

УДК: УДК 004.77, 338.47

## 2.3. «Обогнать, не догоняя» в будущем развитии мобильной связи

Гурдус А.О., Сальников Ю.К., Москва, Россия

*В статье анализируются перспективы дальнейшего развития мобильной связи в современных условиях экономической и политической фрагментации мира и развивающихся процессов конвергенции технологий. Анализ технических и прикладных аспектов ныне развивающихся и будущих сетей показывает, что технологическая структура, проектная архитектура систем и сетей ориентирована, в первую очередь, на извлечение прибыли, что является главным приоритетом технических решений. Реализация функциональных задач при этом вторична. Предлагается рассмотреть переход к парадигме целеполагания «от задач» как перспективной для собственного развития альтернативы монетарного подхода.*

### **Введение. Постановка задачи**

Наблюдаемый в течение последних нескольких лет процесс фрагментации мировых отношений затрагивает практически все самые важные сферы деятельности, включая экономику, финансы, торговлю, межгосударственные и культурные отношения, производство, а также взаимодействие во всех областях промышленного, энергетического и технологического развития. Различные информационные источники позволяют заметить, что разворачивающиеся процессы фрагментации имеют не столько политические предпосылки и двигатели, сколько структурные и финансовые. Процессы фрагментации как совокупное явление интенсивно инвестируются, в какой бы форме и с какими бы промежуточными целями это ни происходило. Большие усилия предпринимаются для организации новых механизмов взаимодействия, что часто объясняется необходимостью преодоления последствий фрагментации, но на самом деле являются самой целью фрагментации. Заметно возрастает интенсивность этих процессов, расширяется круг участников. В силу того огромного ресурсного потенциала, который в этот процесс вовлечен, фрагментацию с большой вероятностью можно рассматривать как долгосрочный процесс.

Указанные тенденции позволяют сделать в значительной степени однозначный вывод о том, что происходящие структурные перемены и сопутствующая им глобальная фрагментация, во-первых, не являются случайным или временным конъюнктурным явлением, а носят характер запланированного и приводимого в исполнение проекта, во-вторых, имеют весьма долгосрочную и достаточно устойчивую перспективу планомерного продолжения именно в текущем направлении, в-третьих, не дают оснований ожидать их отмены и возвращения к более комфортным для участников этих перемен условиям.

Одно из следствий фрагментации заключается в нарушении или изменении сложившихся механизмов взаимодействия, что, в свою очередь, приводит к критической зависимости в тех областях деятельности, которые в предыдущей эпохе международной кооперации сильно опирались на внешние ресурсы глобального рынка. Преодоление такой зависимости является ключевой задачей, которую часто формулируют как задачу восстановления или достижения, например, технологического суверенитета.

В этой связи становится актуальной задача поиска моделей и механизмов преодоления последствий процессов фрагментации в тех сферах деятельности, для которых потеря глобального взаимодействия и глобального рынка наиболее ощутимы и критичны в силу сложившихся за последние годы предпосылок.

Прежде всего, следует отметить, что на сегодняшний день уровень зависимости или независимости может сильно отличаться для разных сфер, и вполне понятно, что первостепенное внимание предпочтительно обратить на те сферы, которые оказались в наибольшей зависимости от глобального рынка. Одну из таких сфер, в силу объективно и исторически сложившихся обстоятельств, представляет телекоммуникационная отрасль и, в частности, мобильная связь.

В настоящей работе не ставится задача анализа причин и текущего состояния отрасли, а рассматривается и предлагается подход к созданию моделей и механизмов преодоления зависимости от ресурсов глобального рынка. В данном случае речь пойдет о возможных механизмах преодоления технологического отставания и технологической зависимости в сфере мобильной связи.

Отметим, что приводимые рассуждения не претендуют на общее и универсальное решение, но в этой сфере предлагаемые модели представляются вполне реалистичными и при определенных условиях могут быть полностью или частично реализованы. Кроме того, преодоление разной степени и разного уровня зависимости может потребовать разных структурных решений. Однако, как будет показано ниже, существуют такие принципы, которые приложимы и действенны для самых разных, а, возможно, и для всех сфер, требующих определенной степени суверенитета.

### **Анализ текущей ситуации. Техника**

На сегодняшний день в сфере мобильной связи с большой интенсивностью проводятся работы по созданию технологий для сетей следующих поколений 5G и 6G., которые приходят на смену и в

дополнение к существующим сетям 2G – 4G. В некоторых источниках в контексте этих же работ упоминаются сети поколения 7G.

Работы проводятся в рамках международной концепции IMT-2030 /ETSI Conf, 2024/ и ведутся сразу по ряду направлений; среди них – лабораторные и полевые эксперименты по новым техническим решениям, внедрение опытных зон на действующих сетях мобильной связи, а также принятие соответствующих стандартов.

Традиционно основными участниками процесса разработки перспективных стандартов являются крупные операторы и ведущие производители инфраструктуры сетей /ICT.Moscow/Telecom, 2023/. Также традиционно основными стандартизирующими организациями и площадками являются международные консорциумы ITU, ETSI, 3GPP, IEEE /Jagadeesha, 2024; ETSI Conf, 2024/ в части непосредственного создания облика будущих сетей и ряд других ведущих международных форумов, объединяющих ведущих разработчиков и производителей оборудования и программного обеспечения в смежных областях, необходимых для полноценного функционирования сетей и решения на их базе широкого спектра прикладных задач.

Концепция IMT-2030 предоставляет образ сетей будущих поколений, а также вводит ряд целевых функциональных, технических и технологических требований и параметров, которым должны соответствовать будущие сети. Помимо этого, концепция описывает, правда, в достаточно общих чертах, предполагаемые сферы практического и коммерческого применения этих сетей.

Инновационные масштабы и долгосрочные перспективы и последствия реализации концепции IMT-2030 требуют детального изучения и осмысления еще даже на этапе их исследований и разработок, поскольку планируемые в рамках концепции решения и возможности несомненно окажут большое влияние практически на все сферы человеческой деятельности (экономической, производственной, коммерческой, медицинской, социальной).

Тематика концепции IMT-2030 чрезвычайно широко и детально освещается в специализированных изданиях, а круг участников настолько широк и глубоко профессионален, что необходимости освещения этой темы с традиционных технических позиций нет. Достаточно взглянуть на (официально) привлеченные к решению задач создания мобильных сетей поколений 5G/6G российские организации и институты, среди которых Сколтех, НИИ Радио, ИТМО, МГТУ им. Н. Э. Баумана, СПбГУТ им. М. А. Бонч-Бруевича, МИФИ, МГУ им. М. В. Ломоносова, МФТИ, МИСИС, РУДН, Зеленоградский нанотехнологический центр и другие /<https://www.tadviser.ru/index.php>, 18.10.2024; ICT.Moscow/Telecom, 2023/.

В отличие от публикаций технологического содержания в данной статье предлагается взгляд на перспективы будущих сетей мобильной связи с точки зрения потребителя в самом широком смысле – от человека до устройства или системы – и с точки зрения смыслового, или функционального, наполнения тех задач, которые предполагается решать с применением будущих сетей. Другими словами, предлагаются ответы на вопросы, для какого рода потребителей строятся столь высокотехнологичные сети связи, а также для решения каких задач они создаются с такими качественно более высокими параметрами и достаточно жесткими требованиями.

Для того, чтобы более или менее свободно ориентироваться в некоторых технических вопросах, предлагается некоторый терминологический «глоссарий», который в значительной мере отражает качественный технологический уровень будущих сетей и опосредованно их функциональную направленность. Термины и соответствующие аббревиатуры терминологического словаря, обозначающие перспективные технологические направления, приведены в табл. 1.

**Таблица 1. Терминологический словарь концепции IMT-2030**

Перспективное технологическое направление	Обозначение
Enhanced Mobile Broadband	eMBB
Further-enhanced Ultra-Mobile Broadband	feUMBB
Ultra-reliable low latency and communication between massively dense deployment of smart devices (mMTC)	uRLLC
Enhanced ultra-reliable low latency and communication between massively dense deployment of smart devices (mMTC)	eUURLC
Massive Machine Type Communication	mMTC
Ultra-High Sensing Low Latency Communications	uHSLLC
Ultra-High Density Data services	uHDD
Ultra-High Energy Efficiency	uHEE
Ultra-High Reliability and Sensing	uHRS
Ultra-High Reliability and User experience	uHRUx
Ultra-Low Latency Reliability and Secure	uLLRS
Ultra-High Security	uHS
Ultra-High Sensing and Localization	uHSLo

Следует отметить, что многие из приведенных в табл. 1 направлений представляет собой не узко специализированную техническую позицию, а, по существу, дают облик фактически некоторой прикладной отрасли или сферы, каждая из которых призвана решить довольно обширный круг технологических задач.

Процесс разработки новых технологических направлений в рамках концепции ИМТ-2030 продолжается. В частности, только в феврале 2024 г. ряд стран (малая группа всего 10 стран, далеко не полный состав участников) декларативно установил единые правила разработки сетей 6G /9/. Поэтому не исключено, что приведенный перечень не полностью охватывает все направления. Однако, главные тенденции этот перечень отражает достаточно полно. Необходимо подчеркнуть, что за приведенными в табл. 1 терминами фактически стоят широкомасштабные и принципиально важные для телекоммуникационной отрасли направления технологического развития.

На сегодняшний день нет четкого консенсуса или соглашения по облику сетей 5 и 6 поколений. Это заменяется на концепцию ИМТ-2030. Она остается фактически единственным объединяющим документом, в том числе, содержащим данные по количественным характеристикам, параметрам и требованиям и тем, как количественные показатели соотносятся с технологическими направлениями, приведенными в табл. 1.

Эти данные приведены в табл. 2.

Таблица 2. Параметрические показатели и целевые направления их реализации /4/

KPI Category	KPI Values	Use cases
Peak data rate	1 Tb/s: DL / UL Use experienced data rate: 10 Gb/s/m <sup>3</sup>	eMBB feUMBB uRLLC eURLLC
Frequency Spectrum	4G 5G (mm wave) THz VLC	eMBB feUMBB
Traffic Capacity	1 – 10 Gb/s/m <sup>3</sup>	eMBB feUMBB mMTC
Network density	Devices: 10 000 000 / km <sup>2</sup>	mMTC
Traffic density	100 Tb/s/km <sup>2</sup>	mMTC
Data Generation	5 ZB/month Data per device: 5 GB/day	mMTC eMBB feUMBB
Connectivity	3D connectivity	mMTC uRLLC eURLLC
Energy efficiency	Nominal – High, 1pJ/b (10 <sup>-12</sup> Дж/бит)	uHEE
Peak Spectral Efficiency	100 b/s/Hz/m <sup>3</sup> , 60 b/s/Hz	mMTC
Localization, Sensing	≤ 1 cm – 10 cm (3D) ≈ 1 degree	uRLLC eURLLC uHSLo
Capacity per gNB (next generation NB)	1 Gb/s – 1 Tb/s	mMTC
Availability	100 %	uRLLC eURLLC
Battery Life	20 Years	uHEE

Mobility Interruption Time	0 msec	Always available
Mobility	240 km/h – 1 200 km/h	Mobility
Processing delay	10 ns	uRLLC eURLLC
Bandwidth	At least 100 MHz (at 3 GHz) 30 GHz (at 300 GHz) 300 GHz – 1 THz (at 3 THz – 750 THz VLC band)	eMBB feUMBB
Latency	100 us – 1 msec	eURLLC
Latency	Control plane, ≤ 1 msec User plane, ≤ 0,1 msec	eURLLC
Link Budget	10 dB – 40 dB	mMTC Industry
Jitter	1 us – 100 us	eURLLC
Security	Nominal – High	Smart Health uHS
Coverage	1 m – 50 km	mMTC Smart Farm
Trust	High	Smart Farm eLearning
Privacy	Nominal – High	eBanking
Reliability	99,99999 % - 99,99999999 % $10^{-6} - 10^{-9}$	eURLLC
Synchronicity Синхронность	≤ 100 ns	eURLLC
Satellite link	Exists	mMTC Long range
Slices Count Виртуальные экземпляры мобильной сети	10 000 slices/operator	Support verticals

Наконец, для дальнейшего анализа и дальнейших рассуждений приведем несколько примеров практического использования (use cases), как этот видят разработчики технических решений и создатели архитектуры последующих поколений сетей.

В качестве примеров приведем следующие прикладные направления (use cases):

1. Ultra-Smart City
2. Tactile Internet
3. Multi-D Reality
4. Holographic Communication
5. Haptic Communication
6. Telemedicine

Каждое из приведенных направлений широко обсуждается и каждое из них фактически представляет собой целую отрасль цифровой экономики, в чем-то уже реализуемую и даже продвинутой, в чем-то пока только зарождающуюся, но важную и достаточно перспективную. В данной статье не ставится задача подробного описания этих прикладных направлений. В контексте поставленных задач интерес представляет взаимосвязь этих прикладных направлений с технологическими направлениями

создаваемых сетей новых поколений. В табл. 3 показано, какие конкретно технологические телекоммуникационные инновации потребуются для полноценной реализации приведенных прикладных задач.

Таблица 3. Примеры прикладных направлений (use cases) и требуемые для их реализации телекоммуникационные инновации

Перспективное технологическое направление	Пример прикладного направления (use case)					
	Ultra-Smart City	Tactile Internet	Multi-D Reality	Holographic Communication	Haptic Communication	Telemedicine
eMBB						
feUMBB	feUMBB					
uRLLC						
eUULLC	eUULLC					eUULLC
mMTC						
uHULLC		uHULLC	uHULLC	uHULLC		uHULLC
uHDD			uHDD	uHDD		
uHEE	uHEE					
uHRS				uHRS	uHRS	
uHRUx		uHRUx	uHRUx		uHRUx	
uLLRS						
uHS						uHS
uHSLo	uHSLo					

Заметим, что все приведенные выше данные, а именно, перечень телекоммуникационных технологических направлений (представленный здесь в формате глоссария), перспективные технические требования и параметры, составляющие техническую основу концепции IMT-2030, и примеры прикладных направлений, для которых создаются последующие поколения телекоммуникационных сетей, для специалистов достаточно красноречиво отражают планируемые технические инновации и техническую фактуру будущих сетей связи.

#### **Анализ текущей ситуации. Прикладные аспекты**

Наряду с технической стороной участники процесса создания мобильных сетей 5 и 6 (7) поколений рассматривают достаточно широкий спектр сценариев решения прикладных задач, для которых, собственно, и разрабатывается техника нового поколения /Jagadeesha,2024; ETSI Conf, 2024; P.Nagaraj, 2024; S.Shaohui, 2024/. При этом одна из ярких особенностей заключается в том, что образ сетей 5-го и 6-го поколений не предоставляет более или менее четко специфицированного и конкретного перечня задач пользовательского уровня, а лишь дает описание примеров применения (так называемые use case) для отражения технологических возможностей будущих сетей. Это представляет собой достаточно давно известный тезис или схему – телеком предоставляет возможности, информационные технологии разрабатывают сервисы и услуги, причем заранее, при планировании функций сетей, еще, может быть, даже не предусмотренные.

Следует отметить, что такой подход не является вынужденным, например, из-за трудностей планирования прикладных аспектов. Напротив, в данном случае речь идет о принципиальной позиции разработчиков инфраструктуры, которая позволяет привлекать инвестиции еще на стадии разработок. Это было характерно и при создании сетей 3-го и 4-го поколений.

Другой причиной такой ситуации в прикладной сфере является общепризнанный факт того, что в отличие от первых поколений сетей мобильной связи, имеющих так называемый killer application в виде услуг голосовой связи, в последующих поколениях таких приложений нет, поэтому, из маркетинговых соображений, создается более или менее универсальная инфраструктура, вероятно, потенциально избыточная, но привлекательная для очень широкого спектра приложений.

Еще одна причина такого подхода состоит в стремлении вовлечь в сферу участия телекома как можно большее количество услуг, сервисов и приложений и тем самым продолжить расширение клиентской базы и, соответственно, обеспечить рост прибыли.

Вместе с тем ориентирование разработчиков на развитие в большей мере потенциально востребованных характеристик сетей открывает возможность вывести на рынок ИКТ новые и более качественные предложения, опережающие (на первых порах) спрос и открывающие широкое поле для создания

инновационных продуктов и услуг, без этих новых технических возможностей еще, вероятно и не планируемых.

Спрос, опережающий предложение, приводит к дефициту. Предложение, опережающее спрос, раскрывает потенциал. Такая концепция технического развития естественно сталкивается с некоторой размытостью прикладных аспектов. В связи с этой размытостью прикладных аспектов целесообразно рассматривать прикладную философию концепции ИМТ-2030 на уровне категорий, которые, с одной стороны, не будут выходить за рамки общей размытости прикладных аспектов, т. е., не внесут искажений в прикладные предпосылки концепции ИМТ-2030, с другой стороны, более отчетливо обозначат прикладные тенденции концепции ИМТ-2030.

В данном контексте можно выделить следующие три категории:

- прикладные качества;
- прикладные направления;
- прикладные сферы.

#### **Прикладные качества**

Прежде всего, следует отметить, что сети концепции ИМТ-2030 приобретают ряд новых прикладных качеств, а также предлагают заметное усовершенствование и расширение уже существующих. Здесь необходимо пояснить, что под прикладным качеством понимается некоторый потенциал внедрения и обеспечения сервисов, некоторое потенциальное поле, в котором могут разворачиваться самые разные конфигурации сервисов. В прикладном значении сети концепции ИМТ-2030 представляют собой некий конструктор, при помощи которого можно собирать конфигурации сервисов, услуг, приложений, своего рода прикладные облака.

Прикладные качества Концепции, которые представляются наиболее значимыми с точки зрения целей и задач создания сетей, приведены в табл. 4.

**Таблица 4. Основные прикладные качества сетей Концепции ИМТ-2030**

№	Прикладное качество	Комментарий
1	Глобальность	Прежде всего, в качестве ключевого прикладного аспекта следует выделить одно из фундаментальных требований будущих сетей – глобальность технологического проникновения и глобальность охвата. Сети новых стандартов планируются в качестве «базовых» сетей глобального масштаба, и это безусловно следует рассматривать в качестве основополагающего прикладного свойства. Отличительная черта от предыдущих поколений (2G – 4G) состоит в распространении глобальности на технологические решения и процессы.
2	Универсальность	Практически предельные значения требований к ключевым техническим параметрам, избыточность этих требований для многих приложений, распределение частотных ресурсов, потенциальные объемы подключаемых терминальных устройств, архитектура сети показывают ориентацию инфраструктуры сетей на выполнение в определенном смысле «любых или даже всех» потенциально возможных высокотехнологичных задач.
3	Виртуализация	В соответствии с требованиями каждому оператору будущих сетей предоставляется возможность развертывания на принадлежащей ему инфраструктуре большое количество виртуальных сетей.
4	Создание прикладных конфигураций	Данное свойство вытекает, в частности, из предыдущего. Виртуальные сети оператора могут специфицироваться для решения конкретной прикладной задачи и для этого иметь отдельную конфигурацию и отдельное управление.
5	Технологическая направленность	Сети поколений Концепции создаются не для человека как абонента сети, а в подавляющем количестве приложений – для решения технологических задач (в том числе, с участием человека, но не в качестве абонента, а в качестве элемента некоторой системы или некоторого комплекса).
6	Расширяющиеся прикладные сферы	

**Прикладные направления**

Прикладные направления – более простая категория прикладных свойств, в которую включаются наиболее важные направления технических требований и решений. Эти направления фактически отражают основную направленность сетей Концепции с точки зрения сервисов и приложений.

Основные прикладные направления приведены в табл. 5

Прикладные направления – более простая категория прикладных свойств, в которую включаются наиболее важные направления технических требований и решений. Эти направления фактически отражают основную направленность сетей Концепции с точки зрения сервисов и приложений.

Основные прикладные направления приведены в табл. 5

**Таблица 5. Основные прикладные направления сетей в рамках концепции**

№	Прикладное направление	Комментарий
1	Устройства и умные устройства	Расширение концепции интернета вещей (Internet of Things, IoT) до концепций интернета вещей+ (Tactile Internet) и интернета тел (Internet of Bodies, IoB).
2	Очень много умных устройств	Концепция mMTC (Massive Machine-Type Communication) становится преобладающей как по количеству планируемых к подключению устройств, так и по объемам и плотности трафика передачи данных. Ряд основных требований в этом направлении приведен в табл.2.
3	Очень много плотно размещаемых умных устройств	Помимо количественных характеристик планируемых к подключению умных устройств большой интерес представляют требования по географической плотности размещения этих устройств, также приведенных в табл. 2. Это требование реализуется, в частности, за счет применения Ultra-Massive MIMO & Intelligent Surface.
4	Еще более умные устройства – компьютеры	Требования к ряду технических параметров (например, время доступа, скорости передачи данных на абонентское окончание и др.) предполагают осуществление взаимодействий компьютер- компьютер и человек-компьютер.
5	Умные программы	Нейросети, искусственный интеллект. Это уже, скорее всего, 7G, но физически с теми же техническими характеристиками.
6	Комплексные приложения	Построение виртуальных сетей, объединяющих множество устройств, вычислительные средства и базы данных. Реализация систем и комплексов высокотехнологических сервисов. Приложения, агрегирующие все или часть перечисленных позиций.
7	Экзотика	Концепция предполагает реализацию специальных средств и каналов передачи информации с высокой очень скоростью передачи данных. Примерами таких требований и решений могут быть использование THz диапазона, организация связи в видимом световом диапазоне (Visible Light Communication, VLC). В качестве прикладного примера можно привести, например, передачу голографических изображений. Ее участие в различных сервисных конфигурациях становится возможным.

Отметим, что приведенные направления будут реализованы на разных стадиях внедрения сетей 5 и 6 поколений. А ряд позиций, скорее всего, будут перенесены на этап создания поколения 7G, технические характеристики для которого закладываются уже на нынешних этапах.

**Прикладные сферы**

Здесь следует особо подчеркнуть, что сети последующих поколений концептуально рассчитаны на применение в самых разных сферах человеческой деятельности, и яркой отличительной чертой становится их стремительное и, в некотором смысле, неограниченное расширение. Расширяющиеся прикладные сферы, по-видимому, будут охвачены инфраструктурой сетей за счет их универсальности как в прикладном значении, так и с точки зрения потенциально закладываемых технических характеристик. В этом отношении перечисление прикладных сфер не имеет какого бы то ни было принципиального значения, поскольку прикладные сферы могут и будут возникать взрывными темпами, характерными для мощной креативной силы современных молодых стартапов. Тем не менее, в табл. 6 приведен ряд важных на сегодняшний день примеров прикладных сфер.

Таблица 6. Ряд важных примеров прикладных сфер текущего и ближайшего периодов

№	Прикладная сфера	Комментарий
1	Традиционные прикладные сферы	Голосовая и видео связь. Услуги и сервисы, основанные на каналах передачи данных. Улучшения касаются чисто технических сторон. Более быстрый доступ. Более высокие скорости доступа. Более легкий доступ. Более высокая доступность. Повышенная надежность. Повышенная безопасность и конфиденциальность. Внедрение новых социально значимых сервисов.
2	Примеры прикладных сфер, приведенные в табл. 3.	art City ternet eality hic Communication ommunication icine
3	Условно производственные сферы	Транспорт Банки, включая Blockchain Общественная безопасность и охрана Приватность и индивидуальная криптографическая защита Управление и логистика Промышленные приложения Управление робототехникой Торговля
4	Экзотические реальности и пространства	Расширенная реальность XR (extended reality, объединение физического, биологического и цифрового миров): - виртуальная реальность VR (virtual reality), - дополненная реальность AR (augmented reality), - смешанная (гибридная) реальность MR (mixed reality).
5	Прикладные сферы с широким привлечением вычислительных нейросетей и средств искусственного интеллекта	Заявленные технические характеристики дают возможность обмена высокоскоростными данными между элементами вычислительных сетей, использующих алгоритмы обработки больших баз данных.
6	Реализация концепции цифровых двойников (Digital Twins), включая концепцию Twin Digital Cities (Цифровой двойник города, ЦДГ)	Зеркальное отображение, управление физическими процессами через ЦДГ. Проецирование действия человека в мета-пространство в реальном времени, например, для предотвращения ДТП. Анализ, предсказание (прогнозирование) и контроль ситуации в мета-пространстве, которые могут изменять ситуацию в физическом пространстве.
7	Беспилотный транспорт	При развертывании соответствующей телекоммуникационной инфраструктуры с заявленными техническими характеристиками и параметрами появляется возможность интерактивного взаимодействия единиц беспилотного транспорта между собой и с центрами управления и геолокации в реальном масштабе времени.
8	Экзотические виды передачи информации	Примеры: Генерация и передача 3-мерных образов и/или голографических образов; Quantum Communication

Приведенные данные о технических, технологических и прикладных направлениях и особенностях мобильных сетей связи, описываемых Концепцией ИМТ-2030, достаточны для того, чтобы сделать ряд заключений и выводов, важных для поставленных в данной статье задач.

#### Анализ текущей ситуации. Парадигма и ее бенефициары

Для поиска моделей и механизмов преодоления последствий процессов фрагментации в рассматриваемой в качестве примера сфере мобильной связи необходимо, прежде всего, провести анализ тех сложившихся и устоявшихся условий, в которых существует и развивается отрасль в целом. Достаточно очевидно, что понимание этих условий нужно для того, чтобы попытаться найти адекватную модель, адекватные алгоритмы и подходы независимо от того, меняются в настоящее время эти условия или остаются неизменными.

Для определения указанных условий представляется важным дать ответы на следующие два вопроса:

1<sup>0</sup>. В рамках какой парадигмы осуществляются постановки задач и проходят процессы практической реализации развития и создания последующих поколений высокотехнологичных сетей?

2<sup>0</sup>. Кто является бенефициарами парадигмы и всех этих процессов?

Собственно, ответы на данные вопросы – какова парадигма и кто бенефициар – и определяют, причем, весьма полно, те условия, о которых идет речь. Отметим, что роль бенефициара должна стоять на первом месте, поскольку сам бенефициар фактически и задает парадигму всех процессов. Однако, в данном случае «удобнее» прийти к бенефициару через очертания парадигмы, так сказать, «вычислить» бенефициара по его запросу на парадигму.

Здесь важно подчеркнуть, что данная статья не ставит перед собой цели определить конкретных бенефициаров с перечислением компаний и имен и исследованием их роли в рассматриваемых процессах развития телекоммуникационной отрасли. Для решения поставленных в статье задач достаточно дать характеристику кругу бенефициаров и тем целевым тенденциям, которые ими выстраиваются. Более того, в ходе анализа намеренно избегаются упоминания конкретных, даже весьма крупных, участников.

Начиная с концепций и программ GSM и 3GPP подходы и ведущие участники процессов не претерпели каких-либо существенных изменений (если не считать довольно частых реструктуризаций и перегруппировок действующих бизнес-единиц) и в целом остаются теми же. Этот факт – и это весьма примечательный и важный факт – позволяет говорить о том, что и парадигма создания новых поколений сетей остается той же, что и в предыдущие периоды создания мобильных сетей связи международного уровня. Следовательно, главные черты «искомой» парадигмы можно сформулировать не только на основании наблюдаемой в настоящее время картины, но и исходя, в том числе, из исторической ретроспективы, из сложившегося и хорошо известного опыта.

Вполне логично и очевидно, что существует ряд характеристических точек, ряд принципиальных черт, которые составляют основу и суть текущей парадигмы. Ниже перечислены, может быть, не в порядке значимости, наиболее существенные и критичные для рассматриваемых в данной статье задач черты парадигмы.

#### 1. Глобальная стандартизация

Процесс глобальной стандартизации проходит, в основном, на базе уже упоминавшихся выше существующих международных стандартизирующих организаций (ITU, 3GPP, IEEE), которые задействованы во всех глобальных телекоммуникационных проектах и как стандартизирующие, и как согласующие, и как нормативные международные органы в зависимости от конкретно рассматриваемых тем и задач, требующих регуляторного признания и принятия на международном уровне.

Существенность этого признака заключается в том, что любое относящееся к телекоммуникационной сфере решение является частным и не обязательным для других участников, если оно не принято и не признано в рамках какого-либо глобального стандарта. Это имеет соответствующие последствия для производства, лицензирования и сертификации телекоммуникационного оборудования и программного обеспечения, для операционного взаимодействия сетей, использования частотных ресурсов и других таких же важных аспектов. Другая сторона глобальной стандартизации – практическая необходимость приобретать для строительства сетей оборудование и программные средства у поставщика только стандартизованных позиций, что фактически диктует круг поставщиков и производителей. Это лишь небольшая часть подводных камней, которые возникают при глобальной стандартизации, в целом представляющей собой эффективный и полезный инструмент международного взаимодействия.

#### 2. Опора на международно-признанные патенты

Эта позиция не является естественным следствием глобальной стандартизации, поскольку международные стандартизирующие органы вправе принимать самостоятельные и независимые технические решения, алгоритмы и правила. При этом наличие или отсутствие патента на конкретное решение не представляет препятствия для его принятия. Но чаще всего проталкиваются те решения, на которые соответствующие «интересанты» уже получили патенты, чтобы в дальнейшем получать мзду за их использование на сетях. Фактически консенсус в процессе стандартизации достигается на основании патентованных решений.

#### 3. Патентная борьба гигантов

Естественным продолжением опоры на международно-признанные патенты является патентная борьба основных участников. Главными положительными чертами патентной борьбы являются значительные инвестиции в исследования и разработки, а также демонстрация технических инноваций в лабораторных условиях и на опытных зонах, включая попытки предоставления на опытных зонах действующих сетей «первых» коммерческих услуг «нового» поколения.

#### 4. Концентрация производства и создания программных продуктов на существующих крупных кластерах

Основные производственные игроки хорошо известны, и их вовлеченность в процессы разработок и создания новых поколений сетей не ослабевает, но нарастает как с точки зрения расширения сфер приложения своих продуктов, так и с точки зрения инвестиционных программ. Здесь же целесообразно отметить тот факт, что сам круг участников, по большому счету, остается тем же и не стремится привлекать новых участников.

#### 5. Глобальность охвата

Глобальность охвата как характеристическая черта парадигмы подразумевается в самом широком смысле:

- создание глобальных зон покрытия и обслуживания,
- развертывание глобальной архитектуры для решения, в том числе, локальных задач,
- глобальная логистика производства и поставок,
- глобальные механизмы управления и контроля,
- глобальное влияние на участников телекоммуникационного рынка (в ракурсе от небольших локальных компаний до операторов государственного уровня) через патентные и лицензионные механизмы.

6. Глобальные отчисления

В этом отношении можно выделить три основных направления глобальных и всеобщих отчислений:

- отчисления за транзакции на сетях;
- патентные отчисления;
- лицензионные отчислений.

7. Финансирование проекта

В настоящее время разработки в рамках концепции ИМТ-2030 достаточно серьезно поддерживаются во многих государствах на правительственном уровне как бюджетированием работ, так и поддерживаемыми нормативными государственными решениями. Однако, доля государственного участия остается довольно незначительной, а главной финансовой опорой проекта по-прежнему остаются круги, финансирующие ранние поколения сетей и концепцию IoT. Кроме того, сама архитектура последующих поколений предполагает тот же подход, который на сегодняшний день реализован в действующих сетях, а именно, принцип подписок, пакетирования услуг и сервисов и отчисления инвесторам проекта долей за каждую произошедшую на сетях транзакцию. Следует добавить так же, что эти игроки представляют крупные глобальные финансовые институты, участие которых в проекте не ограничивается прямым финансированием, а реализуется множеством других схем и механизмов.

Приведенных характеристических черт достаточно, чтобы сделать ряд необходимых выводов.

Но прежде, чем сделать основной для целей данной статьи вывод, приведем несколько критических замечаний, относящихся к общему образу рассматриваемой парадигмы.

- В смысловом отношении остается без ответа вопрос, для чего строятся сети последующих поколений. С одной стороны, смысловые задачи, функциональные задачи фактически не описаны, с другой стороны, тщательно прорабатываются вопросы количества устройств, транзакций, сетей и пр. В чем, если можно так выразиться, основная «забота»? В решении функциональных социальных значимых задач? Или в увеличении количества транзакций, объемов передаваемой информации и участников потребления ресурсов сетей?
- Вызывает сомнение необходимость глобальных средств для решения локальных задач. В качестве примера приведем «казус радиуса глобализации». Для этого вычислим радиус действия глобальной сети в зависимости от требований к задержкам (именно это значение названо здесь «радиусом глобализации»). Для примера рассмотрим некий абстрактный протокол передачи данных, для установления которой требуется осуществить 10 транзакций двухстороннего обмена служебной сигнальной информацией. Результаты приведены в табл. 7.

**Таблица 7. Зависимость «радиуса глобализации» от требований к задержке**

Задержка	Максимально допустимый радиус распространения сигнала в одну сторону, км	Максимально допустимый радиус распространения сигнала при двойном ходе (1 транзакция), км	Максимально допустимый радиус распространения сигнала после завершения 10 транзакций, км
1000мс	300 000	150 000	15 000
100мс	30 000	15 000	1 500
10мс	3 000	1 500	150
1мс	300	150	15
100 мкс	30	30	3
50 мкс	15	7,5	0,75

Данный абстрактный пример отчетливо показывает, что для большинства критичных и реально необходимых требований к задержке задача должна решаться локально и не реализуется при необходимости обращения к глобальным техническим ресурсам.

- Избыточность (критика технической составляющей в части концепции «uh», ultra-high). Без смысловой (функциональной) привязки к задачам параметрические требования представляются завышенными и сформулированными для передачи информации на уровне предельно допустимых значений (задержки, скорости, объемы, плотность устройств и пр.) без исследования новых структурных и архитектурных решений. Основное направление – решить принципиально новые функциональные задачи, не изменяя архитектуры. В требованиях заявлены практически предельно

достижимые технические характеристики и параметры с наиболее вероятной целью «занять» потенциальный технический сегмент.

- Ряд аспектов, как это было и при создании предыдущих поколений сетей (это не скрывают и достаточно открыто признают сами участники, например, процессов стандартизации), декларируется как маркетинговый ход, предназначенный для привлечения инвесторов, и будет реализован частично или на уровне прототипа, либо вообще не будет реализован. Это объясняется тем, что ряд заявляемых функционалов не может быть реализован без решения параллельных задач. Например, функции, связанные с задачами расширенной реальности, нельзя реализовать раньше создания самих расширенных реальностей, к которым, в частности, относится чрезвычайно трудоемкая задача формирования цифровых двойников городов и, в особенности, мегаполисов.
- Философия транзакций и подписок. Транзакции – плата в финансовый сектор. Подписка обеспечивает глобальный охват и обязательность платы практически на уровне специфического налога на высокотехнологические услуги.

Перечень критических замечаний может быть достаточно широким, приведенные представляют собой примеры, необходимые для иллюстрации направленности существующей парадигмы.

Вся представленная в концепции ИМТ-2030 технологическая структура, проектная архитектура систем и сетей ориентирована, в первую очередь, на извлечение прибыли, что по самой постановке является главным приоритетом технических решений. Реализация функциональных задач при этом вторична и осуществляется попутно. Аналогичное целеполагание - максимизация прибыли - характерно и для других высокотехнологичных отраслей, например, искусственного интеллекта /Гурдус А., 2025/.

Для дальнейших рассуждений обозначим рассмотренную парадигму как монетарную архитектуру или архитектуру прибыли. Монетарная архитектура – это своеобразная технологическая система налогообложения. Повторим, что для целей данного анализа нет необходимости перечислять конкретных бенефициаров, но важно определить их характер и, возможно, место в рамках существующей парадигмы и соответствующих условий продвижения архитектуры последующих поколений сетей мобильной связи.

Среди множества характеристик нынешних бенефициаров отметим следующие.

- Как следует из предыдущего анализа, четко выраженной целью бенефициаров является получение прибыли. Этот вывод кажется, на первый взгляд, весьма тривиальным и не требующим ни изучения каких-либо деталей, ни доказательств. Однако, как это станет видно ниже, он имеет важное значение для поиска решений в условиях фрагментации глобальных рынков. Помимо этого, следует особенно подчеркнуть, что задачи потенциальных потребителей – именно как постановщиков задач – не являются первоочередными или превалирующими. Ни экономические, ни хозяйственные, отраслевые или промышленные задачи, ни задачи, например, государственного управления, ни какие-либо иные функционально законченные задачи не обозначаются в рамках существующей парадигмы и в целях ее бенефициаров.
- Бенефициары структурно представлены несколькими группами. Это финансовые институты, производственные конгломераты, крупнейшие операционные компании телекоммуникационной и информационной отраслей, создатели программных продуктов и др. Все участники этих групп представляют собой глобальных игроков мирового рынка.
- Глобальные игроки вполне заинтересованы оставаться в рамках сложившихся подходов, не допускать в свой круг новых игроков или привлекать их на своих условиях.
- Основные игроки рынка ИКТ РФ так же находятся в поле существующей парадигмы развития отрасли. При этом они не имеют существенного голоса ни при принятии каких-либо решений, ни при распределении прибыли.

Приведенные характеристические черты существующей парадигмы и основные характеристики ее коллективного бенефициара можно рассматривать и в качестве некоторых критериев равноценного участия в процессах Концепции ИМТ-2030 и дальнейших процессах развития высокотехнологичных сетей и систем.

Здесь приходится признать факт, что российские институты и предприятия отрасли этим критериям не соответствуют, а сотовые операторы не входят в круг крупнейших ни по количеству обслуживаемых абонентов, ни по трафику, ни по внедрению инновационных продуктов, ни, соответственно, по показателям прибыли /<https://www.tadviser.ru/index.php> 08.10.2024/. Исключение составляет зона покрытия и обслуживания, соразмерная с зонами покрытия и обслуживания наиболее крупных мировых мобильных операторов.

Для примера рассмотрим феномен борьбы патентов. Здесь борьбы и конкуренции технических и технологических решений фактически нет или они заложены в патентные формулы. Российские организации в патентной борьбе участия не принимают. Вследствие этого, но не только по этой причине, нет возможности иметь собственное производство критически важного технологического оборудования. Любое производство будет вторичным и зависимым от патентных и лицензионных условий внешнего субъекта. Аналогично этому примеру складывается положение российских организаций отрасли и в

отношении остальных характеристик-критериев. Таким образом, российские институты не являются заметными участниками и не входят в ядро бенефициаров.

При сохранении существующей парадигмы или при согласном ее сохранении для российских предприятий сложившаяся ситуация, естественно, несет в себе ряд рисков и потерь. К ним относятся:

- полная зависимость от правил и условий настоящей парадигмы и ее бенефициаров,
- полная подконтрольность процессов внедрения и развертывания сетей новых поколений,
- подконтрольность и зависимость операционной деятельности как в отношении доступных показателей и опций, так и в плане реализации конкретных задач, включая различные задачи государственного уровня,

- кроме потерь, связанных с зависимостью от внешних субъектов одним из существенных рисков, может быть отставание от общемирового технологического уровня, обусловленного различного рода функциональными, патентными и лицензионными ограничениями со стороны бенефициаров настоящей парадигмы, например, запрет на решения некоторых специфических, но значимых задач.

Вполне очевидный вывод – общее положение таково, что в настоящее время в рамках действующей международной парадигмы российские организации фактически не имеют перспективы быть в полной суверенной мере владельцами высокотехнологичных сетей будущих поколений.

К более частным, но не менее значимых вопросов относится следующее. Частотная сетка России гармонизирована не на 100 % в соответствии с международными рекомендациями. Впрочем, это относится к большинству государств-членов МКРЧ. Однако, в нашем случае расхождение с международными рекомендациями весьма существенно. В частности, это проявляется при поиске свободных частот для сетей 5 и 6 поколений. Запущенный процесс фрагментации глобальных рынков пока в явном виде не ликвидирует международные согласующие организации, но в конечном итоге с не малой вероятностью может привести и к фрагментации в сфере международных регламентирующих органов и их решений. В отношении распределения частот мы находимся в районе 1, существуют еще два района. Пока нет признаков другого деления частотно-территориальных ресурсов, но в процессе фрагментации такие изменения возможны, при этом самым существенным здесь может быть не само перераспределение, а введение некоторого рода независимости или самостоятельности новых районов при определении технологических назначений частот.

#### **Архитектура целей и задач - смысловая архитектура**

Предыдущий материал настоящей статьи предоставляет достаточно обширный анализ для поиска моделей и механизмов преодоления последствий процессов фрагментации.

Во-первых, надо подчеркнуть, что сама фрагментация направлена на контроль и управление различными экономическими, в первую очередь, процессами, и в рассматриваемой отрасли это осуществляется через механизмы технологического характера.

Во-вторых, действующие условия (действующая парадигма) усиливает позиции тех институтов, которые планируют и осуществляют процессы фрагментации. Можно сказать, что сама действующая парадигма реализует в нынешней ситуации механизм фрагментации в рассматриваемой технологической области.

В данном случае естественным является вопрос, можно ли позитивно действовать в рамках существующих условий и, если можно, то какие шаги необходимо предпринять. При сохранении для себя условий действующей парадигмы эти вопросы неизбежно трансформируются в задачу догнать и перегнать, поскольку сейчас наши институции не являются лидерами, а, скорее, находятся в положении отстающих по большинству ключевых показателей. В соответствии с этим ставить вопрос преодоления последствий фрагментации в рамках существующих условий представляется мало перспективным. В рамках монетарной архитектуры (архитектуры прибыли) лидерство объективно устойчиво сохраняется за довольно узким кругом структур, которым практически невозможно составить конкуренцию на поле их доминирования, даже предлагая какие-либо механизмы обмена, компромиссы или модификации сложившихся моделей. Любой компромисс, любая модификация, любой обмен, скорее всего, в силу объективных обстоятельств будет приниматься со стороны структур бенефициаров с позиций своего превосходства и с креном в свою пользу.

С учетом этого целесообразно рассмотреть возможные подходы, выходящие за рамки действующей парадигмы и сложившихся условий. Здесь важно заметить, что монетарная архитектура (архитектура прибыли) не является универсальной в том смысле, что не отражает спектр множества потенциально существующих задач для рассматриваемой технологии. Точнее говоря, монетизация, максимизация прибыли – это лишь одна из возможных целевых задач, в то время как множество других целевых задач подобного уровня значительно шире. Целевая задача монетарной архитектуры (архитектуры прибыли) опирается на финансовые показатели. Примерами других целевых задач могут быть экономика (здесь на первый план в сравнении с финансовыми выходят экономические показатели), промышленность и производство (здесь приоритетными являются промышленные и производственные показатели), управление в самых разных сферах человеческой деятельности (здесь приоритетное место занимают показатели эффективности управления, которые могут отличаться в зависимости от конкретной среды или сферы управления) /Гурдус А. и др., 2023/. Таких примером можно привести еще достаточно много, и все они показывают, что максимизация прибыли – одна из множества целевых задач, причем,

ориентированная на весьма узкий круг бенефициаров. При этом, конечно, нельзя отрицать, что в рамках монетарной архитектуры (архитектуры прибыли) возможно попутное решение и других целевых задач, но все они не являются основными для этой модели и, следовательно, чаще всего могут не достигать своих специфических целевых показателей.

Таким образом, если монетарная архитектура (архитектура прибыли) направлена на решение конкретной одной целевой задачи – максимизацию прибыли основных бенефициаров этой архитектуры и этого подхода, – то она представляет собой частный случай, и тогда целесообразно искать решения в рамках более общего случая. Отсюда естественным образом вытекает подход, который заключается в том, чтобы «повысить», обобщить статус архитектуры, статус парадигмы до более высокого, более общего уровня. Таким обобщенным уровнем является архитектура, предусматривающая и другие целевые показатели. В дальнейшем рассмотрении будем называть ее смысловая архитектура (архитектура целей и задач).

Некоторые примеры смысловых целевых задач приведены выше. По-видимому, этих примеров достаточно для определения сути смысловой архитектуры (архитектуры целей и задач). Поэтому теперь опишем некоторые возможности, которые открываются при переходе к данной архитектуре в отношении преодоления последствий фрагментации глобального рынка.

1. Технологические и технические требования Концепции ИМТ-2030, которые, как показано, для многих задач являются заметно избыточными, не обязательны при реализации технических решений для конкретных задач. Как показано ниже, многие перспективные задачи могут быть реализованы уже сегодня имеющимися средствами (при некоторых доработках на уровне настроек и модификаций).
2. Как следствие, и это крайне важно, смысловая архитектура может частично или полностью быть независимой от ограничений, рисков и потерь, связанных с патентами, лицензиями и финансовыми отчислениями, возникающими в действующей парадигме.
3. Здесь открываются новые возможности для организации независимых производства, развертывания, порядка и сроков внедрения, операционной деятельности, решения специфических задач, распределения ресурсов и доходов.
4. Появляется возможность вывести из-под глобального контроля чувствительные функциональные задачи.
5. При четкой формулировке прикладных задач появляется возможность построения более эффективных структурных и технических решений. Это не исключает унификации, внедрения универсальных решений, отличных, правда, от универсальности и унификации, ориентированных на глобальные приложения.
6. Фактически переход от действующей частной парадигмы к более общей парадигме, основанной на смысловой архитектуре, во многих (а при желании и во всех) аспектах преодолевает критичные последствия фрагментации глобального рынка.

Нет необходимости продолжать этот перечень в связи с очевидностью многих следствий. Останемся только на одном следствии, которое может показаться спорным и приводящим к большим рискам. Ясно, что действующая парадигма не исчезнет, и если локально будет принят целевой подход, то возникает ситуация параллельных путей развития технологий. Такая ситуация имеет место и в рамках действующей парадигмы. Например, производители разных регионов помимо общемировых технических решений предлагают и реализуют локальные решения, ориентирующиеся на условия своих регионов. Здесь в качестве примеров можно привести китайские компании, на сетях которых внедрены «исключительно китайские» решения. Есть примеры и других регионов (Австралия, Япония, Южная Корея, США). Эти примеры показывают возможность совместного существования и практической реализации как глобальных, так и локальных трендов и решений. Может возникнуть вопрос, не приведет ли расслоение путей дальнейшего развития к технологическому отставанию. Но в данном случае речь идет не о расслоении самих путей развития по сути, по существу, а о постановке и направлении задач реализации путей развития. Поэтому в реальности расслоение в этой части может касаться лишь технической реализации задач. Сами же задачи находятся в русле общемировых трендов.

Прикладные аспекты Концепции ИМТ-2030 отнесены, во многом, по времени к сроку достижения технических и технологических требований Концепции. Однако, весьма большая часть прикладных задач может быть реализована даже на существующих средствах. И это является ярким подтверждением и свидетельством, во-первых, практичности смысловой архитектуры (архитектуры задач и целей), хотя это и не вызывает больших сомнений, во-вторых, большей эффективности по сравнению с монетарной архитектурой, поскольку реализация и решение ряда насущных задач может достигаться раньше и с большей параметрической эффективностью. Примерами таких приложений могут быть телемедицина, беспилотный транспорт, элементы умного дома, элементы умного города, задачи безопасности на транспорте и др.

Следует отметить, что переход к смысловой архитектуре подразумевает не только изменение ключевых параметров и их задание и определение под конкретные цели и задачи, отличные от целевых задач прибыли, но и оптимизацию самой архитектуры сети так же с целью наиболее эффективного решения конкретных задач или групп задач.

Примером этому может служить группа задач, требующих привлечения к их решению мощностей нейронных сетей, в частности, реализующих элементы искусственного интеллекта. В общей архитектуре действующей парадигмы для этого строятся высокоскоростные каналы передачи большого объема данных для обращения к центральным серверам. Если же решать эти же задачи в парадигме архитектуры смыслов, то можно рассматривать концепцию локальной обработки больших данных с локальным принятием решений без обращения и взаимодействия с центральными серверами. В данном случае это пример иного архитектурного решения.

Принятие смысловой архитектуры имеет позитивное значение не только для текущей ситуации и для ближайшей перспективы. Начиная с 5-го поколения мобильные сети перестают быть сетями связи в привычном смысле, а приобретают новую сущность. Кроме того, с каждым шагом, повышающим уровень поколения, резко возрастает значимость условий создания этого поколения и чувствительность к этим условиям. В частности, любая функциональная, патентная, лицензионная зависимость на каждом шаге возрастает по своим последствиям на порядок, жизненно влияет на решение любых значимых задач.

Покажем это на примере некоторого прогноза дальнейшего технологического развития от современных мобильных сетей связи до новых технологических сущностей. Подчеркнем, что данный прогноз является во многом гипотетическим, направленным на то, чтобы продемонстрировать значимость и важность целевых архитектур, хотя не исключаям именно такой логики развития. Кроме того, этот прогноз можно рассматривать как некий долгосрочный проект перехода с одной технологической фазы (ступени) на последующую.

История создания и развития технологий мобильной связи и наблюдение за новыми тенденциями в этой области могут служить достаточно объективной и вполне фундаментальной основой для прогнозирования более долгосрочных шагов и ступеней ее развития.

Особенностью предлагаемого исторического экскурса, описания наблюдаемых тенденций и построения долгосрочного прогноза или проекта долгосрочного развития является то, что главное внимание концентрируется даже не на самих технологиях, технических решениях и параметрах, а фокусируется на пользовательских свойствах, точнее, на пользовательских доминантах. Проще говоря, если возникает процесс или необходимость перехода на очередную качественно новую ступень, то дается ответ на вопрос, для чего нужна эта ступень.

Из самой постановки вопроса можно выделить следующие 3 этапа:

- исторический (мобильные сети поколений 1 – 4);
- современные тенденции (Концепция ИМТ-2030, поколения 5 – 7);
- прогноз дальнейших трансформаций.

### **1. Исторический этап**

G1. Исторически мобильная связь зарождалась на основе уже достаточно развитых сетей стационарной связи, главной доминантой перехода от стационарной связи к мобильной стала сама возможность связи с подвижными объектами. Завершенным этапом этого перехода явились мобильные сети связи 1-го поколения (G1). Отличительными чертами G1 были аналоговый сигнал, голосовая связь и мобильность на ограниченной территории.

G2. Главная доминанта перехода – глобализация мобильности (этакий технологический Макдональдс). Это подчеркивает сама инициатива первого всеобщего стандарта своим названием GSM, Global System for Mobile Communications. Одновременно с GSM существовали и существуют по сей день и несколько других региональных стандартов. Но и для них переход от G1 к G2 характеризуется именно переходом от ограниченных к сплошным территориям покрытия.

G3. Глобализация технологий и технических решений в формате международных стандартов 3GPP, попытка объединить в рамках одного цифрового стандарта все многообразие сервисов от передачи голосовой информации до мультимедийных потоков.

G4. Глобальный доступ к цифровым услугам, завершение эпохи связи человек-человек и человек-информация, начало перехода к эпохе смешанной связи человек-устройство. В G4 завершается эпоха технологических достижений (скорости передачи, время доступа, качество речи, качество видеопотоков и пр.), непосредственно ориентированных на органы восприятия человека как потребителя свойств и качеств мобильных сетей.

### **2. Современные тенденции**

G5. Включение в контур глобальной мобильной связи устройств, интернет вещей. Первые подключения к сетям мобильной связи в качестве абонентов устройств реализованы начиная с сетей GSM (G2). Отличие заключается в том, что в сетях G2-G4 «железные» абоненты представляют собой в большей мере функциональные опции, пусть хорошо организованные и функционально развитые, но только в G5 для них формулируются специфические функциональные, технологические, технические и структурные требования к мобильной сети в целом.

G6. Включение в контур глобальной мобильной связи компьютера, расширенный интернет вещей (интернет вещей +), установление связи человек-машина в широком смысле. К устройствам в G5 в сетях G6 добавляются более «умные» «интеллектуальные» устройства, например, ПК, а характеристики и параметры мобильных сетей G6 позволяют обеспечивать обмен данными на уровне компьютерных сетей.

G7. Основным (доминантным) пользователем глобальной мобильной сети становится Программа (нейросети, программы искусственного интеллекта), средства связи трансформируются во внутренние механизмы Программы. Здесь следует заметить, что сети мобильной связи начинают приобретать новые по сущности качества, когда трудно разделить телекоммуникационную и информационную составляющие. По этой причине последующие за G7 коллективные технологические сущности не корректно будет называть поколениями мобильных сетей связи.

### 3. Дальнейшие трансформации

Предыдущие этапы развития мобильной связи и те технологические наработки, которые можно наблюдать в настоящее время, дают вполне достаточные логические предпосылки для ответа на вопрос, по какому сценарию пойдет развитие сетей после 7-го поколения, и для прогноза более долгосрочных трансформаций.

Последние десятилетия технологического развития самых разных отраслей человеческой деятельности вполне отчетливо показывают устойчивую и весьма логичную тенденцию укрупнения технологических модулей, их взаимного проникновения, слияния и конвергенции в некие новые технологические субстанции. И это дает основание прогнозировать их дальнейшую трансформацию на довольно длительную перспективу. Сразу же следует отметить, что в данном случае важна не точность прогноза в каких-либо технических деталях и, тем более, в сроках, а общий характер, существенные тенденции в сфере задач, решение которых «доверяется» технологиям.

Наиболее заметная и четко выделяемая на сегодняшний день тенденция – это укрупнение задач, решение которых передается технологиям, как в области управления и принятия решений (технический «ум», в том числе с использованием искусственного интеллекта, но не ограничиваясь этим), так и в сфере исполнительных устройств (техническая «рука»). Очевидно, что любое укрупнение кратно повышает «ответственность» задействованных технологий и делает предельно критическим по значимости вопрос владения технологическими решениями.

В качестве другой такой же заметной и критически важной тенденции среди множества других следует особо выделить взаимное проникновение, взаимную конвергенцию не только смежных и родственных технологий – эту конвергенцию можно считать свершившимся фактом – но в большей мере «неродственных», далеко не смежных по своей природе. Если к свершившимся конвергенциям можно отнести, например, взаимное проникновение телекома и информационных технологий, а к свершающимся непосредственно сейчас – взаимное проникновение информационных технологий и технологий искусственного интеллекта, то взаимное проникновение, например, инфокоммуникационных технологий и технологий беспилотных транспортных средств еще только зарождается как единый «механизм», единый стандарт. И здесь снова необходимо подчеркнуть критическое значение вопроса владения технологическими решениями.

Картина уже сегодняшнего дня достаточно отчетливо показывает тенденции конвергенции систем ИКТ и систем другой «природы» и другого назначения. Примеров этого достаточно много: роботизированные комплексы, управляемые и автономные беспилотные подвижные объекты, производственные и транспортные исполнительные механизмы, элементы машинного зрения, системы искусственного интеллекта, элементы телемедицины и др. Во многом возникновение этих тенденций продиктовано логикой развития и возможностями самих технологий (ИКТ, робототехники и пр.). Кроме того, появляются новые трудоемкие задачи, которые могут передаваться «на исполнение» сложным комплексам с минимальными участиями человека.

Для реализации этих тенденций в полной мере уже недостаточно разрабатывать и развивать отдельные составляющие независимо друга от друга, а затем пытаться объединять их возможности в единый комплекс. Требуется новый подход, при котором некий единый комплекс, предназначенный для решения определенного круга задач, потребует целостного проектирования в качестве технологии, возможно специализированной, но обязательно созданной и оптимизированной под решение конкретного круга целевых функций и задач. Другими словами, возникает необходимость качественно другого подхода развития, при котором горизонтальные поколения параметрических возможностей (было 100 Мбит/с – стало 1 Гбит/с; был управляемый робот – стал автономный) должны перейти на ступень создания и развития комплексных технологий. Вполне естественно, что эти комплексные технологии должны базировать на постановках смысловых и насущных задач. Это – переход от роста поколений к росту технологий, т. е. переход от роста и развития технических возможностей к росту качественных ступеней технологий решения задач.

Последовательный и качественный рост самих технологий (а не поколений одной и той же технологии) в сравнении с горизонтальным развитием мобильной связи можно представить как процесс вертикального развития, при котором технологии ИКТ являются составным элементом некоторой технологии качественно нового уровня, которая наряду с компонентами ИКТ содержит другие элементы, принципиально не свойственные технологии ИКТ. При этом сплав разнородных технологических элементов для решения некоторой целевой задачи представляет собой новую технологическую ступень, новую комплексную технологию. Одним из примеров такого уровня может быть комплекс телемедицины, включающий в себя элементы ИКТ и медицинское оборудование, объединенные в одно целевое решение.

Здесь важно особо подчеркнуть, что мобильная сеть связи, точнее, ее новые специфические функциональные свойства, не представленные в мобильных сетях всех предыдущих поколений от 1G до 4G, начиная с поколения 5G не является сетью, предназначенной непосредственно для человека как абонента, как конечного потребителя услуг сети. По аналогии с этим технологические сущности, описываемые ступенями вертикального технологического развития, не являются ни сетями связи, ни информационными системами, ни нейронными сетями, ни системами искусственного интеллекта, ни условно производственными системами, а представляют собой составные элементы некоторой качественно более крупной технологической субстанции, технологической агломерации, направленной на решение определенных смысловых и целевых задач.

Связь – технология коммуникаций. Но сама по себе она решает только одну задачу – создание средств коммуникации. Развитие связи (проводная связь, глобальная проводная связь, беспроводная связь, мобильная связь, глобальная мобильная связь) не выходит за рамки все той же задачи – задачи создания и предоставления человечеству средств коммуникации в самых различных его нуждах. Развитие поколений сетей связи представляет собой процесс горизонтального технологического развития, осуществляемого в рамках обобщенной одной технологии и одной целевой задачи. Дальнейшую трансформацию, наступающей после поколения 7G, логично и целесообразно прогнозировать в рамках процессов вертикального развития.

### ***Первая ступень***

Первой ступенью вертикального развития «родственных» и «неродственных» технологий является появление технологических органов, предназначенных для выполнения комплексных, сложных функций. В логике развития мобильной связи это уровень и поколение 8G. Средства связи, например, «вообще» и некий механизм «вообще» сливаются, точнее, сплавляются, не «вообще», а с конкретными «узкими» свойствами каждого для формирования новой технологической сущности – технологического органа, сконструированного для выполнения (может быть, одной, или небольшого количества сходных) целевой сложной функции. Примером этого может быть технологический орган, предназначенный для выполнения заданного спектра работ в беспилотном сельском хозяйстве. Беспилотный механизированный комплекс снабжается техническими органами «чувств», средствами коммуникаций, механизмом принятия решений и всеми другими свойствами, необходимыми для выполнения сложных функций в рамках контура этих функций. Естественно, технологические органы с необходимостью должны быть разнообразными, чтобы своими функциональными возможностями охватывать целиком (или почти целиком) целевые задачи. В сельском хозяйстве, например, законченный процесс выращивания и сбора урожая.

Это – поколение органов, ступень «Орган».

### ***Вторая ступень***

При достаточно широкой, отработанной, стандартизированной и освоенной в промышленном производстве функциональной «номенклатуре» технологических органов возникает возможность конфигурирования в более широкий комплекс для полного решения целевых задач. Здесь некоторой системе передается, делегируется, поручается выполнение не отдельных составляющих большого процесса, а вся задача целиком. Это – «назревшая» в техническом отношении ситуация, появление композиций различных и даже разнородных технологических органов. На первой ступени любая задача с необходимостью подвергается декомпозиции на требуемые технологические органы. На второй ступени не нужны ни декомпозиция на отдельные технологические органы, ни композиция их «деятельности». Здесь возникает технологический организм, способный выполнять всю целевую задачу. Например, «Технологический крестьянин» поддерживает уровень сельскохозяйственного производства в пределах заданных показателей. Он не подвергается декомпозиции, разрабатывается целиком как самостоятельная производственно-технологическая сущность.

Это – ступень «Задача».

Человек передает, делегирует первой ступени решение ряда законченных и хорошо сформулированных сложных комплексных задач (социальных, исполнительских, медицинских, обучающих и пр.). На смену технологическим задачам приходят целевые задачи «из жизни». Это второе технологическое поколение вертикального развития, ступень «Задача». В логике развития мобильной связи это уровень и поколение 9G.

### ***Третья ступень***

На предыдущих ступенях создаются системы, за счет применения которых можно существенно повысить степень автоматизации и самостоятельности технических средств в решении целевых социальных задач. Можно полагать, что процесс вертикального развития на этом не ограничится, и даже сегодня представляется логичным появление третьей ступени, которая предоставит системы с еще большими возможностями, с еще большими «компетенциями» и с еще большими «способностями» перенять функции, которые к тому времени будут в определенном смысле рутинными.

Нетрудно заметить, что на определенном этапе реализации целевых задач станут доступными самоорганизующиеся системы, отличительной особенностью которых по сравнению с предыдущей ступенью будет способность более высокого уровня целеполагания – «разглядеть» и предложить новую задачу, оптимизировать и скорректировать существующую, скорректировать исполнительскую

реализацию текущих, причем не только в плане постановки целевой задачи и технической задачи, но и в плане реализации всех последующих этапов до промышленного внедрения. К отличительным свойствам систем этой ступени следует отнести способность анализа и самоанализа в широком спектре внутренних и внешних критериев и показателей, способность производства и самовоспроизведения, адаптивного поведения в изменяющихся условиях.

Это – третья ступень вертикального развития, ступень «Самоорганизующиеся системы». В логике развития мобильной связи это уровень и поколение 10G.

Возможно указать и более высокие ступени вертикального технологического развития, но для целей данной статьи достаточно привести первые три ступени. Отметим особо, что процессы стандартизации на каждой ступени должны проводиться по законам роста ступеней, а не законам роста поколений составляющих элементов. Так, например, на ступени «Орган» стандартизируется именно технологический орган, а не отдельно входящие в его состав компоненты. На ступени «Задача» стандартизируются задачи, технические организмы их реализации, а не реализующие их технологические органы.

За скобками данной статьи оставлен вопрос об участии специалистов в этом процессе «выращивания» глубоко самостоятельных технических сущностей. Однако, вполне очевидно, что при любой степени автоматизации всегда будут определяться критические точки, требующие в той или иной мере участия специалистов.

### **Цель прогноза дальнейшей трансформации**

Владельцы монетарной архитектуры (архитектуры прибыли) получают доступ и контроль не только к финансовым, но и к информационным потокам. Последнее – доступ к информационным потокам и контроль – в определенном смысле несет в себе риски, значительно превышающие финансовые потери. Наивно полагать, что внедрение в чужеродные информационные сети механизмов защиты может надежно предотвратить несанкционированный доступ или преднамеренные потери и искажения информации, отключение важных функций и другие вредоносные действия. Эти риски и потери мало заметны (и ими можно пренебречь), когда речь идет о частных лицах и частной информации. Но категорически нельзя недооценивать аналогичные риски и потери, когда на чужеродных сетях разворачиваются технологии и функционалы, например, крупного производственного или отраслевого уровня, банковской сферы, не говоря уже о различных уровнях государственного взаимодействия и управления.

В будущие поколения инфокоммуникационных сетей будет вовлекаться все больше и больше телекоммуникационных, информационных, механических и других важных механизмов. Естественно, разработчики и владельцы (патентов и лицензий) глобальных стандартов будут стараться вовлечь в сферу своих интересов все эти новые механизмы. Таким образом, тенденция жесткой привязки к глобальным стандартам будет только усиливаться, и усиливаться в такой степени и в такой мере, в какой будет внедрена зависимость решения жизненно важных задач от реализации сетей очередного поколения.

Уже сейчас очевидно, что на этапах перехода от современных поколений сетей связи, несущих в себе исключительно информационную нагрузку, к ступеням с более насыщенным исполнительским потенциалом уровни рисков и потерь будут возрастать каждый раз на тот порядок, на который будет повышаться уровень функционального укрупнения технологической ступени. Этот ступенчатый рост факторов рисков и потерь, если оставаться за бортом и не приобрести статус равноценного игрока, безусловно и безальтернативно ликвидирует технологический, как минимум, суверенитет. Именно для оценки будущих рисков сделан приведенный выше прогноз.

Может возникнуть вопрос, все ли обозримые сегодня и будущие задачи проектировать, программировать и пускать по этой «лестнице» укрупнения технологий. С точки зрения технологического суверенитета – нет, далеко не все. Речь в данном случае должна идти о насущных и жизненно важных задачах и сферах. Остальные задачи (их разнообразие неизмеримо велико, как велико разнообразие личных предпочтений людей) могут оставаться в не укрупненном технологическом русле или реализовываться попутно в качестве приложений частных инициатив.

При наличии двух разных архитектур - прибыли и задач (смыслов) - могут и обязательно будут совпадения в технической реализации. Более того, мало вероятно, что технически эти подходы будут сильно отличаться – в данном случае речь идет о доминантах и приоритетах именно в прикладной сфере, а также в сфере ключевых показателей. В любом случае создание архитектур смыслов является выигрышным – при совпадении решений целевая архитектура остается в общем тренде, при несовпадении она решает приоритетно насущные задачи, не теряя свой интерес и не отвлекаясь на решение чужеродных или второстепенных задач.

### **Заключение**

Простое, если не сказать слепое, следование общемировым тенденциям без постановки собственных насущных целевых задач не позволяет преодолеть последствия фрагментации мирового рынка и приводит к риску сильной ресурсной зависимости. Наличие целевых задач дает возможность снизить этот риск за счет разработки целевых архитектур, допускающих значительное снижение технологической зависимости.

Переход к целевым архитектурам требует создания целевых программ, предусматривающих, например, не просто переход от сетей 4-го поколения к сетям 5-го, 6-го и 7-го поколений, а решения целевых задач, вне, строго говоря, зависимости от развертывания сетей последующих поколений. Здесь

следует особо подчеркнуть, что переход к созданию целевых архитектур лежит вообще вне логики развития поколений сетей. Логика поколений заключается в совершенствовании и развитии технологических свойств сетей. Естественно, эта логика вынуждена опираться на задачи, но для разработчиков, находящихся в парадигме этой логики, приоритетом являются технические решения и глобально значимые свойства сетей, а не задачи.

Логика целевых архитектур предлагает развивать и строить поколения задач, используя для этого, в том числе, технические решения и свойства сетей. Для разработчиков, находящихся в парадигме этой новой логики, приоритетом является технически решенная задача или технически решенное поколение задач, а не свойства сетей. Таким образом, здесь возникает выбор между цепочкой развития поколений сетей и цепочкой развития поколений задач. Выбор этот очень непростой, поскольку до сих пор отрасль мобильной связи начиная со второго поколения строилась в рамках логики развития сетей, и вся нормативно-правовая и организационная структура ориентирована именно на это. Ясно, что если переход и состоится, то потребуются определенные усилия и трансформации. Ясно также и то, что здесь стоит не столько вопрос выбора, сколько вопрос достижения технологического (и не только, учитывая место отрасли в современной инфраструктуре государства и общества) суверенитета.

На примере отрасли мобильной связи практически аналогичные выводы и подходы можно допустить и для ряда других высокотехнологичных отраслей и сфер. И это является весьма значимым результатом поиска подходов к созданию моделей и механизмов преодоления зависимости от ресурсов глобального рынка. Описанные принципы приложимы и действительны для самых разных, а, возможно, и для всех сфер, требующих определенной степени суверенитета.

В заключение следует подчеркнуть, что настоящая цель данного исследования состоит не столько в том, чтобы найти какое-либо решение известных проблем и, тем более, не столько в том, чтобы продвигать найденное решение в качестве некоей безальтернативной инициативы. Настоящая цель – призвать к размышлению над ролью тех условия и парадигм, которые в явном или неявном, иногда скрытом, виде руководят движением и развитием отраслей и экономики в целом.

#### Литература

1. 6G (шестое поколение мобильной связи). <https://www.tadviser.ru/index.php>, 18.10.2024.
2. Как трансформация телекома меняет ожидания операторов от бизнес-систем. <https://www.tadviser.ru/index.php>, 25.12.2024.
3. Кто в мире исследует возможности 6G. ICT.Moscow/Telecom, 2023.
4. Обзор зарубежных площадок, исследующих возможности 6G. ICT.Moscow/Telecom, 2023.
5. Сотовая (мобильная) связь (мировой рынок). [www.tadviser.ru](http://www.tadviser.ru), 23.06.2025.
6. Стратегия развития отрасли связи в РФ. <https://www.tadviser.ru/index.php> 08.10.2024.
7. Телекоммуникационные услуги (мировой рынок). <https://www.tadviser.ru/index.php> 25.12.2024.
8. Гурдус А.О. «Искусственный интеллект для человечества и для крупнейших ИТ компаний». «Искусственный интеллект. Теория и практика», №1, 2025.
9. Гурдус А.О., Китов В.А., Пастухов А.В., Чесноков А.Н. «Некоторые аспекты геополитики в киберпространстве», «Цифровая экономика», №4 (25), 2023, с.51-56.
10. J.R. Bhat, S.A. Alqahtani. 6G Ecosystem: Current Status and Future Perspective. <https://ieeexplore.ieee.org/document/9335927>
11. P.Nagaraj. Demystifying IMT-2030; 6G – Capabilities, Usage Scenarios, and Candidate Technologies. [https://www.researchgate.net/publication/379372873\\_Demystifying\\_IMT-2030\\_aka\\_6G-Capabilities\\_Usage\\_Scenarios\\_and\\_Candidate\\_Technologies](https://www.researchgate.net/publication/379372873_Demystifying_IMT-2030_aka_6G-Capabilities_Usage_Scenarios_and_Candidate_Technologies)
12. .S.Shaohui. Introduction on IMT-2030 (6G). Promotion Group in China. <https://hexa-x-ii.eu/wp-content/uploads/2024/02/Introduction-on-IMT-20306G-PG-20240201.pdf>, 02.2024.
13. Vision on Non-Terrestrial Networks in 6G system (or IMT-2030). Use cases, requirements, and possible standardization approach. A perspective from the 6G-NTN Project. Co-Authored by: Thales Alenia Space France, Ericsson Sweden and Ericsson France, Qualcomm France, SES Techcom, Thales – SIX, Telit Cinterion, GreenerWave, Martel Innovate, Digital for Planet, CTTC, German Aerospace Center – DLR, Alma Mater Studiorum – University of Bologna. ETSI Conference on “Non-Terrestrial Networks, a Native Component of 6G”, 3-4 April 2024, France.
14. <https://www.itu.int/en/mediacentre/Pages/PR-2023-12-01-IMT-2030-for-6G-mobile-technologies.aspx>.

#### References in Cyrillics

1. 6G (the sixth generation of mobile communication). <https://www.tadviser.ru/index.php>, 18.10.2024.
2. How transformation of telecom is changing operators' expectations of business systems. <https://www.tadviser.ru/index.php>, 25.12.2024.
3. Who in the world is exploring the possibilities of 6G. ICT.Moscow/Telecom, 2023.
4. Overview of foreign sites exploring 6G capabilities. ICT.Moscow/Telecom, 2023.
5. Cellular (mobile) communications (global market). [www.tadviser.ru](http://www.tadviser.ru), 23.06.2025.
6. Strategy for the development of the communications industry in the Russian Federation. <https://www.tadviser.ru/index.php> 08.10.2024.

7. Telecommunication services (global market). <https://www.tadviser.ru/index.php> 25.12.2024.
8. A.Gurdus. Artificial Intelligence for Humanity and for the Largest IT Companies. "Artificial Intelligence. Theory and Practice", No. 1, 2025.
9. Gurdus A., Kitov V., Pastukhov A., Chesnokov A. Some Aspects of Geopolitics in Cyberspace, "Digital Economy", No. 4 (25), 2023, pp. 51-56.

**Ключевые слова:**

Ключевые слова: мобильная связь, фрагментация мировой экономики, парадигма целевых задач,

*Гурдус Александр Оскарович, д.э.н., к.т.н. [alexander.gurdus@gmail.com](mailto:alexander.gurdus@gmail.com)*

*Сальников Юрий Кузьмич, к.т.н., [yuri.KS@mail.ru](mailto:yuri.KS@mail.ru)*

***Alexander Gurdus, Yuri Salnikov, Getting Ahead Without Catching Up» in the Future Development of Mobile Communication***

**Keywords:**

mobile communication, fragmentation of the global economy, target task paradigm

DOI: 10.34706/DE-2025-03-10

JEL classification: L96 Телекоммуникации; O32 Управление технологическими инновациями и разработками.

**Abstract**

The article analyzes the perspectives of the further development of mobile communications in today's conditions of economic and political fragmentation of the world and the emerging processes of convergence of technologies. An analysis of technical aspects and aspects applications of current and future networks shows that the technological structure and design architecture of systems and networks are primarily focused on generating profits, which is the main priority of technical solutions. Implementation of functional tasks is secondary. It is proposed to consider the transition to a "task-based" goal-setting paradigm as a promising alternative to a monetary approach for the development of mobile communications.