

Телекоммуникационные характеристики беспроводных сетей

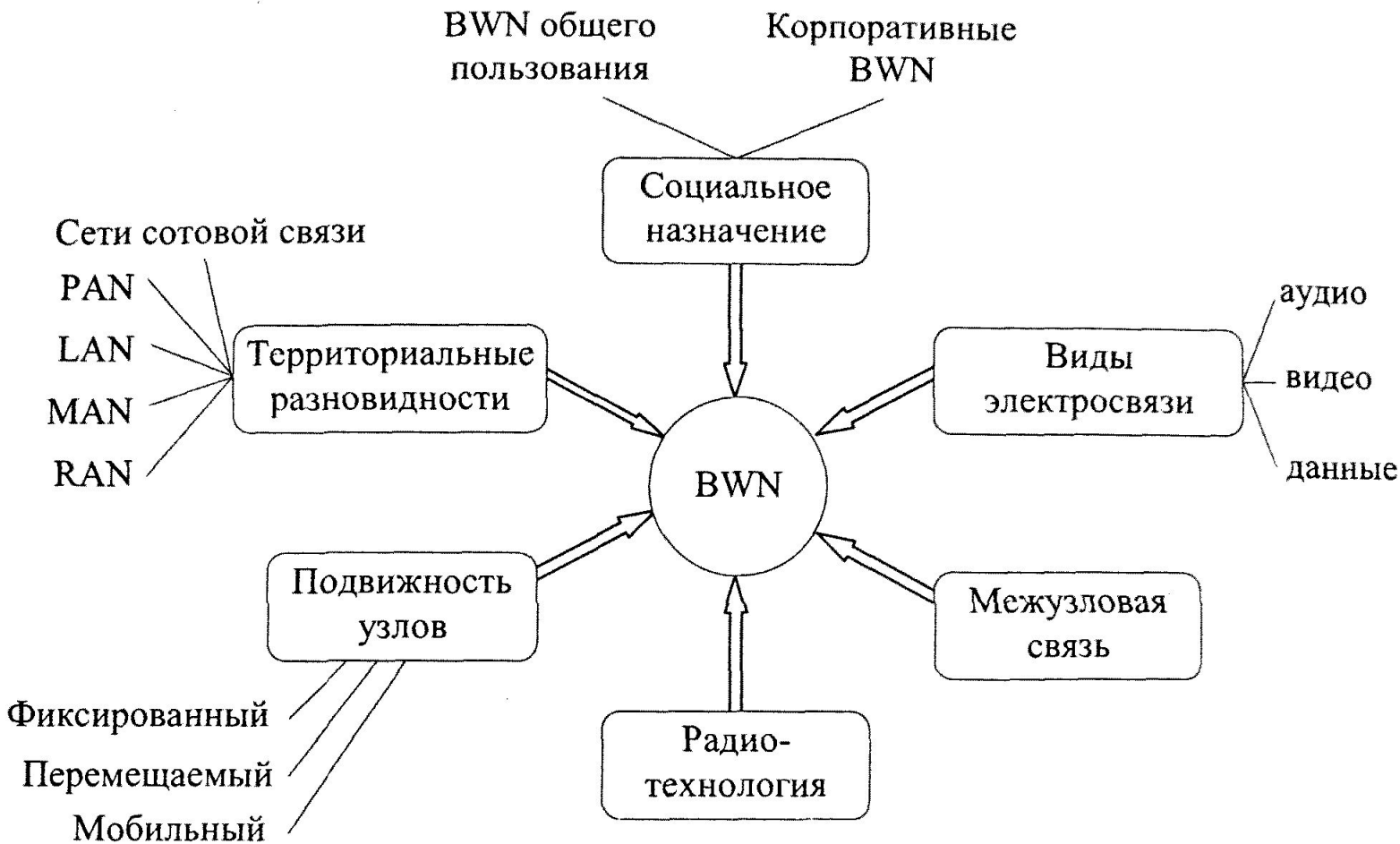


Рис.1 — Классификация беспроводных телекоммуникационных сетей

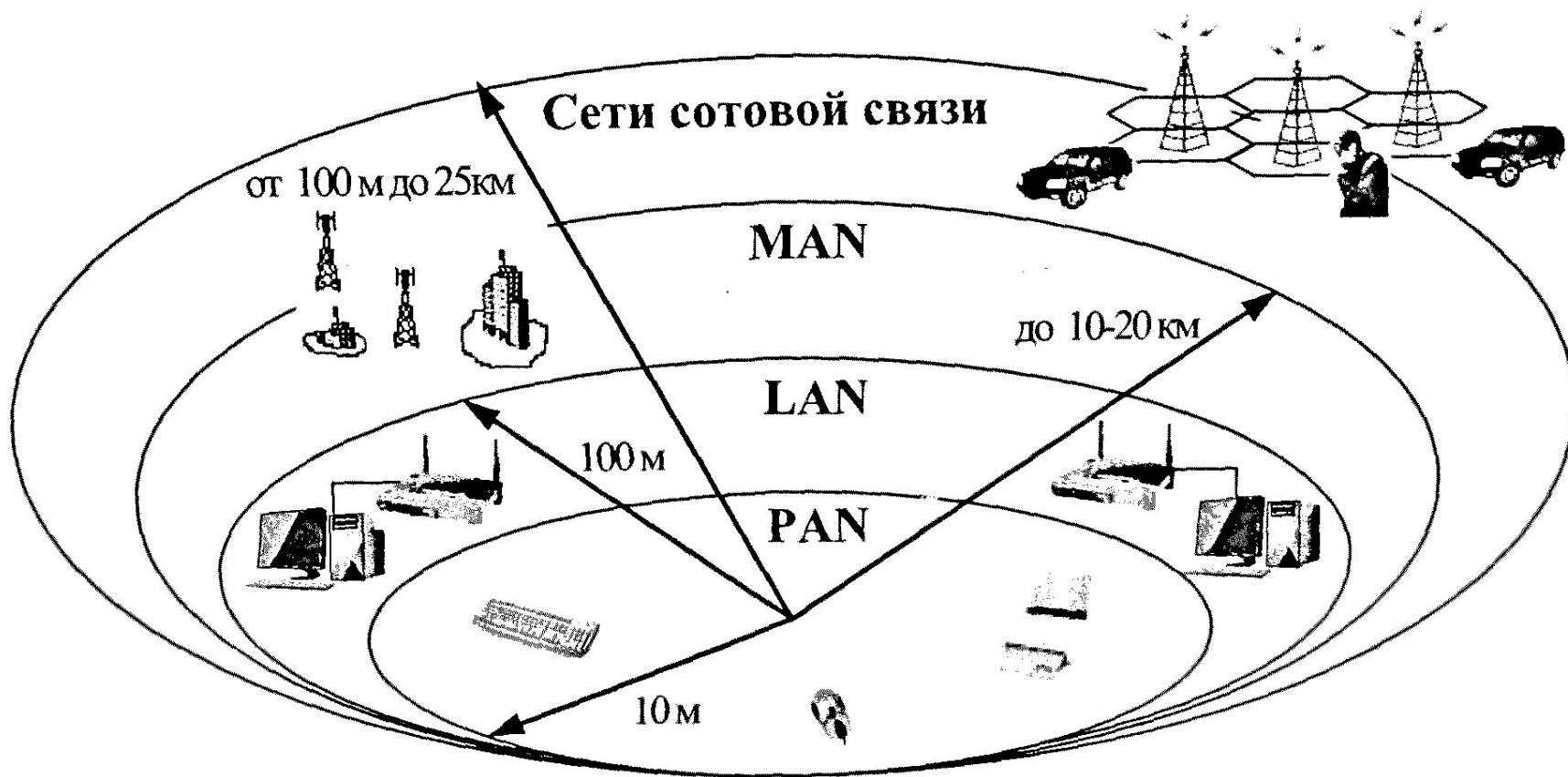


Рис.2 — Вложение телекоммуникационных сетей различного территориального размера

Поскольку связь абонентов, обслуживаемых в разных зонах, обеспечивается с помощью транспортной системы, территориальная непрерывность связи возможна при выполнении двух условий:

во-первых, соседние соты должны частично перекрываться для обеспечения возможности непрерывного приема и передачи радиосигналов в любой точке покрытия сети;

во-вторых, перемещение абонента между сотами должно сопровождаться перекоммутацией/переключением обслуживающих их узлов. За эту процедуру, называемую *хэндовером* (handover/handoff), отвечает система коммутации мобильной связи (Mobile Switching Subsystem – MSS), отсутствующая в сетях фиксированной связи.

Соответственно, сети мобильной связи отличаются от сетей фиксированной связи наличием дополнительных структурных элементов, включаемых между узлами BWN и транспортной сетью.

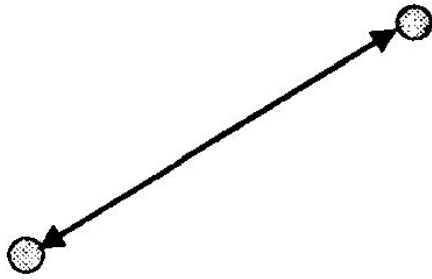
Связи между узлами сети классифицируются по двум признакам – числу узлов и порядку передачи сообщений между ними. Различают следующие виды связей между узлами:

связь «точка–точка» (point-to-point), обеспечивающая обмен сообщениями между двумя узлами сети с помощью выделенной линии связи (другие узлы к этой линии не подключаются, см. рис. 1.4, а);

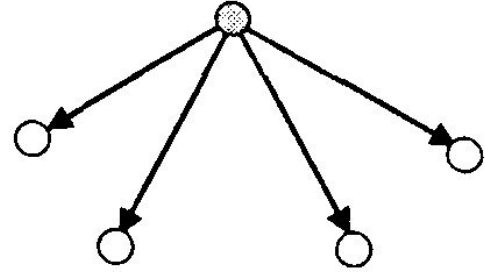
широковещательная (broadcast) связь, при которой сообщение, передаваемое одним узлом, принимается всеми остальными узлами сети посредством использования единого радиочастотного канала (рис. 1.4, б);

«многоточечная» (multipoint) связь, обеспечивающая обмен сообщениями между всеми узлами сети посредством использования одного радиочастотного канала (рис. 1.4, в);

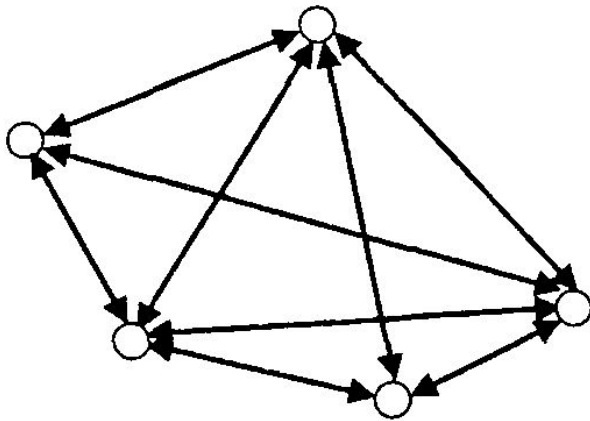
связь «точка–многоточка» (point-to-multipoint), представляющая собой разновидность многоточечной связи, при которой сообщения передаются между произвольными узлами сети посредством их ретрансляции через центральный узел («вершину») сети (рис. 1.4, г).



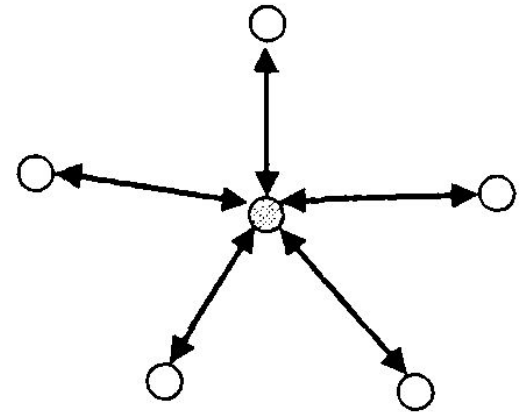
a)



б)



в)



г)

Рис.3 — Классификация топологий сетей

Транспортные сети и их характеристики

Транспортные сети, формирующие проводные каналы связи между удаленными беспроводными сетями, представляют собой совокупность (рис. 1.5):

- *проводных линий связи (links)*, по которым передаются цифровые электрические или оптические сигналы;
- *сетевых узлов (network nodes)*, осуществляющих ретрансляцию сигналов (включая их мультиплексирование/ демultipлексирование) из одних проводных линий в другие посредством коммутаторов (на рис. 1.5 показана структура транспортной сети, содержащая 9 коммутаторов, соединенных между собой 15-ю линиями связи).

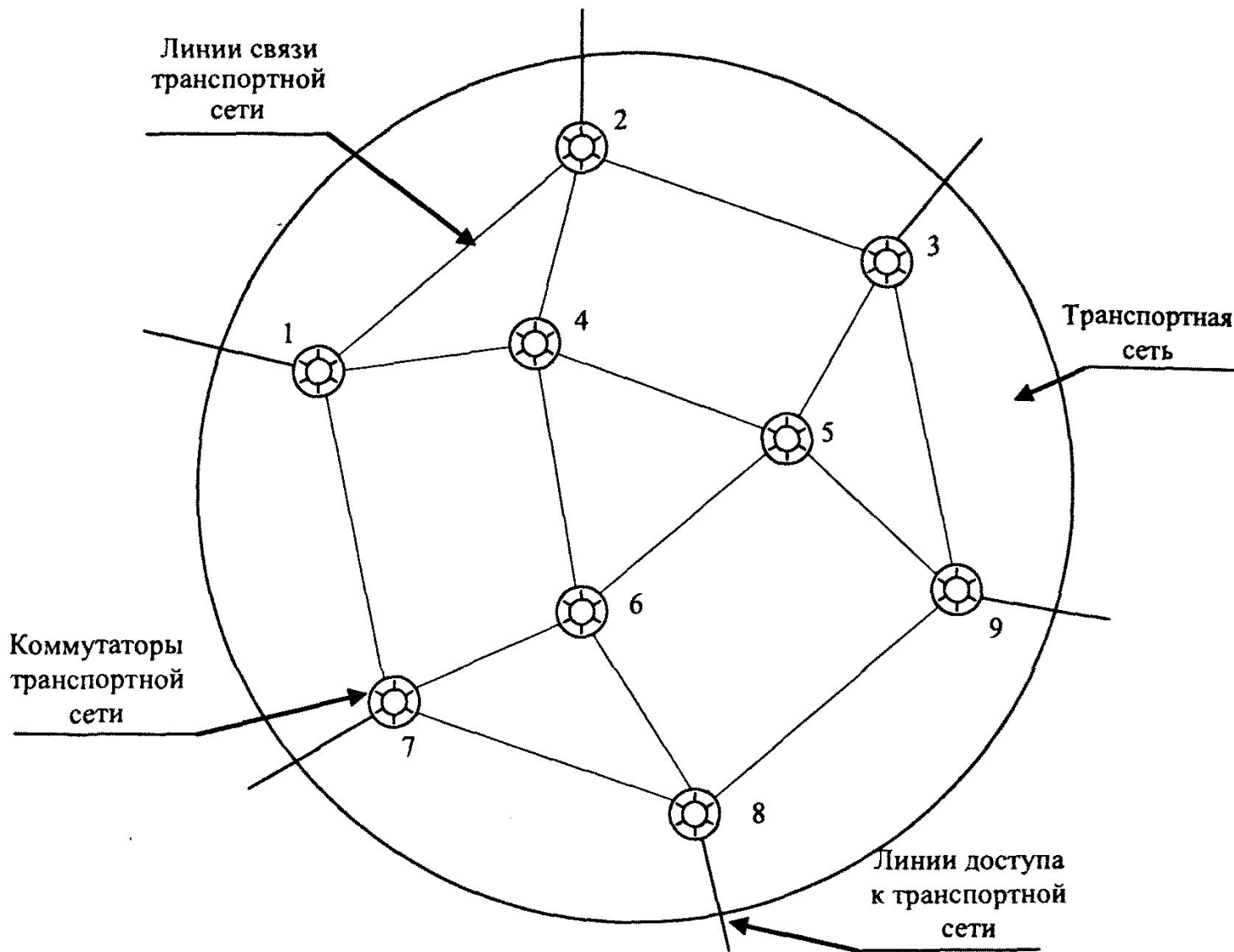


Рис.4 — Структура транспортной сети

1. *Иерархический уровень реализации сетей* служит основанием для их разделения на две разновидности – первичные и наложенные сети.

Первичные сети (transmission system) обеспечивают физический перенос электрических сигналов от исходного до конечного узла транспортной сети.

Разновидности первичных сетей по способу синхронизации:

- *сети с плездохронной цифровой иерархией* (Plesiochronous Digital Hierarchy – PDH), в которых мультиплексируемые сигналы близки к синхронным, но не строго синхронны; такие сети обеспечивают скорость передачи цифровых сигналов до 150 Мбит/с;
- *сети с синхронной цифровой иерархией* (Synchronous Digital Hierarchy – SDH), в которых обеспечивается синхронность мультиплексируемых сигналов; такие сети обеспечивают скорость передачи цифровых сигналов до 10 Гбит/с.

Разновидности наложенных сетей:

- коммутируемая телефонная сеть общего пользования (PSTN);
- цифровая сеть с интеграцией услуг (ISDN);
- коммутируемая сеть передачи данных (PSDN);
- сети передачи данных по интернет протоколу (IP).

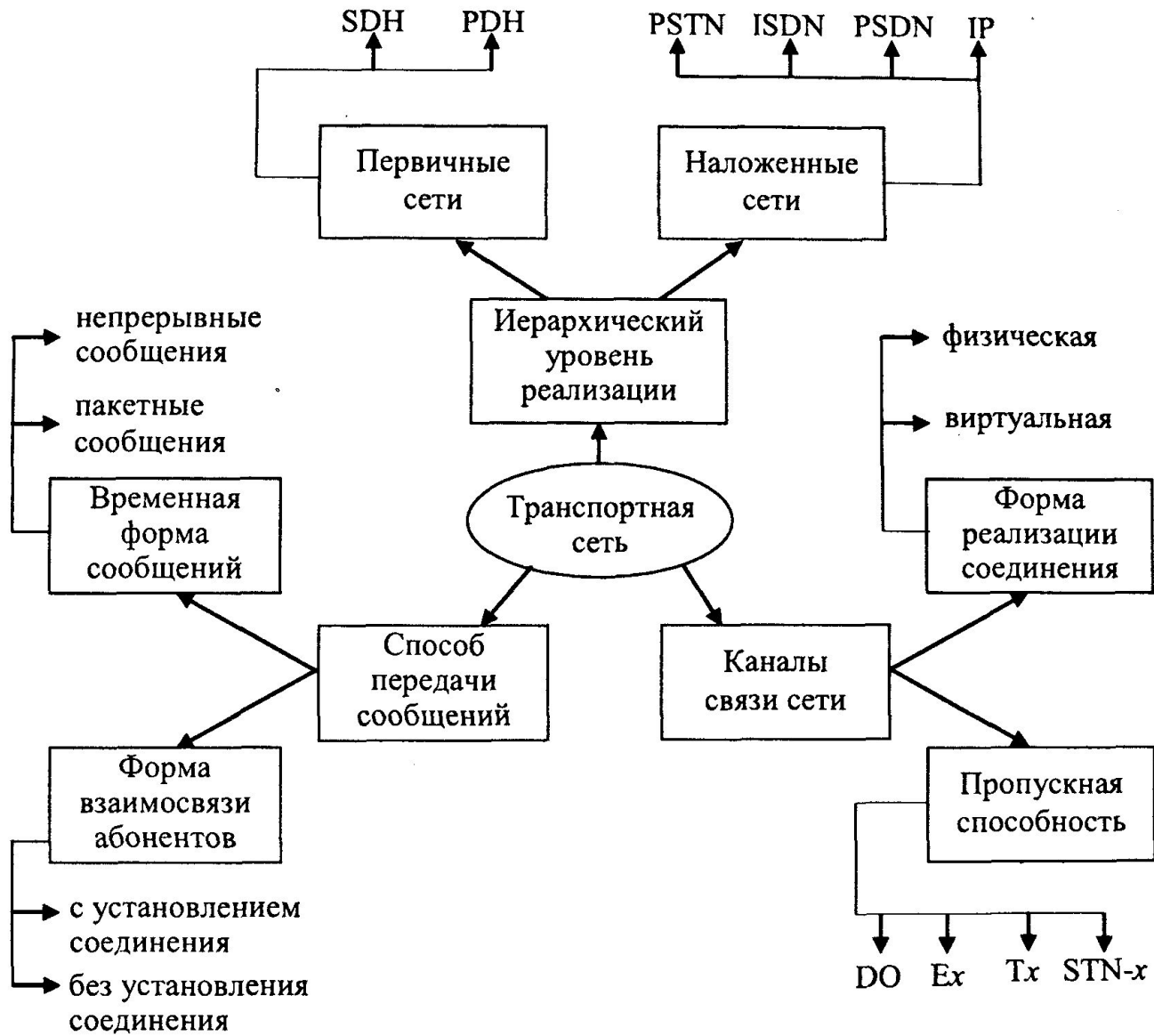


Рис.5 — Классификация транспортных сетей

Характеристики цифровых линий плезиохронных сетей

<i>E</i> -линии			<i>T</i> -линии			
Обозначение потока	Пропускная способность, кбит/с	Число каналов E0	Уровень системы	Обозначение потока	Пропускная способность, кбит/с	Число каналов DS0
E0	64	1	–	DS0	64	1
E1	2048	30	T1	DS1	1544	24
E2	8448	120 (4×E1)	T2	DS2	6312	96 (4×T1)
E3	34368	480 (4×E2)	T3	DS3	44736	672 (7×T2)
E4	139264	1920 (4×E3)	T4	DS4	274175	4032 (6×T3)
E5	565148	7680 (4×E4)	T5	DS5	400652	5760 (240×T1)

Характеристики современных систем SDH

Обозначение потока	Скорость передачи, Мбит/с		Число каналов STM-1
	полезной нагрузки	линейная	
STM-0	48,960	51,840	–
STM-1	150,336	155,520	1
STM-4	601,344	622,080	4
STM-16	2405,376	2488,320	16
STM-64	9621,504	9953,280	64
STM-256	38 486	39 813,120	256
STM-1024	153 944,064	159 252,240	1024

Характеристики сети ISDN

Каналы/интерфейсы сети	Пропускная способность, кбит/с	Число каналов
B	64	1
D	16	1
BRI	144	2 B + D
PRI	1936	30 B + D

Эволюция систем мобильной сотовой связи

Система	Год	Краткая характеристика системы
1	2	3
Поколение 0G		
MTS	1946	Мобильная телефонная связь (Mobile Telephone Service). Система полудуплексной радиосвязи операторского класса с обеспечением выхода в PSTN (до 25 каналов, диапазон частот 150 МГц)
AMTS	1965	Передовая мобильная телефонная система связи (Advanced Mobile Telephone System) – портативная система полнодуплексной радиосвязи, используемая в Японии (диапазон частот 900 МГц)
IMTS	1969	Усовершенствованная система мобильной телефонной связи (Improved Mobile Telephone Service) – двухдиапазонная система полнодуплексной связи с обеспечением выхода в PSTN (до 9 каналов в диапазоне 35-44 МГц, до 11 каналов в диапазоне 152–158 МГц, до 12 каналов в диапазоне 454–460 МГц; радиус зоны обслуживания 60-100 км)

Поколение 0.5 G

PALM

1971

Public Automated Land Mobile – автоматизированная наземная сеть мобильной связи с обеспечением выхода в PSTN. Первая система с использованием цифровых сигналов для передачи управляющих сообщений и аналоговых сигналов для передачи голоса

ARP

1971

AutoRadioPuhelin – система автомобильной полудуплексной (позже полнодуплексной) радиосвязи операторского класса с размером зоны обслуживания до 30 км (до 80 каналов в диапазоне частот 150 МГц)

Поколение 1G

NMT

1979

Nordic Mobile Telephone – скандинавская двухдиапазонная аналоговая система мобильной сотовой телефонной радиосвязи операторского класса, ориентированная на покрытие больших территорий (ширина канала 12.5 кГц, рабочий диапазон частот 450 МГц и 900 МГц)

AMPS

1981

Advanced Mobile Telephone System – усовершенствованная подвижная телефонная система мобильной связи в диапазоне частот от 825 до 890 МГц (более 600 дуплексных каналов, ширина канала 30 кГц, мощность передатчика БС – 45 Вт, мощность передатчика автомобильной подвижной станции – 12 Вт, мощность передатчика переносного аппарата – 1 Вт)

TACS	1983	Total Access Communication Systems – аналоговая система радиосвязи общего пользования в частотном диапазоне 900 МГц (ширина канала 25 кГц, «Европейская версия» AMPS)
Nicar	1985	Система мобильной сотовой радиосвязи – усовершенствованная версия системы NTT (Nippon Telegraph and Telephone, Япония)
Mobitex	1988	Национальная общедоступная сеть беспроводной передачи данных – система передачи данных с общим доступом, включающая сетевую службу двусторонней пейджинговой связи (ширина канала 12.5 кГц, модуляция GMSK)

1	2	3
DataTac	1990	Двухдиапазонная система беспроводной передачи данных, типа Mobitex (ширина канала 25 кГц, диапазоны частот 403–433 МГц и 806–870 МГц, пропускная способность 19.2 кбит/с)
Поколение 2G		
PHS	1990	Personal Handy-phone System – разработанная в Японии система радиосвязи, основанная на использовании портативных телефонов, (TDMA-TDD, диапазон частот 1880–1930 МГц, скорость передачи данных до 32 кбит/с)
GSM	1991	Global System for Mobile Communications – четырехдиапазонная глобальная система мобильной сотовой связи (TDMA; диапазоны частот: 850 МГц, 900 МГц, 1800 МГц и 1900 МГц; модуляция GMSK, ширина канала 200 кГц)
Digital-AMPS	1991	Цифровой вариант аналоговой системы AMPS (FDMA, диапазон 825–890 МГц, модуляция $\pi/4$ -DQPSK, ширина канала 30 кГц)

PDC	1992	Personal Digital Cellular – стандарт персональной цифровой сотовой связи (TDMA, диапазон частот 800 МГц, ширина канала 25 кГц). Используется только в Японии
CdmaOne	1995	Первая система с CDMA-доступом и прямым расширением спектра, известная как стандарт IS-95 или TIA-EIA-95 (CDMA, рабочий диапазон частот 800 МГц, ширина канала 1.25 МГц, модуляция BPSK/QPSK)
CSD	1997	Circuit Switched Data – технология передачи данных с коммутацией каналов, изначально разработанная для систем GSM
Поколение 2.5G		
WiDEN	1996	Wideband integrated Dispatch Enhanced Network – широкополосная интегрированная диспетчерская усовершенствованная сеть (до 4 каналов по 25 кГц, пропускная способность 100 кбит/с)
GPRS	2000	General Packet Radio System – усовершенствованная технология пакетной передачи данных для систем GSM (ширина канала 200 кГц, максимальная пропускная способность 171,2 кбит/с)
HSCSD	2000	High-Speed Circuit Switched Data – усовершенствованная технология высокоскоростной передачи данных с коммутацией каналов, совместимая с GSM. Максимальная скорость передачи данных 57,6 кбит/с (качество выше, чем в GPRS)

Поколение 2.75G

cdma2000	2000	3G-эволюционный вариант развития стандарта cdmaOne (скорость передачи данных увеличена до 2,4 Мбит/с, насчитывает на сегодняшний день несколько ревизий/релизов (Revision))
EDGE	2003	Enhanced Data rates for GSM Evolution – усовершенствованная цифровая технология передачи данных для систем мобильной связи GSM (TDMA, модуляция 8-PSK, максимальная скорость передачи данных до 384 кбит/с, ширина канала 200 кГц)

1	2	3
Поколение 3G		
UMTS	1999	Universal Mobile Telecommunications System – универсальная система мобильной сотовой связи технологии W-CDMA (диапазоны частот: 850 МГц, 1900 МГц, 2100 МГц; ширина канала 5 МГц, скорость передачи данных до 2 Мбит/с)
1xEV-DO	2000	Усовершенствованная версия системы cdma2000 (IS-856) (максимальная пропускная способность по линии «вниз» – 307 кбит/с, максимальная пропускная способность по линии «вверх» – 153 кбит/с)
FOMA	2001	Freedom of Mobile Multimedia Access – первый W-CDMA 3G сервис японской торговой марки NTT DoCoMo (W-CDMA/FDD, для полос частот 1920–1980 МГц, 2110–2170 МГц)
GAN/ UNA	2006	Generic access network – сеть общего доступа, ранее известная как нелицензированный мобильный доступ. Обеспечивает мобильные услуги GSM и GPRS в нелицензируемых диапазонах частот

Поколение 3.5G

HSDPA	2006	High-Speed Downlink Packet Access – усовершенствованная технология высокоскоростной пакетной передачи данных по линии «вниз» для систем W-CDMA (скорость передачи данных до 14.4 Мбит/с)
-------	------	--

Поколение 3.75G

HSUPA	2007	High-Speed Uplink Packet Access – усовершенствованная технология высокоскоростной пакетной передачи данных по линии «вверх» для систем W-CDMA (скорость передачи данных до 5.76 Мбит/с)
-------	------	---

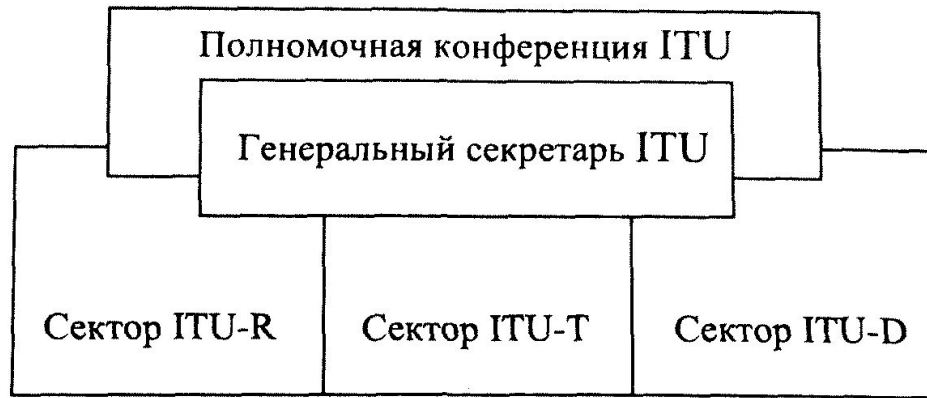
Поколение 4G

Широкое применение технологий MIMO, MultiCarrier CDMA (MC-CDMA), OFDMA, UWB и программно-реконфигурируемого радио (Software Defined Radio)

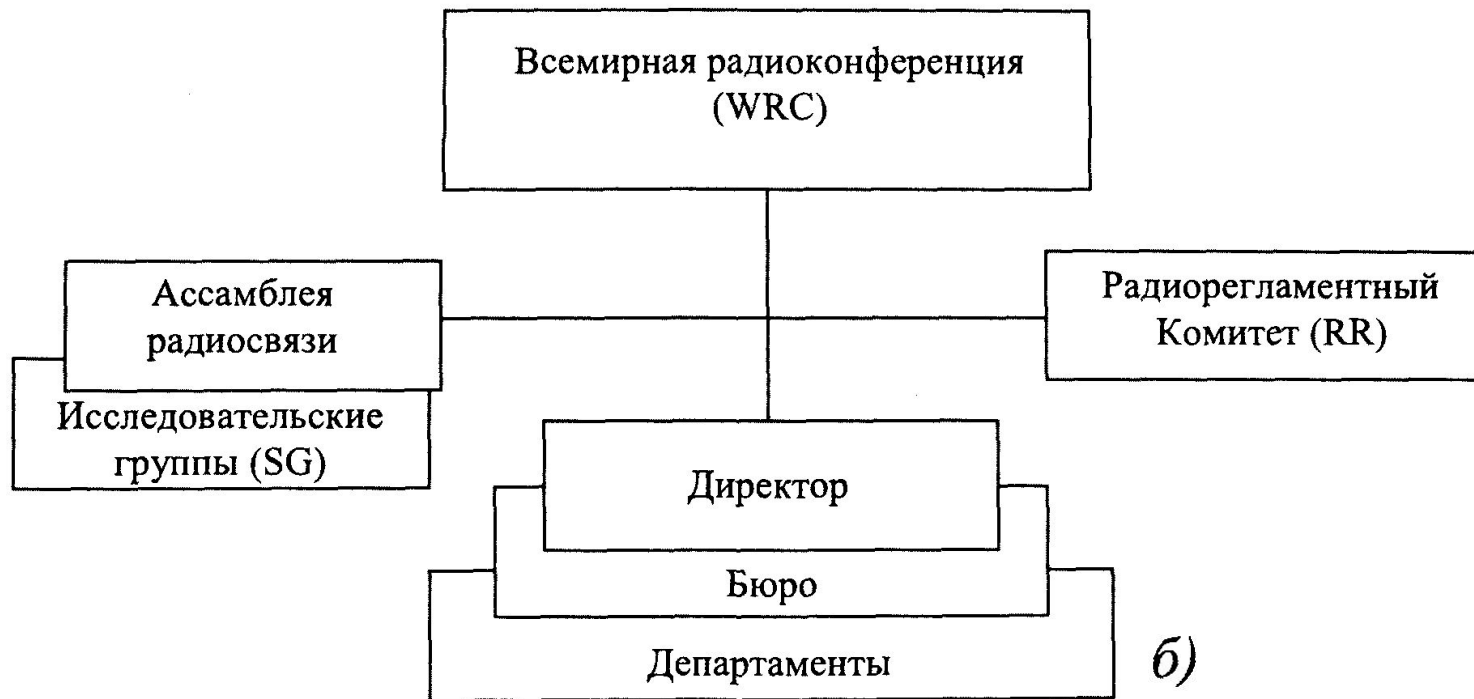
Международный Союз Электросвязи (International Telecommunication Union – ITU), явившийся инициатором реализации подвижной сотовой связи поколения 3G, представляет собой международную организацию со статусом специального агентства Организации Объединенных Наций (с 1947 г.). Его назначение состоит в гармонизации деятельности *правительственных органов* (Администраций связи) государств-членов МСЭ и *неправительственных объединений* (компаний) сферы телекоммуникаций, чья деятельность, как правило, является межгосударственной. Государства-члены (Member States) определяют состав руководящих органов Союза. В деятельности рабочих органов принимают участие негосударственные объединения в статусе членов секторов (Sector Members) и ассоциированных членов (Associates). Число государств-членов МСЭ на сегодняшний день достигло 190, а число ассоциированных членов и членов секторов превышает 110 и 590, соответственно [23].

Цели и задачи деятельности МСЭ включают:

1. обеспечение согласованного использования РЧР как мирового достояния, в доступе к которому заинтересованы все государства-члены Союза;
2. содействие разработке и распространению новых радиотехнологий, которые обеспечивают повышение эффективности использования РЧР;
3. содействие развитию технических средств телекоммуникаций с целью повышения производительности служб электросвязи;
4. содействие международной стандартизации в сфере электросвязи, а также создание базовых рекомендаций относительно стандартизации;
5. координацию деятельности государств-членов и межнациональных компаний, направленной на гармоничное развитие технологий и средств электросвязи с целью повышения эффективности использования РЧР;
6. оказание организационно-технической помощи в области электросвязи развивающимся странам.



a)



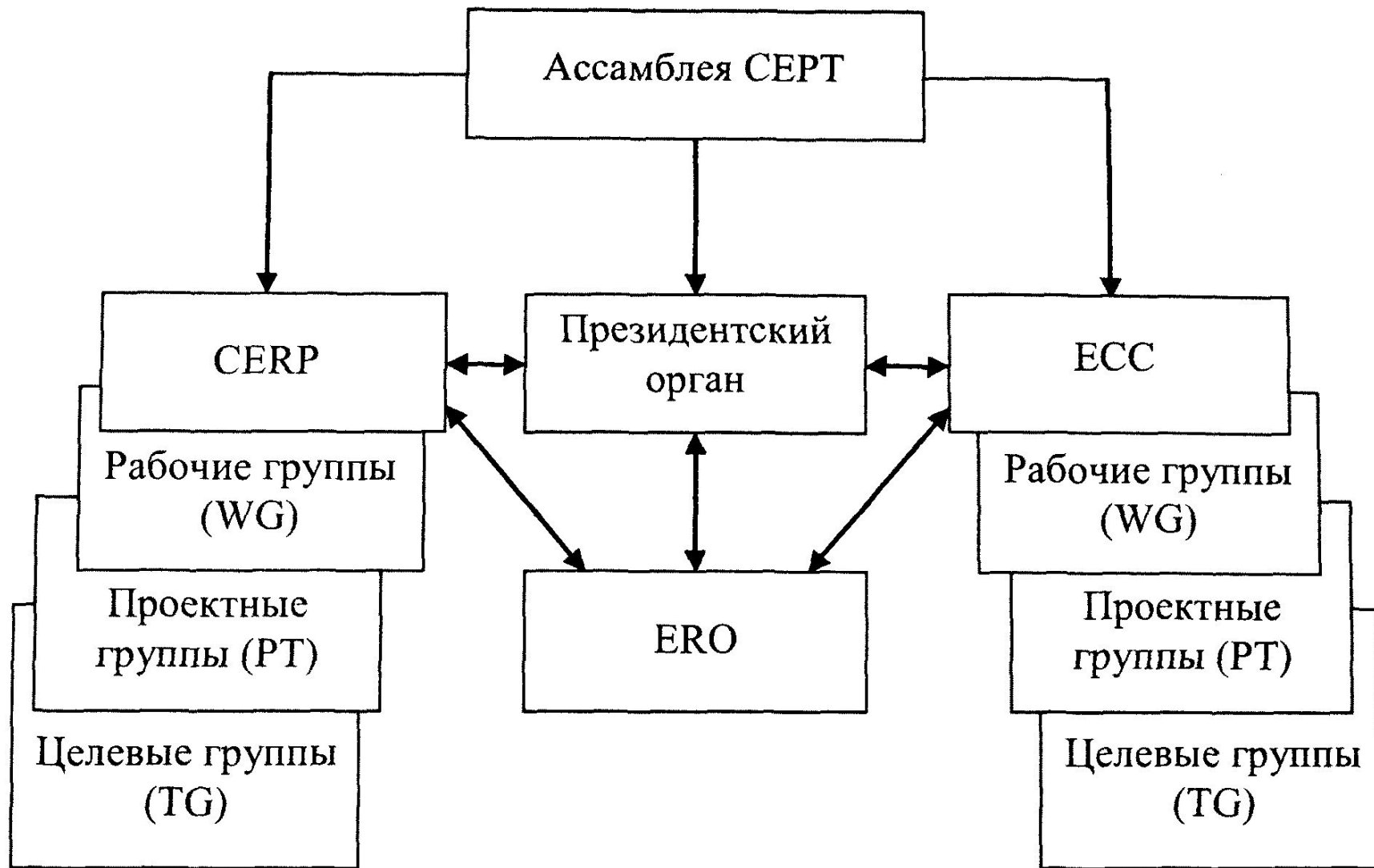
б)

Упрощенные структурные схемы органов МСЭ (а)
и сектора радиосвязи (б)

Европейская конференция Администратий почт и телекоммуникаций (European Conference of Postal and Telecommunication Administration, согласно французской аббревиатуры – СЕРТ), учрежденная в 1959 г., оказала значительное влияние на становление сотовой связи поколений 2G и 3G. Она представляет собой региональное объединение административных органов связи государств Европы. В 1988 г. по инициативе собрания директоров СЕРТ создан Европейский институт телекоммуникационных стандартов (European Telecommunication Standards Institute – ETSI). Объединение СЕРТ в настоящее время насчитывает 46 государств-членов, а в состав ETSI входят 688 членов из 59 стран мира [25].

Организационно СЕРТ включает в себя две отраслевые ветви и общие руководящие органы: 1) высший орган руководства – периодически (раз в 2 года) собираемая Ассамблея СЕРТ; 2) постоянно действующий президентский орган – «тройка» сменяемых через 1 год руководящих лиц (рис. 1.11). Отраслевые ветви СЕРТ представлены *Комитетом электронной связи* (Electronic Communication Committee – ECC) и *Комитетом почтовой связи* (European Committee for Postal Regulation – CERP), в состав которых входят рабочие органы в форме рабочих групп (Working Group – WG), целевых групп (Task Group – TG) и проектных групп (Project Team – PT). Организационно-исполнительным органом поддержки деятельности Комитетов и СЕРТ в целом является Европейский офис радиосвязи (European Radiocommunication Office – ERO).

Деятельность СЕРТ в сфере стандартизации европейской электросвязи тесно связана с деятельностью ETSI, который в настоящее время представляет собой автономную организацию. СЕРТ в лице Комитета электронной связи (ЕСС) занимается вопросами гармонизированного и эффективного использования радиочастотного спектра с учетом развития телекоммуникационных технологий. ETSI, разрабатывающий стандарты телекоммуникационных устройств и систем, согласовывает с СЕРТ/ЕСС все вопросы, касающиеся использования РЧС.



Обобщенная структура органов СЕРТ

**Сведения о профессиональных и трейдерских ассоциациях,
связанных со становлением и развитием BWN**

Разновидность BWN	Телекоммуникационные системы	Наименование и предмет деятельности ассоциации	Год создания
Сети сотовой мобильной связи	GSM (2G)	GSM Association (GSMA) Ассоциация GSM трейдеров (преимущественно операторов и производителей)	1987
	UMTS (3G)	3rd Generation Partnership Project (3GPP) Ассоциация национальных организаций стандартизации	1998
	cdma2000 (3G)	3rd Generation Partnership Project 2 (3GPP2) Ассоциация национальных организаций стандартизации	1998

Сети широко-полосного беспроводного доступа	WLAN	Wi-Fi Alliance Ассоциация компаний, обеспечивающая сертификацию изделий и внедрение WLAN	1999
	WPAN	Bluetooth Special Interest Group (SIG) Ассоциация компаний, обеспечивающих разработку спецификаций и внедрение систем	1998
		Wi Media Membership Ассоциация компаний, обеспечивающих разработку спецификаций и внедрение систем	1998
		ZigBee Alliance Ассоциация компаний, обеспечивающих разработку спецификаций и внедрение систем	1998
	WMAN	WiMAX Forum Ассоциация компаний, обеспечивающих, сертификацию и внедрение WMAN	2001
		WiMAX Spectrum Owners Alliance Ассоциация компаний, занятых внедрением систем и операторской деятельностью	–

**Перечень международных и национальных организаций,
участвующих в стандартизации BWN**

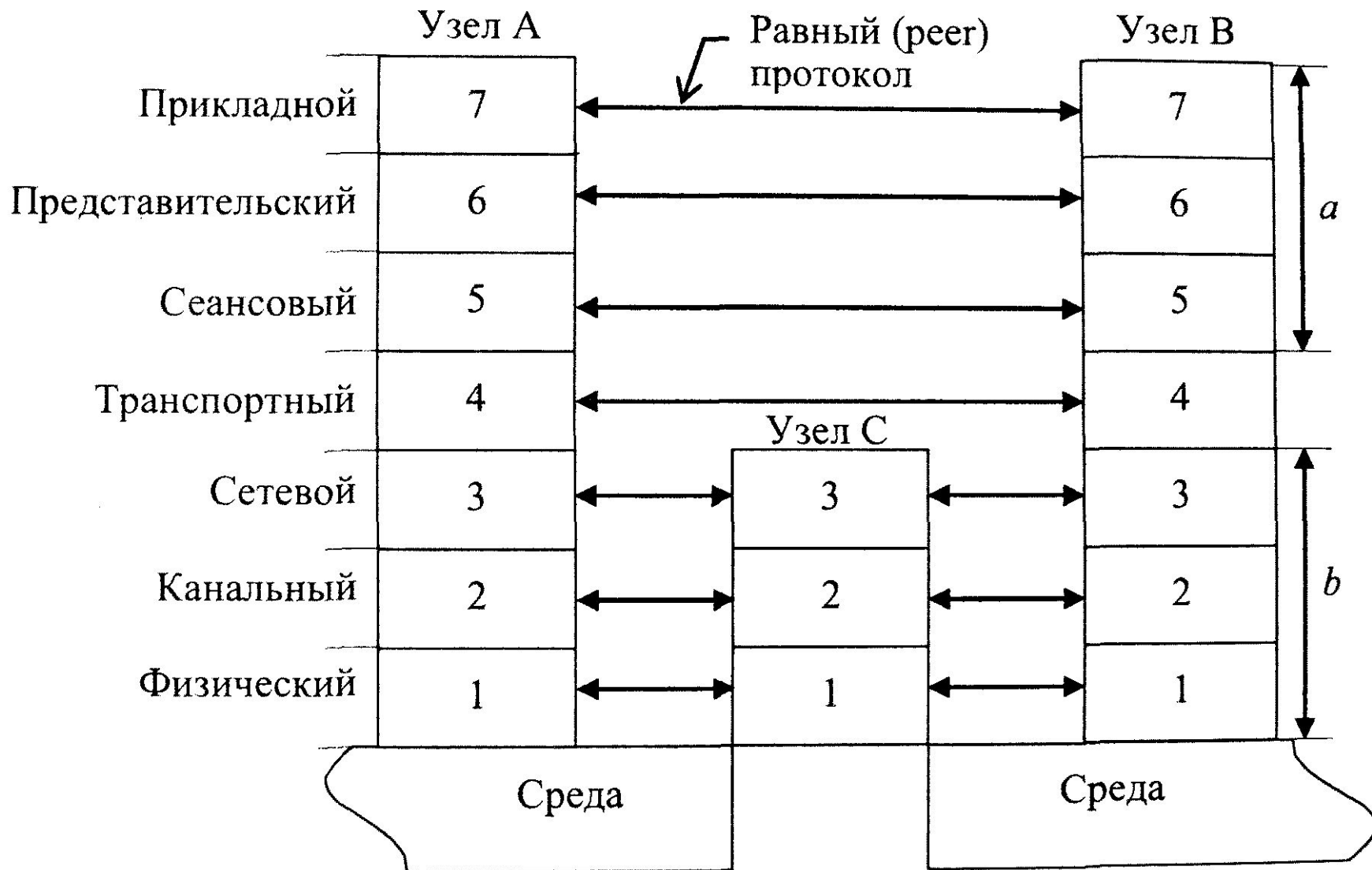
Статус организации	Аббревиатура наименования	Наименование
1	2	3
Всемирные организации	GSC	Сотрудничество в области глобальной стандартизации (Global Standards Collaboration)
	ISO	Международная организация по стандартизации (International Organization for Standardization)
	IEC	Международная электротехническая комиссия (International Electrotechnical Commission)
	ITU-T	Сектор стандартизации в области телекоммуникаций МСЭ (International Telecommunication Union – Telecommunication Standardization Sector)
	IEEE-SA	Ассоциация стандартизации Института электроники и электротехники (Standardization Association Institute of Electronics and Electrical Engineers)
Европейские организации	ETSI	Европейский Институт Телекоммуникационных Стандартов (European Telecommunication Standards Institute)
	CENELEC	Европейский комитет по стандартизации в области электротехники (European Committee for Electrotechnical Standardization)
	Есма International (Есма)	Европейская ассоциация по стандартизации информационных и коммуникационных технологий (European association for standardizing information and communication systems)

Продолжение таблицы 1.9

1	2	3
Национальные организации	TIA (США)	Ассоциация телекоммуникационной промышленности (Telecommunication Industry Association)
	ANSI (США)	Американский национальный институт стандартизации (American National Standards Institute), структурное подразделение TIA
	ATIS (США)	Альянс по решениям телекоммуникационной промышленности (Alliance for Telecommunications Industry Solutions)
	TTC (Япония)	Комитет телекоммуникационных технологий (The Telecommunications Technology Committee)
	ARIB (Япония)	Ассоциация радиоэлектронной промышленности и бизнеса (Association of Radio Industries and Business)
	CCSA (Китай)	Ассоциация коммуникационных стандартов Китая (The China Communications Standards Association)
	TTA (Корея)	Ассоциация телекоммуникационных технологий (Telecommunications Technology Association)

Перечень и функции иерархических уровней модели OSI

Номер уровня	Наименование уровня	Функции, выполняемые уровнем
7	Прикладной (Application Layer)	Обеспечивает услуги, напрямую поддерживающие приложения пользователя
6	Представительский (Presentation Layer)	Обеспечивает согласование или пересмотр синтаксиса передачи. Представление данных прикладных объектов в виде, пригодном для передачи, путем перехода от выбранного конкретного синтаксиса к согласованному (или пересмотренному) синтаксису передачи (выбирается из множества абстрактных синтаксисов), включая формат и специальные преобразования (например, сжатие/распаковка, кодирование, шифрование и пр.)
5	Сеансовый (Session Layer)	Обеспечивает управление сеансом связи (Interhost Communication)
4	Транспортный (Transport Layer)	Обеспечение «сквозных» соединений и надежности передачи (End-to-End Connections and Reliability)
3	Сетевой (Network Layer)	Определение пути передачи и логическая адресация (Path determination & logical addressing)
2	Канальный (Data Link Layer)	Обеспечение физической адресации (Physical addressing (MAC & LLC))
1	Физический (Physical Layer)	Физический транспорт сообщений, сигналов (Media, Signal and Binary Transmission)

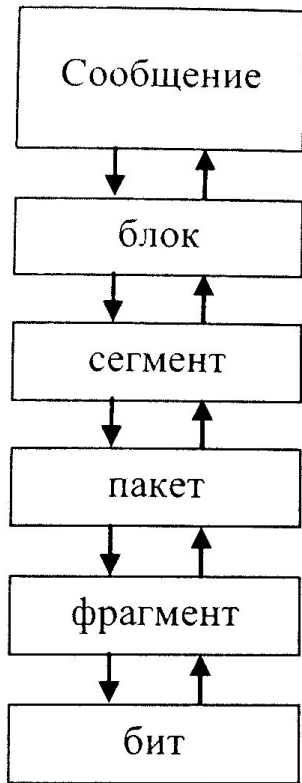


a – сетезависимые уровни

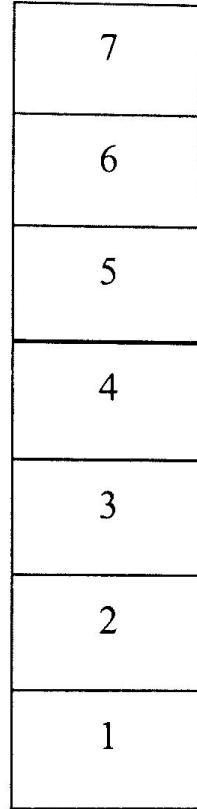
b – сетезависимые уровни

Семиуровневая архитектура модели OSI

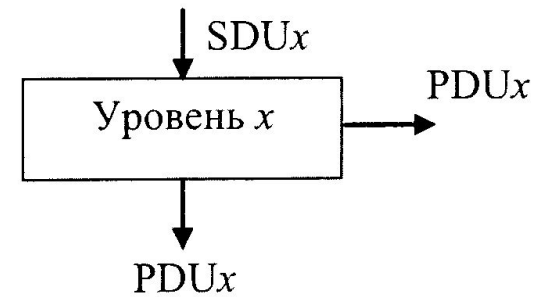
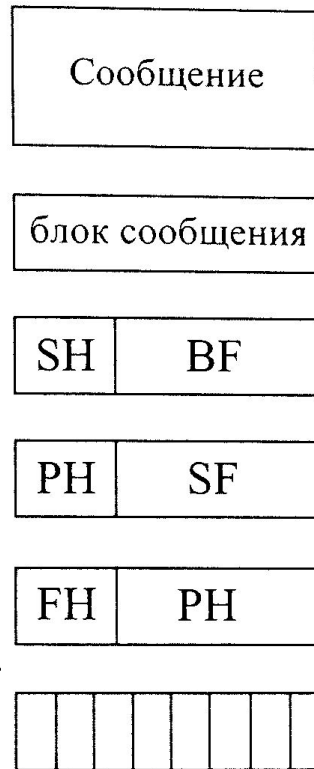
Уровневая «упаковка»
фрагментов
сообщений



Уровни
модели
OSI



Элементы
уровневой
«упаковки»



б)

а)

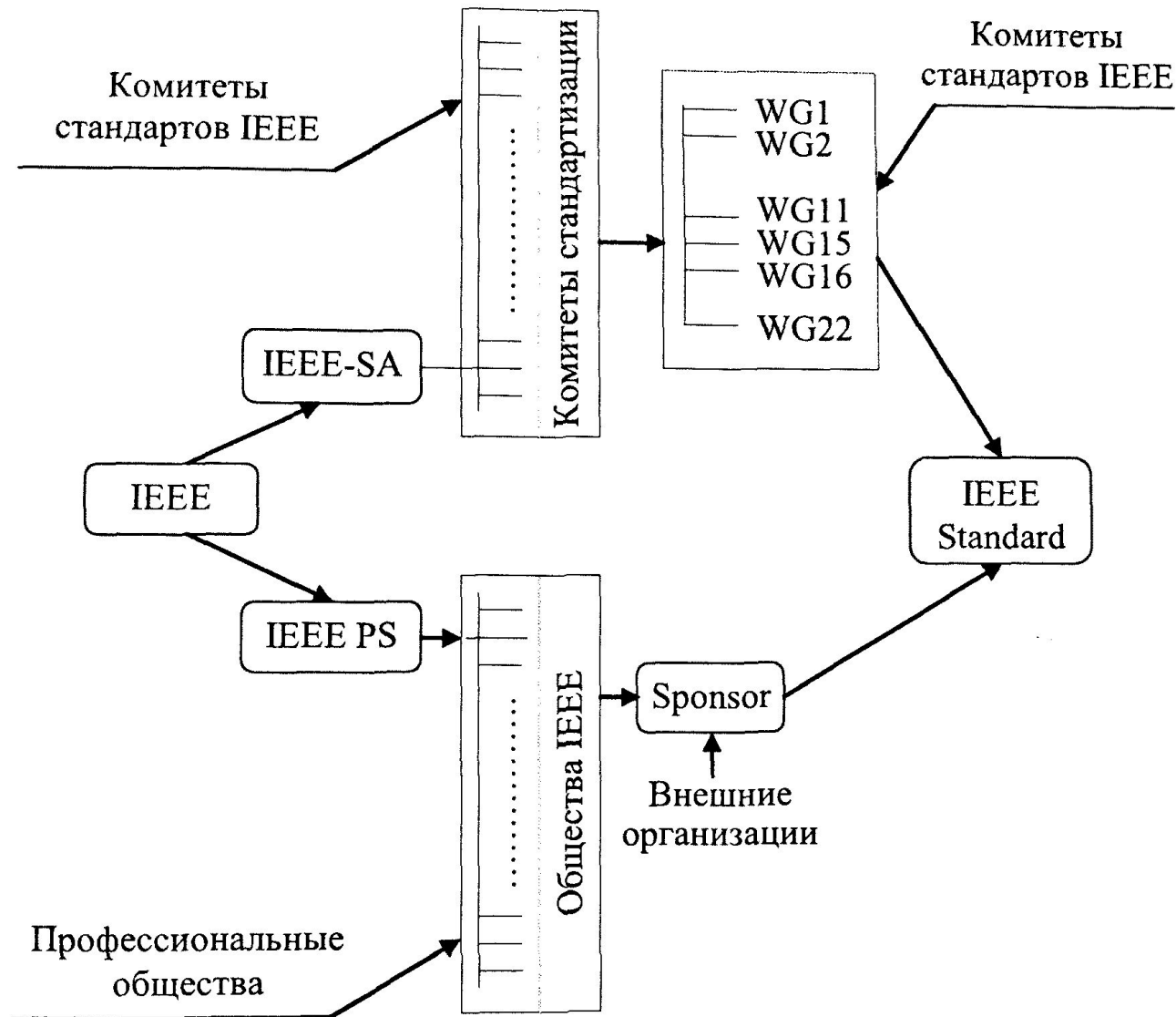
Форматы элементов данных для разных уровней модели OSI:

а) соответствие семиуровневой архитектуре;

б) формат элементов межуровневого взаимодействия.

1. *Стандарты сетей BWA*, соответствующие двум упомянутым выше аспектам стандартизации, разрабатываются различными организациями:
- *стандарты спецификаций BWN* разрабатываются ассоциацией стандартов IEEE (IEEE Standards Association – IEEE-SA), в составе которой существует комитет стандартизации локальных и муниципальных сетей: IEEE 802 LAN/MAN Standards Committee (рис. 1.15);
 - *стандарты тестовых испытаний* разрабатываются ассоциациями трейдеров, связанных с производством и внедрением сетей BWA сетей, таких как Wi-Fi Alliance, Bluetooth SIG, ZigBee Alliance. Эти же ассоциации производят сертификацию соответствующих сетей BWA.

В соответствии с целевым назначением книги, остановимся на вопросах организации разработки стандартов спецификаций. Комитет стандартов IEEE 802 является одним из многочисленных комитетов, учрежденных IEEE-SA. Номер комитета (802) отражает очередность его создания (февраль 1980 г.). Разработка стандартов LAN/MAN по тем или иным конкретным аспектам осуществляется рабочими группы (Working Group) комитета. Рабочие группы создаются при возникновении необходимости разработки соответствующих стандартов и расформируются по исчерпанию потребности в их дальнейшей деятельности.



Структура комитета IEEE 802 LAN/MAN и его взаимосвязь с другими подразделениями и внешними организациями

Перечень рабочих групп комитета IEEE 802
(IEEE 802 LAN/MAN Standards Committee)

Обозначение WG	Наименование WG	Бренд BWN
IEEE 802.1	Протоколы высших уровней LAN (Higher Layer LAN protocols)	–
IEEE 802.2	Контроль логических связей (Logical Link Control)	–
IEEE 802.3	Технология Ethernet (Ethernet)	–
IEEE 802.11	Беспроводные LAN (Wireless LAN)	WiFi
IEEE 802.15	Беспроводные PAN (Wireless PAN)	
	TG IEEE 802.15.1. Среднескоростные PAN	Bluetooth
	TG IEEE 802.15.3. Высокоскоростные PAN	WiMedia
	TG IEEE 802.15.4. Низкоскоростные PAN	ZigBee
IEEE 802.16	Широкополосный беспроводный доступ (Broadband Wireless Access)	WiMax
IEEE 802.20	Мобильный широкополосный беспроводный доступ (Mobile Broadband Wireless Access – MBWA)	WiMobile
IEEE 802.22	Беспроводные RAN (Wireless Regional Area Networks)	WiRAN

Радиочастотное обеспечение BWN

Частотные полосы, регламентированные для радиочастотного обеспечения сетей BWA

Полосы частот, МГц		Регуляторное предназначение частотных полос в соответствии с Регламентом Радиосвязи МСЭ и таблицей распределения полос частот в Европе	Разновидности сетей BWA
Границы	Ширина		
2400–2500	100	ISM (Радиорегламент и Европейская таблица) и дополнительно SRD (Европейская таблица)	PAN (Std IEEE802.15.1, IEEE802.15.3, IEEE802.15.4) LAN (Std IEEE802.11)
3400–3800	400	BWA (Европейская таблица) ¹	MAN (Std IEEE802.16)
5150–5350 5470–5725	200 255	WAS (Радиорегламент) ² и RLANs ³ (Европейская таблица)	LAN (Std IEEE802.11a, HIPERLAN) MAN (Std IEEE802.16)
5725–5875	150	ISM (Радиорегламент и Европейская таблица) и дополнительно BFWA ⁴ (Европейская таблица)	LAN (Std IEEE802.11a) MAN (Std IEEE802.16d, HIPERMAN)

Примечание:

¹ полоса предназначена для сетей BWA (Broadband Wireless Access);

² полоса предназначена для систем беспроводного доступа WAS (Wireless Access Systems);

³ полоса предназначена для беспроводных локальных сетей (Radio Local Area Network RLAN);

⁴ полоса предназначена для систем фиксированного широкополосного беспроводного доступа (Broadband Fixed Wireless Access).