

Санкт-Петербургский государственный университет  
телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича

Лекция 2

# Архитектура Интернета вещей

к.т.н., доцент кафедры ССиПД Выборнова А.И.

СПб ГУТ)))

# Что такое Интернет Вещей?

**Интернет Вещей (Internet of Things, IoT)** – это глобальная инфраструктура для информационного общества, которая обеспечивает возможность предоставления более сложных услуг путем соединения друг с другом (физических и виртуальных) вещей на основе существующих и развивающихся функционально совместимых информационно-коммуникационных технологий.

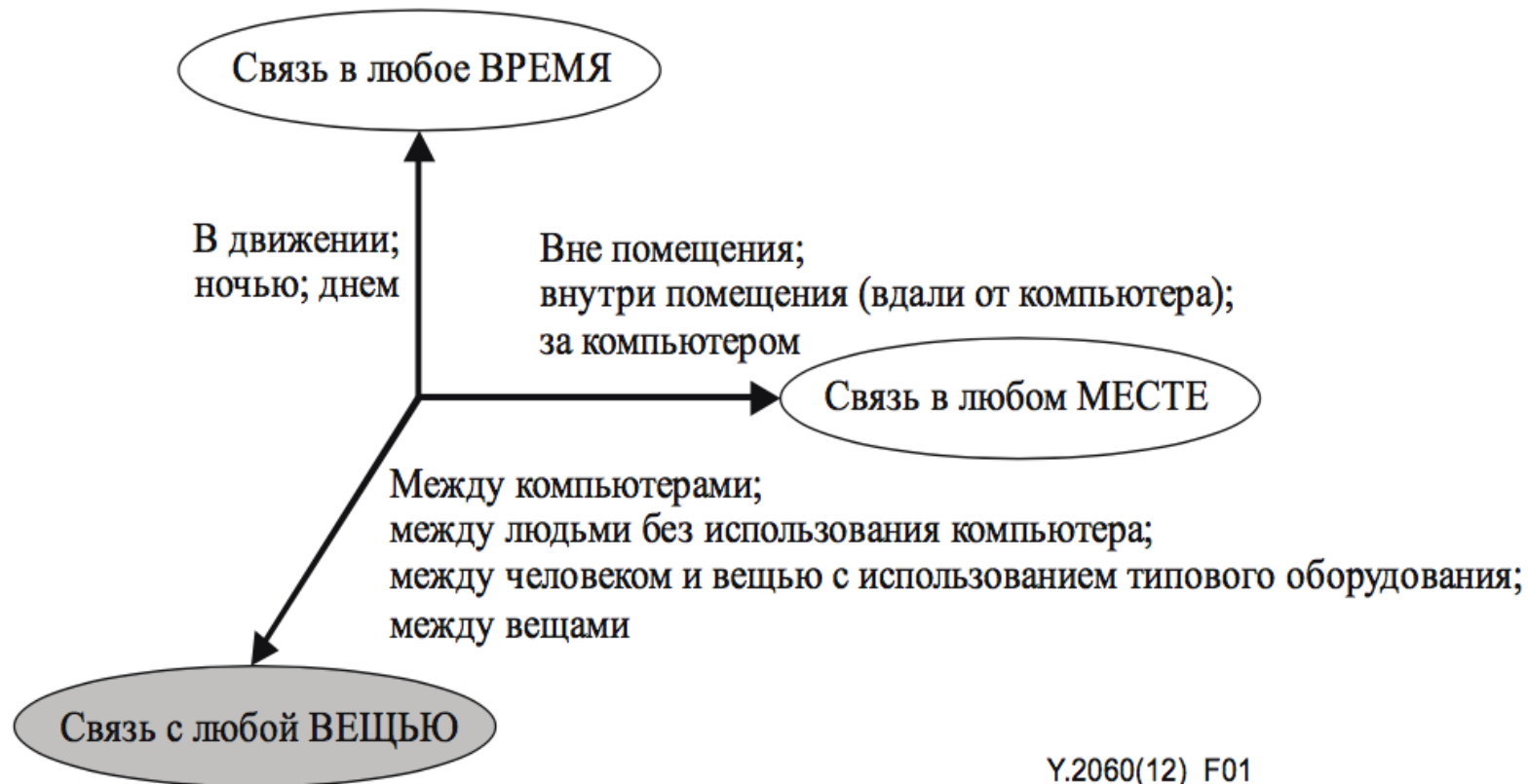
Рекомендация ИТУ-Т Y.2060

СПб ГУТ)))

# Что такое Интернет Вещей?

**Интернет Вещей (Internet of Things, IoT)** – это концепция развития глобальной инфокоммуникационной инфраструктуры, предполагающий подключение к сетям связи большого количества «вещей» (устройств НЕ предназначенных для непосредственного использования человеком для получения доступа к информационным ресурсам через сети связи), а также соответствующие изменения инфокоммуникационной инфраструктуры.

# Что такое Интернет Вещей?



# Инфраструктура ИВ

Что входит в систему Интернета вещей:

- Интернет-вещи: датчики и другие устройства.
- *Сеть доступа.*
- Шлюзы, маршрутизаторы и другие устройства.
- *Глобальная вычислительная сеть, ядро сети.*
- Инфраструктура облачных сервисов.
- Другое: инфраструктура идентификации, безопасности и пр.

# Составные части интернет-вещи

СПб ГУТ)))

# Интернет-вещь

**Вещь (Thing)** применительно к интернету вещей – это предмет физического мира (физические вещи) или информационного мира (виртуальные вещи), который может быть идентифицирован и интегрирован в сети связи.

Рекомендация ИТУ-Т Y.2060

СПб ГУТ)))

# Интернет-вещь

**Что необходимо, чтобы сделать из обычной вещи интернет-вещь?**

- Идентификация.
- Подключение к сети связи.
- Сенсоры и акторы.
- Вычислительное устройство, память.



# Интернет-вещь



# Архитектура Интернета Вещей

# Архитектура ИВ

**Как меняется архитектура сетей связи с учетом внедрения устройств и приложений ИВ?**

Требуется подключение:

- большого количества вещей,
- с небольшими вычислительными ресурсами,
- необслуживаемых,
- часть из которых имеет только автономное электропитание.

# Архитектура ИВ

**Как меняется архитектура сетей связи с учетом внедрения устройств и приложений ИВ?**

Требуется подключение:

- большого количества вещей,
- с небольшими вычислительными ресурсами,
- необслуживаемых,
- часть из которых имеет только автономное электропитание.

# Архитектура ИВ

**Как меняется архитектура сетей связи с учетом внедрения устройств и приложений ИВ?**

Предполагается, что подключение устройств к сети должно быть максимально простым (plug&play).

Функционирование сети в идеале также не должно требовать участия администратора.

# Архитектура ИВ

**Поэтому сеть ИВ должна быть:**

- Самоорганизующаяся.
- Ad hoc.
- Многопереходовая, с ячеистой топологией, D2D.
- Гетерогенная.

# Самоорганизующаяся сеть

Термин возник в двух областях:

- 1) В момент разработки стандартов мобильных сетей третьего поколения 3G, в контексте самоконфигурирования базовых станций и других элементов сети.
- 2) В контексте беспроводных и всепроникающих сенсорных сетей (WSN, USN), так как предполагалось, что узлы в таких сетях будут максимально автономны и смогут самостоятельно, без участия администратора, организовываться в сеть (сценарий «разбросать узлы с самолета над полем, а оно там как-нибудь само»).

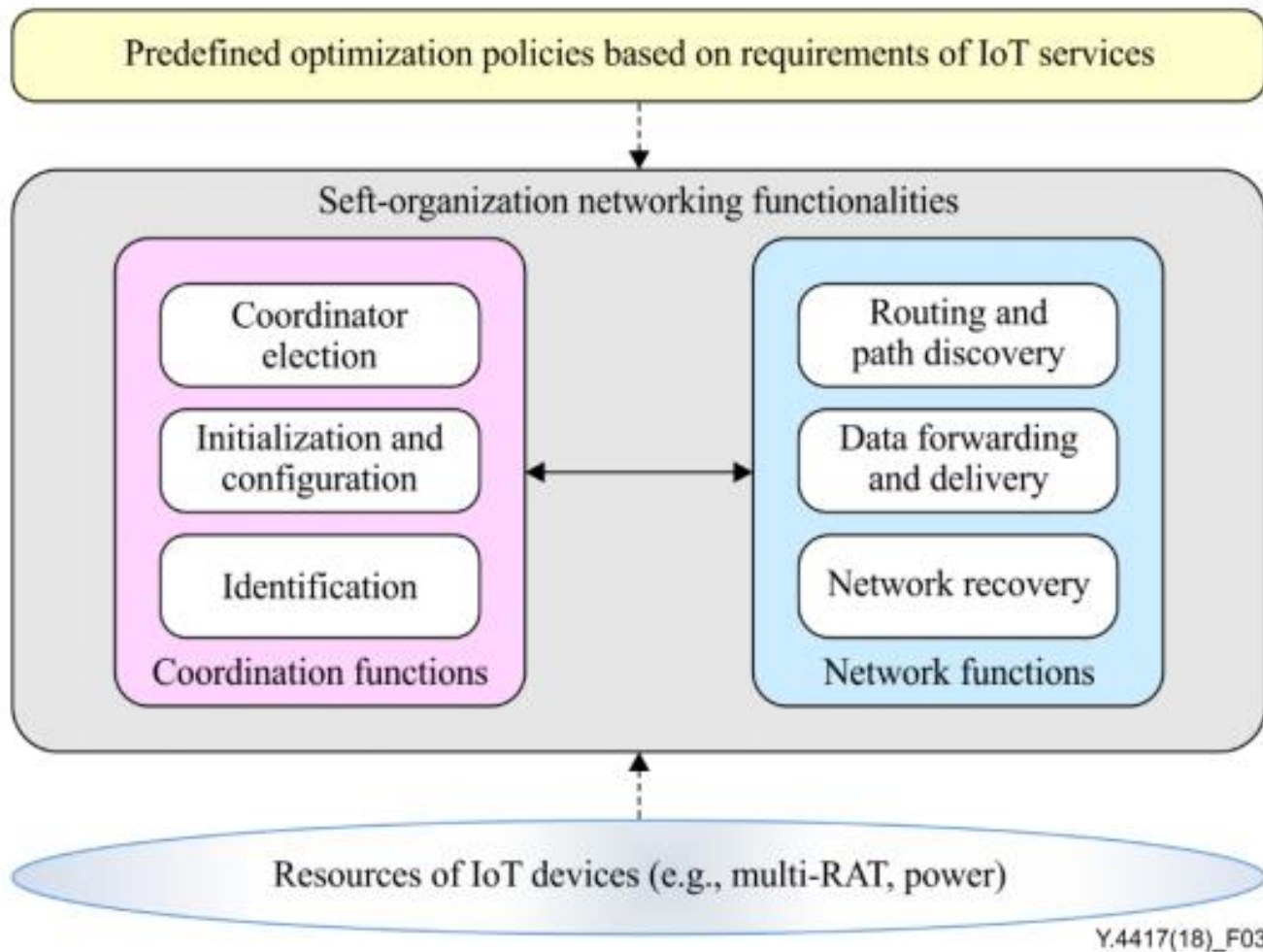
# Самоорганизующаяся сеть

В контексте ИВ самоорганизующаяся сеть – это беспроводная сеть динамической структуры, характеризующаяся следующим:

- Узлы сети способны самостоятельно идентифицироваться и подключаться к сети (plug&play).
- При необходимости передачи информации, узлы сети способны самостоятельно найти оптимальный маршрут исходя из информации от других узлов.
- При выходе из строя какого-либо узла, сеть способна самостоятельно восстановиться и начать использовать альтернативные маршруты.



# Самоорганизующаяся сеть



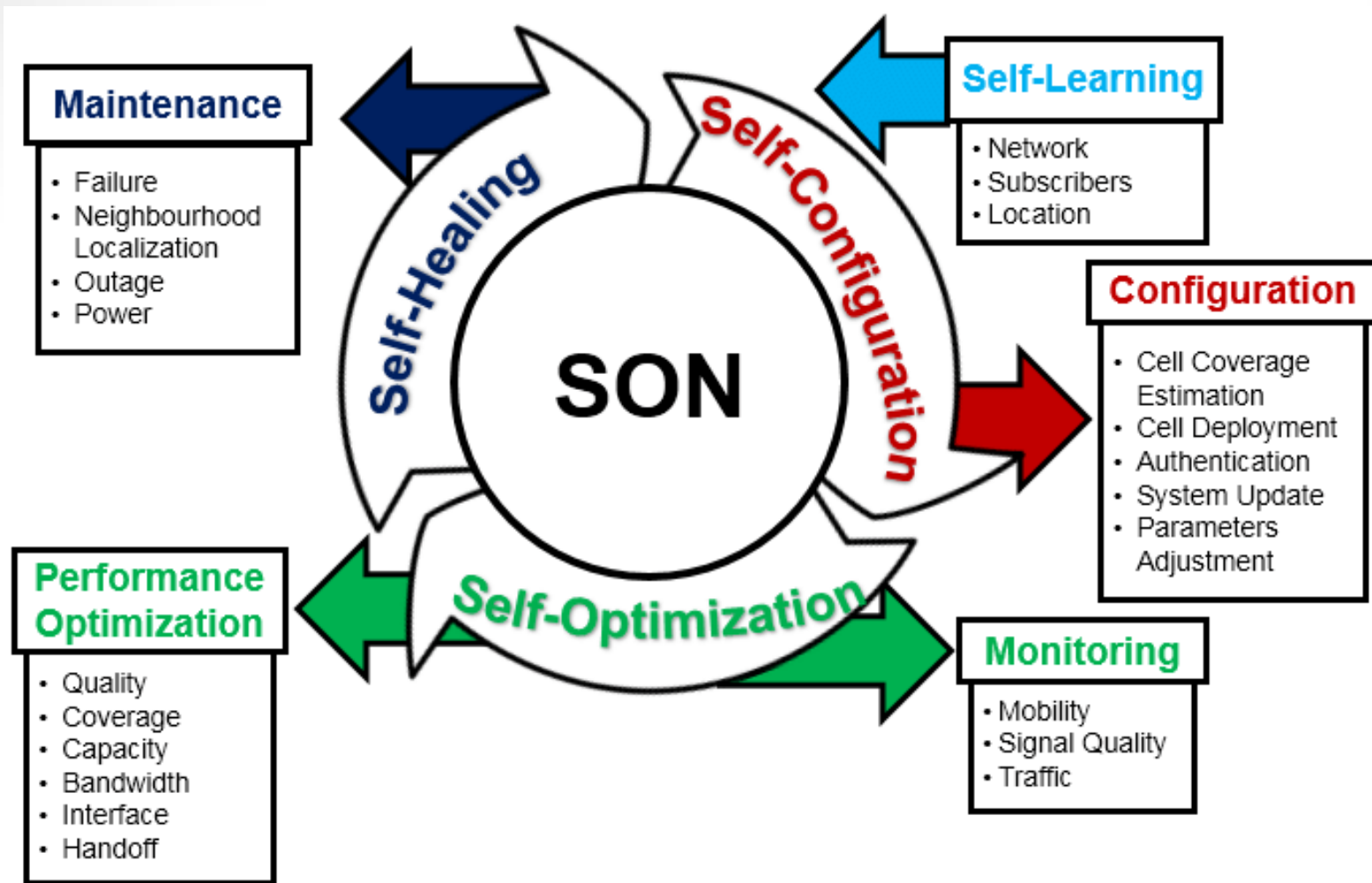
**Figure 3 – SON functional architecture**

# Самоорганизующаяся сеть

Помимо этого самоорганизующимся сетям также приписывают следующие свойства:

- Само-мониторинг для обнаружения проблем.
- Само-оптимизация (маршруты, покрытие, распределение энергии).
- Самовосстановление (не только реконфигурация при выходе из строя отдельных узлов, но и восстановлений всей сети при более значительных сбоях).

# Самоорганизующаяся сеть



Latif, Siddique & Pervez, Farrukh & Usama, Muhammad & Qadir, Junaid. (2017). Artificial Intelligence as an Enabler for Cognitive Self-Organizing Future Networks.

# Самоорганизующаяся сеть

Некоторые элементы самоорганизации сети существуют достаточно давно, например:

- Протокол DHCP – самоконфигурация конечных устройств.
- Адаптивные, распределенные, динамические протоколы маршрутизации (RIP, OSPF, BGP и др).

Однако в виде описанной выше концепции самоорганизующиеся сети получили распространение только как сети для реализации приложений WSN и IoT.

# Ad hoc

Режимы взаимодействия узлов в беспроводной сети:

- Инфраструктурный (управляемый)

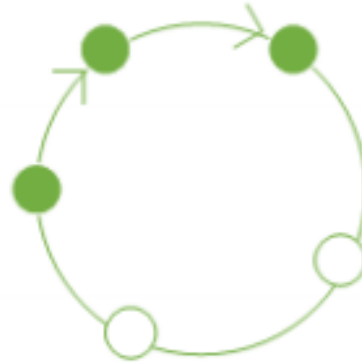
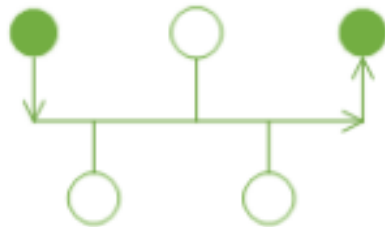


- Ad hoc (целевой)



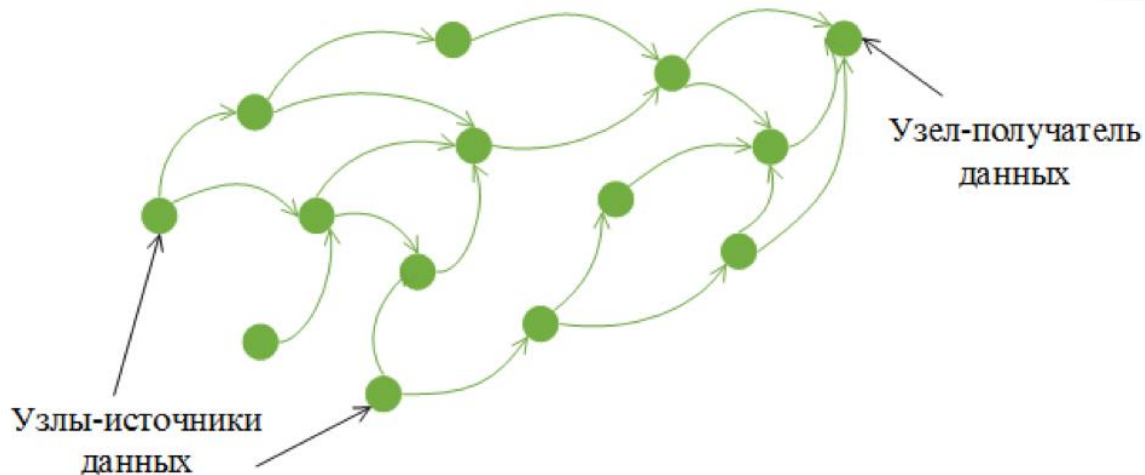
# Ячеистая топология

Классические топологии сети:

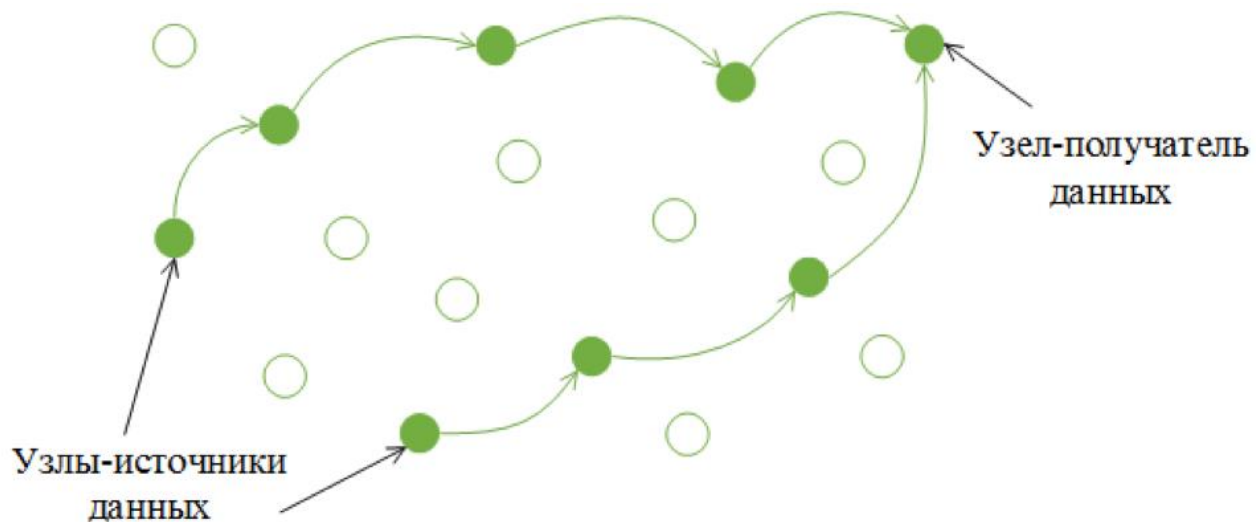


# Ячеистая топология

«Ячеистая»  
топология сети:



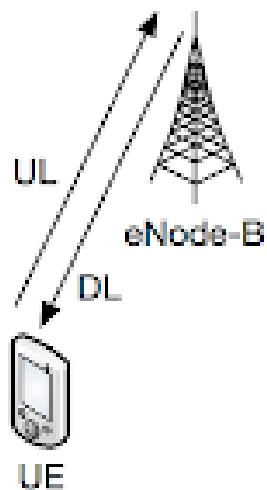
Многопереходовы  
(multihop) режим:



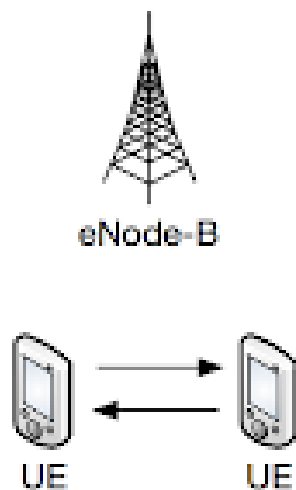


# D2D

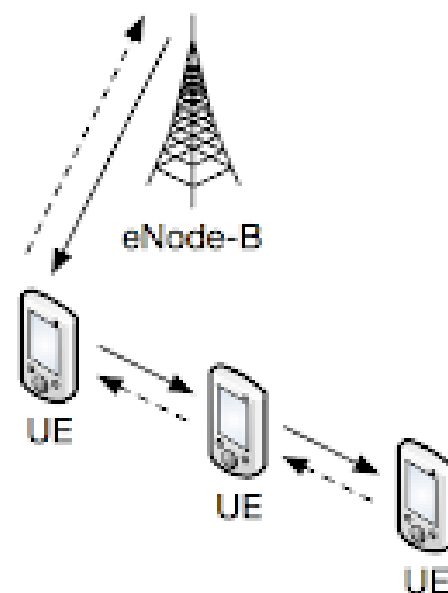
Связь устройство-устройство (Device-to-Device) в противовес связи устройство-инфраструктура.



(a) Basic access through eNode-B



(b) D2D communication



(c) D2D multi-hop communications

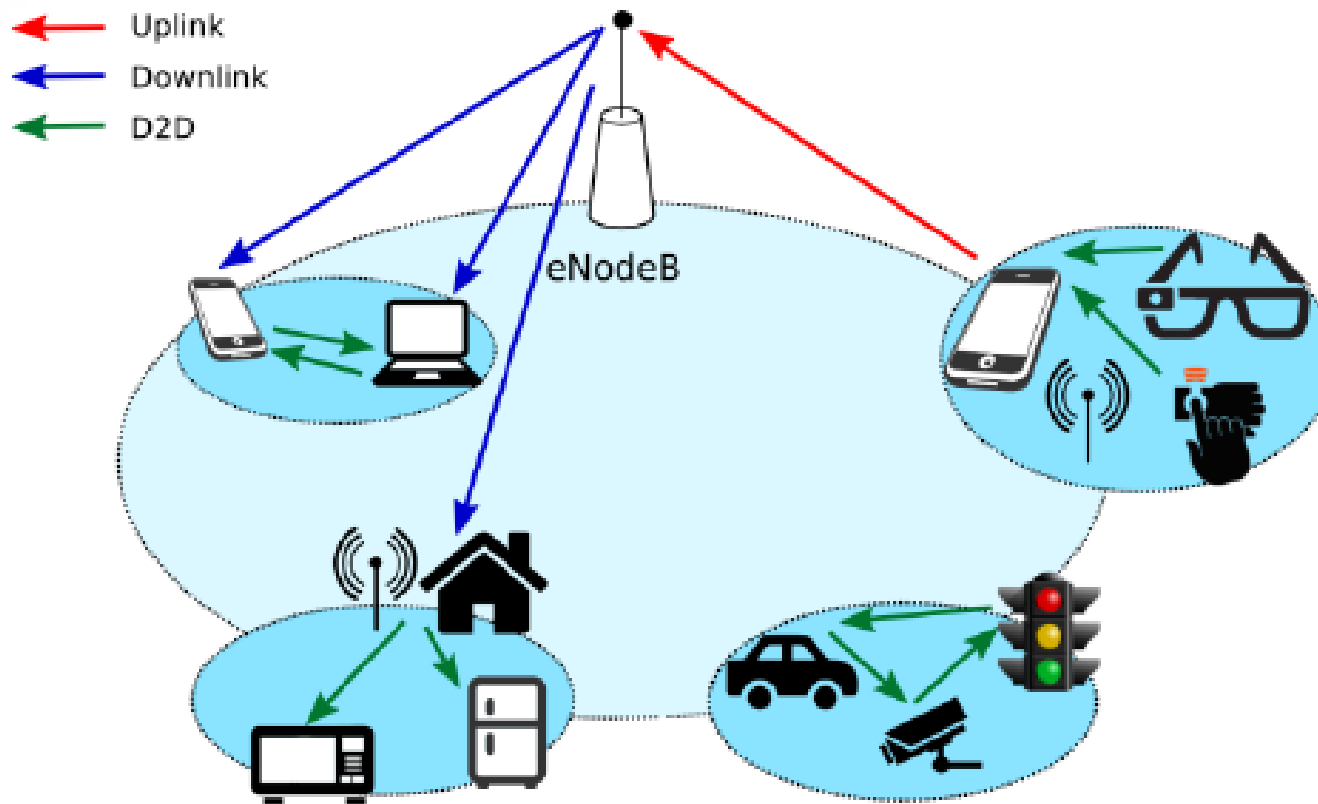
<http://d2d-4-5g.gforge.inria.fr/>

СПб ГУТ)))



# D2D

D2D в контексте ИВ:



ilitano, Leonardo & Araniti, Giuseppe & Condoluci, Massimo & Farris, Ivan & Iera, Antonio. (2015). Device-to-Device Communications for 5G Internet of Things. EAI Endorsed Transactions on Internet of Things. 15. 10.4108

СИБ ГУТ)))

# Гетерогенная сеть связи

Есть несколько подходов к определению того, что такое гетерогенная сеть:

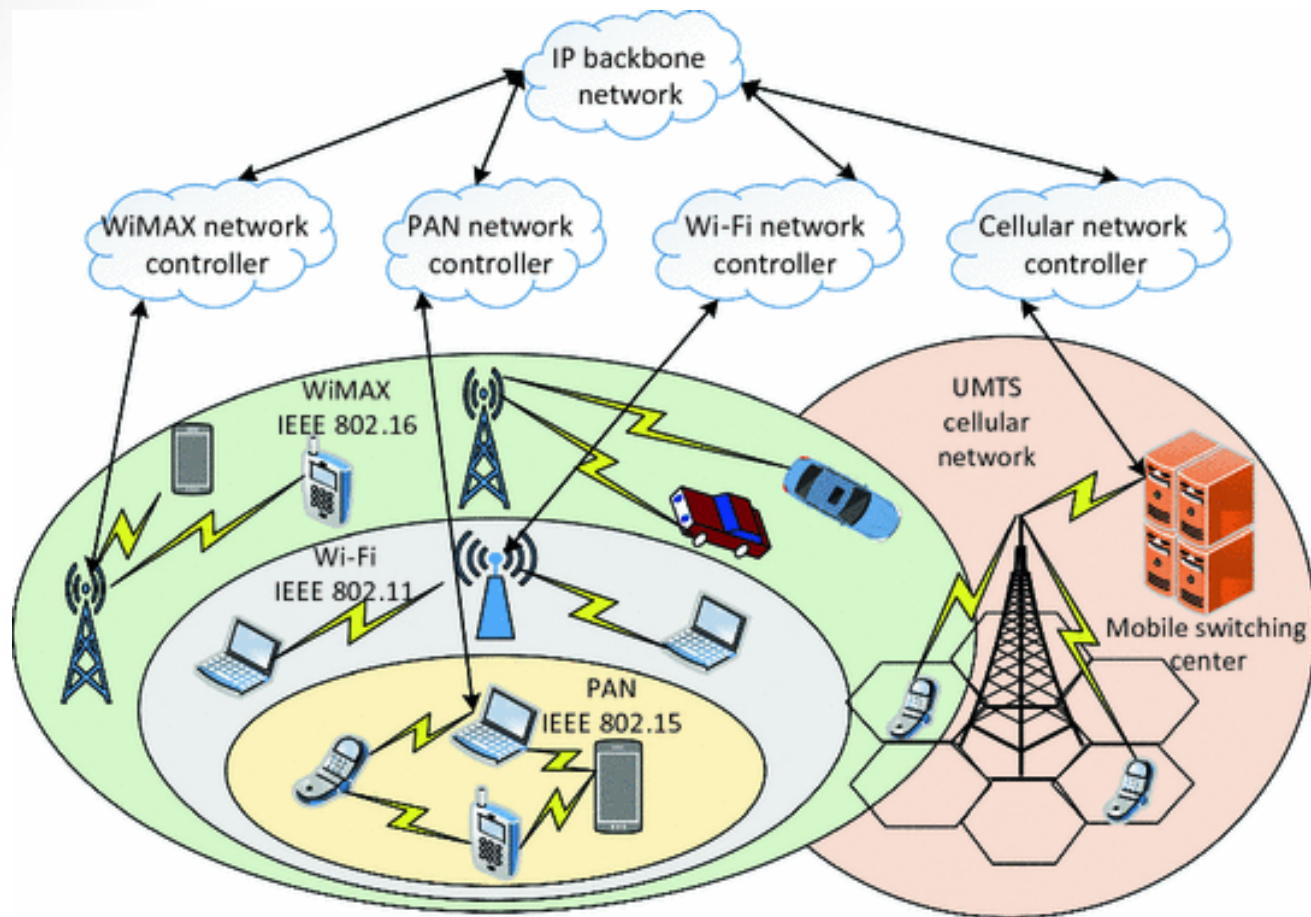
- Сеть связи, к которой подключено несколько различных типов устройств с различными типами приложений («гетерогенная компьютерная сеть»). Сети ИВ являются гетерогенными в этом смысле, так как наравне с традиционными абонентскими устройствами, к сетям связи подключаются «вещи», автономные летающие устройства и автомобили, а также терминалы для предоставления услуг дополненной и виртуальной реальности, тактильного интернета.

# Гетерогенная сеть связи

- Сеть связи, состоящая из нескольких сетей, функционирующих с применением различных технологий, при том абоненты сети могут подключаться к гетерогенной сети с использованием любой из этих технологий исходя из того, какая сеть доступна и лучше соответствует требованиям («гетерогенная беспроводная сеть»).

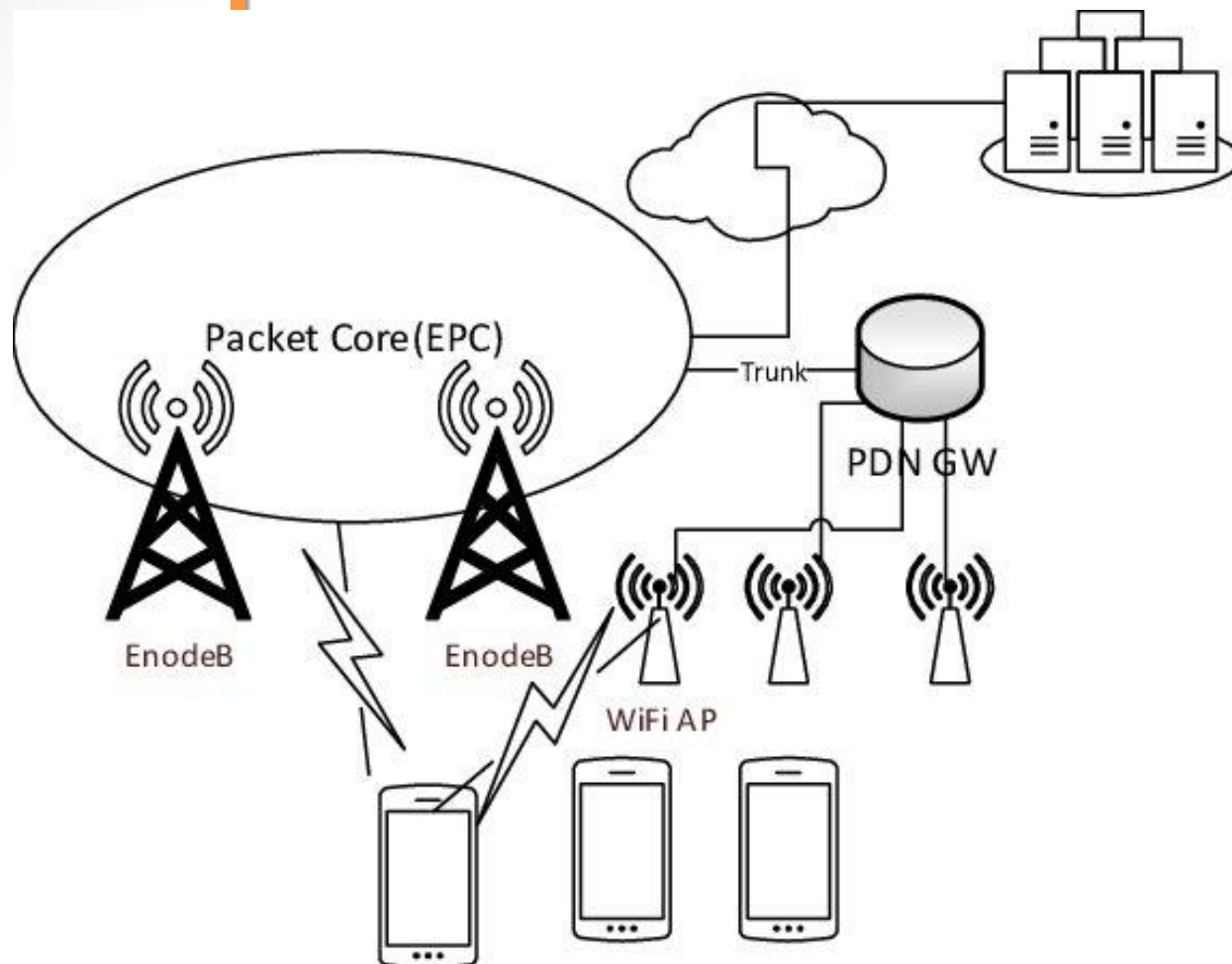
Обычно в гетерогенной беспроводной сети есть базовые станции 2G, 4G, 5G (включая фемто- и пикосоты), а также WiFi и др.

# Гетерогенная сеть связи



Gupta M.S., Srivastava A., Kumar K. (2019) Seamless Vertical Handover for Efficient Mobility Management in Cooperative Heterogeneous Networks. In: Kulkarni A., Satapathy S., Kang T., Kashan A. (eds) Proceedings of the 2nd International Conference on Data Engineering and Communication Technology. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 828. Springer, Singapore.

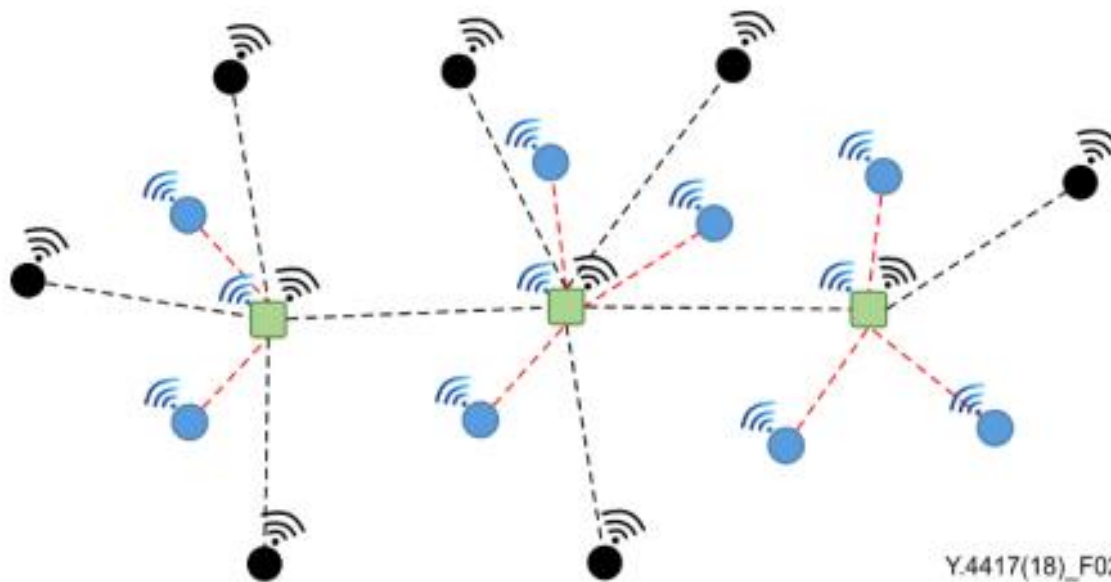
# Гетерогенная сеть связи



Nguyen, Nam & Sato, Takuro. (2016). A Proposal to Enhance Cellular and Wifi Interworking Toward a Reliable Hetnet. International journal of Computer Networks & Communications. 8. 87-104.

# Гетерогенная сеть связи + самоорганизация сети

- A-type IoT device (e.g., BLE)
- B-type IoT device (e.g., IEEE802.15.4)
- A&B-type IoT device (e.g., BLE + IEEE802.15.4)
- A-type connection (e.g., BLE)
- B-type connection (e.g., IEEE802.15.4)

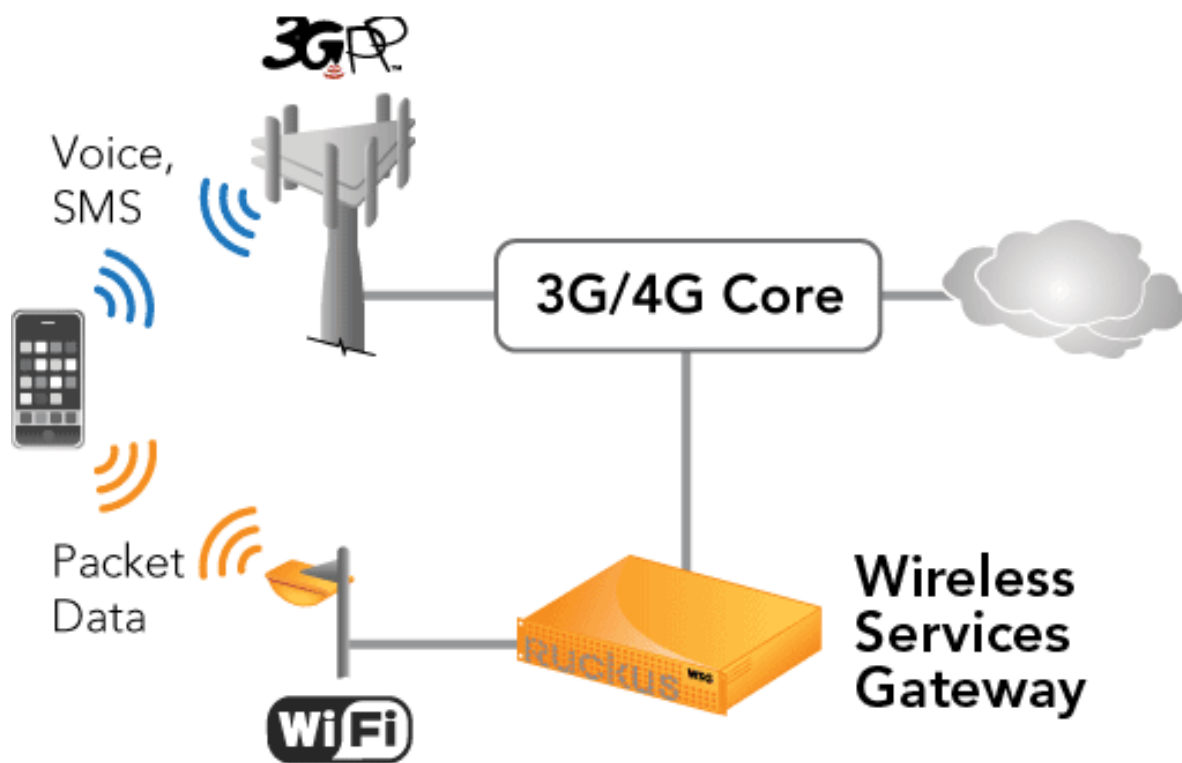


Y.4417(18)\_F02



# Выгрузка трафика

Гетерогенные сети связи тесно связаны с понятием выгрузки трафика (traffic offloading):



<http://www.techiwarehouse.com/engine/a6b7b082/WiFi-Offload-of-Mobile-Traffic-Part-2>

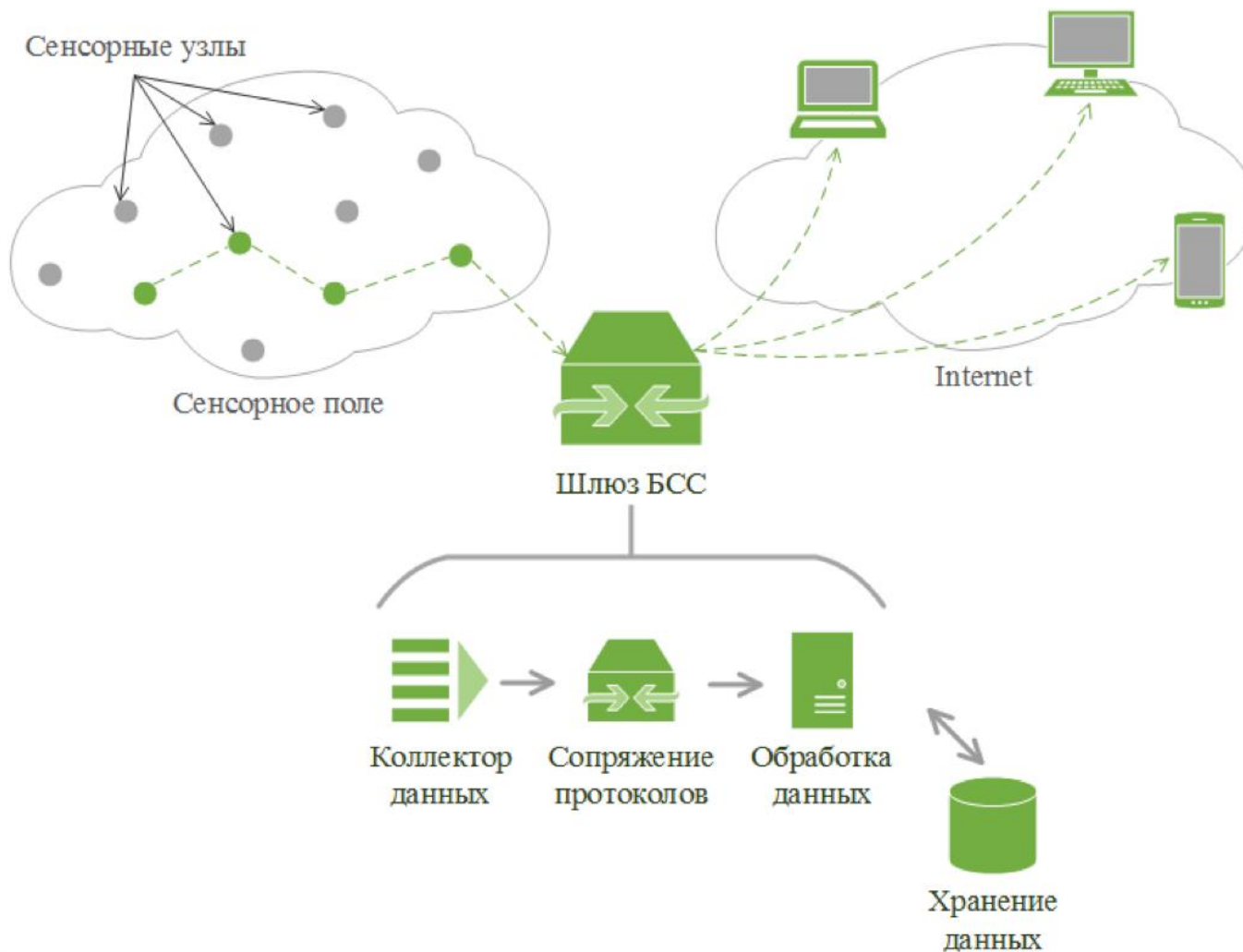
СПб ГУТ)))

# Развитие представлений об архитектуре ИВ



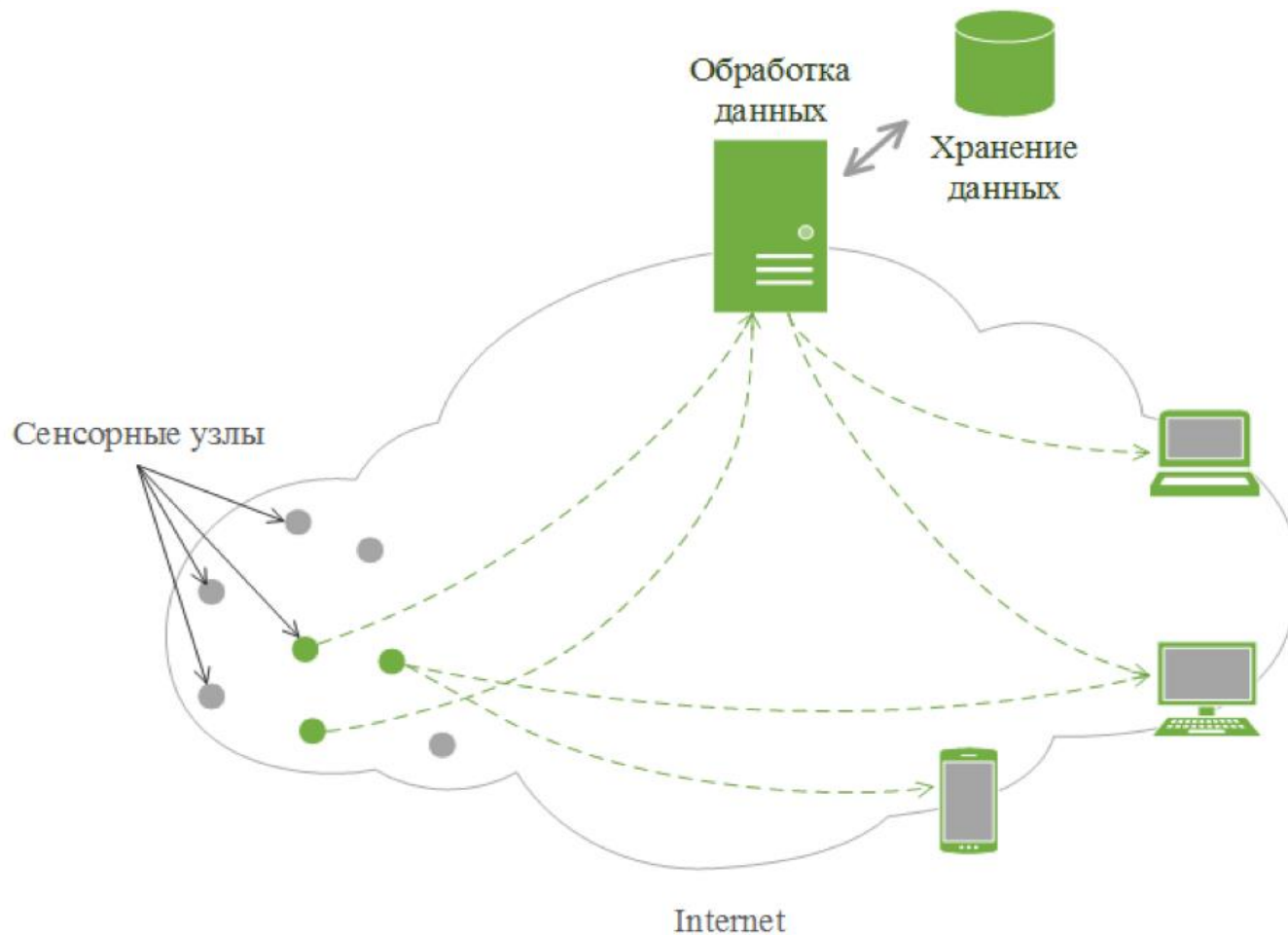
# Беспроводные сенсорные сети

Типовая архитектура БСС:



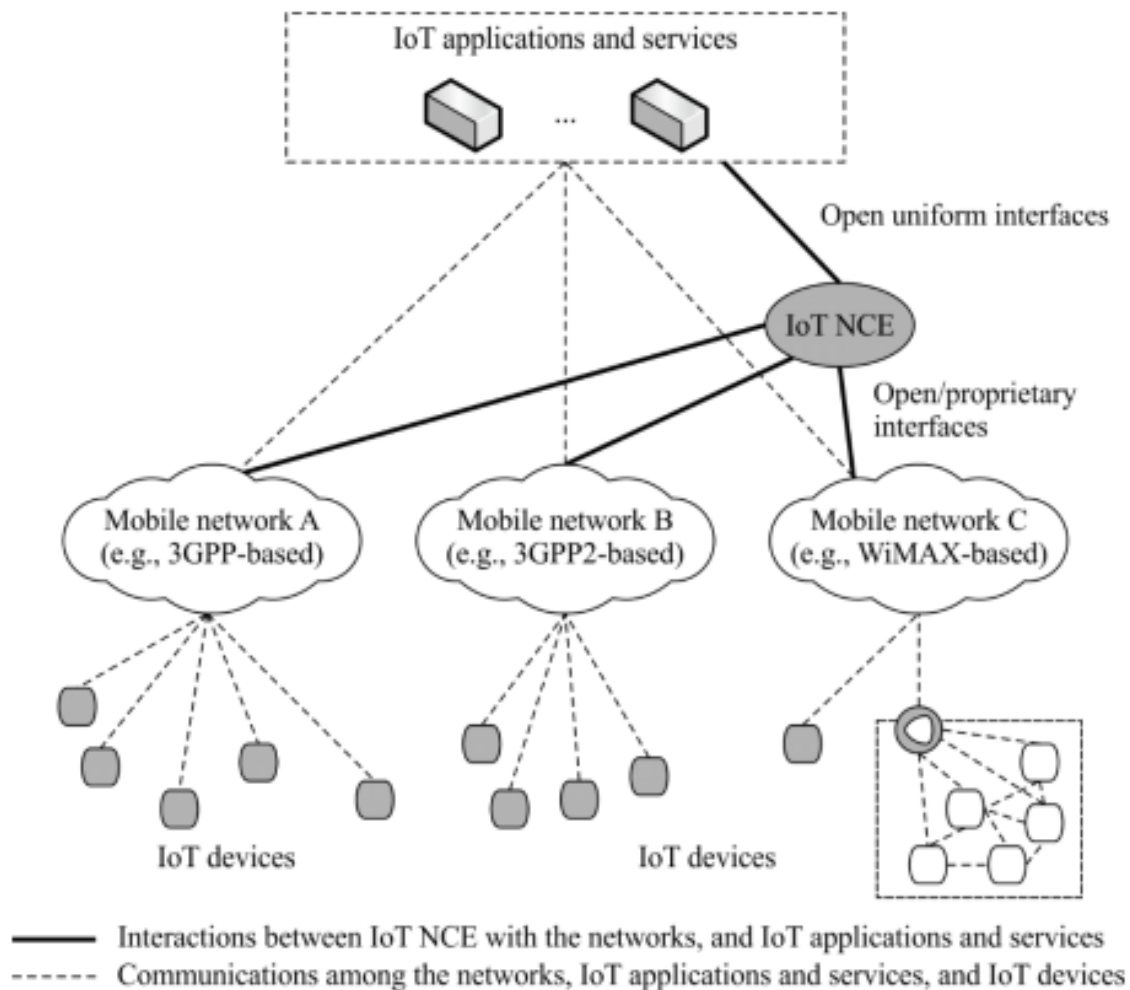
# Интернет Вещей

Изменение архитектуры с переходом к концепции ИВ:



# Интернет Вещей

Архитектура для гетерогенных ИВ сетей:



# Стек протоколов

# Модель OSI

