

УДК 614.8.01+519.8

Принципы реализации концепции "Умный устойчивый город"

С.А. Качанов, А.В. Пинчук, Н.А. Соколов

Аннотация

В данной работе обсуждаются принципы практической реализации концепции, получившей в материалах Международного союза электросвязи название "Умный устойчивый город". Анализируется подход к созданию умного устойчивого города. Предлагается модель объекта исследования в виде совокупности взаимосвязанных систем, состоящих из ряда элементов. Приводятся примеры телекоммуникационных ресурсов, которые будут использоваться в умном устойчивом городе. Формулируются направления перспективных исследований и разработок.

Ключевые слова: умный устойчивый город, ключевые показатели эффективности, безопасность, устойчивое решение.

Concept of "Smart Sustainable City": Principles of Implementation

S. Kachanov, A. Pinchuk, N. Sokolov

Abstract

In this paper, the principles of the practical implementation of the concept known as the "Smart Sustainable City" in the materials of the International Telecommunication Union are discussed. An approach to the creation of a smart sustainable city is analyzed. A model of the research object is proposed in the form of a set of interconnected systems consisting of a number of elements. There are examples of telecommunications resources that will be used in a smart sustainable city. Directions for further research and development are formulated.

Key words: smart sustainable city, key performance indicators, safety, sustainable solution.

Введение

Словосочетание "Умный устойчивый город" – перевод англоязычного термина "Smart Sustainable City", введенного Международным союзом электросвязи (МСЭ) в рекомендации ITU-T Y.4900 [1]. В качестве определения в [1] предложена следующая формулировка: "инновационный город, который использует информационные и коммуникационные технологии, а также другие средства для улучшения качества жизни, эффективности производства товаров и услуг (включая их конкурентоспособность), обеспечивая при этом удовлетворение потребностей нынешнего и будущих поколений с учетом экономических, социальных, экологических и культурных аспектов".

Предлагаемое определение может быть распространено на сельскую местность, на регион и даже на страну. Тем не менее, практическая реализация концепции начнется именно с городов, после чего накопленный положительный опыт может быть адаптирован для других территорий. Принципы построения умного устойчивого города могут также – по крайней мере, частично – распространяться на его составные части: микрорайоны, отдельные дома и даже квартиры.

Для полноценного построения умного устойчивого города необходимо провести серьезные междисциплинарные исследования. Ниже преимущественно рассматриваются аспекты, касающиеся задач, возникающих перед информационными и коммуникационными технологиями (ИКТ), но они учитывают известные и прогнозируемые требования всех других компонентов умного устойчивого города. Тем не менее, предлагаемые в следующих разделах статьи предложения по ряду позиций придется адаптировать по мере формирования и эволюции целостного взгляда на принципы создания и развития умных устойчивых городов.

Следует отметить, что ряд авторов использует термин "City 4.0" (город 4.0), который обусловлен названием концепции "Индустрия 4.0" [2]. В настоящее время различия между терминами "City 4.0" и "Умный устойчивый город" не представляются существенными. По этой причине в данном документе используются термины и понятия, предложенные, в основном, в документах МСЭ. Концепция "Умный устойчивый город" подразумевает решение широкого круга задач. В данной статье существенное внимание уделяется аспектам безопасности. Такое решение связано с

тем, что авторы намереваются в следующих публикациях конкретизировать ряд положений, прямо или косвенно способствующих повышению уровня безопасности.

1. Терминологические аспекты

Предложенный МСЭ термин "Умный устойчивый город", по всей видимости, выбран как объединяющее определение для двух словосочетаний, иногда рассматриваемых отдельно:

- умный город;
- безопасный город.

Устойчивость, как и безопасность, не бывает стопроцентной. Для умного устойчивого города в материалах МСЭ вводится совокупность ключевых показателей эффективности – КРІ (key performance indicator). Каждому аспекту устойчивости присущ свой набор КРІ. Чаще всего КРІ задается при помощи точечных значений или интервальных оценок. Каждый КРІ может быть выражен в виде зависимости, которая для простоты рассматривается ниже как функция одного аргумента – $y=f(x)$. Ее примеры показаны на рисунке 1, который иллюстрирует два основных типа возможных решений, существенных с точки зрения определения "устойчивость".

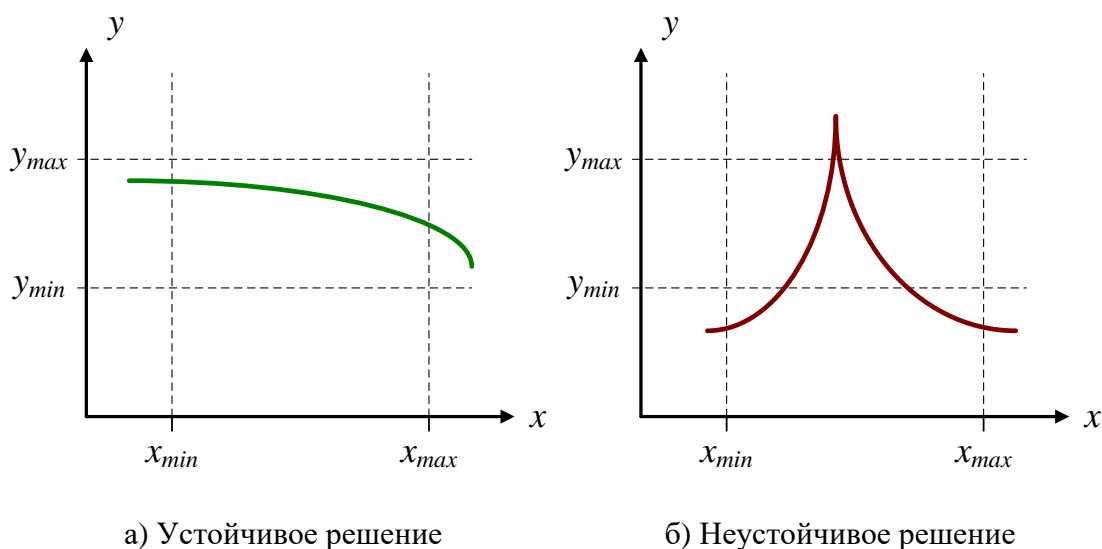


Рис. 1. Формализованное представление для определения "устойчивость"

Предполагается, что влияющий параметр может меняться в диапазоне от x_{min} до x_{max} . Необходимо, чтобы результат таких изменений находился в приемлемом диапазоне – от y_{min} до y_{max} . Вариант (а) отображает устойчивое решение; функция $f(x)$ не выходит за границы заданных ограничений по оси ординат. Вариант (б)

представляет пример неустойчивого решения в диапазоне от x_{min} до x_{max} функция $f(x)$ по оси ординат неоднократно выходит за обе (верхнюю и нижнюю) установленные границы.

Одним из важных понятий для умного устойчивого города считается качество жизни – QoL (quality of life). Этот термин уместно отнести к классу "self-defining", то есть к самоопределяющимся понятиям. Формально желательный уровень качества жизни можно рассматривать как соответствие всех функций, определяемых совокупностью заданных KPI, варианту "Устойчивое решение".

Далее в тексте будут использоваться термины "Система", "Элемент" и "Компонент". При формализованном описании моделей под системой обычно понимается "множество элементов, находящихся в отношениях и связях друг с другом, которое образует определенную целостность, единство". В подобных случаях элемент считается частью модели, дальнейшая детализация которой (для решения рассматриваемой задачи) не имеет практического смысла. Под компонентом понимается конкретный набор элементов, входящих в одну или более систем. При сущностном описании объектов и процессов под системой понимается комплекс технических средств, предназначенных для решения крупной задачи, а также задействованные людские ресурсы. Один из типичных примеров – транспортная система города. Ее элементами при анализе схем доставки грузов становятся транспортные средства, дороги, технические средства регулирования потоков, логистические центры и т.п. При решении ряда задач необходимо учитывать работу элементов разных систем, формирующих некий компонент. Например, для оптимального регулирования движений автомобилей важна работа элементов других систем – электроснабжения, электросвязи, охраны правопорядка и др. Их совокупность образует компонент, состав которого зависит не только от поставленной задачи, но и от конкретных условий.

Ряд терминов, используемых в следующих разделах, носит общий характер. Эти термины включают следующий набор понятий [1, 3, 4]:

- **Окружающая среда** [*Natural Environment*] – комплекс окружающих человека (или другой живой организм) физических, географических, биологических, социальных, культурных и политических условий, который определяет форму и характер его существования.

- **Инфраструктура систем умного устойчивого города** [*Hard Infrastructure (non ICT-based)*] – совокупность технических средств, выполняющих функции по обеспечению жизнедеятельности населения.
- **Инфраструктура в виде технических средств ИКТ** [*Hard Infrastructure (ICT-based)*] – комплекс технических средств, предназначенных для реализации функций ИКТ.
- **Виды услуг и приложений** [*Services*] – функциональные возможности, необходимые для реализации требований, которые определены для умного устойчивого города.
- **Инфраструктура в виде программного обеспечения** [*Soft Infrastructure*] – программное обеспечение, позволяющее использовать ИКТ для реализации требований, которые определены для умного устойчивого города.
- **Умная вода** [*Smart Water*] – концепция получения чистой воды, ее экономичного использования, а также проектирования комплекса водопользования и соответствующей системы управления.
- **Умная энергетика** [*Smart Energy*] – концепция энергоснабжения, использующая ИКТ для повышения эффективности, надежности, экономичности, экологической безопасности при производстве, распределении и использовании энергии.
- **Умный транспорт** [*Smart Transportation*] – концепция построения интеллектуальной транспортной трансмодальной системы, использующая ИКТ для повышения эффективности, надежности, экономичности, комплексной безопасности при перемещении объектов вне зависимости от выбранных технических сред.
- **Умное здравоохранение** [*Smart Healthcare*] – концепция построения системы здравоохранения, использующая ИКТ для обеспечения эффективного и безопасного лечения людей и животных с ориентацией на превентивное выявление соответствующих потенциальных угроз.
- **Безопасность, включая экстренные ситуации** [*Safety / Emergency*] – концепция обеспечения приемлемого уровня всех видов риска, включая периоды времени, когда возникают экстренные (в том числе – чрезвычайные)

ситуации, за счет использования ИКТ и других организационно-технических решений.

- **Образование и туризм** [*Education & Tourism*] – принципы поведения обучения и организации туристического бизнеса за счет эффективного применения ИКТ.
- **Управление отходами** [*Waste Management*] – комплекс мероприятий по сбору, транспортировке, переработке, вторичному использованию или утилизации мусора, а также контроль соответствующих процессов за счет применения ИКТ.
- **Умные здания** [*Smart Buildings*] – концепция обеспечения безопасного, комфортного, ресурсосберегающего жилища, которое основано на использовании ИКТ.
- **Электронное правительство** [*e-government*] – совокупность технологий, включая ИКТ, сопутствующих организационных мер, нормативно-правового обеспечения для организации эффективного взаимодействия между органами государственной власти различных ветвей власти, гражданами, организациями и другими субъектами экономики.
- **Электронный бизнес** [*e-business*] – бизнес-модель, в которой бизнес-процессы, обмен информацией и коммерческие транзакции автоматизируются с помощью информационных систем. Значительная часть решений использует технологии Интернет для передачи данных и предоставления Web-сервисов.

2. Системы и элементы умного устойчивого города

Одна из наиболее удачных моделей, включающая системы и элементы умного устойчивого города, приведена в Приложении 27 (Supplement 27) к рекомендациям МСЭ серии У [3]. В этом Приложении предложена мета-архитектура умного устойчивого города в виде пятиуровневой структуры. Она воспроизведена на рисунке 2. Часть терминов, переведенных на русский язык, содержится в предыдущем разделе статьи. Некоторые дополнительные понятия вводятся ниже.

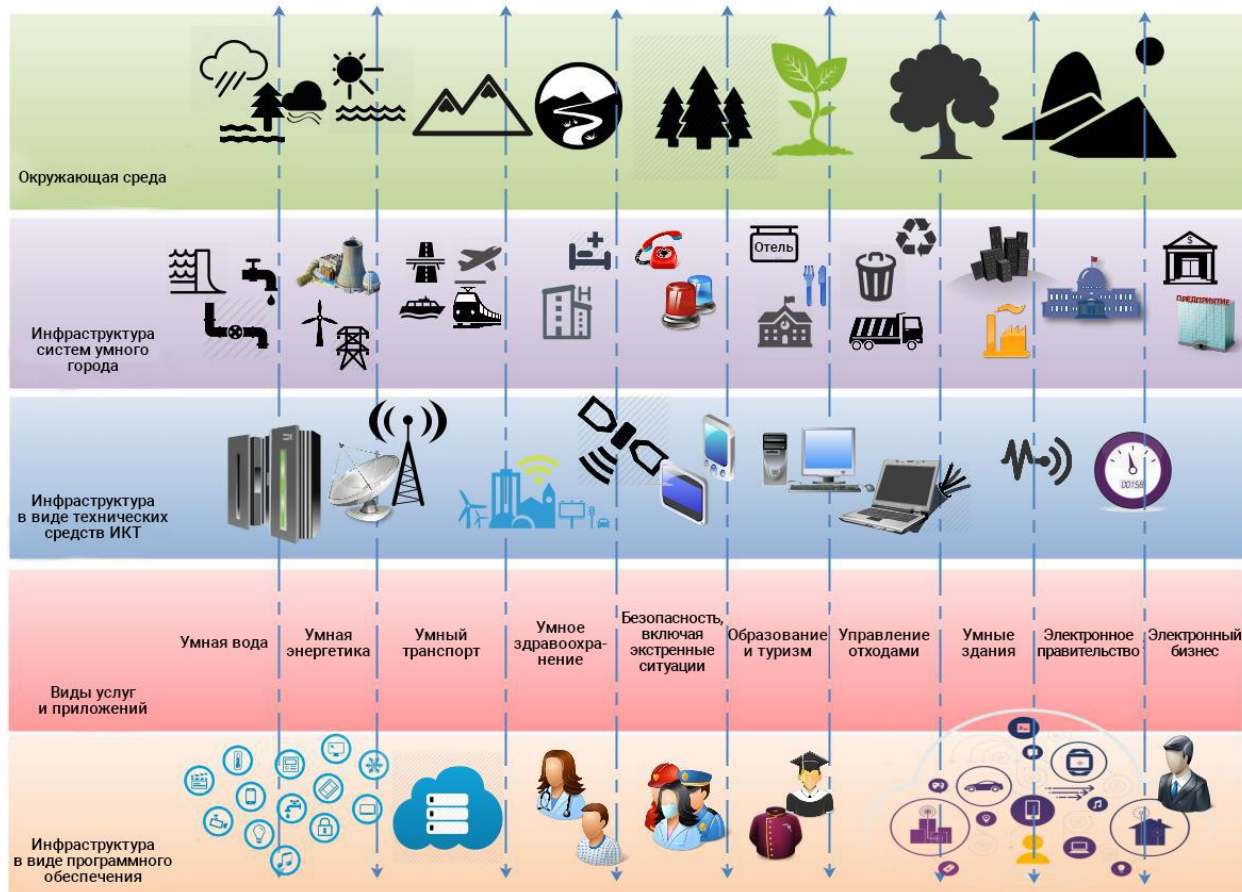


Рис. 2. Пятиуровневая модель мета-архитектуры умного устойчивого города

Название "мета-архитектура" использовано для того, чтобы подчеркнуть следующий факт: необходима дальнейшая детализация предложенной модели. Эта детализация должна быть направлена на конкретизацию тех систем, которые расположены на всех пяти уровнях мета-архитектуры умного устойчивого города. Речь идет о выделении элементов, которые определяют основные функциональные свойства каждой системы. Кроме того, важны и связи между элементами. При этом, с точки зрения задач, стоящих перед ИКТ, ряд систем умного устойчивого города может не детализироваться, если их анализ как "черного ящика" [5] позволяет получить всю необходимую информацию.

Совокупность технических средств ИКТ считается своего рода нервной системой умного устойчивого города. Технические средства ИКТ обеспечивают взаимодействие между различными компонентами умного устойчивого города. Совокупность аппаратно-программных средств ИКТ и линейно-кабельных сооружений можно рассматривать как платформу, при помощи которой осуществляется обмен информацией между компонентами умного устойчивого города. Платформа

выполняет также и часть функций по обработке информации. Такой подход позволяет представить укрупненную модель умного устойчивого города в виде набора систем, состоящих из ряда элементов. Предлагаемая модель показана на рисунке 3. Суть компонентов модели, использующих платформу ИКТ, будет детализирована ниже.

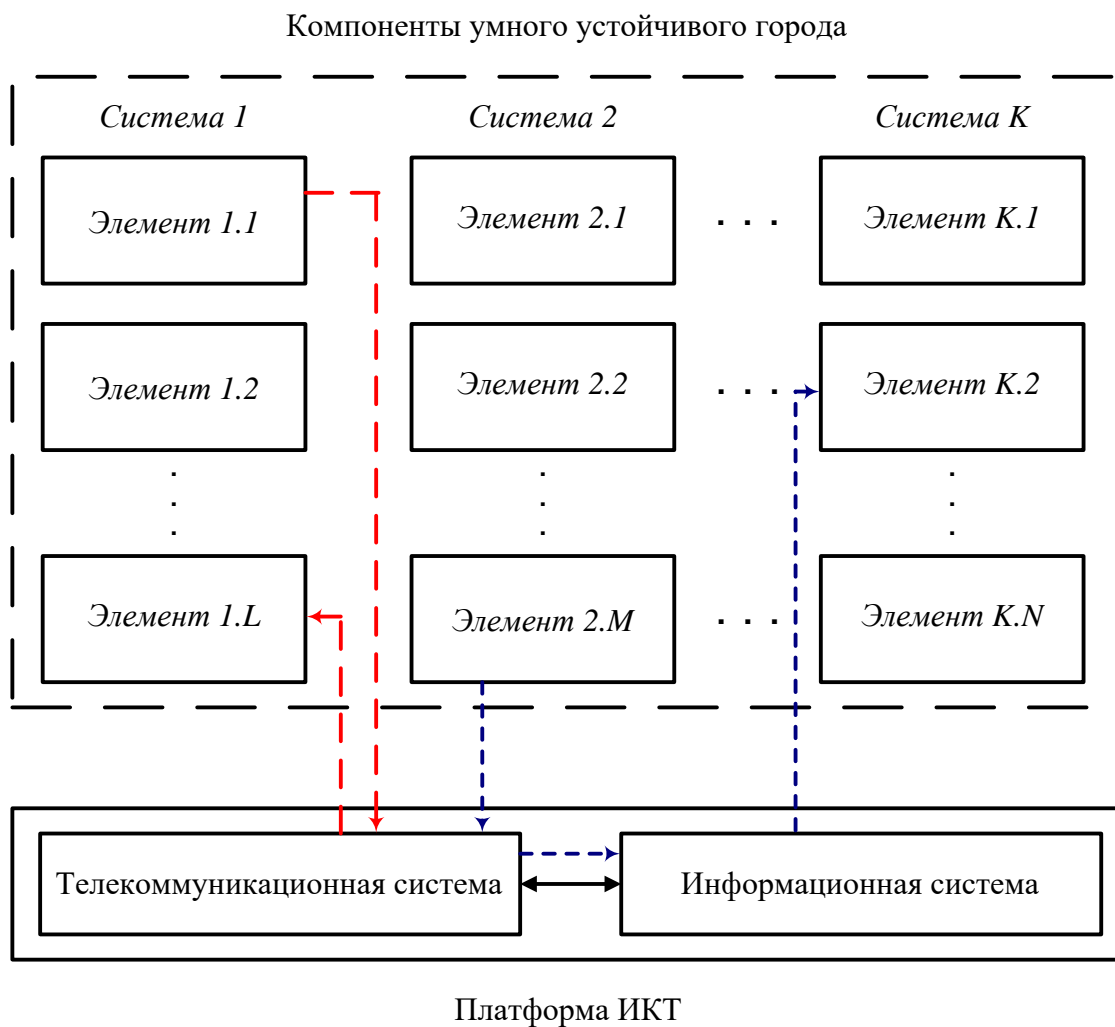


Рис. 3. Укрупненная модель умного устойчивого города

Предполагается, что в составе технических средств, формирующих умный устойчивый город, можно выделить K крупных самостоятельных систем, каждая из которых состоит из набора элементов. Их численность обозначена латинскими буквами L , M и N . Платформа ИКТ, в свою очередь, состоит из двух крупных систем – телекоммуникационной и информационной. Системы в целом и их отдельные элементы будут использовать функциональные возможности телекоммуникационной системы и для обмена информации, и для получения обработанных данных. Причем

на разных этапах жизненного цикла [6] умного устойчивого города сочетания используемых функциональных возможностей телекоммуникационных и информационных ресурсов для каждой системы могут меняться в широких пределах.

Пример задействования только телекоммуникационных ресурсов показан для взаимодействия элементов с номерами *1.1* и *1.L*; обработка информации в подобных случаях осуществляется вычислительными ресурсами Системы *1*. Взаимодействие элементов с номерами *2.M* и *К.2* подразумевает использование и ресурсов информационной системы, что означает обмен обработанными данными. При этом не исключено использование и вычислительных ресурсов систем *2* и *К*.

Реализация умного устойчивого города не может рассматриваться как проект класса "green field" (дословно – зеленое поле), который не имеет ограничений, налагаемых предшествующими (уже установленными и эксплуатируемыми) техническими средствами. Каждая система располагает ранее созданным комплексом технических средств, который не может быть сразу же заменен новым оборудованием в силу объективных и субъективных причин. Это означает, что создание умного устойчивого города представляет собой проект, который можно назвать "sown field" (дословно – засеянное поле). Подобная ситуация характерна для так называемых "консервативных объектов", для которых смена принципов функционирования занимает длительный период. В частности, для сетей электросвязи, расположенных на большой территории, он обычно составляет не один десяток лет [7].

Эти обстоятельства отражают принципы связи двух существующих систем в составе умного устойчивого города, изображенные на рисунке 4. Эта иллюстрация включает элементы, часть которых не соответствует стандартам умного устойчивого города. По этой причине необходимо использовать согласующие устройства, названные ниже адаптерами (А). Их обозначения снабжены нижними индексами, которые определяют либо вид согласования ("*T*" – телекоммуникационные средства, "*I*" – информационные процессы) либо номера элементов разных систем, взаимодействующих друг с другом. Выбранная модель предполагает, что обе системы содержат собственные платформы ИКТ, построенные по корпоративным стандартам. По этой причине необходимо обеспечить их взаимодействие с платформой ИКТ, построенной в полном соответствии со стандартами умного устойчивого города.

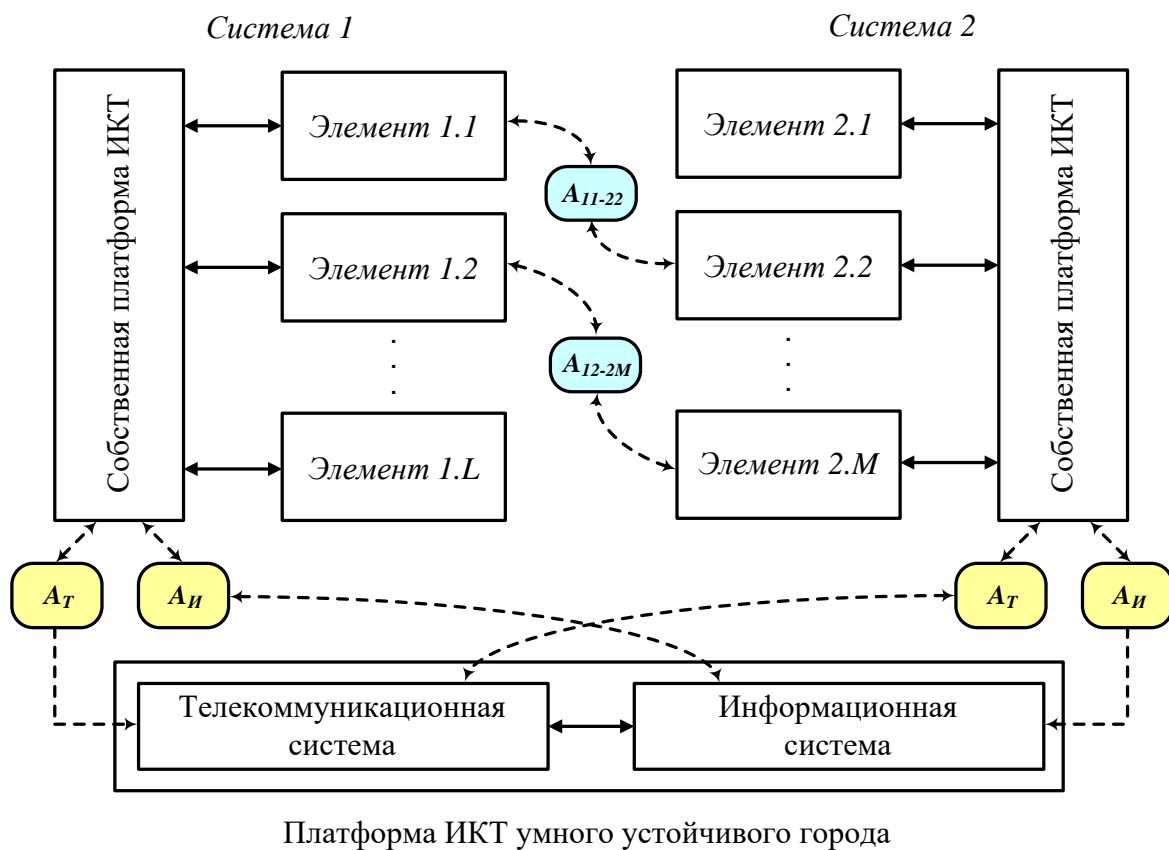


Рис. 4. Принципы взаимодействия двух систем в умном устойчивом городе

Технические требования ко всем типам адаптеров могут быть составлены только после изучения тех принципов, на которых они созданы, и анализа прогнозов развития каждой системы и ее основных элементов. По всей видимости, адаптеры A_T и $A_И$ будут использоваться всегда. Количество видов адаптеров класса A_{AB-CD} должно быть минимальным, но ряд подобных согласующих устройств может оказаться оптимальным средством решения некоторых задач в умном устойчивом городе.

Телекоммуникационную систему в умном устойчивом городе не следует рассматривать как совокупность специально создаваемых технических средств. Ее можно определить, как часть ресурсов телекоммуникационной системы, построенной и развиваемой с учетом – в том числе – требований умного устойчивого города. При этом для поддержки функций умного устойчивого города могут быть задействованы практически все известные средства:

- фиксированная связь;
- мобильная связь;

- спутниковая связь;
- беспилотные летательные аппараты;
- высотные платформы;
- системы сенсорной связи;
- другие решения.

На рисунке 5 приведен пример тех телекоммуникационных ресурсов, которые могут быть использованы в умном устойчивом городе. Во многих случаях между двумя объектами будут создаваться, как минимум, два независимых (в терминах теории надежности) пути обмена информации. Такое решение обеспечит выполнения требований КРІ, предъявляемых к показателям надежности и живучести умного устойчивого города.

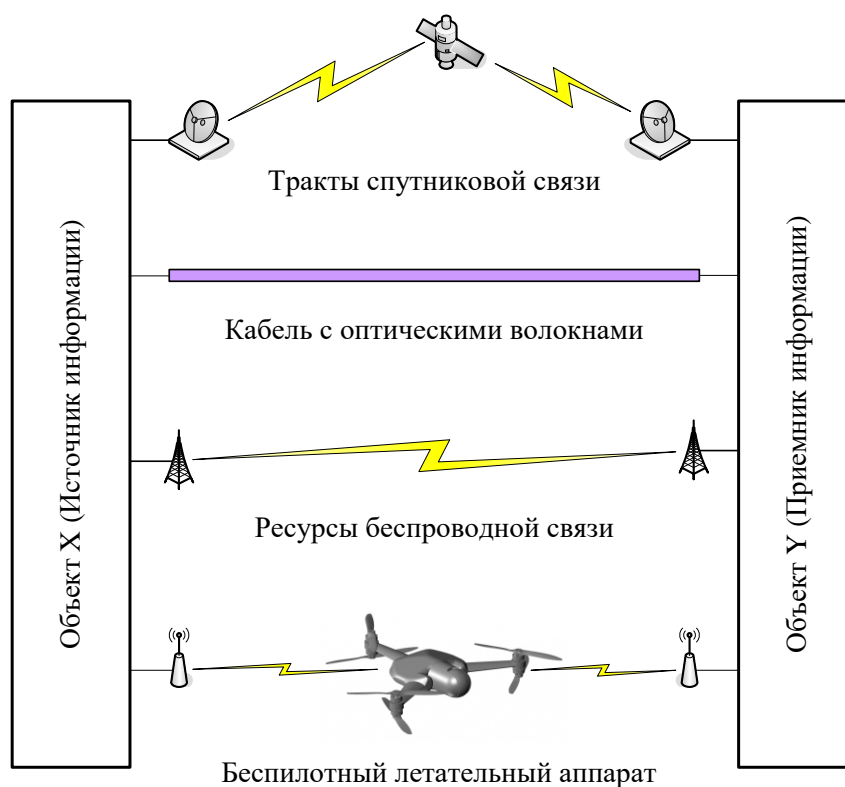


Рис. 5. Телекоммуникационные ресурсы для умного устойчивого города

Информационную систему в умном устойчивом городе также не следует рассматривать как совокупность специально создаваемых вычислительных средств. Среди информационных технологий, в первую очередь, найдут применение:

- Data Mining [8] – получение новых знаний в результате анализа доступных данных;
- Big Data [9] – анализ больших объемов данных;

- Neural Network [10] – нейронная сеть.

В дальнейшем ожидается интенсивное развитие новых информационных технологий, основанных на идеях искусственного интеллекта. С точки зрения размещения средств обработки информации, в умном устойчивом городе найдут применение концепции облачных (Cloud Computing), туманных (Fog Computing) и капельных (Dew Computing) вычислений [11]. Сферы их применения показаны на рисунке 6 с учетом топологических параметров, характерных для умного устойчивого города.

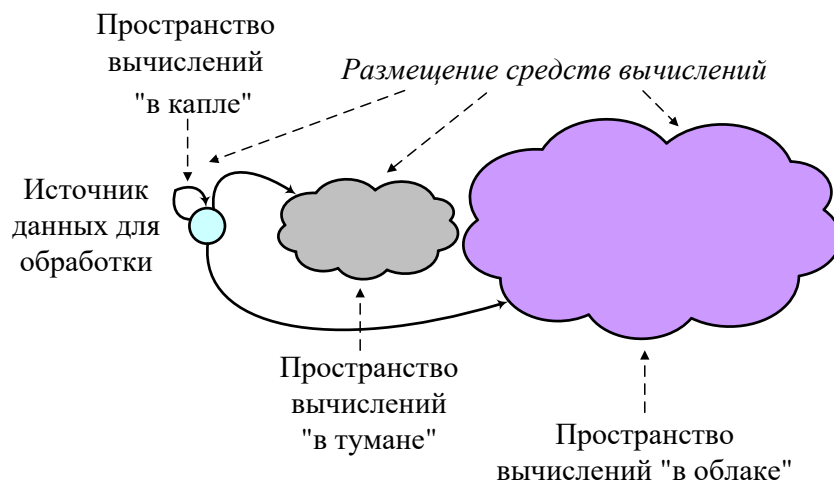


Рис. 6. Примеры размещения средств вычислений для умного устойчивого города

Программное обеспечение может предварительно закачиваться в "каплю" из "тумана" или "облака". Туда же (в "туман" и/или в "облако") могут быть направлены результаты вычислений, что подчеркивают линии с однонаправленными стрелками. Информационное взаимодействие "капли", "тумана" и "облака" определяется характером решаемых задач, постановка которых может меняться в широких пределах. По этой причине следует разработать совокупность сценариев информационных взаимодействий, при помощи которых можно оценить область изменения требований к вычислительным ресурсам. Эта область требований позволит, в свою очередь, оценить необходимые транспортные ресурсы и производительность средств телекоммуникационной системы.

3. Ключевые показатели эффективности

Обзор показателей КРІ для умного устойчивого города приведен в рекомендации сектора стандартизации МСЭ Y.4900 [1]. Она опубликована под номером L.1600, так как затрагивает вопросы, входящие в сферу интересов двух

Исследовательских комиссий МСЭ. Анализ показателей КРІ составлен с точки зрения требований к техническим средствам ИКТ. Предполагается, что для определения устойчивости умного города следует учитывать четыре основных аспекта:

- Экономика – способность получать доход и обеспечить занятость граждан для получения средств к существованию.
- Социальная сфера – способность обеспечить равноправие граждан (с точки зрения безопасности, здоровья, образования), несмотря на различия в классе, в национальности или по полу.
- Экология – способность защищать качественное будущее и возобновление природных ресурсов.
- Управление – способность поддерживать социальные условия стабильности, демократии, участия и справедливости.

Полное множество КРІ, как показано на рисунке 7, уместно разделить на шесть основных групп [1].



Рис. 7. Классификация множества всех нормируемых КРІ

Для каждой группы показателей КРІ в рекомендации Y.4900 предлагается дальнейшая детализация, но ее, по всей видимости, нельзя считать полной. В частности, для ИКТ вводятся четыре вида КРІ, перечисленные в нижней части рисунка 8. Они конкретизируют те направления, для которых требуется определение практически значимых показателей, определяемых в результате измерений или опроса респондентов.

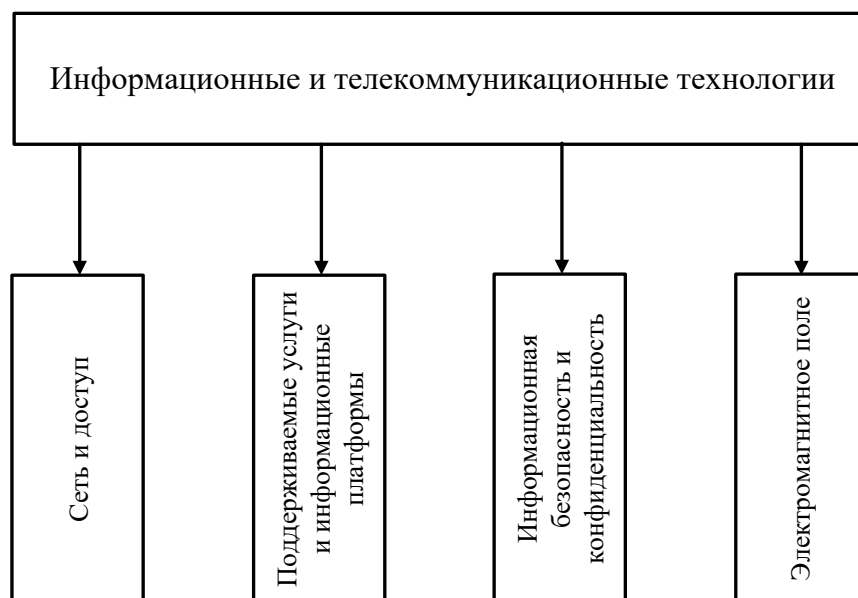


Рис. 8. Классификация набора КРІ, определяемого для ИКТ

Практически значимые показатели будут включать два подмножества. Первое подмножество образуют уже нормированные параметры, которые перечислены в ранее опубликованных рекомендациях МСЭ. Не исключено, что часть этих параметров должна быть пересмотрена в соответствии с требованиями умного устойчивого города. Второе подмножество включает новые параметры, перечень которых и соответствующие нормы будут заданы набором КРІ, учитывающим специфику умного устойчивого города.

Ряд соображений, касающихся КРІ для ИКТ, приведен в Приложении I к рекомендации Y.4903 [4]. Они сформулированы, в основном, как декларативные требования к ИКТ с точки зрения потенциальных задач, которые характерны для умного устойчивого города. В тексте рекомендации Y.4903 для рассматриваемых требований использовано название: "дополнительные индикаторы" (additional indicators). Их названия и объяснения приведены ниже:

1. Количество договоров беспроводного широкополосного доступа (wireless broadband subscription). Оно оценивается как количество заключенных договоров на 100 жителей. Предлагается учитывать в составе этих договоров системы спутниковой и мобильной связи, используемые также для целей, выходящих за рамки задач, которые присущи умному устойчивому городу.
2. Количество договоров фиксированного широкополосного доступа (household with fixed (wired) broadband). Оно оценивается как процент от всех

домохозяйств. Причем широкой полосой – в соответствии с принятыми правилами МСЭ – пока считается скорость не менее 256 кбит/с на интерфейсе пользователь-сеть. Домохозяйства, использующие только мобильные технологии для поддержки функций умного устойчивого города, не учитываются.

3. Домохозяйство с мобильным устройством. Предлагается относить к этой категории домохозяйства, в которых используется, как минимум, один смартфон или аналогичное оконечное устройство.
4. Доля малых или средних предприятий (small and medium-size enterprises – SMEs). Она оценивается как процент от общей численности предприятий. Дополнительно уместно оценивать и долю этих предприятий в создаваемом валовом внутреннем продукте.
5. Сотрудники креативной индустрии. Данный показатель оценивается как процент работников, занятых креативным трудом. К ним относятся следующие сектора экономики (реклама, архитектура, искусство и антиквариат, ремесла, дизайн, дизайнерская мода, кинематография, интерактивное развлекательное программное обеспечение (например, видеоигры), музыка, исполнительское искусство, издательское дело, программное обеспечение, телевидение и радио).

Строго говоря, четвертый и пятый пункты в тексте рекомендации Y.4903 напрямую не относятся к сфере ИКТ. Тем не менее, они представляют опосредованный интерес для анализа ряда важных аспектов развития телекоммуникационной и информационной систем.

По всей видимости, перечень KPI в его нынешнем виде будет дорабатываться и – что более важно – конкретизироваться. В этом плане для ИКТ представляет практический интерес набор показателей, разработанный для пакетных сетей [14] и апробированный основными участниками инфокоммуникационного рынка:

- *IPTD* – IP packet transfer delay (задержка переноса IP-пакетов между интерфейсами пользователь-сеть);
- *IPDV* – IP packet delay variation (вариация задержки IP-пакетов между интерфейсами пользователь-сеть);
- *IPLR* – IP packet loss ratio (доля потерянных IP-пакетов между интерфейсами пользователь-сеть);

- *IPER* – IP packet error ratio (доля искаженных IP-пакетов между интерфейсами пользователь-сеть).

В настоящее время существует несколько вариантов нормирования перечисленных показателей QoS. Они предусматривают выделение нескольких классов QoS, которые различаются между собой численными значениями нормируемых показателей. С учетом исследований, проведенных по теме "Туманные вычисления" [11], можно составить таблицу 1, в которой приведены примеры норм на QoS. Предлагаемая таблица содержит *K* классов QoS, обозначенных римскими цифрами. Она допускает возможность введения дополнительных показателей, последний из которых обозначен как *IPуз*.

Табл. 1. Показатели QoS для инфокоммуникационных услуг разного вида

Класс QoS	<i>IPTD</i> , мс	<i>IPDV</i> , мс	<i>IPLR</i>	<i>IPER</i>	...	<i>IPуз</i>
I	1,0	0,5	10^{-5}	10^{-6}
II	10,0	5,0	10^{-4}	10^{-5}
III	100,0	50,0	10^{-3}	10^{-4}

<i>K</i>	1000,0	–	10^{-3}	10^{-4}

Нормы для классов I и II основаны на требованиях "Тактильного Интернета" [15], который большей частью использует технологии туманных и капельных вычислений. Нормы для класса III совпадают с метриками, принятыми в рекомендации ITU-T Y.1541 [14] для нулевого класса обслуживания в сети связи общего пользования. Класс под номером "K" аналогичен пятому классу в рекомендации ITU-T Y.1541.

Выбор класса для инфокоммуникационных услуг, предоставляемых в умном устойчивом городе, может быть сделан только в результате анализа тех требований, которые присущи всем его системам и элементам – рисунок 2. Примеры этих систем и элементов были приведены во втором разделе настоящего документа. Следует

отметить, что выбор класса обслуживания в значительной мере определяется техническим заданием на каждую систему в целом и на ее конкретные элементы.

4. Потенциальные ниши разработок для "Умного устойчивого города"

Текущий уровень представлений об умном устойчивом городе позволяет выделить пять основных направлений для перспективных разработок. Их названия приведены на рисунке 9. Эти пять направлений акцентируют внимание на тех нишах, в которых можно получить конкурентоспособные преимущества.

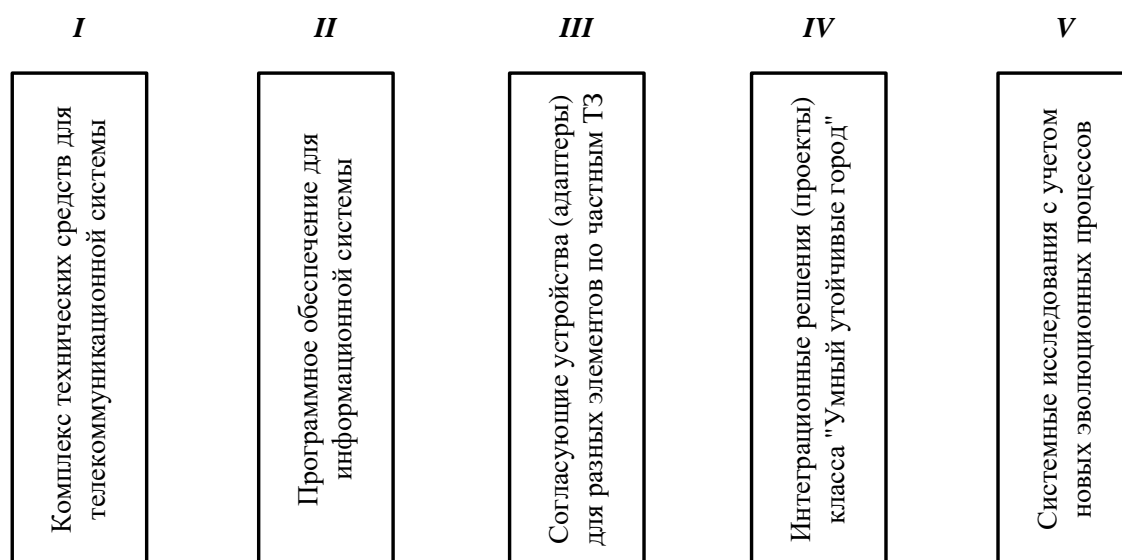


Рис. 9. Основные направления для перспективных разработок

Направление "I" связано с разработкой комплекса технических средств, предназначенных для телекоммуникационной системы, которая используется в составе умного устойчивого города.

Направление "II" основано на разработке программного обеспечения для информационной системы в составе умного устойчивого города. По всей видимости, подобное программное обеспечение будет похоже на продукт, созданный для Системы-112 [16].

Направление "III" представляется привлекательной нишей с учетом трех факторов. Во-первых, накоплен опыт создания оригинальных аппаратно-программных средств подобного рода, успешно используемых Операторами связи и Поставщиками услуг. Во-вторых, создан определенный научно-технический задел, результаты которого опубликованы, например, в [12, 13]. В-третьих, актуальность разработки и применения адаптеров не вызывает сомнений, что минимизирует риск

инвестирования в данное направление. Для успешного проведения разработок следует тщательно согласовывать частные технические задания с Заказчиками, отвечающими за системы, формирующие умный устойчивый город.

Направление "IV" также базируется на имеющемся опыте по разработке и реализации инновационных и интеграционных решений [17, 18]. Ценность подобных предложений для потенциальных Заказчиков будет более высокой, если генерируемые идеи будут представлены в виде проектных решений.

Направление "V" включает анализ перспективных аспектов эволюции электросвязи, информатики и всех отраслей, прямо или косвенно влияющих на дальнейшее развитие концепции "Умный устойчивый город". Результаты этого анализа должны быть представлены в форме конкретных предложений для проведения последующих разработок. В состав данного направления уместно включить консалтинг и публикацию полученных результатов в научно-технических изданиях.

Заключение

Соображения, представленные выше, следует рассматривать как исходную информацию для детального обсуждения столь перспективного направления, которым стала концепция "Умный устойчивый город". Несомненно, что эта концепция будет заметно меняться, что отразится в документах МСЭ и в других материалах. По этой причине анализ новых тенденций должен стать постоянной задачей.

Список литературы:

1. ITU-T. Recommendation Y.4900/L.1600 "Overview of key performance indicators in smart sustainable cities". – Geneva, 2016, 18 p.
2. Ustundag A., Cevikcan E. Industry 4.0: Managing The Digital Transformation. – Springer, 2018, 286 p.
3. ITU-T. Supplement 27 to ITU-T Y-series Recommendations. – Geneva, 2016, 42 p.
4. ITU-T. Recommendation Y.4903/L.1603 "Key performance indicators for smart sustainable cities to assess the achievement of sustainable development goals". – Geneva, 2016, 50 p.

5. Бейзер Б. Тестирование черного ящика. Технологии функционального тестирования программного обеспечения и систем. – СПб.: Питер, 2004, 318 с.
6. Kossiakoff A., Sweet W.N., Seymour S.J., Biemer S.M. Systems Engineering Principles and Practice.: – John Wiley & Sons, 2011, 599 p.
7. Соколов Н.А. Задачи планирования сетей электросвязи. – СПб.: Техника связи, 2012, 432 с.
8. Erl T., Khattak W., Buhler P. Big Data Fundamentals: Concepts, Drivers & Techniques. – Prentice Hall, 2015, 218 p.
9. Han J., Kamber M., Pei J. Data Mining. Concept and Techniques. – Morgan Kaufmann Publishers, 2011, 703 p.
10. Aggarwal C.C. Neural Networks and Deep Learning. – Springer, 2018, 497 p.
11. Пинчук А.В., Соколов Н.А., Фрейнкман В.А. Общие принципы туманных вычислений. – Первая миля, 2018, №3, с. 38-45.
12. Пинчук А.В., Секереш В.В., Соколов Н.А. Методологический подход к построению системы комплексной безопасности. Часть I. – Первая миля, 2015, №5, с. 58-64.
13. Пинчук А.В., Секереш В.В., Соколов Н.А. Методологический подход к построению системы комплексной безопасности. Часть II. – Первая миля, 2015, №6, с. 52-57.
14. ITU-T. Recommendation Y.1541 "Network performance objectives for IP-based services". – Geneva, 2006, 50 p.
15. Кучерявый А.Е., Маколкина М.А., Киричек Р.В. Тактильный Интернет. Сети связи со сверхмалыми задержками. – Электросвязь, 2016, №1, с. 44-46.
16. Качанов С.А., Агеев С.В., Измалков В.А. Стратегия развития системы-112 в Российской Федерации. – М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2016, 159 с.
17. Пинчук А.В., Соколов Н.А. Опыт формирования инновационных решений при разработке телекоммуникационного оборудования. – Вестник связи, 2017, №2, с. 3-8.
18. Качанов С.А., Попов А.П., Чириков А.Г. Методика создания комплексной системы обеспечения безопасности жизнедеятельности субъекта Российской Федерации. – Технологии гражданской безопасности. Научно-технический журнал том 13, №4 (50), ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ). М:2018 с.4-12.

|