

Новые научные и системно-сетевые аспекты сетей пост-NGN (с презентацией новой книги “Сети связи пост-NGN”)

А.Е. Кучерявый, заведующий кафедрой Сетей связи
СПбГУТ, д.т.н., профессор,
Б.С. Гольдштейн, зав.кафедрой
Инфокоммуникационных систем СПбГУТ, д.т.н.,
профессор.

Содержание (1)

1. Книга. Основные аспекты.
2. Интернет будущего.
3. Интернет Вещей.
4. Прогнозы развития сетей связи.
5. Число сообщений в Интернете Вещей.
6. Всепроникающие сенсорные сети.
7. Протоколы USN.
8. Трафик в сетях USN.
9. Кластерная организация USN.

Содержание (2)

10. Алгоритмы выбора головного узла.
11. Сетевая безопасность в сенсорных сетях.
12. LTE 11 и 12 версии.
13. Скорости в LTE.
14. Задержки в LTE.
15. M2M (оценка плотности).
16. Экономичная LTE.
17. Сети LLN.
18. Кооперативные сети.
19. Наносети.
20. Выводы.

Книга Б.С.Гольдштейн, А.Е.Кучерявый “Сети
связи пост-NGN”, БХВ – СПб, 2013

- Интернет Вещей,
- Системы длительной эволюции,
- Наносети.

Интернет Будущего

IoT – Internet of Things – Интернет Вещей

IoP – Internet of People – Интернет Людей

IoE – Internet of Energy – Интернет Энергии

IoM – Internet of Media – Интернет Медиа

IoS – Internet of Service – Интернет Услуг

(IoT European Research Cluster – IoT Strategic Research Roadmap, 2012)

Интернет людей

Интернет для повседневной жизни людей, организаций, обществ и т.д.

Интернет людей должен позволить снять барьеры между производителями и потребителями информации.

Интернет энергии

Интернет энергии предназначен для создания системы управления энергетическими ресурсами и обеспечения сохранности окружающей среды для последующих поколений (Sustainability)

Интернет Медиа

Интернет Медиа должен обеспечить человека видео в формате 3D, мобильными играми с возможностью множественного участия, цифровыми кинотеатрами, возможностями виртуальных миров

Интернет Услуг

Интернет Услуг – Web услуги уровня 3.0 и выше.

Интернет Вещей (МСЭ-Т, Y.2060)

Интернет вещей – в долгосрочной перспективе Интернет Вещей может рассматриваться как направление технологического и социального развития общества.

В среднесрочной перспективе с учетом необходимости стандартизации Интернет Вещей представляет собой глобальную инфраструктуру для информационного общества

Сеть связи будущего

Сеть связи будущего строится на основе всех указанных выше компонент с центральной ролью Интернета Вещей. Центральная роль Интернета Вещей определяется как за счет его превалирования в клиентской базе, так и за счет интенсивности создаваемых Интернетом Вещей сообщений

Определения (Y.2060)

- Вещи:

Физические и виртуальные объекты физического и информационного мира, которые можно идентифицировать и интегрировать в информационные сети и сети связи (инфокоммуникационные сети), МСЭ-Т

Вещи бывают физические, виртуальные и не физические (ЕС, IERC – IoT European Research Cluster)

Прогнозы развития сетей связи

7 триллионов Интернет вещей к 2017-2020 годам (WWRF, 2009)

50 триллионов как оценка уровня насыщения (J.-B.Waldner “Nanocomputers and Swarm Intelligence”, 2008).

Изменение характера сети

Численное:

Миллиардная – Триллионная

Структурное:

Инфраструктурная - Самоорганизующаяся

Число сообщений в Интернете Вещей

От 1000 до 10000 на жителя планеты в день
(Internet 3.0. The Internet of Things. Analysis
Mason Limited, 2010).

Сравнение с другими технологиями

1. Современные мобильные сети – 3.3 вызова по мобильному телефону в день.
2. Facebook. Средний пользователь создает 70 сообщений каждый месяц и имеет 130 друзей
3. E-mail. 247 миллиардов сообщений в день, 176 сообщений на жителя планеты в день (81% - спам).
4. Твиттер. 60 миллионов сообщений в день. Средний пользователь имеет в сети 126 последователей. С учетом этого число сообщений, генерируемых в расчете на одного пользователя в день в Твиттере – 344.

(IoT Strategic Research Roadmap, EC, 2012)

US National Intelligence Council

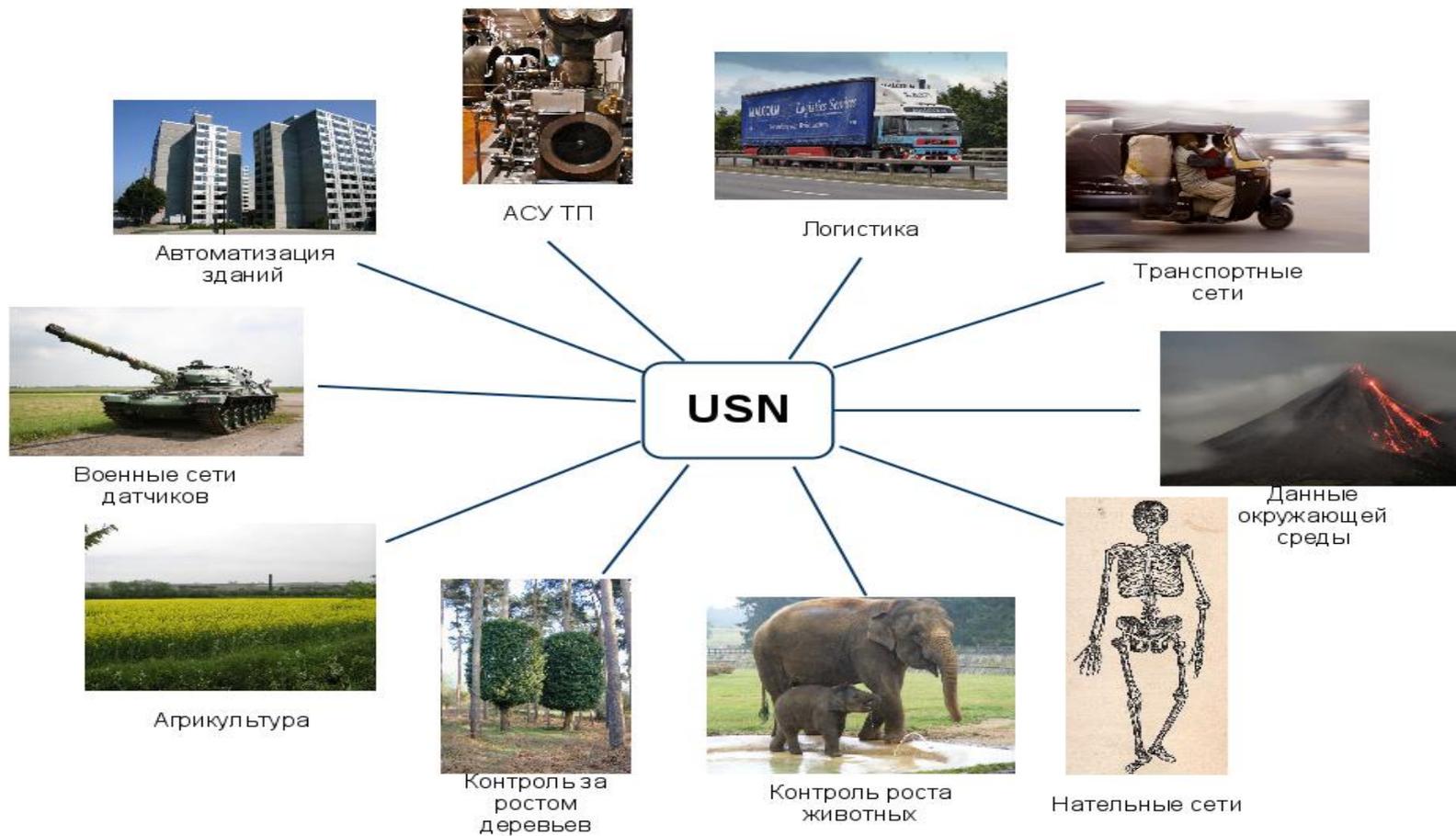
List of Six “Disruptive Civil Technologies” with Potential Impact on US Interests out to 2025.

Интернет Вещей включен в этот перечень прорывных технологий (для гражданского применения) для США.

Six Disruptive Civil technologies

- Biogerontechnology
- Energy Storage Materials
- Biofuels and Bio-Based Chemicals
- Clean Coal Technologies
- Service Robotics
- Internet of Things

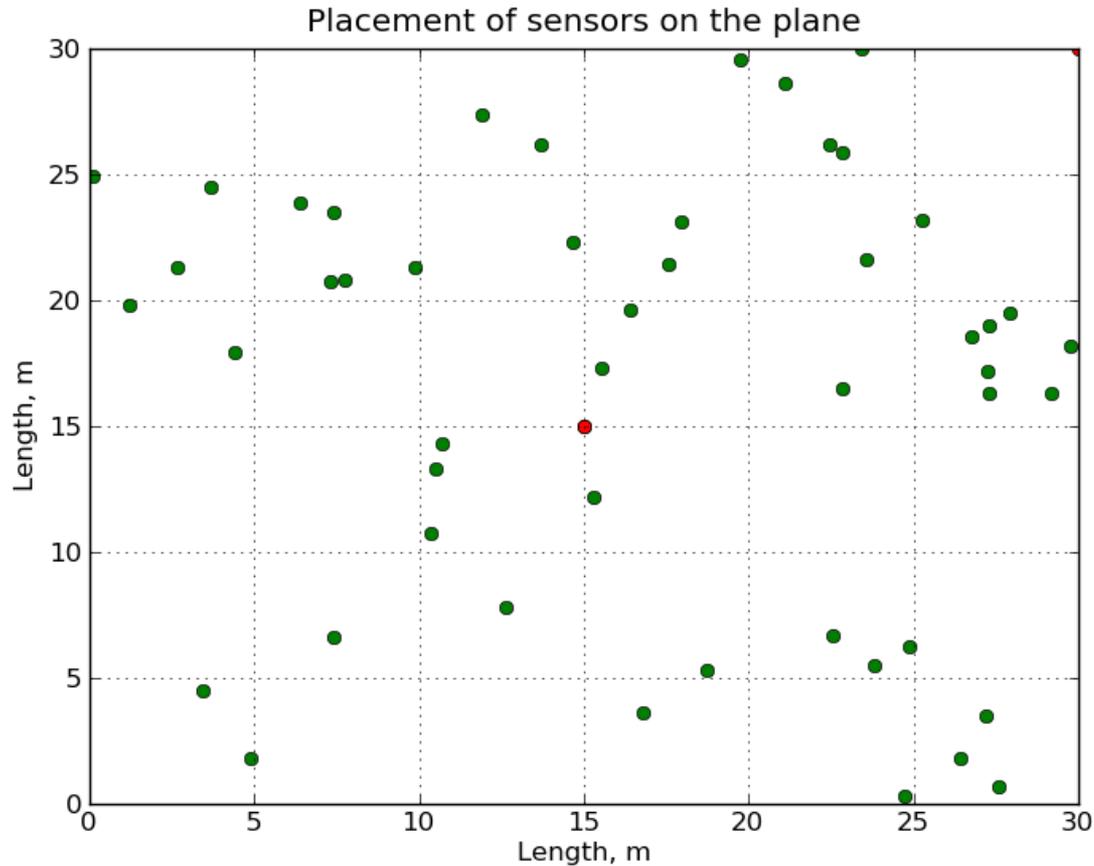
Всепроникающие сенсорные сети



Протоколы USN

1. ZigBee.
2. 6LoWPAN (IPv6 Low energy protocol for Wireless Personal Area Networks, физический уровень – IEEE 802.15.4).
3. RPL (Routing Protocol for Low energy and lossy networks).

Трафик в сетях IoT



A.Koucheryavy, A.Prokopiev. USN Traffic Models for Telemetry Applications. LNCS 6869, 2011.

QoS для сенсорных сетей

Основные показатели:

- длительность жизненного цикла,
- k-покрытие,
- остаточная энергия.

Алгоритмы выбора головного узла

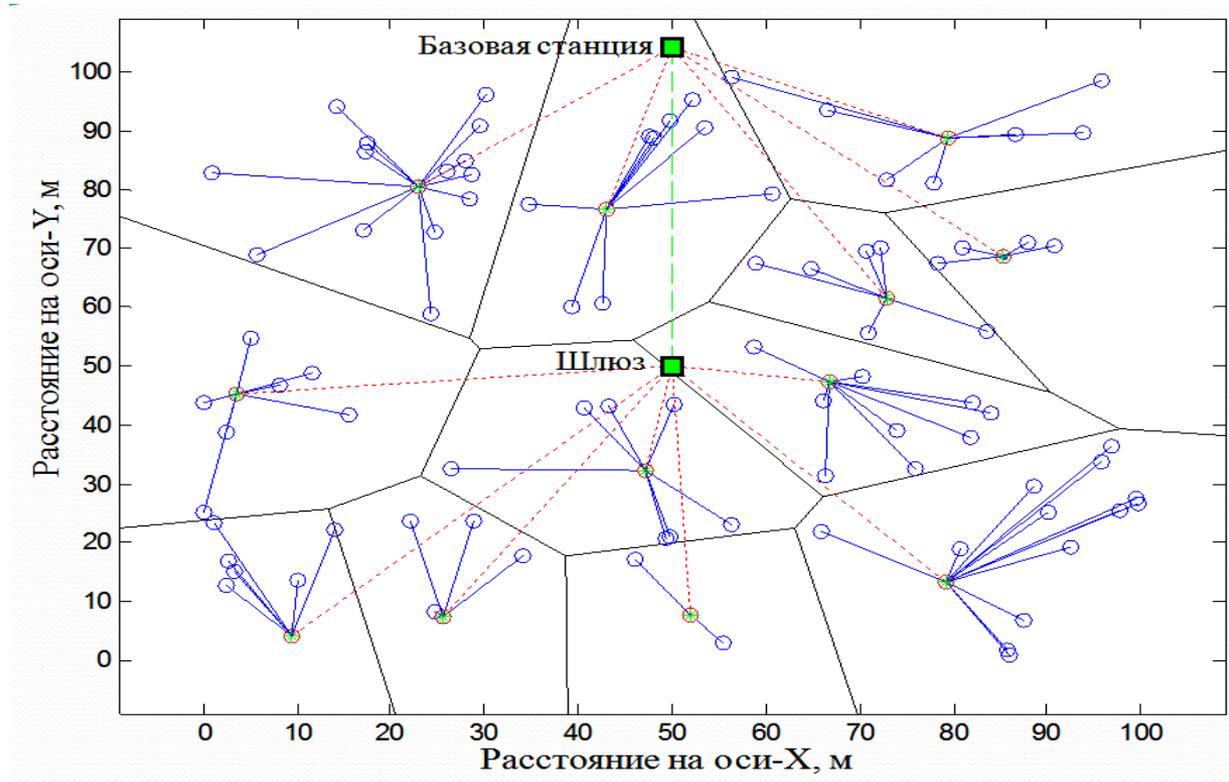
1. Равновероятный.
2. LEACH (Low Energy Adaptive Cluster Hierarchy), W. Heinzelman, A. Chandrakasan, H. Balakrishnan. Energy-efficient communication protocol for wireless microsensor networks. Proceedings 33rd Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS), Wailea Maui, Hawaii, USA, Jan. 2000.
3. DCA (Distributed Clustering Algorithm) для мобильных сенсорных сетей ((A.Koucheryavy, A.Salim. Prediction-based clustering algorithm for mobile wireless sensor network . ICACT'2010)

Биоподобные алгоритмы (Bio-inspired Algorithms)

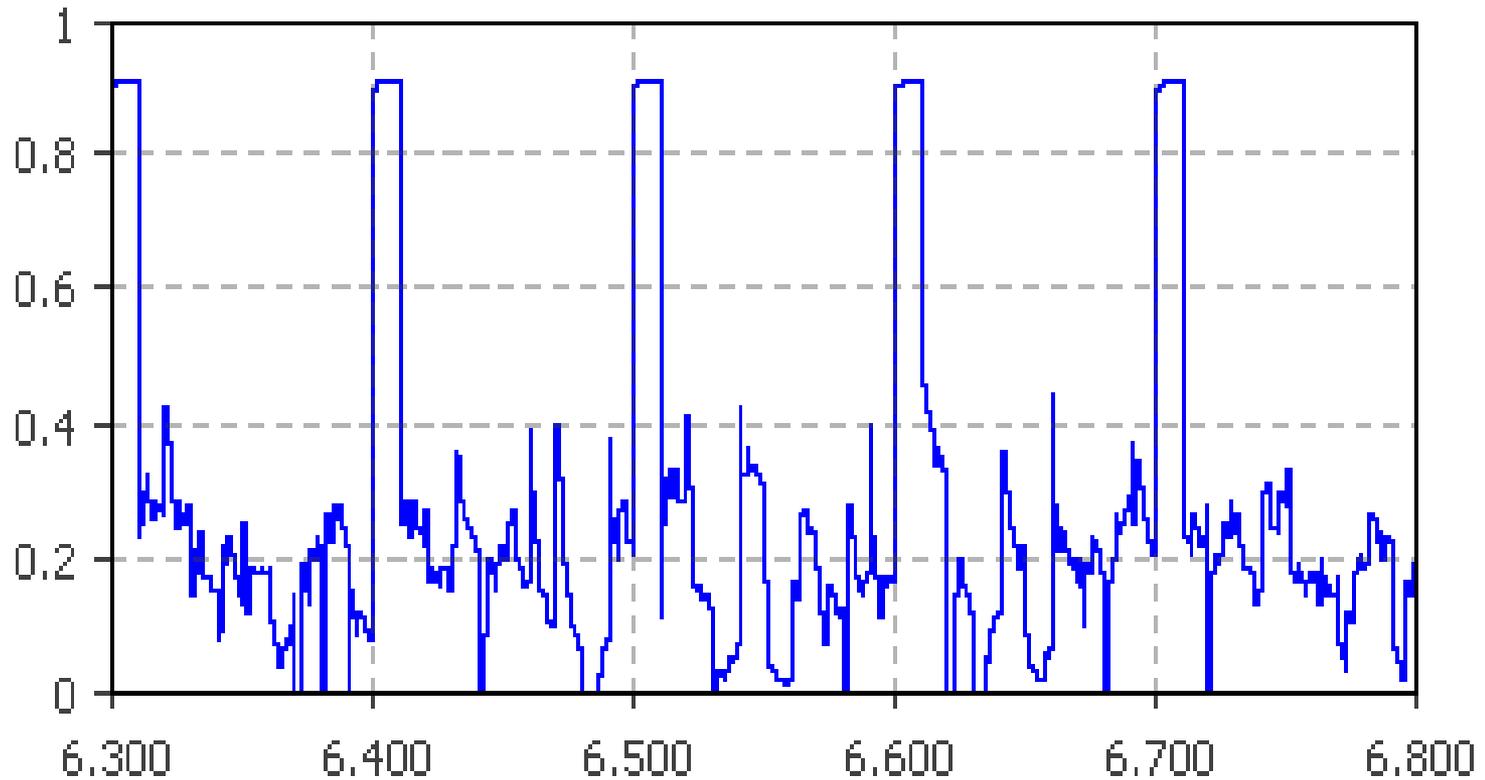
Эффект роевого интеллекта (Swarm Intelligence):

- маршрутизация в мобильных сетях (G.D.Caro, F.Ducetelle, L.M.Gambardella. AntHocNet: an Adaptive Nature-Inspired Algorithm for Routing in Mobile Ad Hoc Networks. European Transaction on Telecommunications, v.16, n.5, 2005),
- передача пакетов без образования петель (X.Wang, Q.Li, N.Xiong, Y.Pan. Ant Colony Optimization-Based Location-Aware Routing for Wireless Sensor Networks. LNCS 5258, Springer, 2008),

Выбор головного узла кластера



Влияние трафика M2M на потери



А.И.Парамонов. Диссертация, СПб ГУТ, 2014.

Безопасность в сенсорных сетях

На основе рекомендаций МСЭ-Т:

- сетевая безопасность (network-based security), X.1311,
- безопасность пользовательских сетей (например, локальной сети) и безопасность при взаимодействии пользователей в одноранговых сетях (peer-to-peer) не являются предметом требований к безопасности в NGN (Y.2701).

Особенности атак в сенсорных сетях

1. Клонирование.
2. Энергетические атаки.

Энергетические атаки

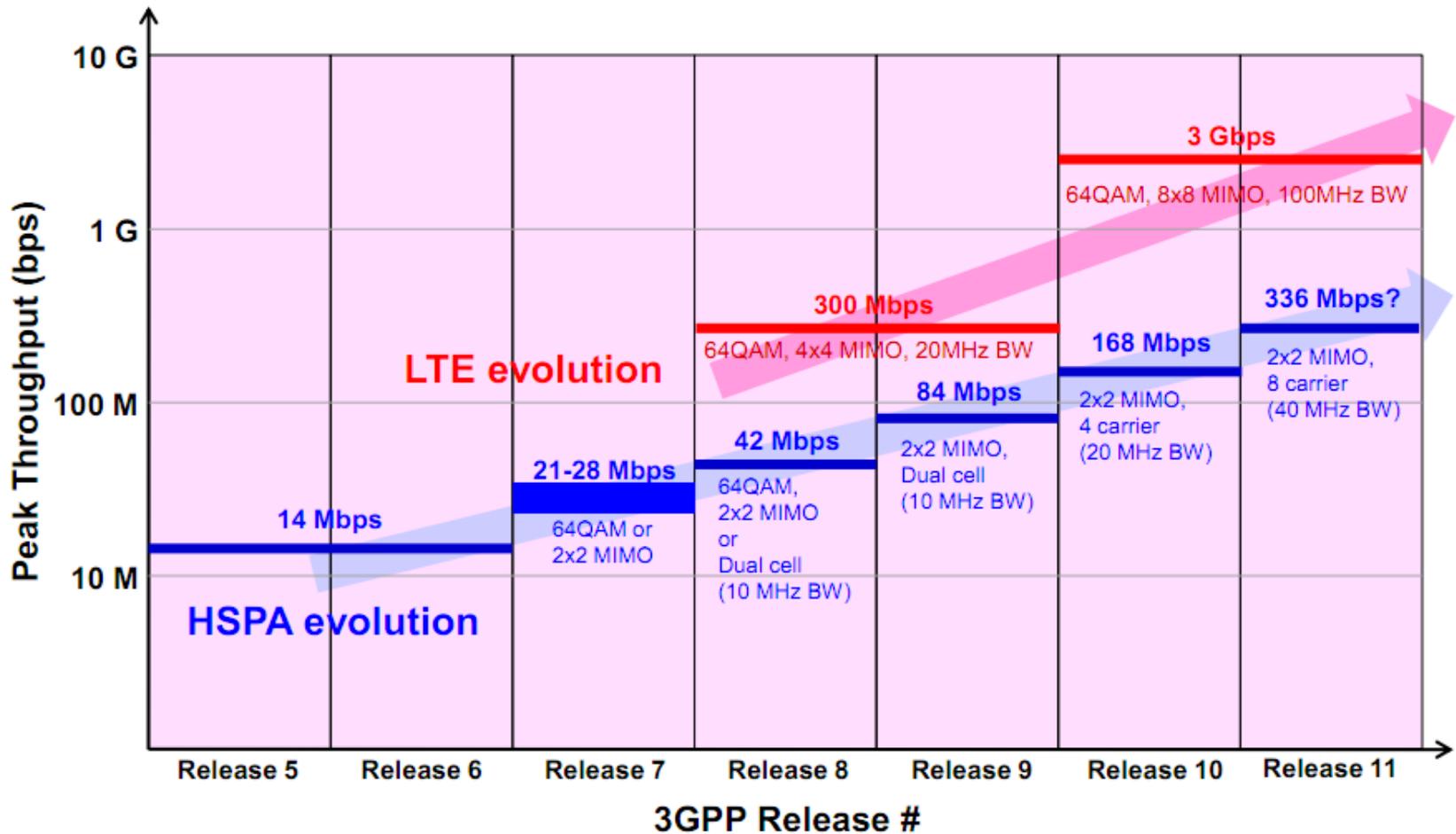
1. Лишение сна сенсорных узлов (T.Bhattassali, R.Chaki, S.Sanyal. Sleep Deprivation Attack Detection in Wireless Sensor Networks. International Journal of Computer Applications, v.40, №15, February 2012).
2. Воздействие на сенсорную сеть потоков ложных событий (И.А.Богданов, А.И.Парамонов, А.Е.Кучерявый. Характеристики жизненного цикла мобильной сенсорной сети при различных потоках ложных событий. Электросвязь, №1, 2013).

LTE 11 и 12 версии

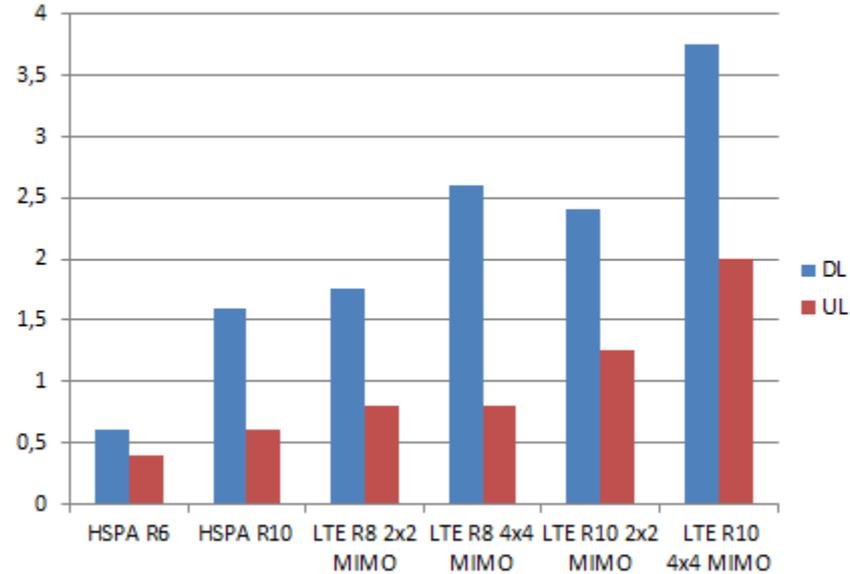
К настоящему времени практически завершены работы по 11-ой версии. Одновременно развернуты работы по 12-ой версии, завершение которой планируется к июню 2014 года.

LTE+USN

Скорости в LTE



Эффективность LTE в бит/Гц



Задержки в 3G (HSPA), LTE

3G

Rel 99 – 68 мс

HSPA – 51 мс

HSPA+ - < 30 мс

LTE

LTE (по расписанию) – 20 мс

LTE (с предварительным распределением ресурсов)

- < 15 мс

(Y.Koucheryavy. Wireless Technologies for IoT: M2M, 3GPP, EE and Cooperative. SPb SUT, October 05.2012).

Численные характеристики

- Моделирование для LTE:
30000 на базовую станцию (3GPP, WG2,
October 2010, Xian, China)

M2M (оценки плотности)

Плотность жителей на 1 кв. км (можно найти предполагаемую плотность устройств M2M):

Центральный район СПб – 16.170

Василеостровский район СПб – 13.910

Выборгский район СПб – 4.240

Красносельский район СПб - 2770

Экономичная LTE

WiFi, ZigBee

- WiFi: Гб/с, ZigBee: 250 кб/с
- < 5 \$
- Нелицензируемый спектр
- Топология: звезда и mesh

LTE

- Гб/с
- ~ 10 \$
- Лицензируемый спектр
- Топология: звезда

Y. Morioka. Low cost LTE for M2M Consumer Electronics, ETSI M2M Workshop, 2012.

Сети LLN

Low-Power and Lossy Networks (LLN)

Стандарт IEEE 802.11 ah:

- радиус 1км,
- скорость передачи 100 кб/с.

Разделение сетей на Гигабитные и низкоскоростные.

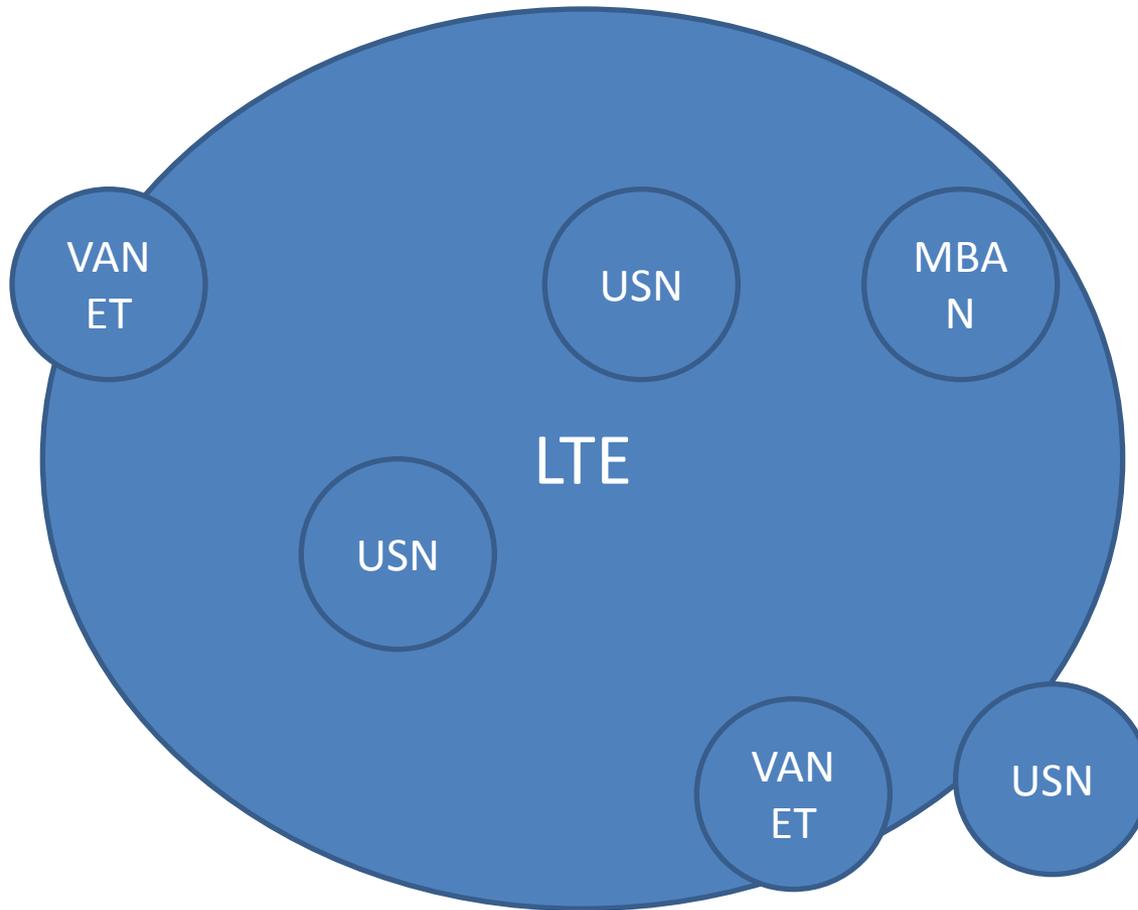
Гигабитные сети и LLN

Развитие технологий телекоммуникаций приводит к появлению новых сетей, таких как гигабитные сети с малыми задержками и низкоскоростные сети с потерями.

Появление новых классов сетей требует определения новых макропоказателей:

- задержек для гигабитных сетей,
- плотности окончаний M2M для низкоскоростных сетей с потерями.

Гетерогенная зона LTE



Кооперативные сети (1)

Установка дополнительных ретрансляторов, так называемых узлов коммутации Relay Node (RN) в зоне действия базовой станции, в том числе на подвижных объектах (например, городском транспорте).

Кооперативные сети (2)

Использование в качестве шлюзов сенсорной сети технических средств, обладающих возможностью обеспечения кооперативной передачи (шлюзы сенсорной сети размещаются, как правило, в местах с наличием гарантированного электроснабжения).

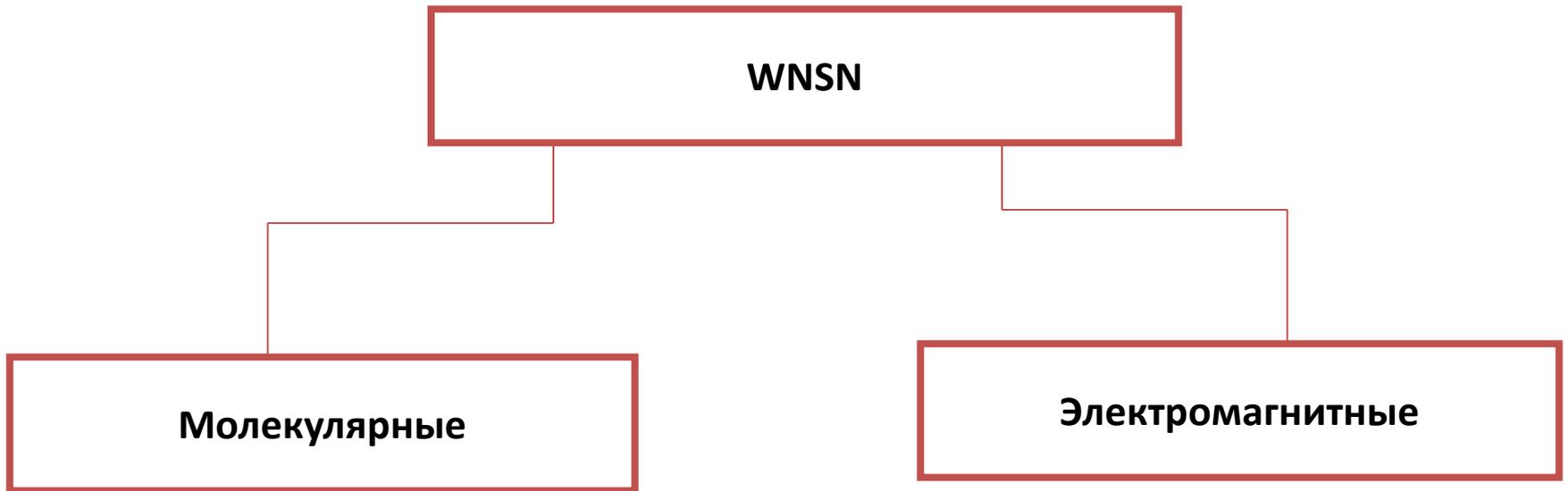
Кооперативные сети (3)

Использование терминалов, находящихся более близко к базовой станции для обеспечения кооперативной передачи (например, терминалов из группы общих интересов или корпоративных).

Наносети

Наносеть является самоорганизующейся сетью, в которой в качестве узлов сети используются наномашинны, а информация и сигнализация могут быть переданы в том числе и путем перемещения вещества.

Наносенсорные сети



Наномашины (наносенсоры, нановещи)

Наномашина – устройство, состоящее из компонентов наноуровня, способное выполнять специфические задачи на наноуровне, такие как телекоммуникации, вычисление, хранение данных, измерения (сенсоры) и/или воздействия (актуаторы).

I.F. Akyildiz et al. "Nanonetworks: A new communication paradigm". Computer Networks, Elsevier, 2008.

Расстояния

Тело человека, животного
продукты

Ca^{2+}

Сотни метров и
километры

феромоны

Феромоны

Феромоны – вещества, вырабатываемые и выделяемые в окружающую среду живыми организмами и вызывающие специфическую ответную реакцию (характерное поведение или процесс развития у воспринимающих их особей того же биологического вида).

(П. Карлсон, М. Мюллер, 1959. В.Д. Иванов «Феромоны насекомых», 1998).

Виды связей

Передатчик

Живой организм

Синтезированный феромон - живой организм

Живой организм

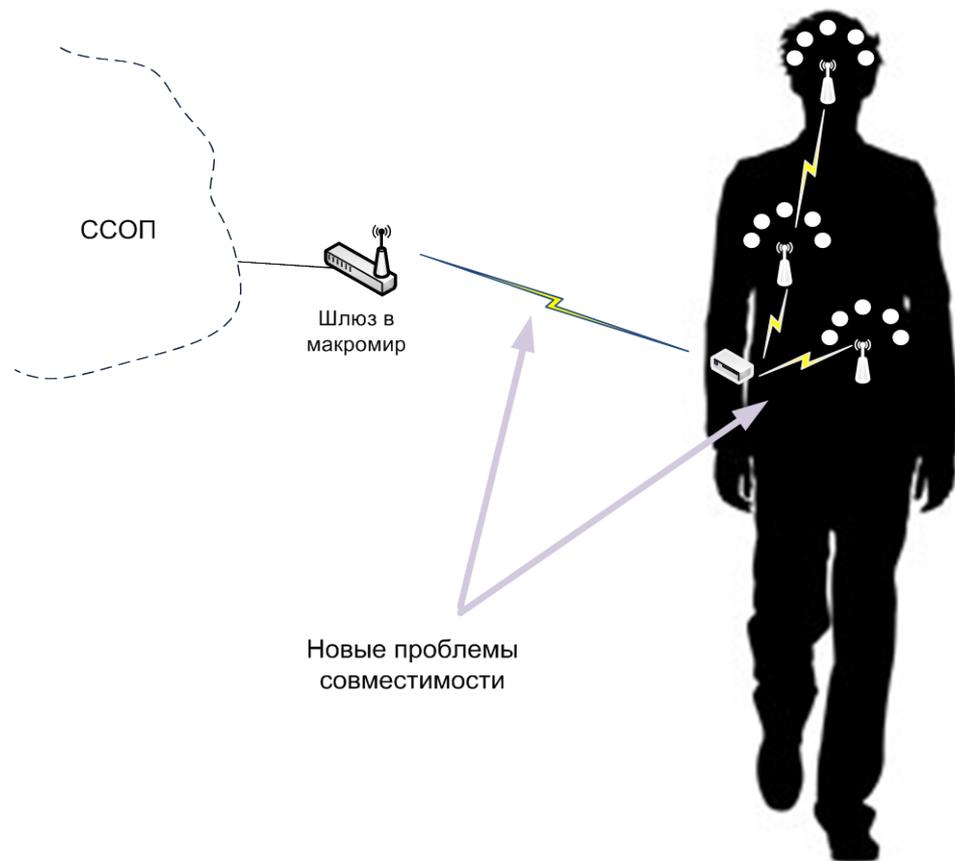
Синтезированный феромон - искусственный
приемник

Приемник

- живой организм

- искусственный
приемник

Совместимость для наносетей



Выводы

1. Новых научных и системно-сетевых вопросов очень много. Необходимо выбрать те, на которых можно сосредоточиться.
2. Необходимы новые книги по рассмотренным в докладе вопросам.