

Цифровые двойники в телекоммуникациях

А. К. Канаев

*Петербургский государственный университет путей
связи Императора Александра I*

kanaevak@mail.ru

А. Р. Степанова

*Петербургский государственный университет путей
связи Императора Александра I*

arinrus9@gmail.com

Аннотация. Статья посвящена применению технологии «Цифровой двойник» в телекоммуникационных сетях. Данная работа характеризует возможности, сферы применения, виды цифровых двойников в телекоммуникационной отрасли. В статье использованы следующие методы: метод факторного анализа, метод табличного и графического отображения данных, методы анализа и синтеза научных источников и другие. В рамках работы рассмотрены отличия цифрового двойника от математических моделей, области развития цифровых двойников в телекоммуникациях, а также сложности внедрения технологии в данную отрасль.

Ключевые слова: цифровой двойник, телекоммуникации, телекоммуникационная сеть, интеллектуальный двойник, интернет вещей

I. ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время четвертая промышленная революция (Индустрия 4.0) захватывает всё большее количество отраслей. Индустрия 4.0 предполагает новый подход к производству, основанный на массовом внедрении информационных технологий, масштабной автоматизации бизнес-процессов и распространении искусственного интеллекта. [1]

Телекоммуникационная отрасль является значимой в жизни человека в настоящее время, а для ее развития целесообразно применять современные цифровые технологии, развивающиеся в концепции Индустрия 4.0, в том числе технологии Цифровой двойник и Интернет вещей.

Применение цифровых двойников (ЦД) в различных областях, в том числе в телекоммуникациях, позволяет решать большое количество задач различного рода, тем самым повышая безопасность, долговечность, эффективность применения объектов телекоммуникационной отрасли.

ЦД является сложной сущностью, которая в каждой области обладает своими характеристиками и свойствами. Задача данной статьи – ввести классификацию ЦД в различных областях и адаптировать ее к телекоммуникационной сфере.

II. ПОНЯТИЕ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ

Общие положения цифровых двойников изделий описаны в ГОСТ Р 57700.37—2021. В соответствии с данным стандартом ЦД изделия – это система, состоящая из цифровой модели изделия и двусторонних информационных связей с изделием (при наличии изделия) и (или) его составными частями. [2]

Более конкретно цифровые двойники характеризует следующее описание: виртуальная копия физического

устройства, которая обладает видом и свойствами реального аналога, моделирует внутренние процессы, технические характеристики и поведение реального объекта в условиях воздействий помех и окружающей среды, а также позволяет наблюдать прошлые состояния и прогнозировать поведение объекта в будущем. [3]

Важное отличие ЦД от математических моделей в том, что он позволяет с высокой точностью отображать текущее состояние реального объекта, прошлые состояния, а также работать с дополненной реальностью, тем самым осуществлять прогноз будущих состояний, а также контроль инвентаризации объектов в режиме реального времени.

ЦД дает возможность принимать наиболее оптимальные решения на любом этапе жизненного цикла реального двойника и его отдельных элементов. Одно из наиболее значительных следствий применения ЦД в телекоммуникациях заключается в управлении сетью и оптимизации режимов работы. Создавая цифрового двойника телекоммуникационной сети, операторы могут отслеживать свои сети в режиме реального времени и управлять ими, выявлять потенциальные проблемы до того, как они станут критическими, и оптимизировать производительность сети. Это может привести к значительной экономии средств, повышению надежности сети и улучшению качества обслуживания клиентов. [4]

Но для его безошибочной работы необходимо обеспечить качество, достоверность и своевременность данных. Данные необходимы для поддержания актуальности ЦД на протяжении всего жизненного цикла. Недостаточно однократного получения своевременных и полных для данного времени данных для обеспечения постоянной полезности ЦД. Наиболее часто для получения актуальной информации применяется технология Интернет вещей, при использовании которой вещи с помощью датчиков и программных агрегатов самостоятельно передают необходимые данные в цифровую копию для обработки, анализа и дальнейшего использования в двойнике. Перспективы дальнейшего снижения стоимости IoT-технологии дает возможность прогнозировать, что данная технология будет все чаще применяться для развития ЦД. Также для реализации и работы ЦД все полученные данные необходимо классифицировать и структурировать одинаковым образом [5].

III. ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ ОТРАСЛИ

В настоящее время большинство цифровых двойников разрабатывается для аналоговых объектов (трансформатор, кабель АКВ и др.) или организационных структур. Но несмотря на то, что в

телекоммуникационной отрасли большинство оборудования цифровое, ЦД позволит накапливать, анализировать и прогнозировать полученную информацию, в том числе информацию об ошибках, отказах, нормальной работе сети и т. д. С ее помощью появится возможность проследить как отказ элемента влияет на систему в целом.

ЦД в телекоммуникациях могут быть применены для различных задач, в том числе: удаленный контроль и инвентаризация оборудования в реальном времени, прогноз технического обслуживания и ремонта, модернизация сети и т. д. Так, при проектировании или модернизации сети с помощью ЦД можно вести точную инвентаризацию различных ресурсов, отслеживать уже существующую инфраструктуру. Или же в случае расположения объектов (вышек, станций и прочее) на существенном расстоянии специалисты имеют возможность удаленно следить за параметрами сети и вовремя реагировать на отказы или вообще предшествовать им, а также при четком понимании возникшей проблемы работники уже имеют представление о том, что может понадобиться для ее решения (какие соответствующие детали, инструменты, специалисты и т. д.) и, следовательно, сократят время на устранение. Анализ работы сети позволяет более точно распределять физические и человеческие ресурсы.

Эти направления позволяют уже сейчас определить области развития ЦД в телекоммуникационных сетях, например:

- моделирование трудно реализуемых и трудно прогнозируемых процессов и результатов;
- анализ редких событий, с помощью чего можно сформировать широкую базу данных, которая содержит не только наиболее частые события;
- повышение надежности и отказоустойчивости сети, в том числе за счет прогнозирования;

- моделирование новых технологий;
- повышение безопасности работы;
- ускорение разработки, проектирования, обслуживания, модернизации телекоммуникационных сетей. [6]

За время развития технологии цифровых двойников были представлены различные концепции с различной степенью цифровизации двойника. Основные из них представлены на рис. 1. [7]

В телекоммуникационной отрасли целесообразно применять три концепции ЦД из четырех представленных. Функциональный двойник может быть использован для моделирования и симуляции инфраструктуры оператора связи. Адаптивный двойник – для технического обслуживания сети и мониторинга сети, ее оптимизации, обеспечения безопасности, а также для предоставления данных в реальном времени для анализа актуальных характеристик, обслуживания, мониторинга для поддержания функционирования телекоммуникационной сети. Интеллектуальный двойник следует применять для различной автономной работы, прогноза последующего состояния реального объекта. [7]

ЦД телекоммуникационной сети является комплексным двойником, состоящим из множества составляющих элементов, в том числе их можно разделить на:

- сетевой двойник – это двойник, который позволяет моделировать непосредственно сетевую инфраструктуру, а также прогнозирует отказы в различные моменты времени. Особенность двойника в том, что он обрабатывает различные данные от погодных условий, технического состояния, результатов измерений до влияния человеческого фактора;



Рис. 1. Концепции цифровых двойников

- клиентский двойник — двойник, который дает представление о пользователе услуги, с его помощью можно определить текущие и перспективные требования, степень удовлетворенности клиента, необходимые параметры связи, проанализировать конкретные проблемы;
- двойник процессов обеспечивает моделирование различных процессов, взаимодействие компонентов единой системы. [8]

В свою очередь, ЦД всей телекоммуникационной сети является процессным двойником, поскольку демонстрирует взаимодействие различных двойников более низких типов в части комплексности, таких как:

- двойник компонента, который является базовой неделимой единицей, например, двойник сетевого элемента;
- двойник актива является совокупностью двух и более двойников компонентов, работающих вместе. Двойники активов демонстрируют влияние конкретных двойников компонентов друг на друга;
- двойник системы является совокупностью двух и более двойников активов, образуя более масштабную систему.

Комплексность телекоммуникационной сети усложняет разработку ее цифрового двойника, поскольку для его реализации также необходимо обеспечить взаимодействие и учесть различное влияние частных двойников на сеть в целом и друг на друга.

Связь цифрового двойника с внешним миром, в том числе реальным двойником, включает в себя два типа связей.

- Первый тип – это связь между двойниками. Поскольку каждый цифровой представитель поддерживает синхронизированную связь со своим физическим объектом (ФО), связь между несколькими ФО может передаваться через их цифрового представителя. Цифровой представитель – это программное приложение, поддерживающее в реальном времени модель своего физического объекта.
- Второй тип – это связь цифрового представителя с облаком. Работая в облаке, ЦД может извлекать информацию из облака и синхронизировать ее со своим ФО. В то же время облако также может взаимодействовать с представителями для получения информации об их реальном объекте для переписи. [9]

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Технология цифровых двойников прошла долгий путь развития за последнее время, поэтому внедряется все большим количеством компаний разных областей. Телекоммуникационная сфера также достигла необходимого развития для применения ЦД.

С распространением Интернета вещей, который позволяет упростить и ускорить мониторинг оборудования и другие процессы, применение ЦД в телекоммуникационной сети становится все более закономерным и ожидаемым. ЦД в телекоммуникационной отрасли смогут революционизировать управление сетями и оптимизацию, ускорить внедрение новых технологий, улучшить качество и обеспечить бесперебойность связи [10].

В данной работе рассмотрена классификация ЦД в телекоммуникационной отрасли, которая необходима при разработке ЦД для определения границ применимости и формирования структуры и функциональных признаков двойника.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Что такое индустрия 4.0 и что нужно о ней знать – 04.05.2021 – Электронные текстовые данные. Режим доступа: <https://trends.rbc.ru/>, свободный.
- [2] ГОСТ Р 57700.37—2021 Компьютерные модели и моделирование. Цифровые двойники изделий. Общие положения. М., 2021. 11 с.
- [3] Андреева А.Р., Канаев А.К. Анализ применения цифровых двойников на железнодорожном транспорте: Сборник научных статей // XII Международная научно-техническая и научно-методическая конференция «Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании» (АПИНО 2023). В 4 т. Том 1. Санкт-Петербург, 2023. С. 76–79.
- [4] Digital Twins in Telecommunications: A Comprehensive Overview – 27.08.2023 – Электронные текстовые данные – Режим доступа: <https://ts2.com.pl/en/>, свободный.
- [5] Foresee the future of telecommunications with digital twins – 04.02.2021 – Электронные текстовые данные – Режим доступа: <https://www.neuralt.com/>, свободный.
- [6] Гольдштейн А.Б., Кисляков С.В. Цифровой двойник для управления сетью связи // Вестник связи. № 7, 2021. С. 27–32.
- [7] Цифровые двойники: от концепций до промышленной эксплуатации – 08.12.2022 – Электронные текстовые данные – Режим доступа: <https://www.ospru.ru/>, свободный.
- [8] The added value of digital twins in telecommunications. 2022. Электронные текстовые данные. Режим доступа: <https://medium.com/>, свободный.
- [9] Прохоров А., Лысачев М. Цифровой двойник. Анализ, тренды, мировой опыт. Издание первое, исправленное и дополненное. М.: ООО «АльянсПринт», 2020. 401 с.
- [10] Андреева А.Р., Канаев А.К. Аппарат цифровых двойников для задач управления эксплуатацией средств связи // 77-я Научно-техническая конференция Санкт-Петербургского НТО РЭС им. А.С. Попова, посвященная дню радио. Санкт-Петербург, 2022. С. 148–150.