

# Медицинские сети, сети с низким энергопотреблением

А.Е.Кучерявый

Заведующий кафедрой

“Сети связи и передачи данных”

# Стандартизация E-Health (1)

1. CEN/TC 251 – European Committee for Standardization (CEN), Technical Committee 251.
2. Continue Health Alliance.
3. epSOS (european patients Smart Open Services)
4. GS1 Healthcare.
5. DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine).

# Стандартизация E-Health (2)

6. HL7 - Health Level 7.
7. ISO/TC215 – International standardization organization/Technical Committee 215.
8. ISO/IEEE 11073.
9. ITU-T – Focus Group M2M.

# CEN/TC251

Информатика здоровья.

Примеры стандартов:

1. Ресурсы клинических знаний – метаданные.
2. Процедуры управления для WEB баз данных терминов и концептуальных положений – словарь.

# Continue Health Alliance

Cisco, IBM, GE Healthcare, Intel и т.д.

Разработка руководств для производителей по построению совместимых сенсорных узлов, домашних сетей, платформ телемедицины, услуг здоровья и фитнеса.

В центре внимания 3 составляющих e-здоровья:

- управление весом и предупреждение болезней,
  - управление хроническими заболеваниями, система мониторинга и диагностики,
  - увеличение активного возраста популяции и поддержка пожилых людей

# eSOS

23 Европейских страны, IBM, Oracle, Microsoft и т.д.

е-здоровье без границ,  
совместимые электронные записи о  
здоровье, рецепты и страховки.

# GS1 Healthcare

Глобальные стандарты для поддержки компаний, занимающихся e-здоровьем, с целью продвижения точности, скорости и эффективности оказания медицинских услуг и ухода за больными.

# DICOM

Разработка стандартов файлов для медицинских изображений, протоколов записи медицинской информации, обработки и передачи медицинских изображений.



# HL7

Технологические компании, провайдеры e-здоровья, фармацевтические фирмы. Очень крупная и эффективная организация. Множество рабочих групп.

Стандарты уровня приложений.

Стандарты передачи, записи и использования электронной информации о здоровье, такой как клинические данные и административная информация.

# ISO/TC215

TC215 – Информатика здоровья.

Основная задача – обеспечение совместимости между различными системами e-здоровья.

# ISO/IEEE 11073

Стандарты связи для медицинских устройств.

Совместимость медицинских устройств.

# ITU-T

Фокус группа по M2M, основная задача в настоящее время – подготовка рекомендаций МСЭ по e-здоровью.

# Текущие задачи фокус группы M2M.

Разработка проекта рекомендации  
“Экосистемы, поддерживаемые M2M:  
е-здоровье”.

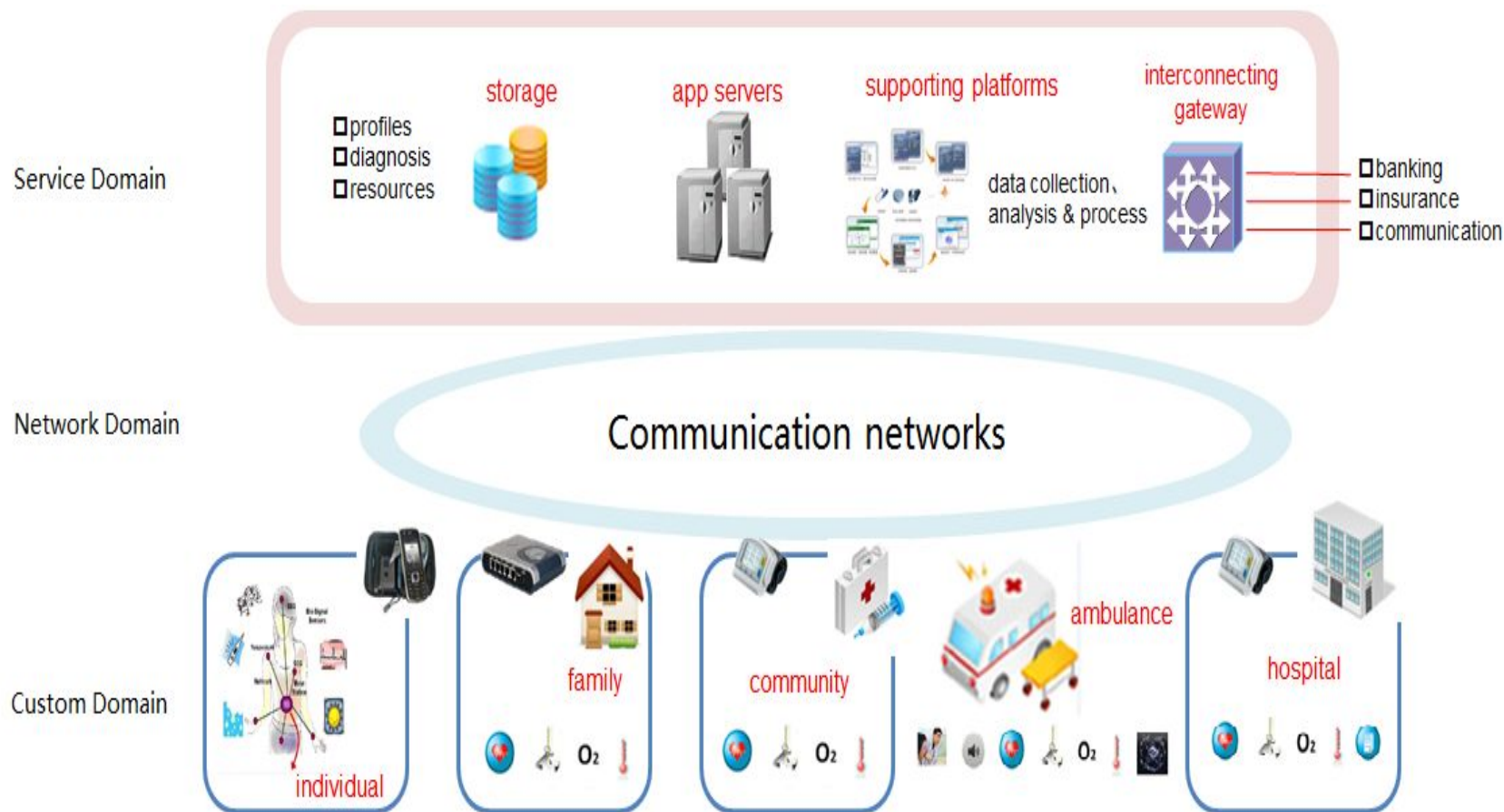
Анализ концепций е-здоровья и  
разработка концептуальной модели  
экосистемы е-здоровья на базе M2M.

# Терминология

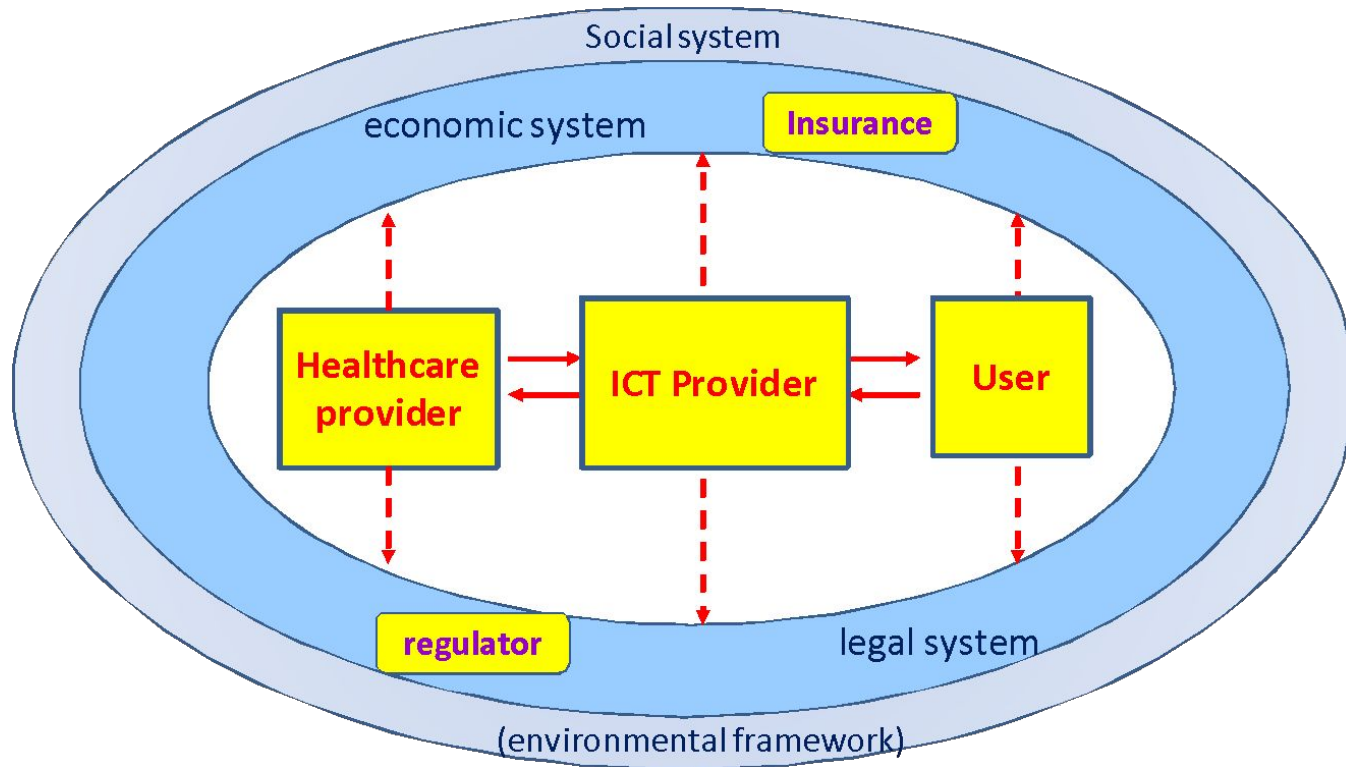
e-health (е-здоровье) – общее (umbrella) понятие, определяющее область взаимодействия здоровья, медицинской информатики, телекоммуникаций и бизнеса, когда услуги для здоровья и информация о нем обеспечиваются посредством сети Интернет и ей подобных.

Включает в себя телемедицину, мобильное здоровье (m-health), телездоровье (telehealth) и т.д.

# Система е-здоровья

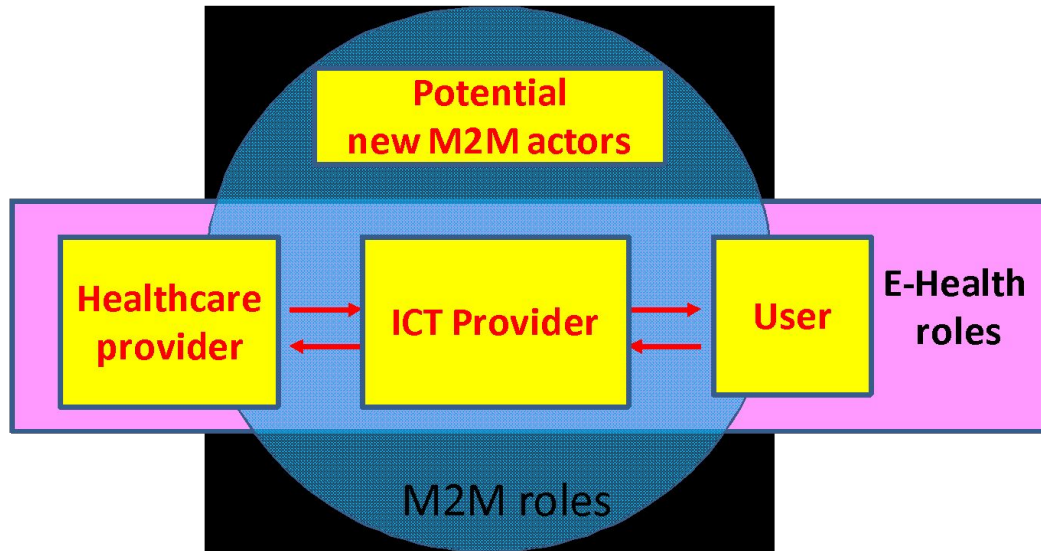


# Экосистема e-здоровья (верхний уровень)





# Экосистема е-здоровья на базе M2M



# Удаленный мониторинг здоровья



# Стандарты для сетей

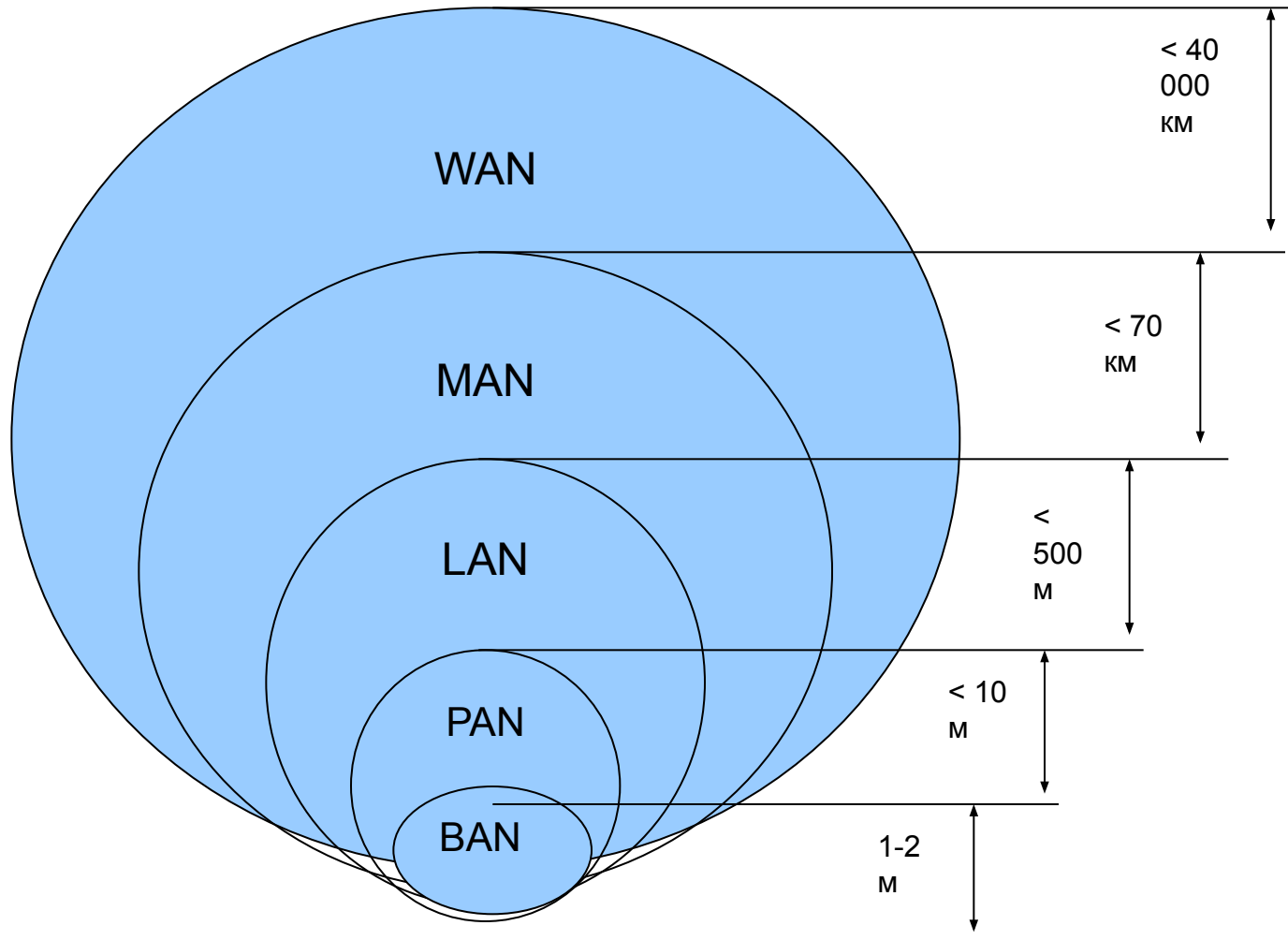
1. Body Area Network (BAN) – нательные сети, IEEE 802.15.6.
2. Для иных целей, например, контроль характеристик окружающей среды в доме – IEEE 802.15.4.

Важнейшие сетевые параметры – безопасность и идентификация пользователя.

# Интерфейсы сети для передачи данных о здоровье (ISO/IEEE 11073)

1. ISO/IEEE 11073 - 10407 – интерфейс для передачи данных о давлении.
2. ISO/IEEE 11073 - 10417 - интерфейс для передачи данных об измерении сахара.
3. ISO/IEEE 11073 – 10442 – интерфейс для передачи информации об усилиях на оборудовании для фитнеса.

# Беспроводный доступ



# Сети MBAN (S)

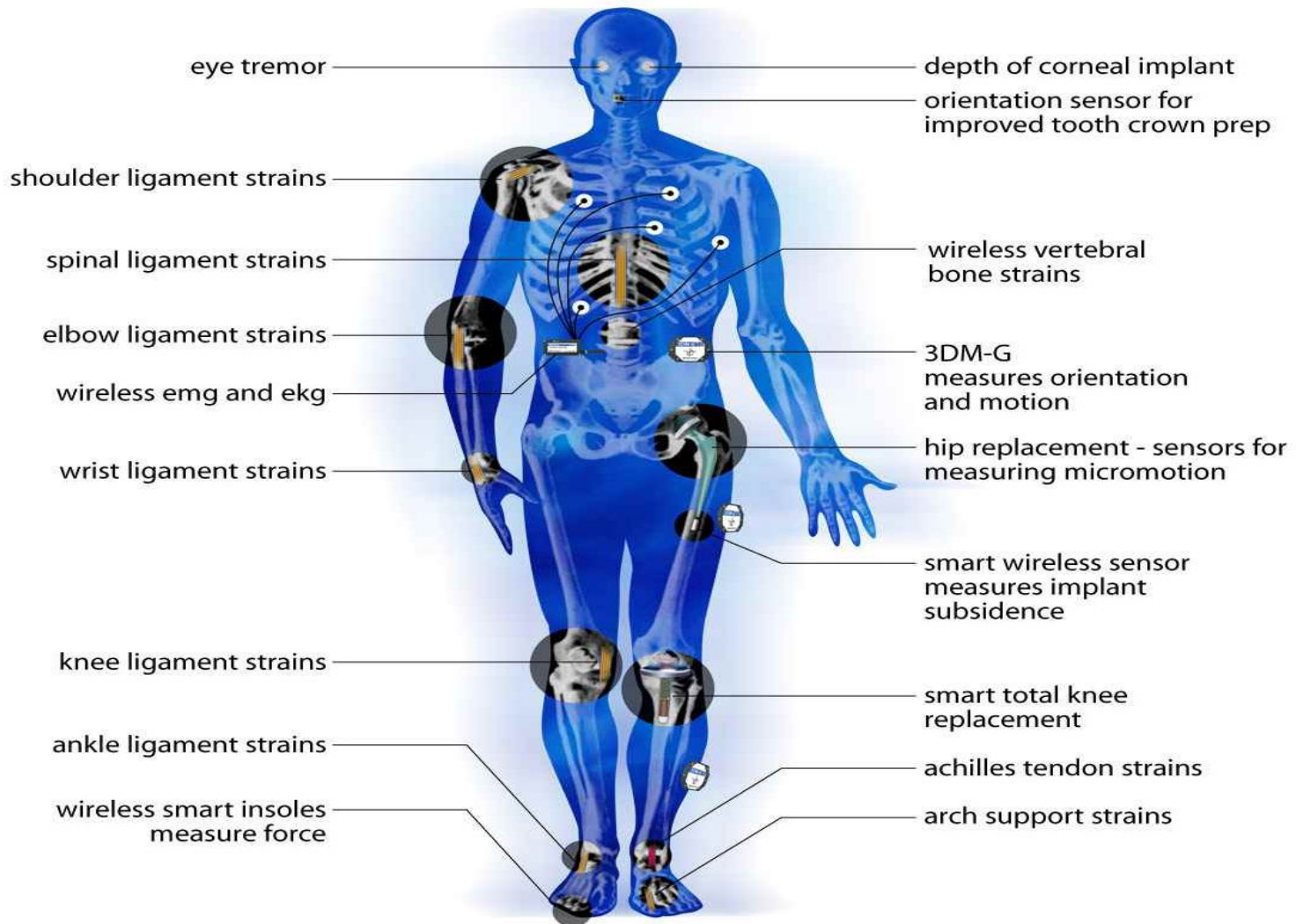
## Начало исследований. Создана рабочая группа IEEE 802.15.6

- Рабочая группа 802.15.6 была создана в ноябре 2007 г. Главная задача
  - Создание новой технологии передачи данных малого радиуса действия для сетей BAN с возможностью передачи данных как вне тела, так и внутри
- Частоты
  - В соответствии с запросом GE Healthcare, 27 мая 2008 FCC (Федеральная Комиссия по Связи США) выделила полосу 2360 МГц – 2400 МГц для работы услуги MBANS (Medical Body Area Network Service), причем
    - Полоса 2370 – 2390 МГц выделена для работы оборудования в том числе в медицинских учреждениях
    - Полосы 2360 – 2370 и 2390 – 2400 МГц выделены для других мест где MBANS может понадобиться
    - Все оборудование должно работать в режиме распределенного доступа к каналу
    - Мощность передатчика не более 1 мВт

# Основные приложения для 802.15.6

- Медицина
  - Контроль параметров здоровья пациентов
  - Обмен аудио и видео материалами
- Спорт
  - Контроль параметров здоровья спортсменов
- Сенсорные сети
  - Различные приложения
- Развлечения
  - Игры, аудио, видео и т.п.

# Сенсорные узлы на и в теле человека (IEEE 802.15.6)





- измерения тремора глаз (колебания глазного яблока относительно направления зрительной оси, eye tremor),
- нагрузка на связки плеча (shoulder ligament strains),
- нагрузка на мышцы спины (spinal ligament strains),
- нагрузка на связки локтевого сустава (elbow ligament strains),

- электромиографии (регистрация электрической активности мышц),
- электрокардиограмма (wireless emg and ekg),
- нагрузка на связки в запястье (wrist ligament strains),
- нагрузка на связки в коленном суставе (knee ligament strains),
- нагрузки на связки в лодыжке (ankle ligament strains),

- умные стельки для измерения силы (wireless smart insoles measure force),
- сенсоры измерения глубины расположения имплантата роговицы (depth of corneal implant),
- ориентации для пробной коронки зуба (orientation sensor for improved tooth crown prep),

- гироскопические сенсоры для измерения движения и ориентации в трехмерном пространстве (3DM-G measures orientation and motion),
- измерения микро перемещений в эндопротезе тазобедренного сустава (hip replacement – sensor for measuring micromotion),
- измерения имплантатов (smart wireless sensor measures implant subsidence),

- умный эндопротез коленного сустава (smart total knee replacement),
- измерения нагрузки на ахиллово сухожилие (achilles tendon strains) и подъем ступни (arch support strains).

# Требования по качеству обслуживания (ITU-T, Focus Group M2M)

Характеристики QoS – требуемая скорость, задержки, потери, мобильность, безопасность.

Классы качества обслуживания:

- критические ситуации в реальном времени,
- некритические ситуации в реальном времени,
- WEB – консультации.

# Параметры качества обслуживания

Услуга e-health	Скорость доступа	Задержки	Потери
Физиологический мониторинг в реальном времени	10 – 100 кбит/с	< 300 мс	$10^{-6}$
Аудио и видео системы, в том числе для оперативного вмешательства	10 кбит/с – 1Мбит/с	<b>10 мс</b> – 250 мс	$10^{-4}$
Доступ к базе данных пациента (например, с мобильного устройства)	1 – 10 Мбит/с	< 1с	Услуга толерантна к потерям

ITU-T Draft Recommendation. M2M enabled ecosystems: e-health.

# Задержки в 3G (HSPA), LTE

## 3G

Rel 99 – 68 мс

HSPA – 51 мс

HSPA+ - < 30 мс

## LTE

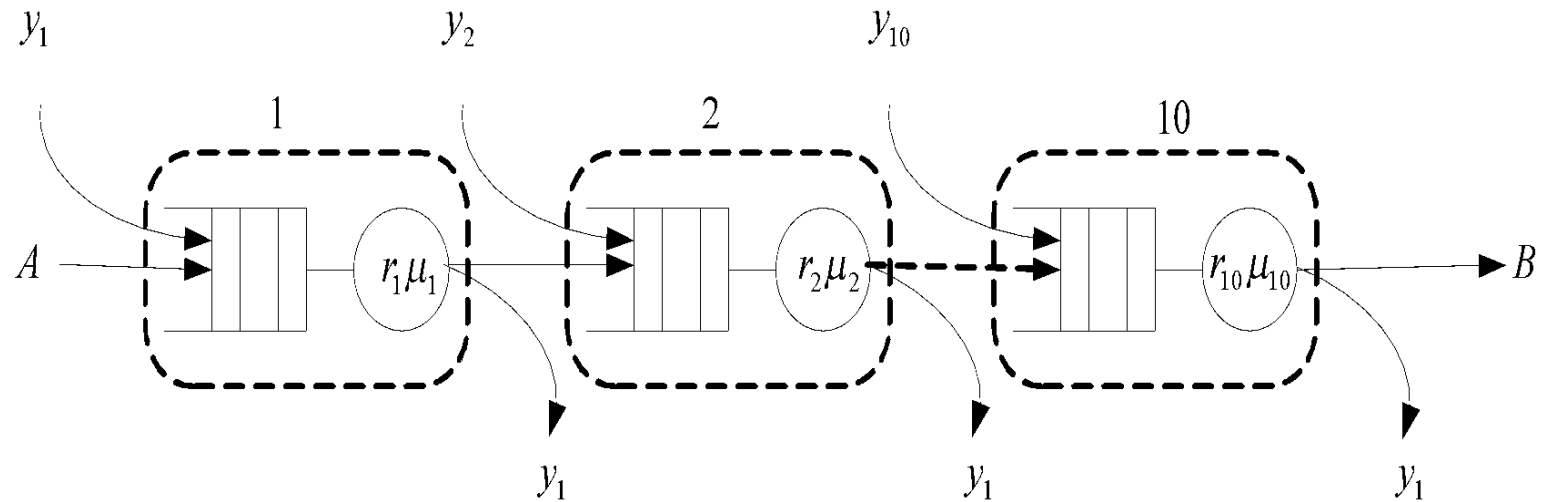
LTE (по расписанию) – 20 мс

LTE (с предварительным распределением ресурсов)  
- < 15 мс

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

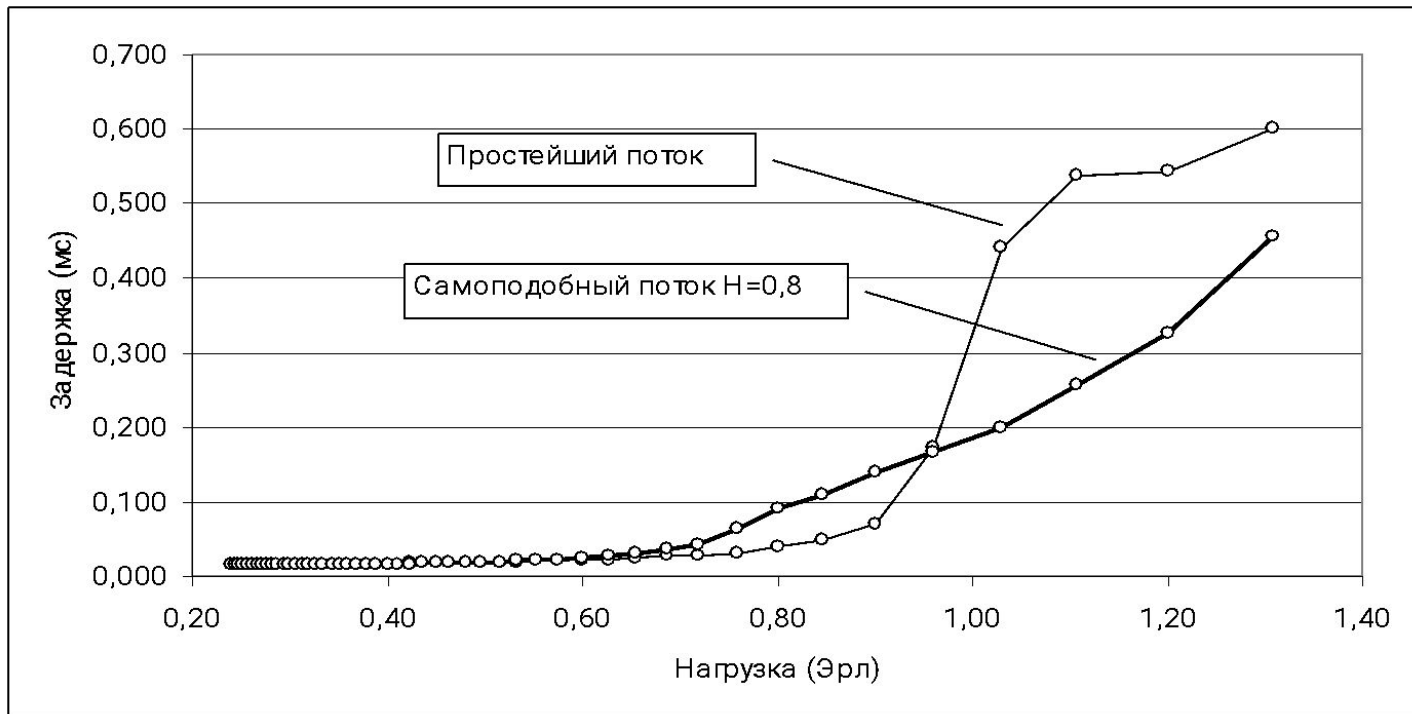


# Сети с малыми и сверхмалыми задержками

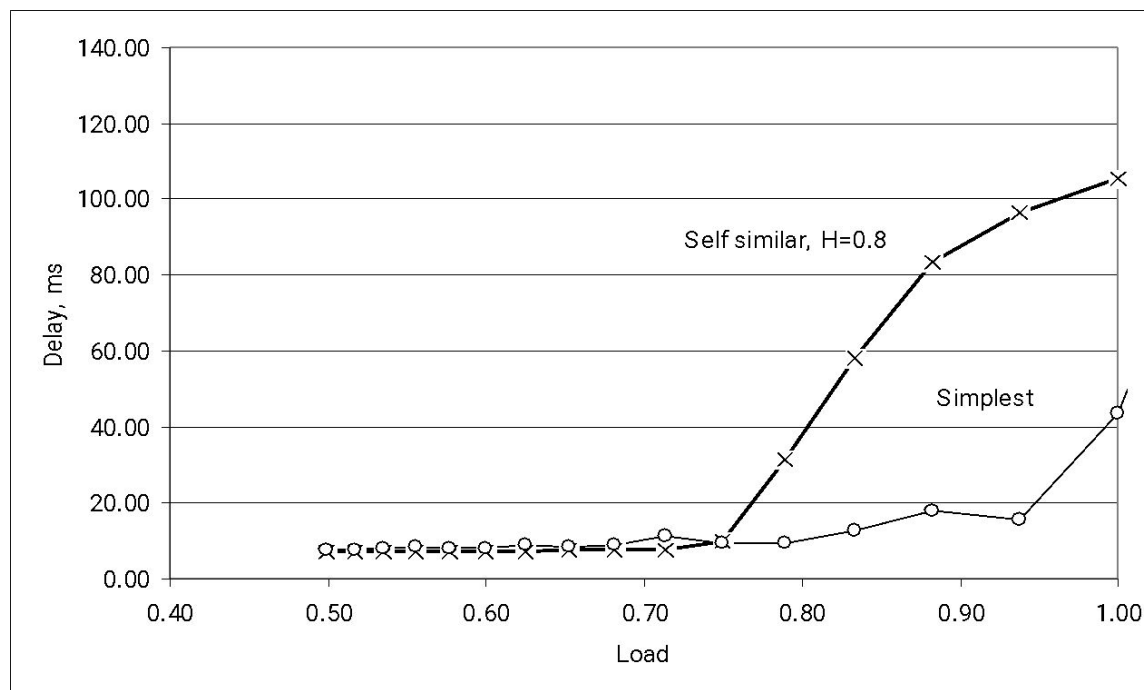


10 узлов, скорость передачи для 2-9 узлов 10 Гбит/с, для 1-2 и 9-10 – 4 Мбит/с

# Задержки для участка 10 Гбит



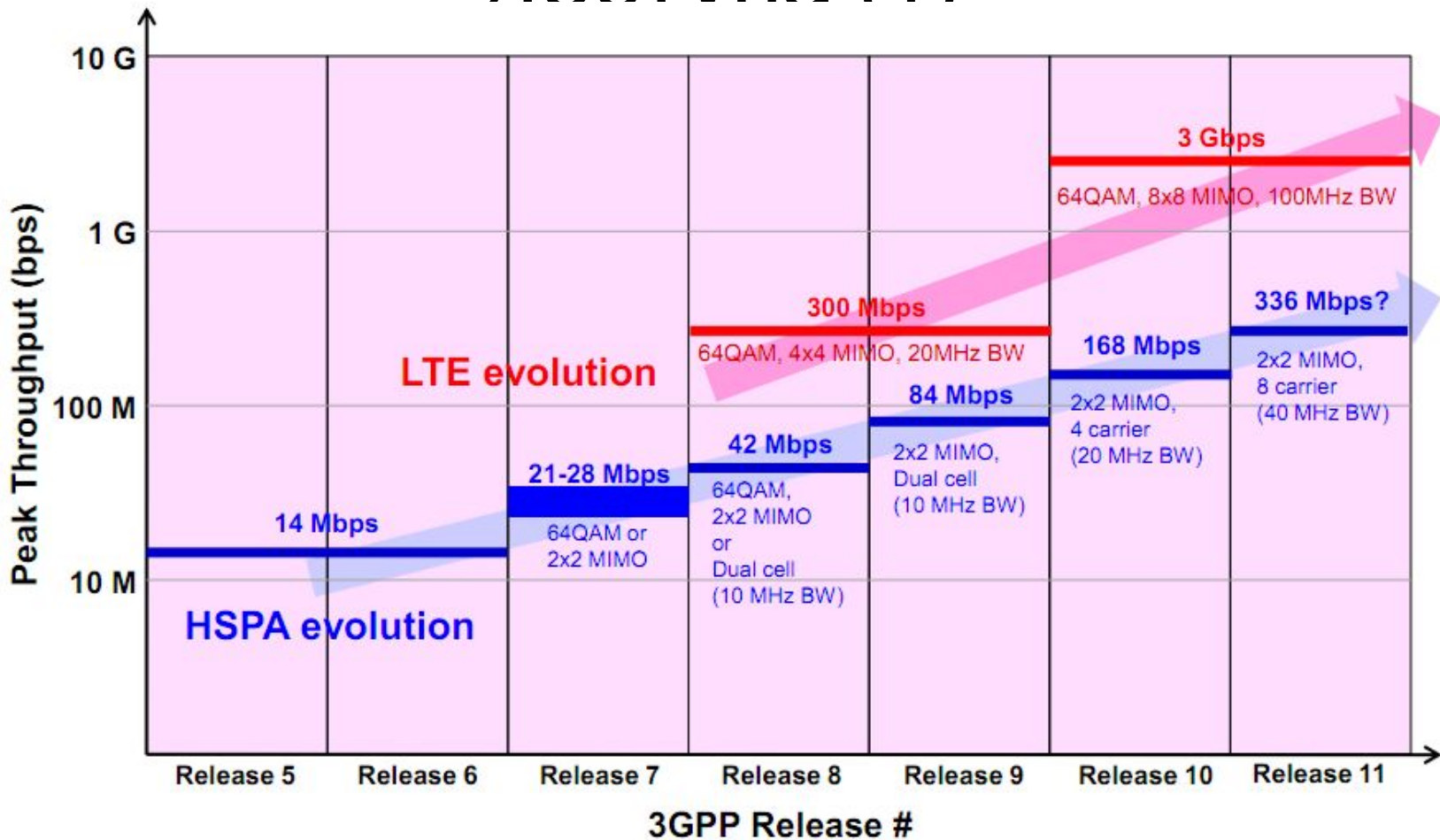
# Задержки для сети доступа (4Мбит/с)



# Сети доступа в сетях с малыми и сверхмалыми задержками

Сети доступа в сетях с малыми и сверхмалыми задержками для обеспечения предоставления услуг игр в реальном времени и/или e-health должны быть Гигабитными.

# Новые технологии для построения Гигабитных сетей доступа (1)



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

# Новые технологии для построения Гигабитных сетей доступа (2)

IEEE 802.11 ac – 3.2 Гигабит/с

IEEE 802.11 ad – 7 Гигабит/с

# 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

# LTE и M2M

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



# 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.

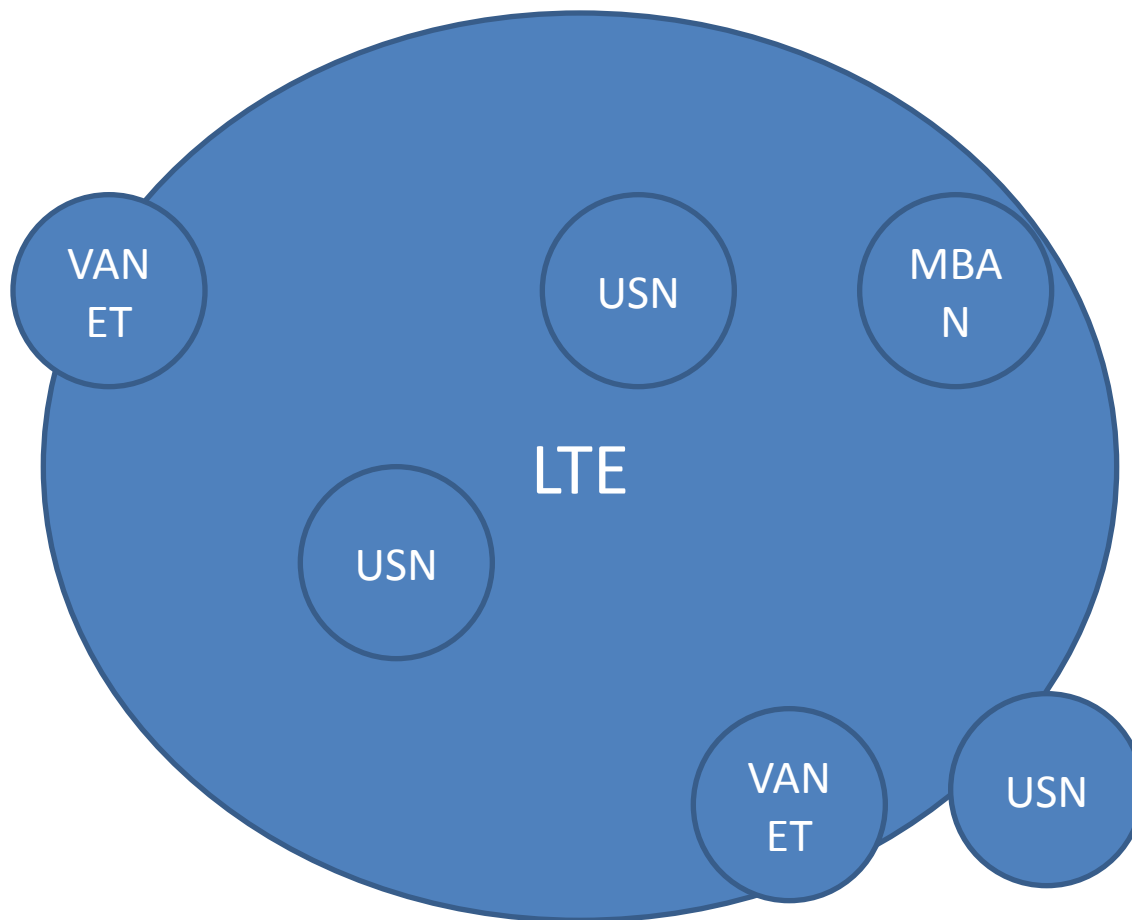
# Гигабитные сети и LLN

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).

# Временные головные узлы. Модель сети (1).

Пуассоновское сенсорное поле полностью расположено в гетерогенной зоне LTE. Шлюз расположен в центре сенсорного поля на расстоянии 500 м от базовой станции LTE. 100 сенсорных узлов распределены изначально случайным образом на плоскости размером 200 на 200 метров. Сенсорные узлы стационарны. Радиус действия сенсорного узла 20 м, запас энергии в каждом узле – 2Дж, расход энергии на прием - 50 нДж/бит, на передачу – 50 нДж/бит и дополнительно 100 пДж/кв.м. Все сенсорные узлы однородны, т.е. имеют одинаковый радиус действия и начальные энергетические характеристики. Сенсорное поле кластеризовано. В соответствии с практикой использования алгоритма LEACH доля головных узлов predetermined в количестве 5% от общего числа сенсорных узлов.



# Временные головные узлы.

## Модель сети (2).

Через сенсорное поле 1 раз в 100 раундов проходит мобильный узел иной сети со скоростью 2 м/с (типичная скорость для мобильных сенсорных сетей), который становится головным узлом для пересекаемых им кластеров. Точка входа этого узла в сенсорное поле случайна. Также случайным является номер первого раунда для мобильного временного головного узла. После входа мобильный головной узел пересекает сенсорное поле параллельно сторонам квадрата. Этот мобильный узел становится временным головным в первом же целом раунде после его появления в сенсорном поле. Мобильный головной узел считается выбывшим из сенсорного поля в момент времени, когда наступает очередной раунд, а до пересечения границы сенсорного поля этому узлу остается времени меньше, чем длительность раунда. При этом он уже не может быть избран временным головным. При наличии мобильного временного головного узла в сенсорном поле число выбираемых головных узлов из членов кластера уменьшается на единицу. Собранный за время пребывания в роли головного узла мобильный временный головной узел передает на шлюз или базовую станцию.

# Изменение вероятности доступности временного мобильного головного узла от времени для разных скоростей его перемещения

