

# ТУМАННЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ В СЕТЯХ ИМТ-2030 ДЛЯ УСЛУГ ТЕЛЕПРИСУТСТВИЯ

**А.Н. Волков, А.Е. Кучерявый**

*Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А Бонч-Бруевича*  
Россия, 193232, Санкт-Петербург, пр. Большевиков, 22, к. 1  
E-mail: artemanv.work@gmail.com

**Ключевые слова:** туманные вычисления, туманность, 6G, ИМТ-2030, услуги телеприсутствия.

**Аннотация:** Принятая концепция сетей ИМТ-2030 определяет ряд фундаментальных изменений в развитии сетей связи: сети связи с ультрамалыми задержками; сверхплотные сети; интернет навыков; летающие сети; беспилотный транспорт; интегрированные сети и услуги телеприсутствия. На основе анализа изменений в векторе развития сетей связи можно утверждать, что Сети 2030 будут сверхплотными сетями с ультрамалыми задержками, их структура будет стремиться к децентрализованной и трехмерной, а за счет развития инфокоммуникационных технологий эти сети также приобретут ряд новых характеристик. В части инфраструктурных направлений, сети ИМТ-2030 будут следовать концепции бережливого использования сетевых и вычислительных ресурсов, например, одним из актуальных вызовов является система динамических Туманных вычислений.

## 1. Введение

На основе анализа технических отчетов, спецификаций Международного Союза Электросвязи, а также ряда проектов вкладов, можно с уверенностью утверждать, что предложения по архитектурам и частным решениям сегментов в сетях 6G будут включать не только развертывание наземных сетей, но и интегрированные архитектуры, соединяющие пространство, воздух, землю и море. Таким образом обеспечивая трехмерное покрытие (3D-сети), включающее пространство, время и частоты, которые будут использоваться во всех приложениях сети – услугах. Ожидаются такие услуги, как: голографическое телеприсутствие и персонализация сети (иначе говоря, присутствие в сети цифровых аватаров (двойников) как одно из перспективных приложений для услуг ИМТ-2030 (неформально 6G); летающие сети и роевой интеллект (на данный момент развитие летающих сетей требует активных исследований для их применения в гражданских целях), а также услуги роботы-аватары и роботы-гуманоиды. Таким образом, развитие подобных услуг формирует достаточно высокие требования к сетям и системам связи в будущем. Где глубокое внедрение технологий искусственного интеллекта(ИИ) [1] является необходимостью ввиду больших объемов генерируемых данных всеми системами управления. Особенно важно своевременно рассматривать данную проблематику для приложений в области удаленной медицины, которая выделена отдельным сценарием применения сетей ИМТ-2030 (6G).

Декомпозиция сети и систем для услуг телеприсутствия

Одним из самых актуальных направлений в сетях 2030 является декомпозиция вычислительной и сетевой среды для поддержки будущих технологически-сложных

услуг. Некоторое время назад мировое научное сообщество определило вектор на декомпозицию и распределение систем обработки данных. В сетях связи 5G/ИМТ-2020 был определен ряд важных решений, такие как: NFV (Network Function Virtualization, с англ. – виртуализация сетевых функций), а также MEC (Multi-access Edge Computing, с англ. – многоуровневые облачные вычисления). Технологии NFV и MEC не только получают свое естественное развитие и находят свое место в общем технологическом полотне ИМТ-2030 (6G), но и являются локомотивом по декомпозиции вычислительной и сетевой инфраструктуры [2].

Следующим уровнем декомпозиции в вычислительной среде являются Туманные вычисления (на англ. Fog computing). Туманные вычисления представляют в своем роде проявление концепции бережливого производства и Green ICT (экологичный ИКТ) только в мире сетевых и вычислительных технологий. Здесь простаивающие мощности вычислительных устройств могут использоваться в качестве вычислительных узлов, подключенных к системе управления - оркестратору. Такими устройствами могут быть как сетевое и иное оборудование в сети связи Оператора, так и конечные устройства, в том числе устройства Интернета Вещей. Туманные вычисления классифицируют на статические и динамические. Стоит отметить, что направление туманных вычислений только получает свое развитие в области международной стандартизации, открываются единичные проекты будущих рекомендаций [3].

Концепция туманных вычислений привнесла множество новых задач для науки, где возможно сформулировать нетривиальные задачи и предлагать не менее изящные решения на основе математики роевого интеллекта, нечеткой логики, искусственных нейронных сетей. К примеру в одной из работ [3] в области динамических туманных вычислений предлагается с целью поддержания качества предоставляемой услуги решать задачу обнаружения вычислительного устройства из кластера, наиболее подходящее для последующей живой миграции микросервисов соответствующей услуги.

Стоит также отметить дополнительные эффекты от потенциального внедрения концепции Туманных вычислений в будущие сети связи. К примеру, широкое внедрение позволит сократить разрывы в области предоставления услуг для регионов, где для распределения вычислительных задач могут быть использованы существующие сетевые устройства, устройства Интернета вещей, а также пользовательские устройства. Данные ресурсы могут сформировать достаточно мощные дополнительные вычислительные и сетевые ресурсы, с учетом интегрированной архитектуры будущих сетей ИМТ-2030[4]. Что может быть полезным в сложившейся конъюнктуре рынка телекоммуникационного и вычислительного оборудования.

Услуги телеприсутствия сетей ИМТ-2030 определяются как сервисы в условиях глубоко интегрированных сетевых и вычислительных технологий, что в частности преопределяет методы их реализации, например исследуя вопросы архитектур будущих сетей стоит учитывать архитектуры и принципы построения высоконагруженных систем(приложений), учитывать внутренние процессы между микросервисами, их системные и несистемные требования, а также практику их реализации.

В одном из технических отчетов Международного Союза Электросвязи по сетям 2030 [4], который был составлен силами специальной фокус-группы при 13 исследовательской комиссии, архитектуры и решения в сетях 2030 должны стремиться к простоте. Простоте, которая позволит фундаментально уйти от лавинного эффекта сложностей, возникающих при масштабировании систем, а также в процессе реализации добавленной функциональности для новых и потенциальных будущих услуг, которые еще не осознаны. При этом, туманные вычисления с одной стороны

позволяют упростить реализацию ряда поставленных задач перед сетями ИМТ-2030, но также имеют принципиально-новые вызовы в области мониторинга и управления за ресурсами в сети, которые используются для реализации услуг телеприсутствия. Возможности “Тумана” позволят сформировать новые модели реализации услуг в сетях, сократят ряд технологических разрывов в области предоставления новых услуг в том числе для удаленных регионов, ускорят процесс плавной интеграции сетевых и вычислительных технологий, учитывая интеграционный характер будущих сетей.

«Научное исследование в ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича выполнено в рамках мегагранта Минобрнауки по соглашению № 075-15-2022-1137».

## Список литературы

1. Бородин А.С., Волков А.Н., Мутханна А.С., Кучерявый А.Е. Искусственный интеллект в сетях связи пятого и последующих поколений // Электросвязь. 2021. № 1. С. 17-22.
2. Мутханна А.С., Кучерявый А.Е., Бородин А.С., Парамонов А.И., Владимиров С.С., Фокин Г.А., Дунайцев Р.А., Захаров М.В., Горбачева Л.С., Паньков Б.О., Анваржонов Б.Н. Перспективные исследования сетей и услуг 2030 в лаборатории 6G Meganetlab СПбГУТ // Электросвязь. 2023. № 6. С. 5-14.
3. Artem V., Vadim K., Elgendy I.A., Muthanna A., Koucheryavy A. Dd-fog: Intelligent distributed dynamic fog computing framework // Future Internet. 2022. Vol. 14, No. 1. <https://doi.org/10.3390/fi14010013>.
4. FG-NET2030-Arch Network 2030 – Architecture Framework. ITU-T Technical specification, 2020. Switzerland.