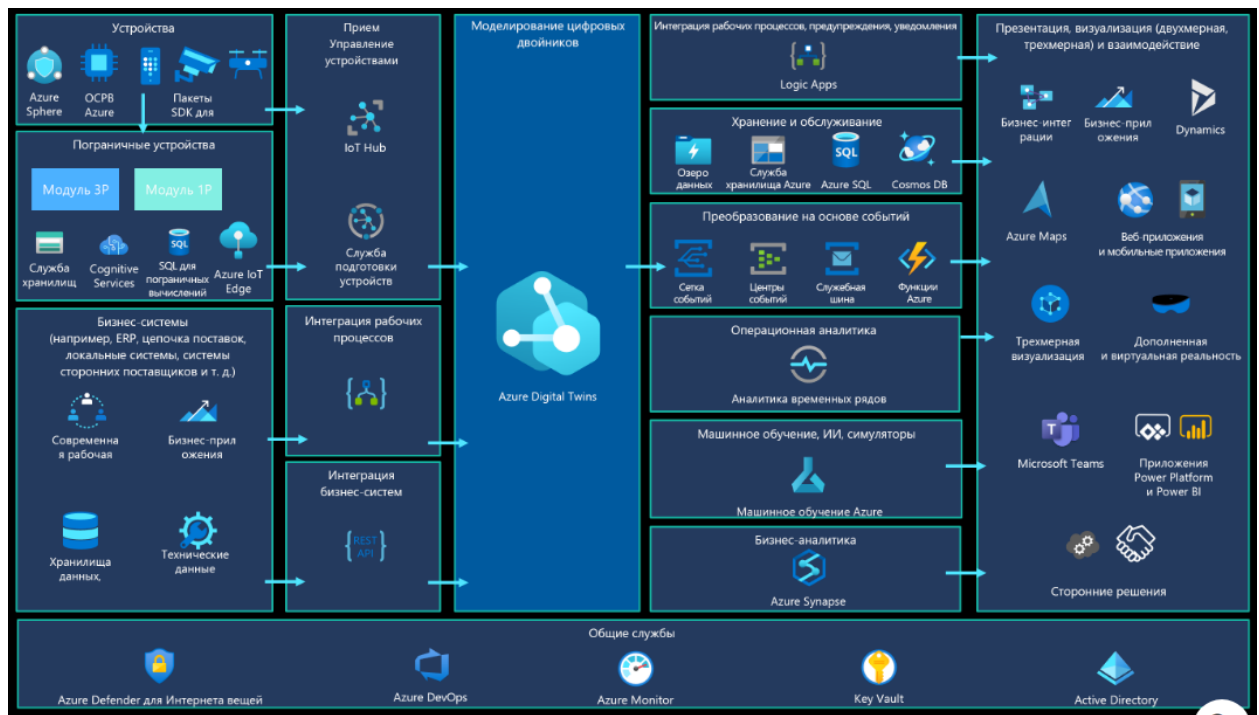
Розробники можуть визначати маршрути подій, які відправляють вибрані дані в спадні служби. Підтримувані кінцеві точки включають Центри подій Azure, Сітку подій Azure і Службову шину Azure.

Приклади: холодне сховище, наприклад Azure Data Lake, машинне навчання або інша аналітика з Azure Synapse або інтеграція робочих процесів з Logic Apps.

Інтеграція зі службою "Аналітика часових рядів Azure" може використовуватися для відстеження даних з плином часу і застосування аналітики за минулі періоди.

Як виглядає архітектура рішення для цифрових двійників?

На схемі показано, з яких компонентів складається рішення для цифрових двійників. Кожен функціональний компонент містить приклади служб Azure або зовнішніх систем, які можуть використовуватися для певних цілей. Ця схема є лише прикладом. Інші компоненти або служби Azure також можуть бути частиною рішення цифрових двійників.



Digital Twin Consortium

Digital Twin Consortium (DTC), заснований за участю Майкрософт, Dell, Ansys, Autodesk, GE Software, Northrop Grumman і Lendlease, був представлений в травні 2020 року на конференції Build. DTC - це швидко розвивається організація, в якій спочатку було 14 учасників. У перший же тиждень до неї приєдналися ще 42 компанії. Станом на серпень 2020 року в неї входить більше 125 партнерів.

DTC - це програма Object Management Group, призначена для широкого впровадження технології цифрових двійників і її переваг. Завдяки спільній роботі різних галузей DTC допомагає підприємствам максимально збільшити переваги технології цифрових двійників. Учасники можуть ділитися уроками і можливостями, виявленими в віртуальному світі, і застосовувати їх до фізичного світу.

Завдяки спільній роботі DTC виконає наступні завдання.

Чи вплине на напрямок розробки технології цифрових двійників.

Чи стане експертним центром з цифровим двійникам, аналізу трендів і перспективам галузей.

Створить еталонну архітектуру і визначення цифрових двійників для різних галузей.

Підтримуватиме, розвивати і вдосконалювати рекомендації та переваги цифрових двійників.

Надасть центр ресурсів для творців і споживачів цифрових двійників.

Поліпшить взаємодію між технологіями цифрових двійників.

DTC розуміє потребу в технологічних стандартах у сфері інновацій для цифрових двійників, але не буде розробляти їх. Консорціум буде впливати на

стандарти шляхом розробки вимог, які будуть відправлятися в міжнародні організації по стандартизації, такі як Object Management Group і ISO / IEC.

2. Загальні відомості про моделі двійників в Azure Digital Twins

Ключовою характеристикою Azure Digital двійників є можливість визначення власного словника і створення графа двійника в самостійно певних умовах вашого бізнесу. Ця можливість надається за допомогою **моделей**, що надаються користувачем. Моделі можна розглядати як іменники в описі світу.

Модель схожа на **клас** в об'єктно-орієнтованій мові програмування, визначаючи фігуру даних для однієї конкретної концепції в реальному робочому середовищі. Моделі мають імена (наприклад, кімнати або датчик температури) і містять елементи, такі як: властивості, дані телеметрії і події, і команди, які описують, що може робити сутність цього типу у вашому середовищі. Пізніше ці моделі будуть використовуватися для створення цифрових двійників, які представляють певні сутності, які відповідають цьому опису типу.

Моделі цифрових двійників Azure представлені на **мові визначення цифрових двійника** на основі JSON-LD (DTDL).

Мова визначення цифрових двійника (DTDL) для моделей

Моделі для Azure Digital двійників визначаються за допомогою мови визначення цифрових двійників (DTDL).

DTDL створений на основі JSON-LD і не залежить від мови програмування. DTDL не є ексклюзивним для Azure Digital двійників, але також використовується для представлення даних пристрою в інших службах IoT. У Azure Digital двійників використовується DTDL версії 2 (використання версії 1 з Azure Digital двійників тепер застаріло).

Не всі служби, які використовують DTDL, реалізують одні й ті ж функції DTDL. Наприклад, IoT самоналагоджувальний не використовує функції DTDL, призначені для графів, в той час як Azure Digital двійників в даний час не реалізує команди DTDL.

Елементи моделі

У визначенні моделі елемент коду верхнього рівня є **інтерфейсом**. Він інкапсулює всю модель, а інша частина моделі визначається через інтерфейс.

Інтерфейс моделі DTDL може містити нуль, один або декілька з наступних полів:

- *Властивості* - це поля даних, які представляють стан сутності (наприклад, властивості в багатьох мовах об'єктно-орієнтованого програмування). Властивості мають резервне сховище і можуть бути лічені в будь-який час.

- *Телеметрії* - поля телеметрії представляють вимірювання або події, і часто використовуються для опису зчитування датчика пристрою. На відміну від властивостей, дані телеметрії не зберігається в цифровому двійнику; Це ряд подій даних, прив'язаних до часу, які повинні оброблятися в міру їх виникнення.
- *Компонент Components* - дозволяє при необхідності побудувати інтерфейс моделі як збірку інших інтерфейсів. Прикладом компонента є інтерфейс фронткамера (і інша інтерфейсна Камера), який використовується при визначенні моделі для телефону.

Необхідно спочатку визначити інтерфейс для фронткамери, як якщо б він був власною моделлю, а потім посилатися на нього при визначенні телефону.

Використовуйте компонент для опису того, що є невід'ємною частиною рішення, але не вимагає окремого посвідчення, і його не потрібно створювати, видаляти або змінювати порядок в графі двійника незалежно один від одного. Якщо потрібно, щоб суті мали незалежні існування на графі двійника, вони представляють їх як окремі цифрові двійники різних моделей, сполучені зв'язками.

- *Відношення «зв'язок--відношення»* дозволяють уявити, як цифрові двійники можуть бути залучені в інші цифрові двійники. Відносини можуть представляти різні семантичні значення, наприклад Contains ("поверх містить кімнату"), ("для користувача" і т. д. ") і т. д. Зв'язки дозволяють рішенням надавати граф взаємопов'язаних сутностей.

Специфікація DTDL також визначає команди, які є методами, які можуть бути виконані в цифровому двійнику (наприклад, команда Reset) або команда для перемикання вентилятора. Однак команди наразі не підтримуються в Azure Digital двійників.

Різниця між властивостями і телеметрії для моделей Azure Digital двійників виглядає наступним чином:

- Очікується, що у властивостях має бути резервне сховище. Це означає, що ви можете прочитати властивість будь-якої пори і отримати його значення. Якщо властивість є для запису, можна також зберегти значення у властивості.
- Дані телеметрії більше подібні до потоку подій; це набір повідомлень даних з короткими термінами існування. Якщо ви не налаштуєте прослуховування події і дії, які необхідно виконати, в подальшому Трасування події не виконується. Ви не зможете повернутися до нього і прочитати його пізніше.

Дані *телеметрії* часто використовуються з пристроями Інтернету речей, так як багато пристроїв не підтримують або зацікавлені в збереженні значень вимірів, які вони створюють. Вони просто відправляють їх у вигляді потоку подій телеметрії. У цьому випадку неможливо виконати запит на пристрої в будь-який час для останнього значення поля телеметрії. Замість цього

необхідно прослуховувати повідомлення з пристрою і вживати заходів по мірі надходження повідомлень.

В результаті при проектуванні моделі в Azure Digital двійників ви, ймовірно, будете використовувати *Властивості* в більшості випадків для моделювання двійників. Це дозволяє мати резервне сховище і можливість читати і запитувати поля даних.

Дані телеметрії і властивості часто працюють разом для обробки вхідних даних з пристроїв. Так як всі вхідні в Azure Digital двійників є інтерфейсами API, для зчитування даних телеметрії або подій властивостей з пристроїв, як правило, використовується функція вхідних даних, а у відповіді в Azure Digital двійників задайте властивість.

Ви також можете опублікувати подію телеметрії з API цифрових двійників Azure. Як і у випадку з іншими даними телеметрії, це короткочасна подія, для обробки якої потрібно прослуховувач.

Особливості реалізації DTDL в Azure Digital двійників

Щоб модель DTDL була сумісна з Azure Digital двійників, вона повинна відповідати цим вимогам.

- Всі елементи DTDL верхнього рівня в моделі повинні мати тип Interface. Це обумовлено тим, що інтерфейси API моделі Digital двійників можуть отримати об'єкти JSON, що представляють інтерфейс або масив інтерфейсів. В результаті на верхньому рівні не допускаються інші типи елементів DTDL.
- DTDL для Azure Digital двійників не повинен визначати які б то не було команди.
- Azure Digital двійників допускає тільки один рівень вкладеності компонентів. Це означає, що інтерфейс, використовуваний в якості компонента, не може мати самих компонентів.
- Інтерфейси не можуть бути визначені вбудованими в інших інтерфейсах DTDL; вони повинні бути визначені як окремі сутності верхнього рівня з власними ідентифікаторами. Потім, коли інший інтерфейс хоче включити цей інтерфейс як компонент або через успадкування, він може посилатися на його ідентифікатор.

Azure Digital двійників також не стежить за writable атрибутами у властивостях і зв'язках. Хоча це значення можна задати у відповідності зі специфікаціями DTDL, воно не використовується в Azure Digital двійників. Замість цього вони завжди вважаються доступними для запису зовнішніми клієнтами, які мають загальні дозволи на запис в службу Digital двійників Azure.

Що таке онтологія?

Словник рішення Azure Digital двійників визначається за допомогою моделей, що описують типи сутностей, що існують у вашому середовищі.

Іноді, якщо рішення прив'язане до певної галузі, воно може бути простим і ефективним для початку роботи з набором моделей, які вже існують, замість створення власного набору моделей з нуля. Ці набори моделей, що існували раніше називаються **онтологією**.

Як правило, **онтологія** - це набір моделей для даного домену, таких як структура будівлі, система IoT, смарт-місто, сітка енергії, веб-вміст і т. д. Онтології часто використовуються в якості схем для діаграм знань, так як вони можуть включати :

- Упорядкування програмних компонентів, документація, бібліотеки запитів і т. д.
- Скорочені інвестиції в концептуальне моделювання та розробку систем
- Спрощення взаємодії з даними на семантичному рівні
- Рекомендоване повторне використання, а не починати з нуля або "переносити коліщатко"

Використання онтологій для Azure Digital двійників

Онтологія надає відмінну відправну точку для цифрових рішень двійника. Вони охоплюють набір моделей для конкретних доменів і зв'язку між сутностями для проектування, створення і аналізу цифрового двійника графа. Онтології дозволяють розробникам рішень почати цифрове рішення двійників з перевіреної відправної точки і зосередитися на вирішенні бізнес-завдань. Онтології створені компанією Майкрософт, також спроектовані так, щоб бути легко розширюваними, щоб їх можна було налаштувати для вирішення.

Крім того, використання цих онтологій в рішеннях дозволяє налаштувати їх для більш тісної інтеграції між різними партнерами та постачальниками, так як онтологія може надати загальний словник для рішень.

Оскільки моделі в Azure Digital двійників представлені в форматі Digital двійників Definition Language (DTDL), онтології для використання з Azure Digital двійників також пишуться в DTDL.

Існує три можливі **стратегії інтеграції стандартних** галузевих онтологій з DTDL ви можете вибрати найбільш підходящий варіант в залежності від ваших потреб:

Впровадження. Ви можете запуснути рішення з допомогою DTDL онтології з відкритим кодом, створеного на основі широко прийнятих галузевих стандартів. Можна, можливо або використовувати ці набори моделей, або розширити їх з допомогою власних доповнень для налаштованого рішення.

Перетворення. Якщо у вас вже є моделі, представлені в іншому стандартному форматі, їх можна перетворити в DTDL, щоб використовувати їх з Azure Digital двійників.

Створення. Ви завжди можете розробляти власні призначені для користувача моделі DTDL з нуля, використовуючи будь-які відповідні галузеві стандарти в якості ідей.

Використання стратегій онтології на шляху розробки моделі

Незалежно від стратегії, обраної для інтеграції онтології в Azure Digital двійників, ви можете виконати інструкції по створенню та передачі онтології в якості моделей DTDL.

1. Почніть з вивчення і розуміння DTDL моделювання в Azure Digital двійників.
2. Продовжуйте роботу до обраної стратегії інтеграції онтології з наведених вище: Впровадження, Перетворення, Створення моделей на основі онтології.
3. Перевірте моделі, щоб переконатися, що вони працюють з DTDL документами.
4. Надішліть готові моделі в Azure Digital двійників за допомогою API або прикладу, подібного відправці Azure Digital двійників Model.

Після цього ви зможете використовувати моделі в своєму екземплярі Azure Digital двійників.

Ви можете візуалізувати їх за допомогою прикладів, наприклад оглядача цифрових двійників Azure або візуалізатора цифрових двійників моделей Azure, або перейти до їх використання для створення цифрового двійників.

Оскільки простіше почати з відкритого коду DTDL онтології, ніж з порожньої сторінки, корпорація Майкрософт співпрацює з експертами по предметній області, щоб публікувати онтології, які представляють широко прийняті галузеві угоди і підтримують різні варіанти використання клієнтів.

Результатом є набір онтологій на основі DTDL з відкритим вихідним кодом, який призначений для вивчення, створення, вивчення або прямого використання галузевих стандартів.

Онтології спроектовані відповідно до потреб нижчих розробників, що може бути широко поширене і (або) розширено в галузі.