

Разработка перспективных технологий и конструкций серии ИМС для устройств контроля и управления важными инженерными системами и объектами с повышенными требованиями к защите информации и энергопотреблению, работающих в беспроводных сенсорных сетях

Министерство образования и науки Российской Федерации
ПНИЭР RFMEFI57815X0136



ПТА Урал 2016

Секция «Автоматизация зданий»

Екатеринбург, 29 ноября 2016

Минобрнауки РФ



Уральский
федеральный
университет

имени первого Президента
России Б.Н. Ельцина



Коммерческие компании
Екатеринбурга

ПНИЭР RFMEFI57815X0136

Российский ЧИП
для
«интернета вещей»

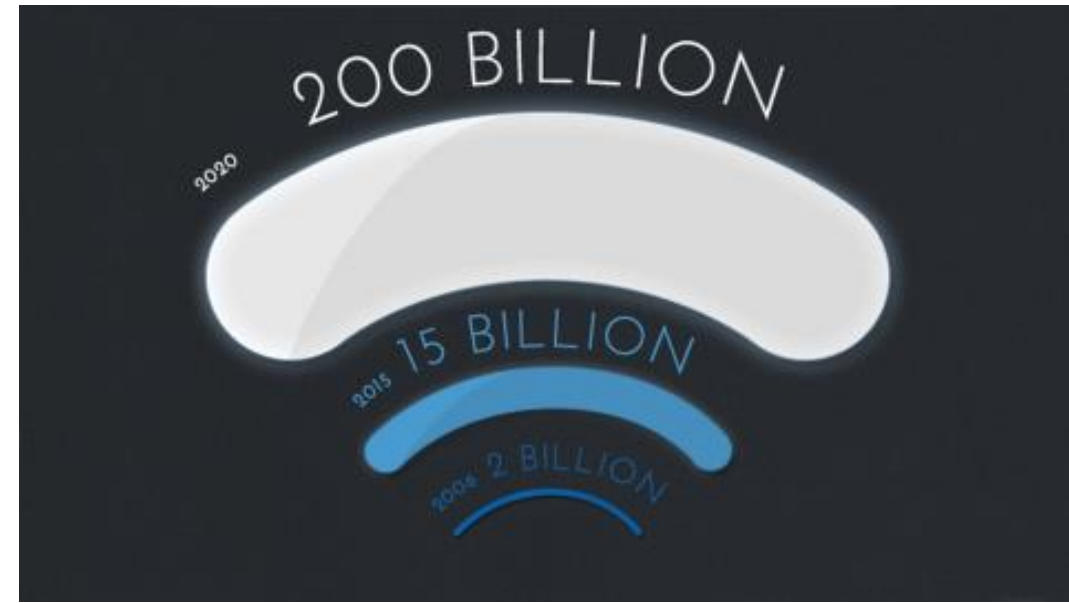
«Интернет вещей» (IoT)

Gartner IT glossary. Gartner:

«The Internet of Things is the network of physical objects that contain embedded technology to communicate and sense or interact with their internal states or the external environment.»

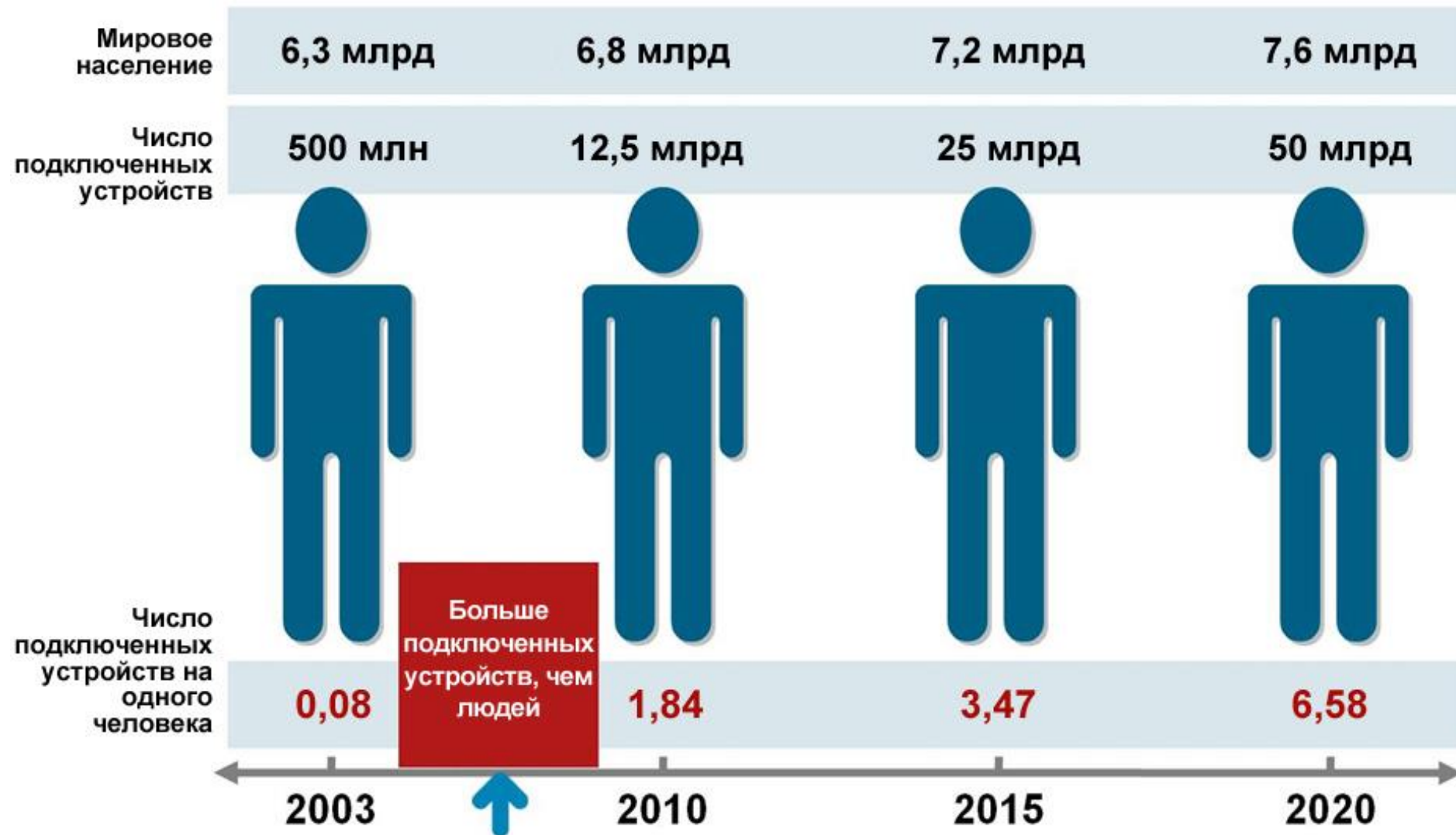
IDC определяет Интернет вещей (Internet of Things, IoT) как сеть сетей, состоящих из уникально идентифицируемых объектов (вещей), способных взаимодействовать друг с другом без вмешательства человека, через IP-подключение

Intel



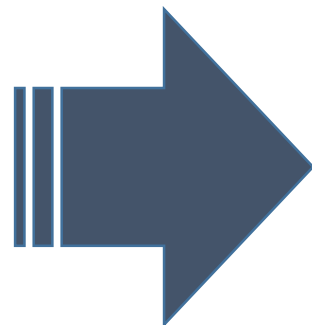
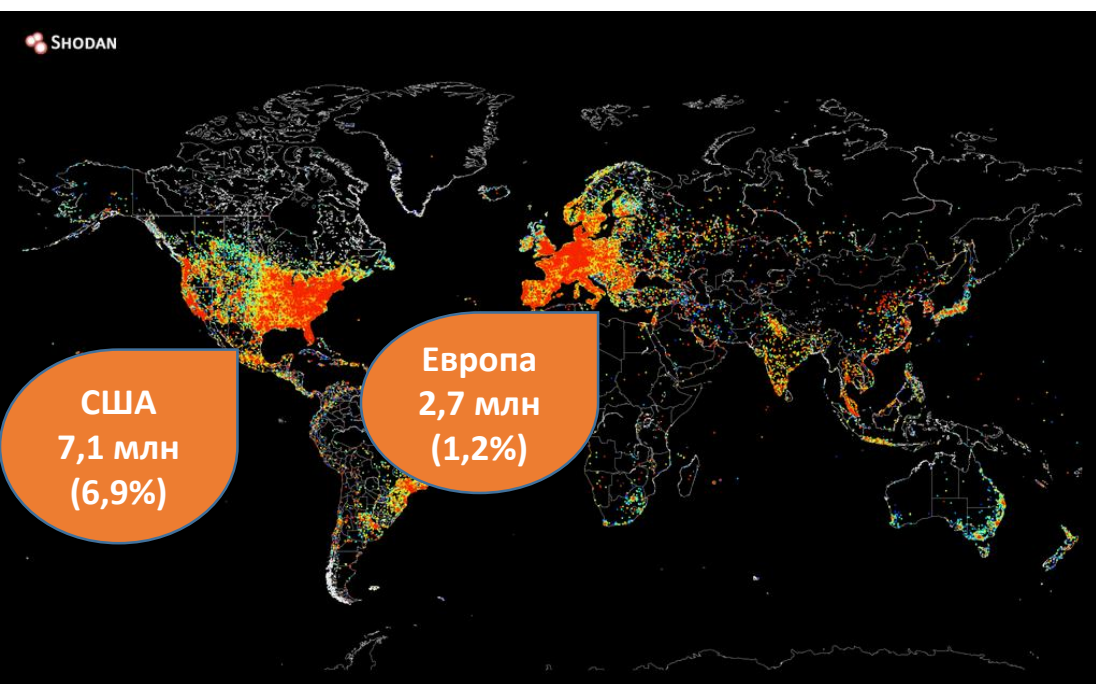
Взаимодействие сетей, людей, процессов, данных и объектов – реализация концепции всеобъемлющего Интернета (Internet of Everything, IoE).

«Интернет вещей» (IoT)

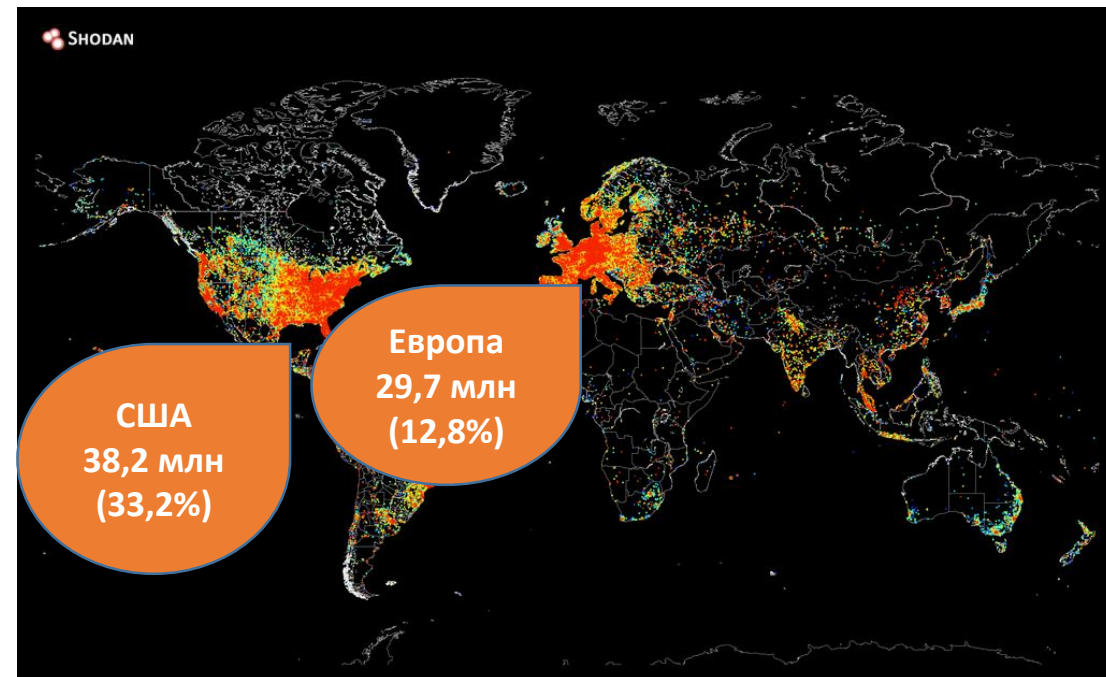


«Интернет вещей» (IoT)

2014



2019

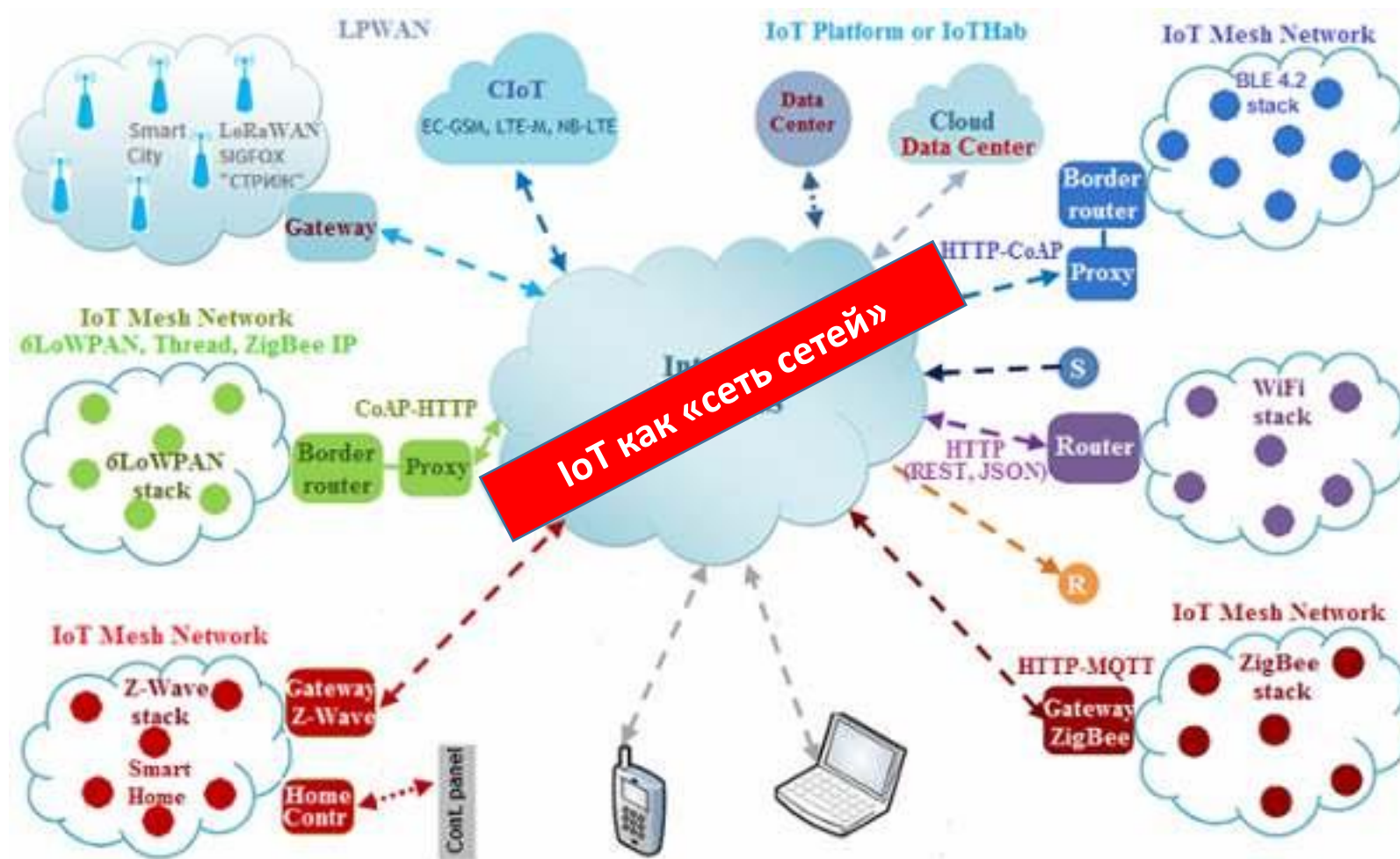


«Подключенные» дома

«Интернет вещей» (IoT)



«Интернет вещей» (IoT)



IoT – Война стандартов

Applications (Verticals)

Personal Devices	Lifestyle	Connected Home	Industries	Industrial Internet
Wearable Computing pebble cookoo rucon im xeye GLASS R RINGLY striiv APX MOTA openvent M wearable intelligence VIZIK	Sports gain Sentry BIKESPIKE SO biometrics ZEPP infoMotion swingbyte HAMMERHEAD	Automation Quirky Radiator Labs netatmo LEVITON SmartThings Ubi nest LIFX gecko ecobee AdvancedLumens vivint.SAVANT vera INSTEON CHAMBERLAIN PROPER LIFE LIFX somfy	Retail bytelight euclid SIVIELO maiana IMBAL boni PassKit PERCH	Robotics Double Robotics ALDEBARAN XENEX ROBOTIX EMPIRE IRobot ABB LIQUID ROBOTICS jibo KUKA
Fitness GARMIN sonosha amigo iFIT JAWBONE BASIS fitbit TOMTOM LIFE BEAM WHOBO	Cooking SmartDial Scale ANOVA drop blossom iDevices THE ORANGE CHEF CO. paritry nimb	Monitoring lapka sense birdi BlueMaestro SUPERMECHANICAL leeo knet CUBESENSORS tado° ambient	Payment Loyalty Square shopify PayPal ACS VerFone LevelUp bellu payleven	Drones/Aerospace Parrot Skybotix SKYCATCH spire DJI
Health LUMO nanowear vycast kinsa HAPIfork soundbasic SPIRE Withings QUANTUS Lively TEME MECU Mwanatany hello AliveCor iHealth	Pets Whistle PetPace pintofeed PetHub Petcube Inative Petriet gibi Petzill	Security HomeMonitor canary ring dropcam butterfleye Locktron Eugust SCHLAGE Kwikset globesense genie UNY OP	Healthcare VISI Senseonics STANLEY VITALITY MedMinder MedSignia AcherTech WERSUS CENTRAK iSotera	Green Tech BigBelly enlightened Smart Genevo compology AMPY
Family FILIP. Sprouting ovuline AmberNet greatcall monbaby OWLET Secur BELLABEAT mimo Glow pocketfinder	Toys KAROTZ MAKIES UBWOOL seeeo	Tracker Chipolo linquet locca! TrackR	Automotive Zbie like INRIX navdyDELPHI Airbiquity dash waze OpenXC	3D Scary/Print MakerBot HOREL 3D formlabs M30 matterport FUELS3D AIG NEXTENGINE RePrap occipital DAVID FSL3D Solidoodle
Music/Art/Video ROLI CAVCH GOPro Narrative	Hub Homey Control LOWE'S STAPLES NEXIA muzzley wink	Infra-structure wavelink iBeam kisi Trimble Robin Schneider	Agri-culture AGRIS Zed adapt-N AG Leader	Smart Grid GRIDNET e-on SilverSpring SMART CLUSTER Itron Trilliant
Garden plantlink BITPONICS radio EDYN Greenbox Koubachi				Asset Tracking asap a value NEAN SYSTEMS cubara ekahau RUCKUS Impinj COSI

Platforms & Enablement (Horizontal)

Connectivity/Dev Platforms spark kynetx pinoccio ioBridge Ayla Networks EUROTECH resin.io SympI TESSEL bluecity	Software/Data Platforms EXO SITE iconcontrol thingsquare carriers Keen IO SeeControl Lihings ConnectHO NewAer BERG Axeda Yaler.net RacoWireless SparCurve FITT greenwave ARABEET wot io KALAN Cyberlighting allflux Yo ThingWorx DNZK X power IOT- thing hub CANDI bugswarm Tempo IQ evercam.io covisint Jasper Grove Etherios PubNub INFLURA SensorCloud vivily	Open Source Platforms webinos AllJoyn OPEN HAB nimbata.com OPEN INTERCONNECT KFA ThingSpeak GRID2HOME	Personal Interfaces NeuroSky Raycast wit.ai LEAP gestigon speech INTUIGINE api.ai EMOTIV Maluba Reemo Oculus	Security inside SafeNet utimaco escript gemalto BASTILLE NETWORKS MOCANA	Corporates amazon hp LG intel HTC PHILIPS IBM SAMSUNG Apple Google WIND RIVER MOTOROLA belkin DELL BOSCH NATIONAL INSTRUMENTS ARM LogMeIn Microsoft Honeywell SONY Atmel SIEMENS QUALCOMM CISCO TOSHIBA SHARP
Sensor Networks SAFECAST placemeter Motionloft					

Building Blocks

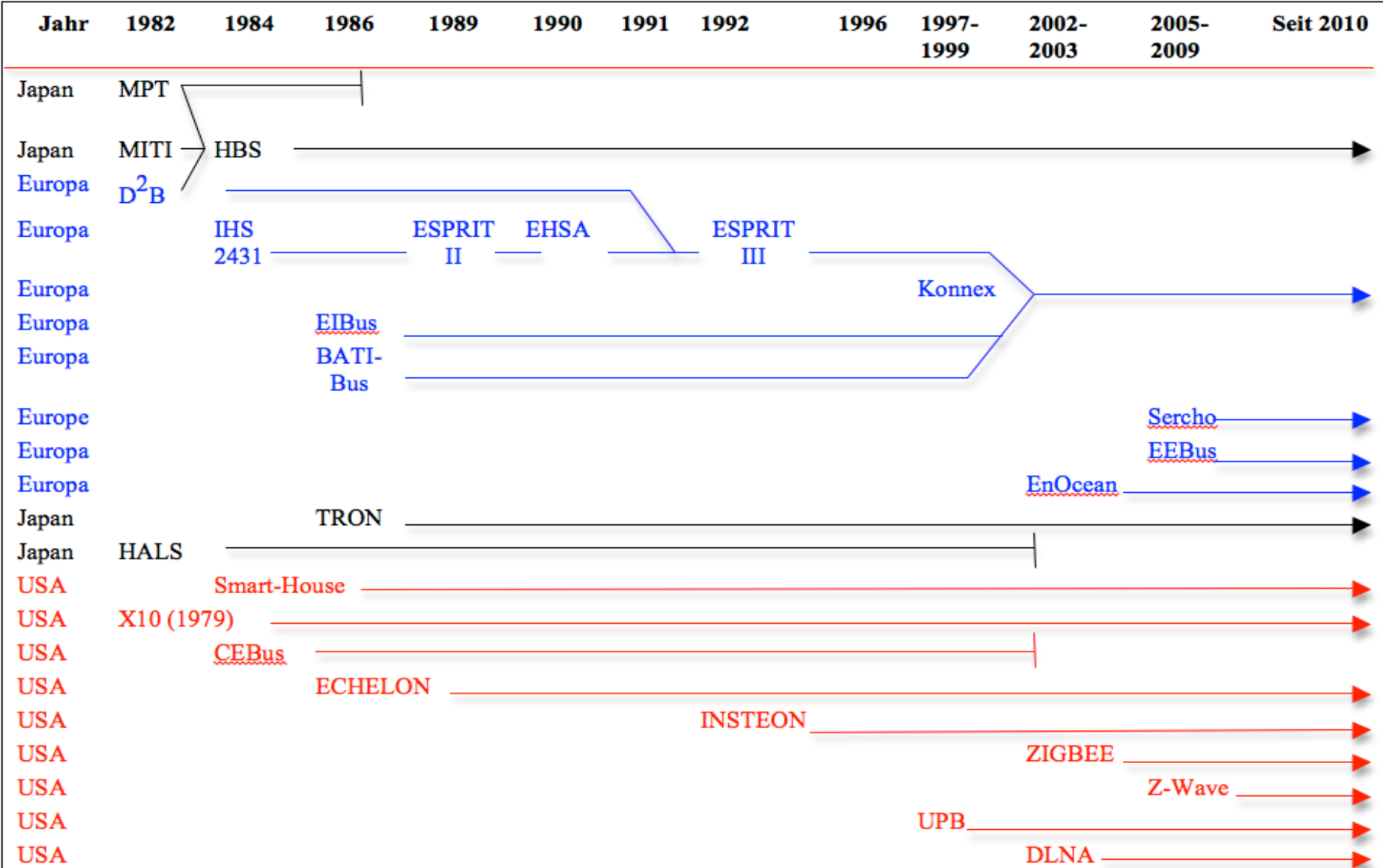
Protocols Bluetooth Weaved MQTT NFC RuBee WiFi ZigBee oMA WAVE enModus HART MIWI M-Bus 2G 3G 4G LTE CoAP 6LoWPAN LWM2M BITXmI	M2M Networks Helium SIGFOX KORE stream aaris HICREEN M2M	Portable WiFi Open Garden GOODSPEED BRCK	Telecom at&t boostmobile verizon Mobile Telefonica VimpelCom Sprint US Cellular vodafone airtel	M2M arkessa enOcean ecnais M2M Telit
Cloud Google Cloud Platform amazon REDHAT ORACLE rackspace Microsoft Azure	Mobile iOS Windows Phone BlackBerry	Processors/Sensors WEIO mCube littleBits	Parts/Kits SAM littleBits	Services YIH KEE CAB dragon makeXYZ sculpteo
Incubators Highway 1 LEMONS Labs WEARABLE WORLD R.G.A Accelerator TechShop	Funding KICKSTARTER indiegogo MedStartr	Distribution angelcam		

Протоколы



- LoRa
- SIGFOX
- RPMA
- СТРИЖ
- HaLow (802.11ah)
- Apple
- 5G
- LTE

А еще: CoAP, ETSI SmartM2M, MQTT, LWM2M...



Беспроводные протоколы. Для IoT?

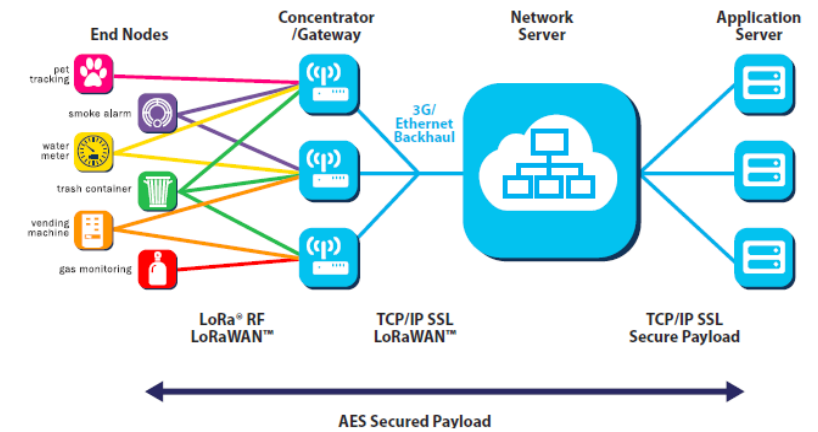
Технология	KNX	BlueTooth LE	DECT ULE	EnOcean	Insteon	ZigBee	Z-Wave
Год выхода	1990	2009	2013	2001	2005	2004	2001
Наличие стандарта	ISO/IEC 14543	IEEE 802.15.1 WPAN	EN 300 175	ISO/IEC 14543-3-10	SmartLabs	IEEE 802.15.4	ITU-T G.9959 SigmaDesigns
Частота, GHz	0,433; 0,868	2,4-2,4835	1,8	0,868; 0,9	0,9	0,9; 2,4	0,869
Low emission	-	+	+	+	+	+	+
Безопасность	S/n передатчика	+	+	-	+	+	+
Распространенность	WorldWide (RF-Europe only)	WorldWide	Очень небольшая	WorldWide OEM	USA	Слабая	WorldWide
Кол-во продуктов	>7000	Оч. много в виде встраив. модулей	несколько	>700	170 (30-Europe) >15000 (x10)	78	>1500
Совместимость	ok	ok	Не известно	ok	ok	Not yet	ok
Дальность, м		до 50	600/70	300/30	45	45	30
Уровень стоимости	+++	+	++	+	+	+	+

Требования IoT

- **Энергоэффективность**
- **Дальность связи**
- **Скорость передачи**
- **Электромагнитная совместимость**
- **Большое количество участников сети**
- **Защищенность**

Требования IoT

Противоречия между требованиями энергоэффективности, дальности связи, скорости передачи, электромагнитной совместимости и защищенности не полностью разрешают и новые, недавно появившиеся протоколы LowPower WAN (LPWAN) такие, как протокол LoRaWAN или, например, российский СТРИЖ...



При относительно больших радиусах покрытия (15-30 миль) в LoRa технологиях остаются вопросы к ЭМС и поддержке одновременной работы большого количества полевых устройств. Метод модуляции LoRa запатентован, трансиверы выпускаются только компанией Semtech.



Сверхзакполосный СТРИЖ имеет ограничения по количеству адресуемых устройств и возможностям приема информации о случайных событиях, неочевидную ЭМС и устойчивость к ЭМП.

Ответ на требования IoT?

IEEE P802.11ah/D5.0, March 2015

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65

IEEE P802.11ah™/D5.0, March 2015
(Amendment to IEEE Std 802.11REVmc™/D4.0)

IEEE P802.11ah™/D5.0
Draft Standard for Information technology— Telecommunications and information exchange between systems Local and metropolitan area networks— Specific requirements

Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications

Amendment 2: Sub 1 GHz License Exempt Operation

Prepared by the 802.11 Working Group of the LAN/MAN Standards Committee of the IEEE Computer Society

Copyright © 2015 by the IEEE.
Three Park Avenue
New York, New York 10016-5997, USA
All rights reserved.

This document is an unapproved draft of a proposed IEEE Standard. As such, this document is subject to change. USE AT YOUR OWN RISK! Because this is an unapproved draft, this document must not be utilized for any conformance/compliance purposes. Permission is hereby granted for IEEE Standards Committee participants to reproduce this document for purposes of international standardization consideration. Prior to adoption of this document, in whole or in part, by another standards development organization permission must first be obtained from the IEEE Standards Activities Department (stds.tpr@ieee.org). Other entities seeking permission to reproduce this document, in whole or in part, must also obtain permission from the IEEE Standards Activities Department.

IEEE Standards Activities Department
445 Hoes Lane
Piscataway, NJ 08854, USA

Copyright © 2015 IEEE. All rights reserved.
This is an unapproved IEEE Standards Draft, subject to change.

Основные параметры HaLow (IEEE 802.11ah):

Количество адресуемых устройств – 8 191

Радиус покрытия – не менее 1 000 м

Скорость передачи – не менее 150 Кбит/с

Диапазон частот – для России 864-869 МГц, наиболее вероятно

Устройства со сверхнизким потреблением (срок работы от автономного источника питания – 2-5 лет)

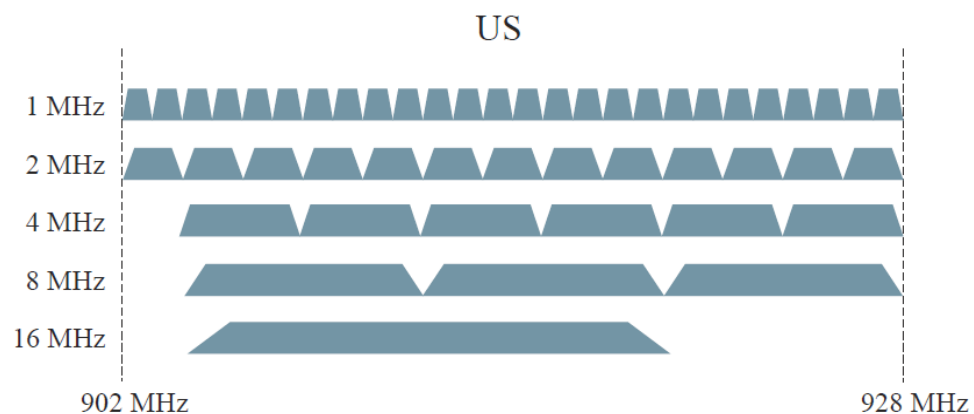
Пространственное разделение (секторизация) для точек доступа

HaLow. Рабочие частоты

ISM Allocations applicable for IEEE 802.11ah

Country	Band limits (MHz)
China	755 - 787
Europe	863 - 868
Japan	916.5 - 927.5
Korea	917.5 - 923.5
Singapore	866 - 869 920 - 925
USA	902 - 928

HaLow. Пример распределения каналов



Источник: Weiping Sun, Munhwan Choi and Sunghyun Choi,
IEEE 802.11ah Sub 1 GHz Wireless LAN

Пример схемы модуляции и кодирования для 2 Mhz каналов

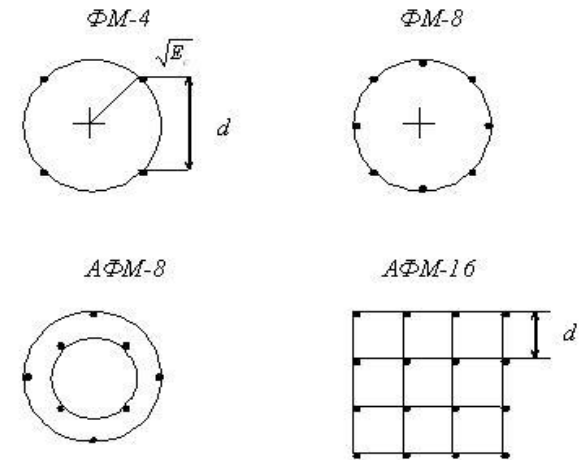
MCS Index	Modulation	Code Rate	Data Rate (Mbps)	
			Normal GI	Short GI
0	BPSK	1/2	0.65	0.72
1	QPSK	1/2	1.3	1.44
2	QPSK	3/4	1.95	2.17
3	16-QAM	1/2	2.6	2.89
4	16-QAM	3/4	3.9	4.33
5	64-QAM	2/3	5.2	5.78
6	64-QAM	3/4	5.85	6.5
7	64-QAM	5/6	6.5	7.22
8	256-QAM	3/4	7.8	8.67
9	256-QAM	5/6	N/A	N/A

HaLow. Модуляция и синхронизация

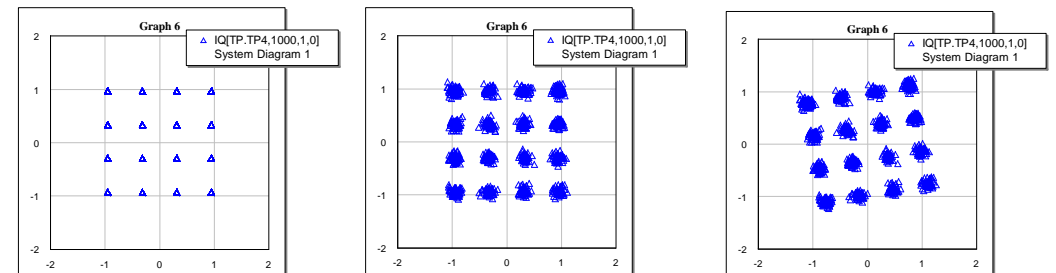
OFDM

$$s(t) = \operatorname{Re} \left[\sum_{i=0}^{N-1} \hat{a}_i \hat{s}_i(t - iT_n) \right]$$
$$= \operatorname{Re} \left[\sum_{i=0}^{N-1} \hat{a}_i \hat{S}_0(t - iT_n) \exp(j\omega t) \right] =$$
$$= \sum_{i=0}^{N-1} |\hat{a}_i| S_0(t - iT_n) \cos[\omega_0 t + \gamma_0(t - iT_n)]$$

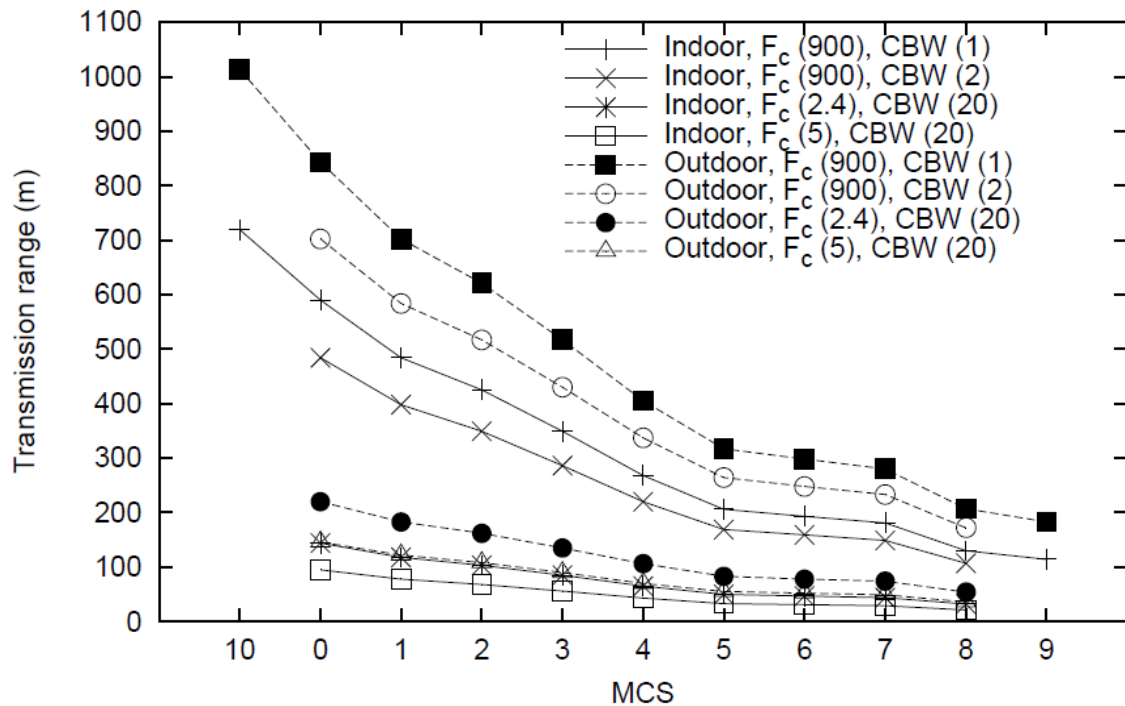
Ансамбли сигналов на комплексной плоскости



Отображение сигнального созвездия при модуляции 16 QAM на комплексной плоскости в модели радиоканала с шумом (Microwave Office, AWR Design Environment)

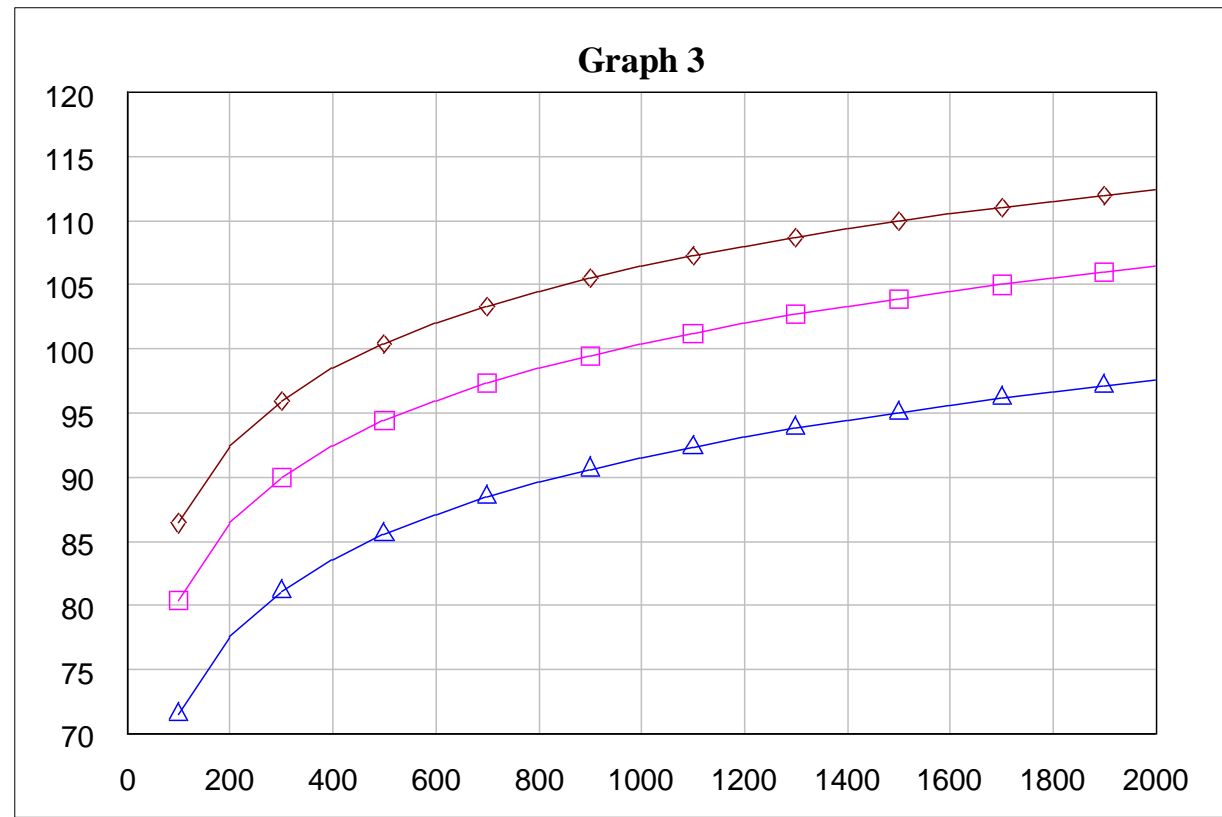


NaLow. Дальность

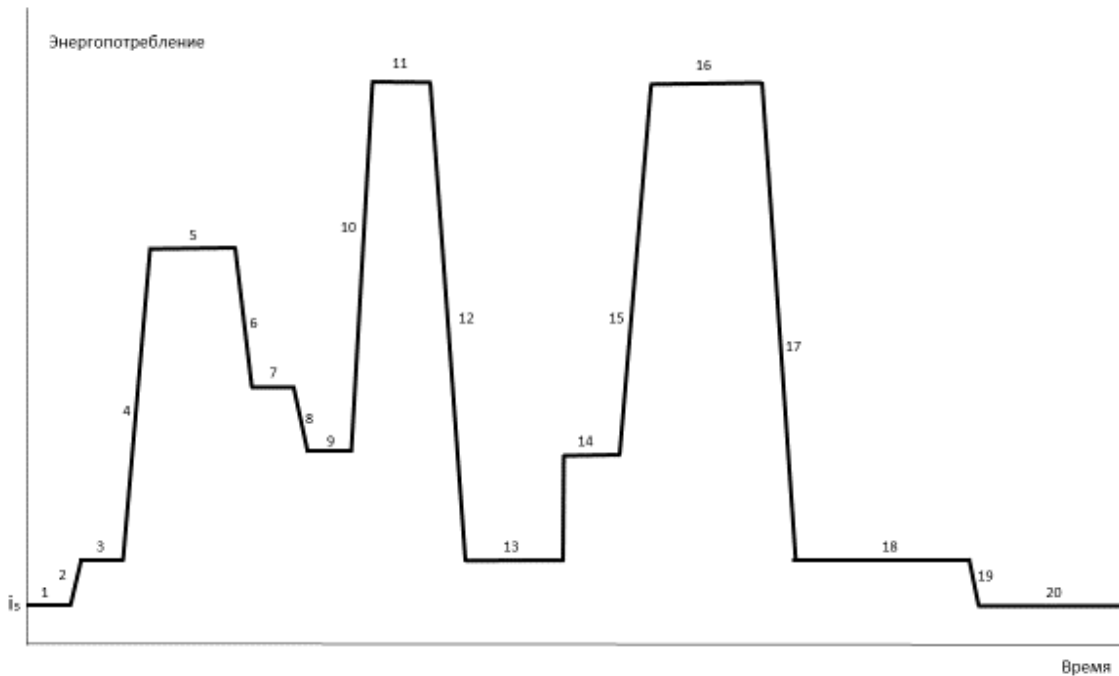


Источник: Weiping Sun, Munhwan Choi and Sunghyun Choi, IEEE 802.11ah Sub 1 GHz Wireless LAN

Затухание L , дБ в свободном пространстве в зависимости от дальности между передатчиком и приемником D , м для диапазонов (снизу вверх) 900 МГц, 2.5 ГГц, 5 ГГц.



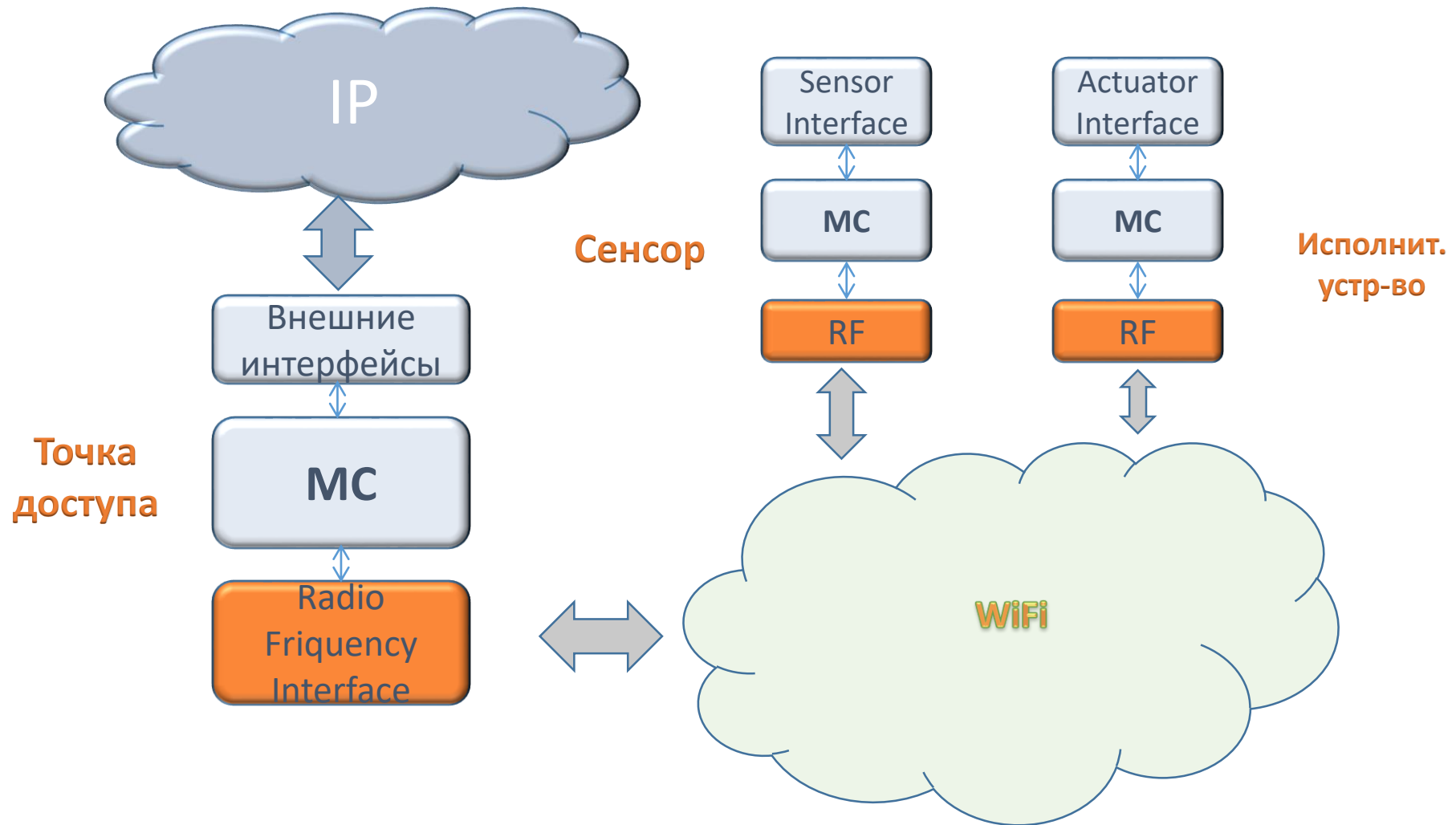
NaLow. Энергоэффективность



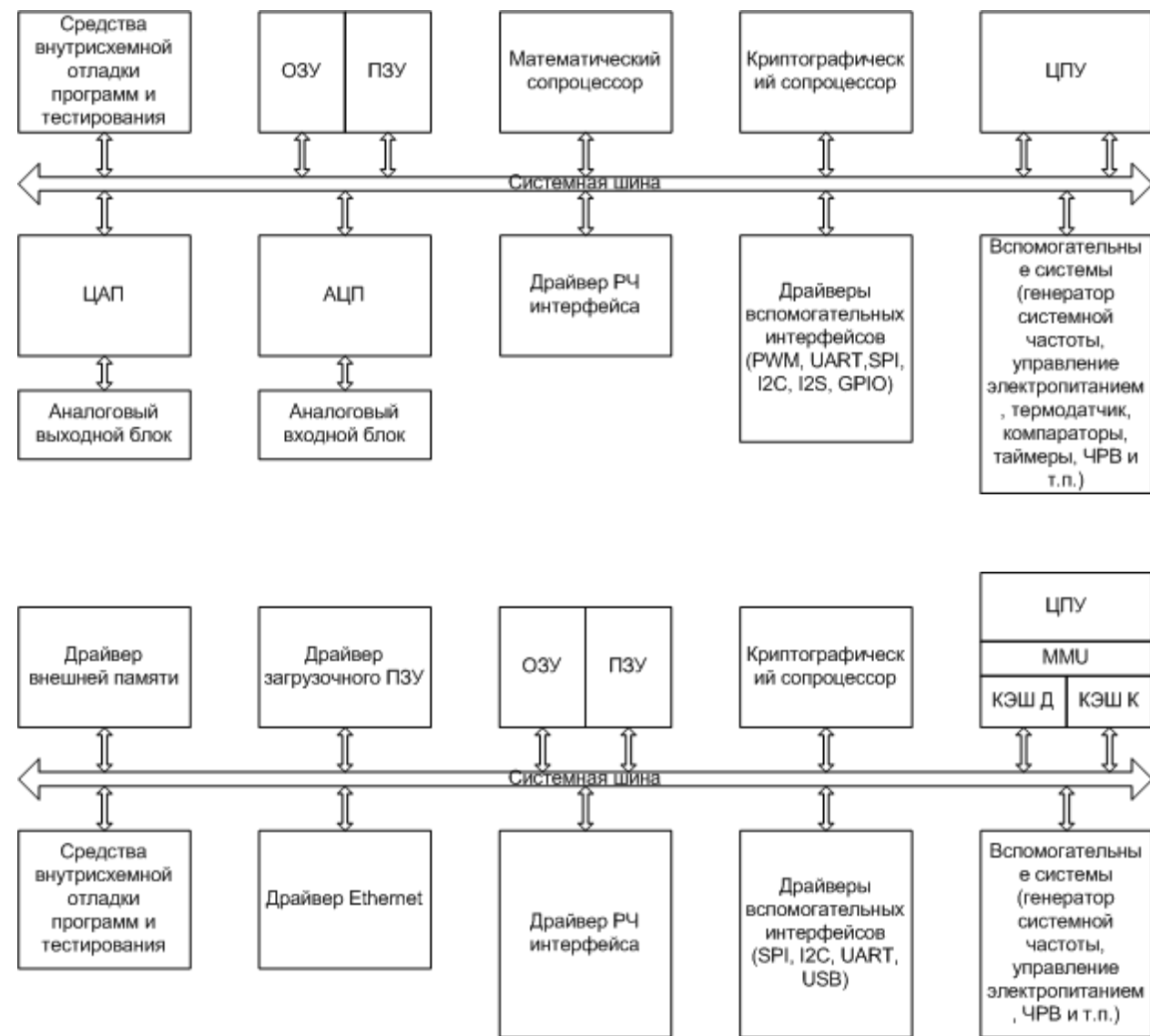
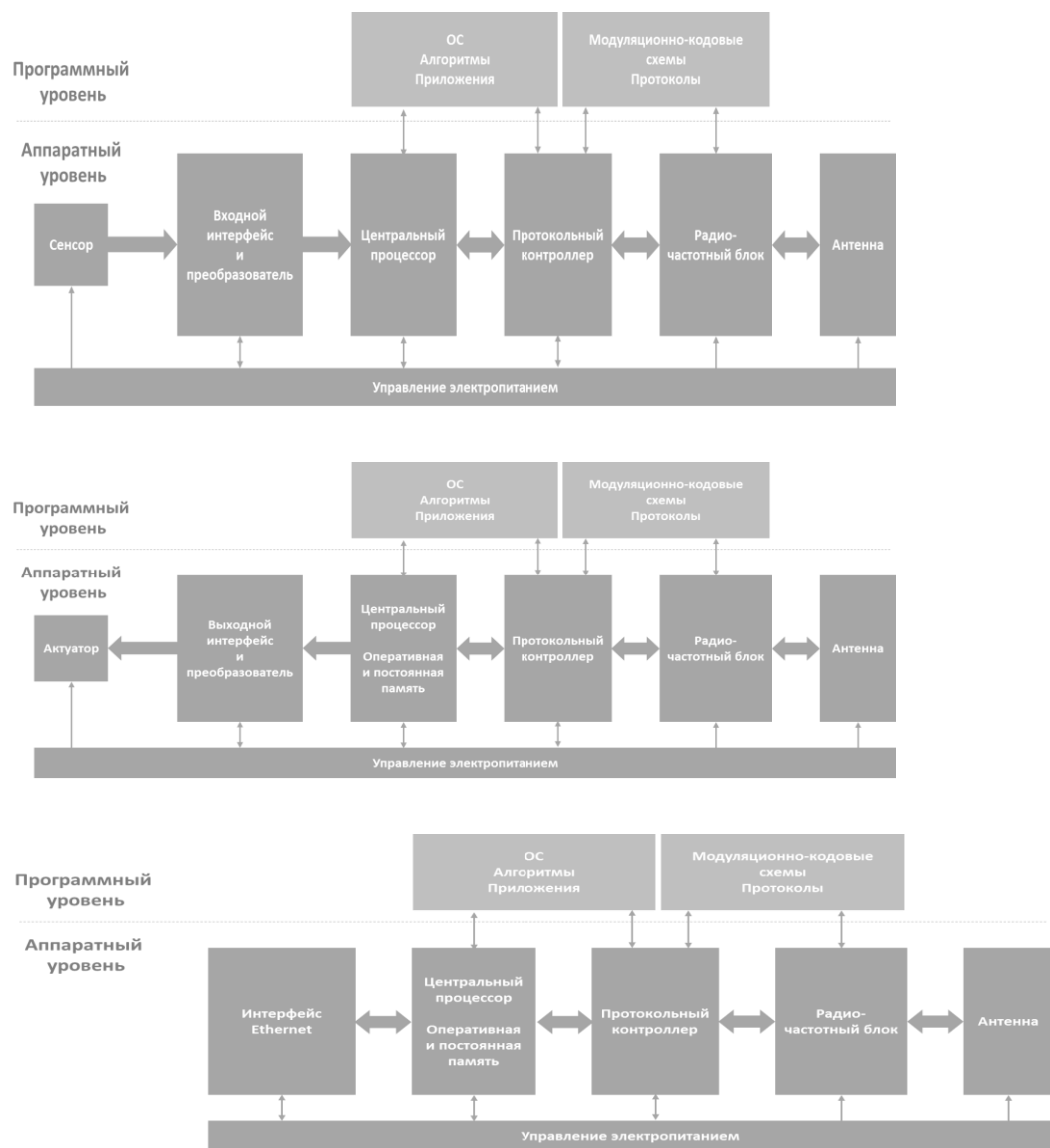
Цифрами на рисунке обозначены:

- 1 – Ждущий режим, минимальное потребление энергии: i_s .
- 2 – Включение приемника.
- 3 – Прием сигнала активизации, проверка адресата.
- 4 – Включение ЦП и АЦП.
- 5 – Измерение значения контролируемого параметра.
- 6 – Выключение АЦП.
- 7 – Обработка ЦП результатов измерения от АЦП.
- 8 – Выключение ЦП.
- 9 – Получение доступа к среде (работа протокольного контроллера, прослушивание канала на наличие несущей и т.п.).
- 10 – Выключение приемника. Включение передатчика.
- 11 – Передача пакета активизации.
- 12 – Выключение передатчика. Включение приемника.
- 13 – Работа приемника и получение подтверждения.
- 14 – Получение доступа к среде (работа протокольного контроллера, прослушивание канала на наличие несущей и т.п.).
- 15 – Включение передатчика.
- 16 – Передача информации о результате измерения разрядностью.
- 17 – Выключение передатчика. Включение приемника.
- 18 – Работа приемника и получение подтверждения.
- 19 – Выключение приемника.
- 20 – Ждущий режим с потреблением энергии i_s .

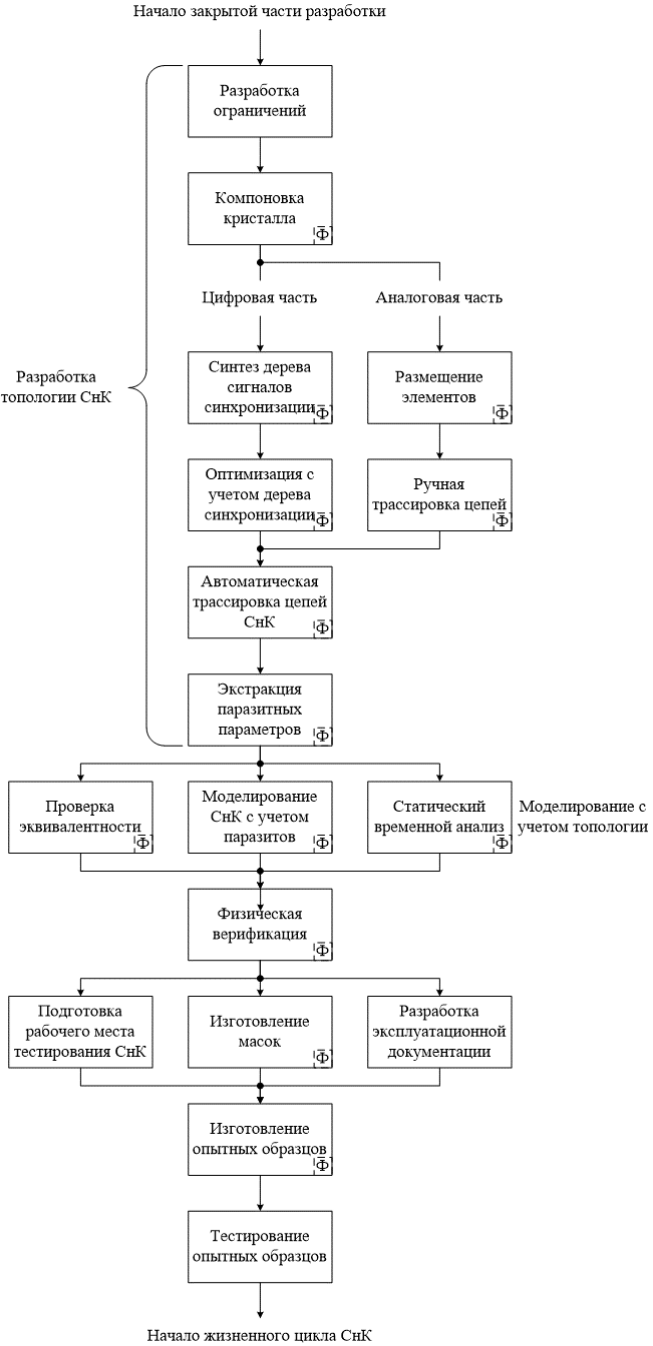
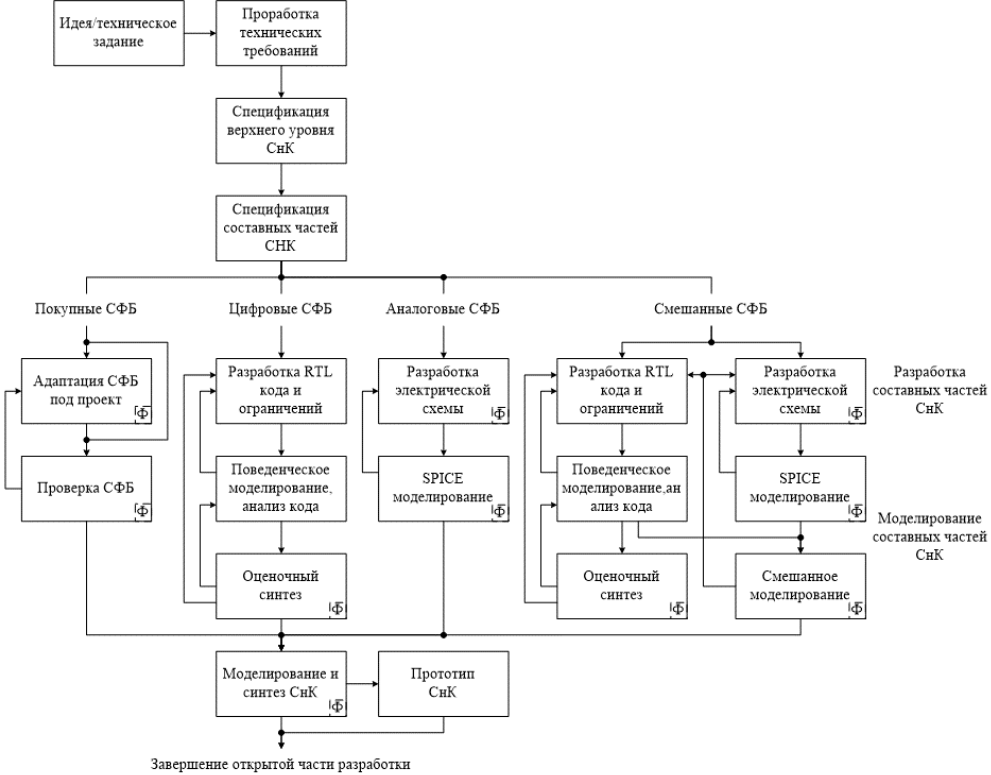
Архитектура стенда



Система-на-кристалле



Система-на-кристалле



Заключение

Ключевыми особенностями разрабатываемой системы являются:

- использование субгигагерцового диапазона и хорошая проникающая способность (малое «затенение») радиосвязи – 868 МГц;
- относительно невысокая (но более чем достаточная для большинства задач АСУ) скорость передачи информации – 150 кбит/сек;
- средний радиус радиопокрытия – 1 км (с одной стороны большая дальность, с другой – сохраняется возможность географического разнесения центров сетей-точек доступа для обеспечения электромагнитной совместимости);
- большое количество устройств, обслуживаемых одной точкой доступа (8191 устройств);
- сетевая интероперабельность (возможность «прямой» адресации устройств системы в/из глобальной сети при наличии соответствующих полномочий);
- поддержка работы беспроводных устройств с ограниченным энергопотреблением (годы работы от батареи AAA);
- возможность защиты передаваемой информации российскими криптоалгоритмами по ГОСТ Р;
- применение компонентной базы (ИМС высокой степени интеграции) российской разработки.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

**Работы по ПНИЭР RFMEFI57815X0136
выполняются при финансовой поддержке
Министерства образования и науки Российской
Федерации**



**Уральский
федеральный
университет**

имени первого Президента
России Б.Н.Ельцина

