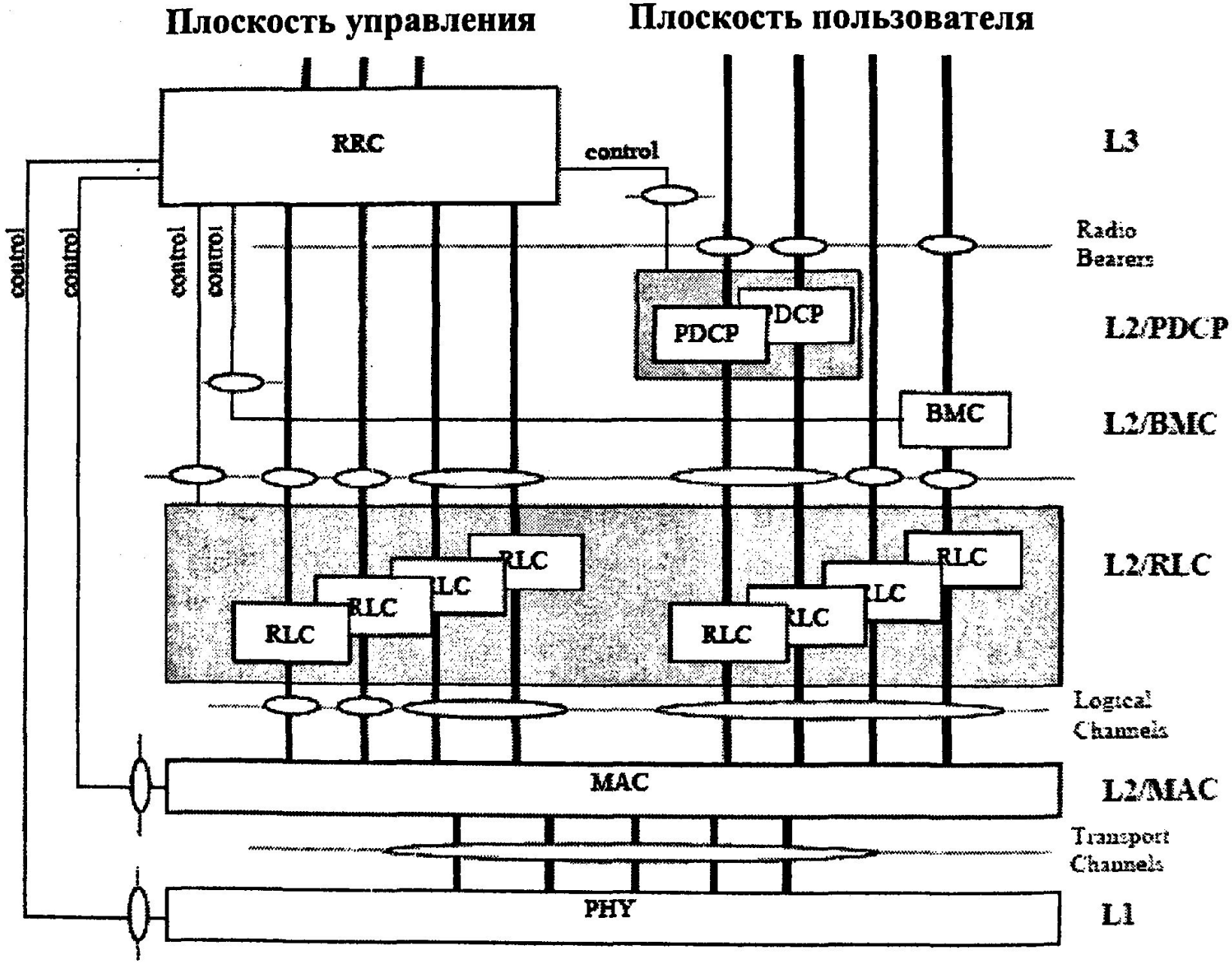
Архитектура и основные функции протоколов сети UMTS

Архитектура протоколов сети UTRAN в соответствии с рис. 6.8 также является трехуровневой и включает: физический (L1), канальный (L2) и сетевой (L3) уровни.

Канальный уровень L2 в свою очередь подразделяется на подуровни. Так, плоскость управления L2 содержит протоколы уровня управления доступом к среде (MAC) и протоколы управления радиоканалом (RLC). В плоскости пользователя дополнительно к MAC и RLC имеются два подуровня протоколов, используемых в зависимости от вида предоставляемых услуг: протокол PDCP (сходимости пакетных данных) и т.н. протокол управления широковещательной/многоадресной передачей BMC (рис. 6.9) [7]. Овалами на рис. 6.9 очерчены т.н. сервисные точки доступа – Service Access Points.

Все протоколы уровня L3 и подуровня L2/RLC также принадлежат плоскости управления или плоскости пользователя. В первой содержится несколько сетевых подуровней, самый нижний из которых отвечает за управление радиоресурсами (функция RRC – Radio Resource Control). Уровень L2 служит транспортной средой между верхними уровнями и физическим. Он обеспечивает механизмы управления сетевыми ресурсами и поддержку протоколов с учетом различных требований по достоверности передаваемых данных, качеству обслуживания и времени ожидания. Подуровень L2/RLC отвечает за организацию логических каналов между объектами сетевого уровня.

Архитектура протоколов UMTS UTRA



Уровень L2/MAC является сервисным по отношению к L2/RLC, будучи связан с ним посредством логических каналов, отвечает за доставку показателей качества услуг, запрашиваемых обслуживаемыми объектами, и за распределение ресурсов сети, минимизирующих вероятность возникновения конфликтов. К числу основных задач, решаемых на уровне L2/MAC, относятся [8,9]:

- выбор необходимого для каждого транспортного канала транспортного формата (TF) в зависимости от скорости источника сообщения. В процессе отображения данных в транспортные каналы и выбора транспортных форматов их сообщениям могут присваиваться различные категории срочности (приоритета), которые зависят от вида услуг и требований по допустимым задержкам. Услуги с ограничениями по задержке могут использовать схему резервирования пропускной способности для обеспечения гарантированного QoS:
- идентификация абонентских терминалов в общих транспортных каналах;
- мультиплексирование/демультиплексирование данных на физическом уровне подразумевает использование одного каналообразующего кода одной АС для реализации нескольких различных услуг. При передаче пакетных данных по линии «вниз» с выделением постоянного каналообразующего ортогонального кода каждому пользователю может возникнуть дефицит кодов. Для его преодоления организуется транспортный канал DSCH, где несколько АС совместно используют одинаковый каналообразующий код. При этом допускается уплотнение услуг с одними и теми же параметрами QoS.

- контроль объема трафика. MAC-протокол сравнивает объем данных, передаваемых транспортным каналом, с установленным пределом, и о результате сообщает в RRC, где при необходимости инициируется процедура реконфигурации широкополосного радиоканала и/или транспортного канала;
- коммутация между общими и выделенными транспортными каналами (решение о коммутации принимается в RRC);
- выбор класса обслуживания. Ресурсы (временные слоты и сигнатуры преамбулы для режима FDD) разделяются между различными классами обслуживания с целью обеспечения различных приоритетов использования канала;
- шифрование.

На сетевом подуровне RRC обеспечивается управление ресурсами сети, т.е. установление, реконфигурирование и завершение соединений в каналах доступа и сигнализации с учетом перемещения АС. При этом реализуются два режима управления. Первый обеспечивает обработку широковещательной информации, не связанной с предоставлением доступа конкретным АС. Второй режим обслуживает соединения с конкретными АС и обработку информационных потоков, которые по этим соединениям передаются.

Физический уровень L1 предоставляет услуги уровню L2/MAC посредством транспортных каналов, устанавливающих, каким образом и с какими параметрами будут передаваться данные. На этом уровне реализуются все функции, связанные с обеспечением доступа к радиоканалу: модуляция/демодуляция, синхронизация, переключение режимов передачи и приема, управление мощностью передатчиков.

Общая характеристика логических каналов сети UMTS

Логические каналы не являются каналами в обычном понимании этого слова. Каждый из них скорее следует рассматривать как некоторую совокупность задач, выполняемых в определенной последовательности базовой сетью и терминалом пользователя. Формируемые при этом информационные структуры преобразуются в транспортные каналы, которые собственно и осуществляют пересылку информации между АС и сетью радиодоступа UTRAN [1].

К каналам передачи трафика относятся:

- двунаправленный выделенный канал трафика (DTCH), выделенный некоторой АС для передачи целевого трафика;
- общий канал трафика (CTCH) – широкополосный канал для групповой передачи общего информационного трафика (всех абонентов или их группы).

К каналам управления относятся:

- широковещательный (трансляционный) канал управления (BCCH) (по линии вниз). Этот канал служит для оповещения АС базовой станцией о текущем состоянии обмена служебной информацией – об обстановке радиосвязи (кодах, используемых в собственной и соседних сотах, уровнях разрешенной мощности и т.д.);
- канал управления поисковым вызовом (PCCH) – нисходящий канал, несущий информацию поискового вызова для определения точного местоположения АС;
- выделенный канал управления (DCCH), передающий управляющую информацию для активации логического соединения в обоих направлениях;
- общий канал управления (CCCH). Двунаправленный канал для передачи общей для всех АС управляющей информации (по транспортным каналам RACH/FACH). Для идентификации каждой из нескольких одновременно использующих его АС и определения маршрута пересылки сообщений в соответствующий контроллер RNC используют уникальный признак U-RNTI. В целом различают *общие* каналы управления (CCCP), *выделенные* каналы управления (DCCH) и *закрепленные* каналы управления (за конкретным абонентом).

По существу, на уровне логических каналов определяется идеология функционирования сети UTRAN в целом и виды предоставляемых в ней услуг. К основным из решаемых с помощью логических каналов задач относятся:

- уведомление абонентского терминала (по логическому каналу, называемому трансляционным каналом управления BCCH) о текущей обстановке радиосвязи, которая включает информацию о кодах, используемых в активной и соседних сотах, разрешенном уровне мощности и др.;
- вызов абонента (по логическому каналу поискового вызова PCCH);
- управление задачами, общими для абонентских терминалов данной соты, с использованием общего канала управления CCCH. Поскольку в канале CCCH может работать несколько АС одновременно, для идентификации абонента используется специальный признак U-RNT.I. На основе анализа данного признака сеть определяет маршрут пересылки полученных сообщений в контроллер RNC;
- обслуживание абонентского трафика по логическому каналу, называемому каналом трафика DTCH и передача общего трафика по всенаправленному каналу CTCH (в линии «вниз») всем АС или их конкретной группе в соте.

Транспортные каналы сети UMTS

Тип транспортного канала UTRAN определяется форматом транспорта информации, характеризуемого некоторой комбинацией параметров кодирования, перемежения, битовой скорости, а также способом отображения данных в формат физического канала. Он определяется по каналу сигнализации или детектируется «вслепую» – с периодом 10 мс (для каждого кадра).

Различают три категории транспортных каналов UTRAN: общие, выделенные и совмещенные. Ресурс общего канала делится между всеми пользователями соты или внутри некоторой группы пользователей, тогда как ресурс выделенного канала, определяемого конкретным каналообразующим кодом, полностью предоставляется в распоряжение одного пользователя.

Общие каналы могут использоваться для сигнализации перед установлением соединения или же для немедленной передачи пакетов без длительного времени установления (что является одним из их преимуществ). В UTRAN определены пять типов общих транспортных каналов [10]:

- канал произвольного доступа RACH (Random Access Channel) для передачи управляющей информации абонентского терминала по запросу на установление соединения. Он также используется для передачи небольших объемов пакетных данных от терминала в сеть (текстовые сообщения, электронная почта, запрос на загрузку web-страниц);

- канал прямого доступа FACH (Forward Access Channel) для передачи управляющей информации по линии «вниз» абонентам с известным местонахождением в соте, или небольших объемов данных (короткие текстовые сообщения, E-mail). Контроллер RNC на запрос о произвольном доступе отправляет терминалу ответ, доставляемый тому по каналу FACH. Канал FACH также предполагается использовать для управления диаграммой направленности антенны. В одной соте может быть создано множество каналов FACH, причем один (с низкой скоростью передачи) должен обеспечивать уверенный прием в пределах всей зоны обслуживания, остальные же могут быть высокоскоростными;
- канал пейджинга PCH (Paging Channel) – нисходящий канал, используемый для передачи поискового вызова (в сотах, покрывающих область предполагаемого местонахождения абонента);
- широковещательный канал BCH (Broadcast Control Channel), используемый в целях передачи специальной информации сети UTRAN или данной соты (в частности, он содержит информацию о доступных кодах и слотах в соте, методах разнесения передачи, используемых в других каналах для этой соты и др.). Для регистрации абонентского терминала в сети информация транспортного канала BCH обязательно должна быть в нем декодирована. Сигналы канала BCH во всей зоне покрытия соты должны приниматься с гарантированным качеством;
- общий канал пакетных данных CPCH (Common Packet Channel), используемый для передачи небольших объемов данных в линии «вверх» (например, коротких текстовых сообщений и сообщений электронной почты, запросов на загрузку web-страниц).

Кроме общих транспортных каналов, необходимых для работы сети, в UTRAN имеются каналы, использование которых не является обязательным и определяется сетевой конфигурацией. Эти каналы служат для передачи информации, относящейся к процедурам физического уровня:

- прямой разделяемый канал DSCH, используемый для передачи небольших объемов управляющей информации по линии «вниз». Каждый код используется несколькими абонентами, а скорость передачи может изменяться от одного кадра к другому;
- канал синхронизации SCH (для входа абонентского терминала в синхронизм с базовой станцией). Данные этого канала декодируются первыми при включении АС или ее вхождении в зону радиопокрытия;
- общий пилот-канал CPICH для оценивания характеристик выделенных каналов данных и управления, измерения уровня мощности сигнала при принятии решения о хэндовере и начальном выборе доступной соты;
- отдельную группу составляют каналы индикации (AICH – индикации занятости, PICH – индикации вызова, а также CSICH – индикации статуса и CD/CA-ICH – обнаружения конфликтов/присвоения.

Единственным *выделенным транспортным каналом* в UTRAN является DCH (Dedicated Channel), передающий всю предназначенную конкретным пользователям информацию, поступающую с уровней выше физического (включая данные для фактического сервиса и управляющую информацию высокого уровня).

Совмещенный транспортный канал используется для передачи разделяемых по времени потоков пакетированных данных нескольких источников по одному физическому каналу. В UTRAN таким каналом является *нисходящий канал* DSCH.

Выбор используемого канала в зависимости от типа услуги, требований по задержке, объема данных, загрузки общих и совмещенных каналов, а также текущих параметров физического канала (например, уровня мощности помех в радиолинии) осуществляется реализованным в контроллере RNC планировщиком пакетов.

Обычно транспортные каналы мультиплексируются в единый поток данных, отображаемый на один или несколько физических каналов. Однако существует и альтернативный подход к мультиплексированию услуг за счет использования т.н. *составных кодированных транспортных каналов* CCTrCH [11,12] (Coded Composite Transport Channel), позволяющих отображать несколько потоков данных на один или несколько физических каналов одновременно. По-существу, при этом несколько различных транспортных каналов кодируются и мультиплексируются вместе в один канал CCTrCH.

С точки зрения доступа в сеть UTRA задача отображения логических каналов состоит в возможно более полном использовании общих транспортных каналов, т.к. выделенные каналы всегда занимают дополнительные радиоресурсы. Отображение логических каналов UTRA на транспортные каналы по линии «вниз» показано на рис. 6.10, а по линии «вверх» – на рис. 6.11 [7].

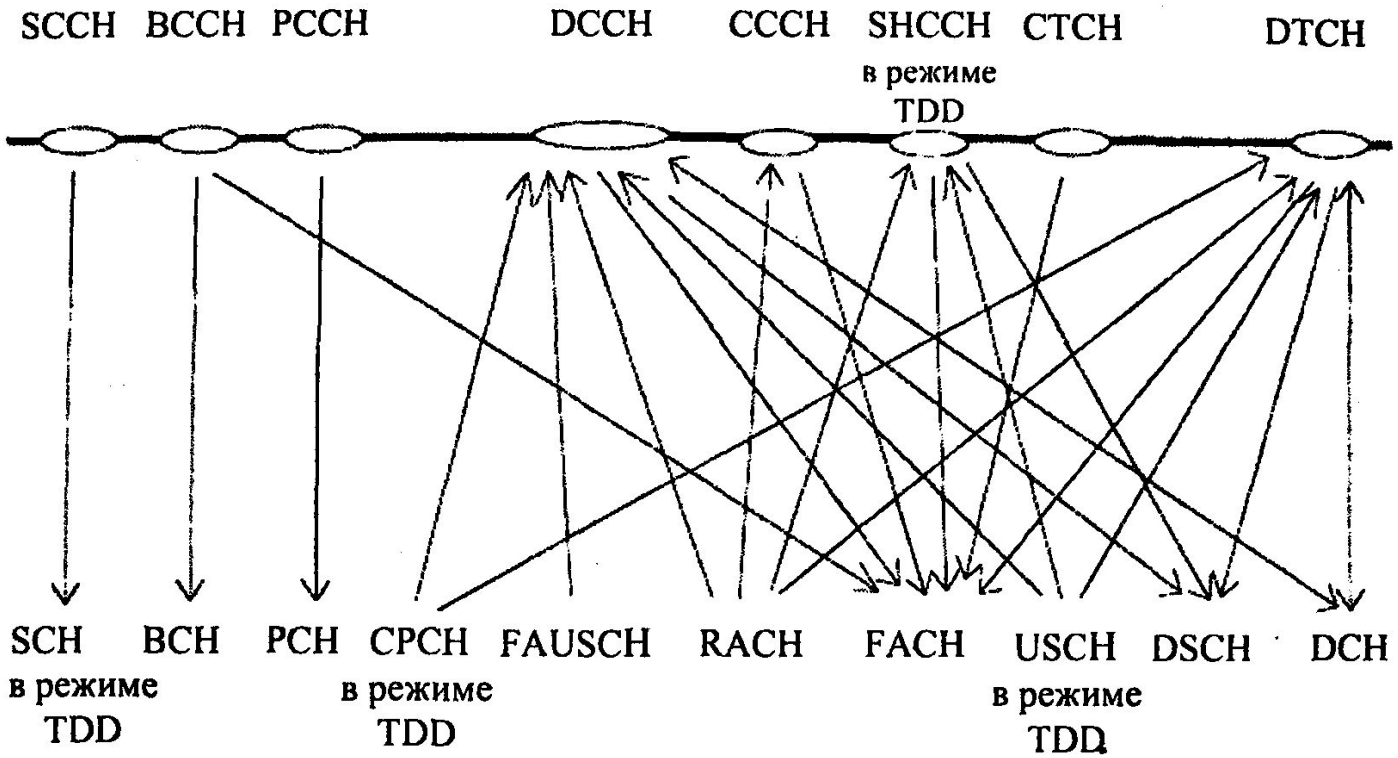


Рис. 6.10. Отображение логических каналов UTRA на транспортные каналы (линия «вниз») [7]

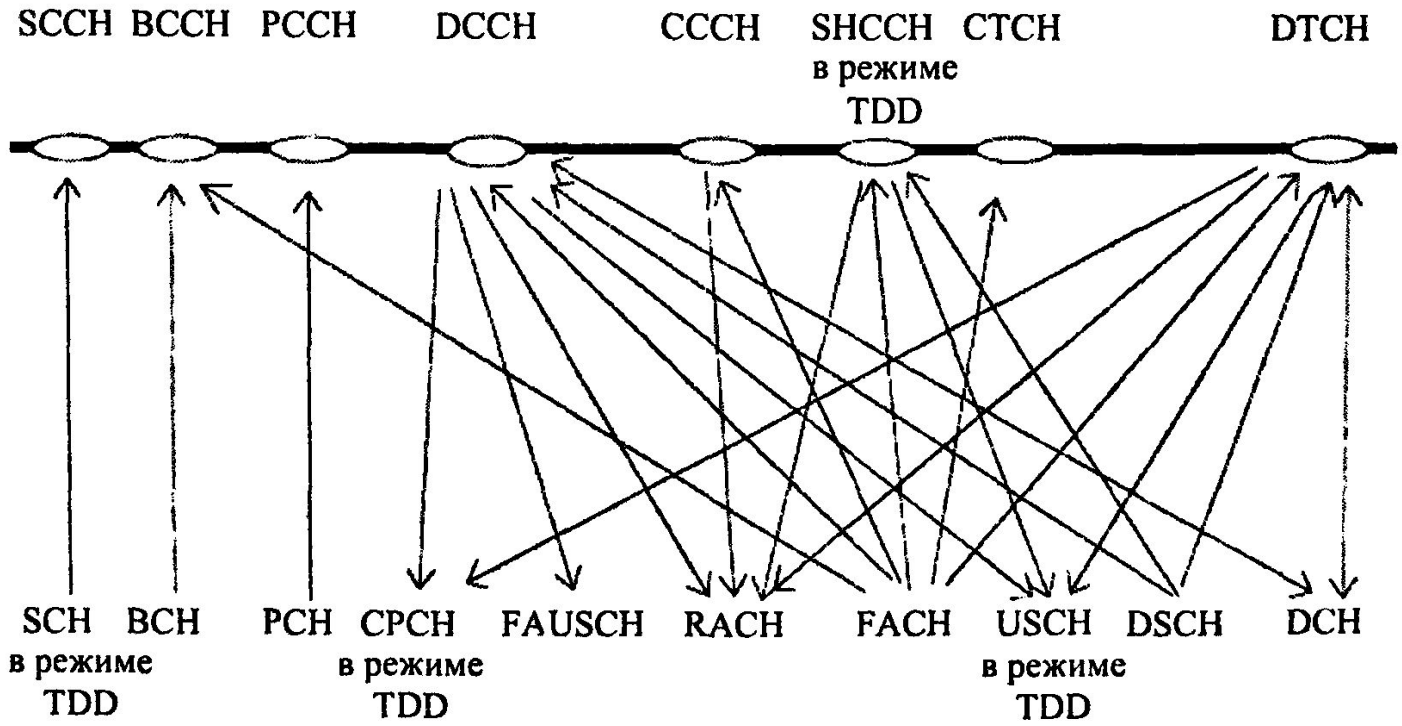


Рис. 6.11. Отображение логических каналов UTRA на транспортные каналы (линия «вверх») [7]

В линии «вверх» необходимыми являются три логических канала: общий канал управления CCCH, выделенный информационный канал DTCH и выделенный канал управления DCCH, а также три транспортных канала: канал произвольного доступа RACH, выделенный канал DCH и общий пакетный канал CPCH.

Архитектура радиоинтерфейса в системе UMTS

На физическом уровне стандарт UMTS описывает порядок передачи данных через радиоинтерфейс и параметры радиоканала, существенные с точки зрения организации передачи сообщений без учета структуры данных. Таким образом, под физическим уровнем UMTS UTRAN подразумевается совокупность процедур и средств, непосредственно участвующих в обмене данными между БС и МС. К таким средствам (процедурам) относятся:

- согласование информационных потоков, поступающих по транспортным каналам, по скорости;
- мультиплексирование и демультиплексирование данных, поступающих с верхних уровней;
- отображение транспортных каналов на физические и комбинирование физических каналов;
- помехоустойчивое (корректирующее) кодирование;
- модуляция, расширение спектра и корреляционное сжатие сигналов в физических каналах;
- обеспечение частотной и временной синхронизации;
- измерение параметров канала и управление мощностью излучения по замкнутой петле;
- радиочастотная обработка сигналов.

Отображение транспортных каналов на физические каналы

Транспортные каналы		Физические каналы
Dedicated Channel (DCH)	→	Dedicated Physical Data Channel (DPDCH)
	→	Dedicated Physical Control Channel (DPCCH)
Random Access Channel (RACH)	→	Physical Random Access Channel (PRACH)
Common Packet Channel (CPCH)	→	Physical Common Packet Channel (PCPCH)
	→	Common Pilot Channel (CPICH)
Broadcast Channel (BCH)	→	Primary Common Control Physical Channel (P-CCPCH)
Forward Access Channel (FACH)	→	Secondary Common Control Physical Channel (S-CCPCH)
Paging Channel (PCH)	→	
Downlink Shared Channel (DSCH)	→	Synchronization Channel (SCH)
	→	Physical Downlink Shared Channel (PDSCH)
	→	Acquisition Indicator Channel (AICH)
	→	Access Preamble Acquisition Indicator Channel (AP-AICH)
	→	Paging Indicator Channel (PICH)
	→	CPCH Status Indicator Channel (CSICH)
	→	Collision-Detection /Channel-Assignment Indicator Channel (CD/CA-ICH)

Для восходящей линии в UMTS существуют два типа общих транспортных каналов: канал случайного доступа RACH и канал пакетной передачи CPCH.

Передача данных по радиоинтерфейсу UTRAN осуществляется посредством транспортных каналов, которые на физическом уровне отображаются на различные физические каналы [10,13].

- В выделенном транспортном канале DCH (аналогичные каналы существуют в восходящем и нисходящем направлениях) пересылается информация каналов DCCH и DTCH.
- В транспортном канале RACH передается информация управления от МС в сеть UTRAN, например запросы на установление соединения. Кроме того, в канале RACH транслируются пакетные данные небольшого размера.
- Общий транспортный канал CPCH предназначается для пересылки пакетных данных. Он является своего рода продолжением канала RACH.
- Аналогией канала CPCH в нисходящем направлении является FACH. Когда передаваемая информация собирается из логических каналов и преобразуется на уровень транспортных каналов, она находится в формате готовности к пересылке. К началу передачи транспортные каналы компонуются для обеспечения организации их взаимодействия с физическими каналами по установленным в сети протоколам.
- Для передачи сообщений широковещательного канала BCH (последний содержит системную информацию, адресуемую всем МС данной соты) задействован первичный общий физический канал управления P-CCPCH.

- При известном местоположении МС канал доступа FACH, по которому БС посылает управляющую информацию МС, отображается на вторичный физический канал управления S-CCPCH, а при неизвестном местоположении этой цели служит канал вызова PCH, отображаемый на тот же физический канал S-CCPCH и, частично, на канал синхронизации SCH.
- Наконец, групповой канал DSCH, используемый БС для связи с несколькими МС сразу, отображается одновременно на шесть разных физических каналов.

В общем случае, взаимные соответствия физических и транспортных каналов UMTS достаточно сложны (табл. 6.2 [10]) и имеют свои особенности в нисходящем и восходящем направлениях передачи.

Физические каналы сети UTRAN

Общая характеристика физических каналов. Физические каналы в сети UMTS используются для взаимодействия между абонентским терминалом и базовой станцией по радиоинтерфейсу Uu (см. раздел 6.1). «Идеологически» физические каналы отделены от верхних уровней UMTS, что позволяет рассматривать среду радиодоступа в качестве независимого нижнего уровня взаимодействия подсистем. Каждый физический канал имеет свой расширяющий код, позволяющий различать его среди других каналов.

Различают два типа физических каналов: общие и выделенные. Если первые доступны многим абонентским терминалам в пределах обслуживаемой соты, то вторые используются только одним терминалом. По общим физическим каналам передаются пилот-сигналы, принимаемые всеми абонентскими терминалами соты, вызовы и другая управляющая информация. По выделенному каналу передаются данные пользователей, команды управления мощностью передатчика и диаграммой направленности антенны, а также сведения о скорости передачи.

В радиоинтерфейсе UTRA определены два типа выделенных физических каналов: выделенный физический канал данных DPDCH и выделенный физический канал управления DPCCH. Первый служит для передачи данных с использованием логического транспортного канала DCH, причем на каждое соединение приходится один или несколько каналов DPDCH. Другой, DPCCH, применяется для передачи управляющей информации. Несколько дополнительных каналов используются для обеспечения различных служебных функций. Полный перечень использующихся в режиме FDD (W-CDMA) физических каналов приведен в табл. 6.3.

Перечень физических каналов UMTS в режиме FDD

	Канал	**Полное наименование канала**
БС ← АС	**PCPCH**	Physical Common Packet Channel Физический пакетный канал общего назначения
БС ← АС	**PRACH**	Physical Random Access Channel Физический канал произвольного доступа
БС ↔ АС	**AICH**	Acquisition Indicator Channel Канал индикации захвата
БС ↔ АС	**P-SCH**	Primary Synchronization Channel Первичный канал синхронизации
БС → АС	**S-SCH**	Secondary Synchronization Channel Вторичный канал синхронизации
БС → АС	**P-CCPCH**	Primary Common Control Physical Channel Первичный канал управления общего назначения

БС → АС	**S-CCPCH**	Secondary Common Control Physical Channel Вторичный канал управления общего назначения
БС → АС	**DPDCH**	Dedicated Physical Data Channel Выделенный физический канал передачи данных
БС → АС	**DPCCH**	Dedicated Physical Control Channel ·Выделенный физический канал управления
БС → АС	**PDSCH**	Physical Downlink Shared Channel Физический разделяемый канал линии «вниз»
БС → АС	**CSICH**	CPCH Status Indicator Channel Канал отображения состояния транспортного канала CPCH
БС → АС	**CPICH**	Common Pilot Channel Пилотный канал общего назначения
БС → АС	**PICH**	Paging Indicator Channel Канал пейджинга и индикации
БС → АС	**CD/CA-ICH**	Collision-Detection/Channel-Assignment Indicator Channel (CD/CA-ICH) Канал обнаружения конфликта/индикации захвата (канала)
БС → АС	**AP-AICH**	Access Preamble Acquisition Indicator Channel Канал индикации захвата преамбулы доступа