

## 2 Sistema WCDMA

Este capítulo apresenta a estrutura da interface aérea do sistema WCDMA. A interface rádio encaixa-se na arquitetura SMTU como meio de acesso aos serviços disponíveis na rede. O terminal de acesso pode utilizar aplicações e serviços disponíveis na rede desde que disponha das funcionalidades necessárias para isto.

A estrutura de protocolos concebida para a interface rádio é baseada no emprego de camadas e planos logicamente independentes entre si. Isto assegura que alterações realizadas em partes das estruturas dos protocolos não impliquem alterações e adaptações das outras partes.

O padrão WCDMA prevê dois modos de operação, caracterizados pelo método de duplexação [1]: FDD (multiplexação por divisão de frequência), para operar com bandas de frequência pareadas, e o TDD (multiplexação por divisão de tempo), para operação em bandas de frequência não-pareadas. Neste trabalho são analisados os sistemas FDD.

A taxa de chip (taxa de transmissão do sinal espalhado) do sistema é de 3.84 Mcps. O comprimento do quadro é de 10 ms e cada quadro é dividido em 15 slots (2560chip/slot para taxa de chip de 3.84 Mcps). O fator de espalhamento varia de 4 até 256 no uplink e de 4 até 512 no downlink, dependendo dos requisitos de qualidade de serviço (QoS) e da condição do canal de propagação. Conseqüentemente, a taxa de modulação de símbolo varia de 960 K símbolos/s até 15 K símbolos/s no uplink ou 7.5 K símbolos/s no downlink.

Para separar sinais da mesma fonte, uma canalização do tipo *orthogonal variable spreading factor (OVSF)* é utilizada. No downlink, *Gold codes* com período de 10 ms (38400 chips com taxa de 3.84Mcps) são utilizados para separar células diferentes, com comprimento do código sendo de  $2^{18}-1$  chips. No uplink, são utilizados *Gold codes* com períodos de 10 ms ou *short codes* com período de 256-chip para separar usuários diferentes.

A codificação de canal é indicada pelas camadas superiores. É utilizado bit interleaving reduzir os erros de transmissão. O esquema de modulação utilizado é o QPSK.

## 2.1. Especificações WCDMA

A descrição da interface aérea apresentada aqui é baseada na especificação 3GPP *wideband CDMA*. As principais características especificadas estão listadas na tabela 1. A camada física é especificada na série TS25 da especificação 3GPP [1].

Nos sistemas de terceira geração 3GPP, a arquitetura SMTU compreende as seguintes partes: equipamento do usuário (UE), SMTU *Terrestrial Radio Access Network (UTRAN)* e *Core Network (CN)*. A interface rádio (Uu) e a interface CN-UTRAN (Iu) são os pontos de referência entre os subsistemas. Os protocolos sobre as interfaces Uu e Iu são divididos em duas subestruturas: protocolos do plano do usuário ou seja, protocolos que implementam o atual serviço de radio access bearer (RAB) e protocolo do plano de controle ou seja, os protocolos para controle de radio access bearers e a conexão entre o UE e o CN.

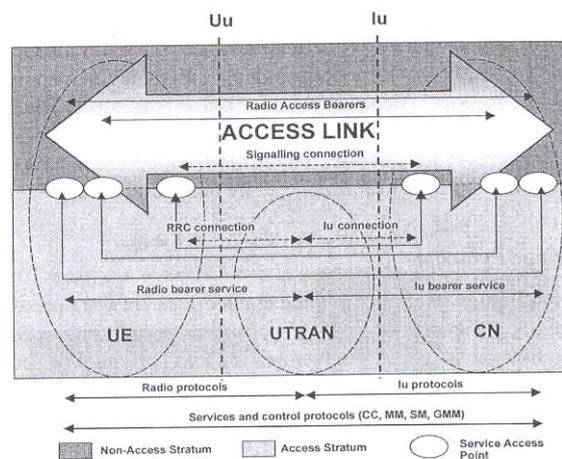


Figura 2.1 – Estrutura do link de acesso

Banda do Canal	5 MHz
Modo de duplexação	FDD e TDD
Estrutura do canal de downlink RF	Direct spread
Taxa de Chip	3.84 Mbps
Tamanho do Quadro	10 ms
Modulação	QPSK balanceado (downlink) Dual-Channel QPSK (uplink)
Modulação dos dados	QPSK (downlink) BPSK (uplink)
Codificação do Canal	Códigos convolucionais e turbo
Deteção Coerente	User dedicated time multiplexed pilot (downlink e uplink), common pilot no downlink
Multiplexação do Canal no Downlink	Canais de controle e de dados multiplexados no tempo
Multiplexação do Canal no Uplink	Canais de controle e de dados multiplexados no tempo Multiplexação I&Q para canais de controle e dados
Multi Taxa	Espalhamento Variável e multicode
Fator de Espalhamento	4-256 (uplink), 4-512 (downlink).
Controle de Potência	Open and fast closed loop (1.6KHz)
Espalhamento (downlink)	Seqüências OVFS para separação de canais Seqüências <i>Gold</i> $2^{18}-1$ para separação de usuários e de células
Espalhamento (uplink)	Seqüências de OVFS, Seqüências <i>Gold</i> $2^{41}$ para separação de usuários.
Handover	Soft handover Interfrequency handover

Tabela 2.1- Parâmetros do WCDMA

## 2.2. Arquitetura de Protocolo

A interface aérea é dividida em três camadas de protocolo [1]:

- Camada Física (camada 1, C1)
- Camada de Dados (camada 2, C2)
- Camada de Rede (camada 3, C3)

A camada de dados C2 possui as seguintes subcamadas: *Medium Access Control (MAC)*, *Radio Link Control (RLC)*, *Packet Data Convergence Protocol (PDCP)* e *Broadcast/Multicast Control (BMC)*. A subcamada RLC é subdividida

entre os planos do usuário (U) e o controle (C), enquanto que PDCP e BMC existem apenas no plano do usuário.

A camada de rede consiste de um protocolo, denominado *Radio Resource Control (RRC)*, que pertence ao plano de controle.

A camada física interfaceia com a subcamada MAC e com a *radio resource control (RRC)*, subcamada da camada 3. A camada física oferece diferentes canais de transporte para MAC. Um canal de transporte é caracterizado pelo modo como a informação é transferida sobre a camada rádio.

Canais de transporte são canais codificados e mapeados nos canais físicos especificados na camada física. MAC, oferecendo diferentes canais lógicos para o link de controle de rádio (RLC), subcamada da camada 2.

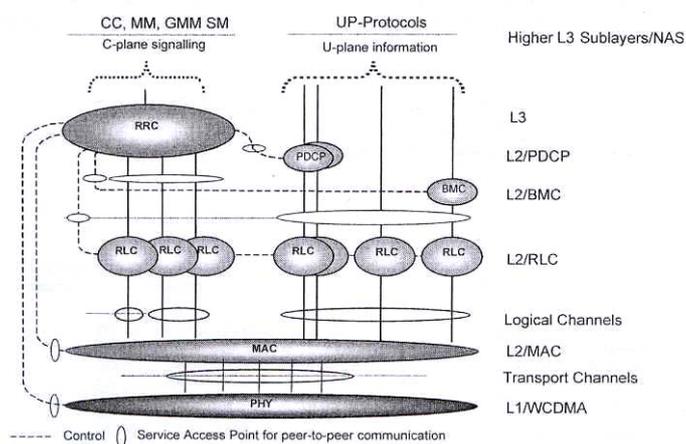


Figura 2.2 – Arquitetura de protocolo

### 2.2.1. Canais Lógicos

A subcamada MAC provê serviço de transferência de dados em canais lógico. Esta camada é responsável por mapear canais lógicos em canais de transporte. A subcamada MAC possibilita um uso eficiente dos canais de transporte, sendo responsável pela seleção apropriada do formato de transporte em função das características instantâneas da fonte de dados.

A subcamada MAC tem como principais funções:

- mapeamento dos canais lógicos nos canais de transporte apropriados;
- gerenciamento de priorização dos fluxos de dados de um terminal;
- identificação dos terminais para transmissão em canais de transporte de uso comum;
- multiplexação de dados das camadas superiores em blocos entregues à camada física em canais de transporte comum e dedicados;
- monitoração do volume de tráfego;
- chaveamento de tipo de canal de transporte ( comum ou dedicado, por exemplo, dinamicamente)
- cifragem;
- seleção de classe de serviço de acesso (ASC) para transmissão via canal de acesso aleatório ( que permite a transmissão com diferentes parâmetros de qualidade).

Um conjunto de tipos de canais lógicos é definido para diferentes serviços de transmissão de dados oferecidos pela subcamada MAC. Cada tipo de canal lógico é definido pelo tipo de informação a ser transferida. Os canais lógicos são divididos em dois tipos:

- canais de controle para transferência de informações do plano de controle;
- canais de tráfego para transferência de informações do plano do usuário.

#### **2.2.1.1. Estrutura dos Canais Lógicos**

Como pode ser observado na descrição dos canais lógicos, eles representam uma forma de organização do fluxo de informação, não sendo implementados fisicamente. São divididos em canais de controle e canais de tráfego.

**Canais de Controle (CCH):**

*Broadcast Control Channel (BCCH):* canal utilizado no downlink para broadcast de informações de controle do sistema.

*Paging Control Channel (PCCH):* canal de downlink utilizado para transferência de informações de paging utilizadas quando a rede não reconhece a posição na célula de uma estação móvel ou a estação base está na célula no modo de conexão ativo (utilizando procedimentos de sleep mode).

*Dedicated Control Channel (DCCH):* canal bidirecional ponto a ponto que transmite informações de controle dedicadas entre a estação móvel e a rede. Esse canal é estabelecido através dos procedimentos da conexão RRC.

*Common Control Channel (CCCH):* canal de transporte bidirecional para transmissão de informações de controle entre os terminais e a rede.

**Canais de Tráfego (TCH):**

*Dedicated Traffic Channel (DTCH):* canal ponto a ponto, dedicado a uma estação móvel para transferência de informações sobre o usuário. Pode existir tanto no downlink como no uplink.

*Common Traffic Channel (CTCH):* canal unidirecional que permite a transferência informações de usuário para um ou mais terminais.

*ODMA Dedicated Traffic Channel (ODTCH):* canal ponto a ponto, dedicado a uma estação móvel para transferência de informações do usuário entre estações móveis. Um ODTCH existe em um link repetidor.

**2.2.2.****Canais de Transporte**

Um canal de transporte é definido pela forma e pelas características com que os dados são transferidos sobre a interface aérea. Os canais de transporte são a

interface entre a camada de enlace e a camada física, não tendo implementação física. Os canais de transporte são divididos em comuns e dedicados.

### ***Canal de Transporte Dedicado***

O canal de transporte dedicado (dedicated channel - DCH) é um canal de transporte usado tanto no downlink como no uplink. Ele conduz toda informação proveniente das camadas superiores à física. O DCH é transmitido sobre toda a célula ou apenas sobre uma parte dela, usando antenas diretivas. O DCH é caracterizado pela possibilidade de mudar de taxa rapidamente (a cada 10 ms), pelo controle rápido de potência e por estar envolvido no endereçamento de estações móveis.

### ***Canais de Transporte Comuns***

Os canais de transporte comuns são associados a canais físicos de desempenho limitado:

*Broadcast Channel (BCH):* O BCH é o canal de transporte destinado à transmissão de informações específicas e essenciais à comunicação. Sem tê-lo decodificado, um terminal não pode se registrar no sistema. Para facilitar sua recepção, este canal é transmitido com potência relativamente alta a uma taxa de transmissão baixa e fixa.

*Forward Access Channel (FACH):* É um canal que transporta informações de controle para os terminais “conhecidos” em uma célula. Destina-se, por exemplo, a complementar a comunicação realizada por um terminal via canal de acesso aleatório. Pode ser utilizado para a transmissão de dados por pacotes; trata-se, entretanto, de um canal de baixo desempenho (baixa taxa de transmissão, que não suporta handoff, não suporta controle rápido de potência e requer identificação de destinatários de mensagens dentro da banda, por ser canal comum).

*Paging Channel (PCH):* Canal de transporte utilizado no downlink. O PCH é sempre transmitido para toda a célula. A transmissão do PCH é associada à

transmissão de um sinal da camada física, o indicador de paging, para apoiar com eficiência os procedimentos de sleep mode.

*Random Access Channel (RACH):* Este canal destina-se ao transporte de informações de controle do terminal para a rede em modo não conectado. Um exemplo de utilização é a emissão, por um terminal, de mensagem de pedido de conexão. Este canal pode ser utilizado para a transmissão de pequenos volumes de dados em comunicação por pacotes. Devido à sua importância, a estação base deve ser capaz de recebê-lo independentemente da localização do terminal dentro da área de cobertura da célula – o canal físico no qual é mapeado apresenta baixas taxas de transmissão, tratando-se, portanto de um canal de baixo desempenho.

*Common Packet Channel (CPCH):* O CPCH é uma extensão do RACH destinado à transmissão de dados em modo pacote a partir do terminal. É um canal que, embora utilize procedimentos de acesso aleatório, tem mecanismo de controle rápido de potência, o que melhora seu desempenho. É possível empregá-lo na transmissão de, no máximo, dois frames por procedimento de acesso. Apresenta um mecanismo de acesso que implica no uso de canais e procedimentos físicos particulares.

*Downlink Shared Channel (DSCH):* O DSCH é um canal utilizado quando há conexão em andamento, sendo destinado à transmissão de dados (dados do usuário ou de dados de controle) em modo compartilhado, com emprego similar ao do FACH. Apresenta bom desempenho, na medida em que opera associado ao DCH e compartilha seus parâmetros de transmissão.

#### **2.2.2.1.**

#### **Mapeamento entre Canais Lógicos e Canais de Transporte**

A subcamada MAC utiliza os serviços da camada física através dos canais de transporte. As seguintes conexões existem:

- o BCCH é conectado ao BCH e também pode ser conectado ao FACH;
- o PCCH é conectado ao PCH;

- o CCH é conectado ao RACH e FACH;
- o SHCCH é conectado ao RACH e USCH/FACH e DSCH;
- o DTCH pode ser conectado tanto ao RACH como ao FACH, ao RACH e DSCH, ao DCH e DSCH, a um DCH, um CPCH (somente FDD);
- o CTCH é conectado ao FACH;
- o DCCH pode ser conectado tanto ao RACH como ao FACH, ao RACH e DSCH, para DCH e DSCH, ao DCH, ao CPCH para FAUSCH, CPCH.

### 2.2.3. Canais Físicos

Os canais de transporte são canais codificados e combinados na taxa de dados oferecida pelos canais físicos e a seguir mapeados nos mesmos [1]. Os canais físicos são constituídos de quadros e janelas de tempo. O comprimento de um quadro é de 10 ms e um quadro consiste em 15 janelas de tempo. Uma janela de tempo é uma unidade que consiste em um campo contendo bits. O número de bits por janela de tempo depende do canal físico. Dependendo da taxa de símbolo do canal físico, a configuração dos quadros ou das janelas varia.

Um canal físico corresponde a uma frequência de portadora específica, uma codificação e, no caso do uplink, uma fase relativa (0 ou  $\pi/2$ ). Na próxima seção, os diferentes tipos de canais físicos e suas estruturas são apresentados.

#### 2.2.3.1. Canais Físicos do Uplink

Existem dois canais de uplink dedicados e dois canais comuns [1]:

- O uplink *dedicated physical data channel* (uplink DPDCH) e o uplink *dedicated physical control channel* (uplink DPCCH);
- O *physical random access channel* (PRACH) e o *physical common packet channel* (PCPCH).

O uplink DPDCH é utilizado para transportar dados dedicados gerados na camada 2 e nas camadas acima. Pode haver nenhum, um ou vários DPDCHs em cada conexão da camada 1. O uplink DPCCH é utilizado para levar informações

de controle geradas nesta camada. Essas informações de controle consistem em reconhecimento dos bits de controle para estimação do canal em detecção coerente, transmissão de comandos de controle de potência (TPC), informações de feedback (FBI), e um indicador opcional da combinação de transmissão-formato (TFCI). O TFCI informa ao receptor sobre os parâmetros instantâneos dos diferentes canais de transporte, multiplexados no uplink DPDCH, e corresponde aos dados transmitidos no mesmo quadro. Para cada conexão da camada 1 existe apenas um uplink DPCCH.

A figura 2.3 mostra a principal estrutura de um quadro do canal dedicado de uplink. Cada quadro tem comprimento de 10 ms e é dividido em 15 janelas, cada uma de comprimento  $T_{\text{janela}}=2560$  chips, correspondente a um período de controle de potência.

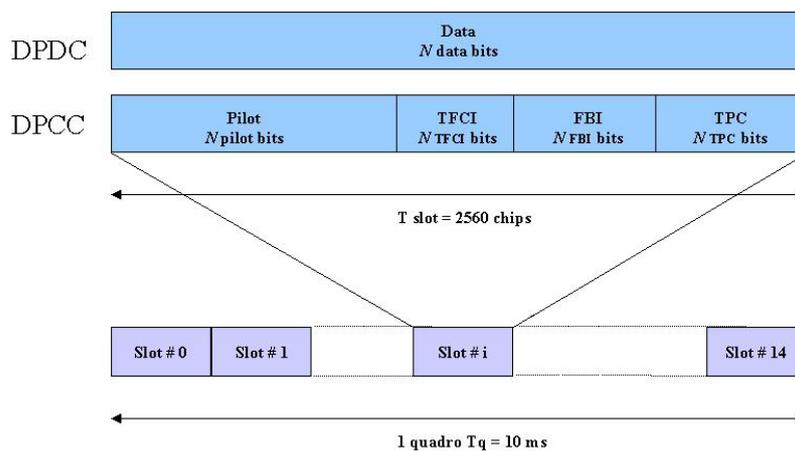


Figura 2.3- estrutura de quadro para uplink DPDCH/DPCCH

O número de bits por janela de DPDCH/DPCCH está relacionado com o fator de espalhamento (SF) do canal físico por  $SF = 256/2^k$ . O fator de espalhamento pode variar de 256 até 4. Um canal uplink DPDCH e um canal uplink DPCCH na mesma camada 1 geralmente possuem taxas diferentes e, conseqüentemente, possuem diferentes fatores de espalhamento.

Múltiplos serviços paralelos com taxas variáveis podem ser multiplexados no tempo em cada quadro do DPDCH. A taxa de bit de um DPDCH é variável em uma base de quadro por quadro. Na maioria dos casos, somente um DPDCH é alocado por conexão e os serviços são agrupados alternadamente, dividindo o mesmo DPDCH. Múltiplos DPDCHs também podem ser alocados. Quando a

transmissão por multicódigos é utilizada, diversos DPDCHs paralelos são transmitidos utilizando diferentes códigos de canalização.

O PRACH é utilizado para transportar o RACH. A transmissão do RACH é baseada em uma abordagem por slotted ALOHA. A estação móvel pode começar a transmissão em um número definido de time-offsets, denominados janelas de acesso (access slots). Informações sobre que janelas de acesso estão disponíveis em determinada célula são dadas por camadas superiores.

O PCPCH é utilizado para transportar o canal de transporte CPCH. A estação móvel pode começar a transmissão em um número de time-offsets bem definido, relativo à fronteira de quadro do BCH recebido na célula em questão. O acesso randômico do CPCH consiste em um ou vários preâmbulos de acesso de comprimento 4096 chips, um preâmbulo de DPCCH para controle de potência (PC-P), um preâmbulo para controle de colisão (CD-P) de comprimento 4096 chips e uma mensagem de tamanho variável.

### **2.2.3.2. Canais Físicos do Downlink**

Existem, no downlink, um canal físico dedicado, um canal físico compartilhado e cinco canais de controle comuns [1]:

- *Downlink Dedicated Physical Channel (DPCH);*
- *Physical Downlink Shared Channel (DSCH);*
- *Primary and Secondary Common Pilot Channels (CPICH);*
- *Primary and Secondary Common Control Physical Channels (CCPCH);*
- *Synchronization Channel (SCH).*

A figura 2.4 apresenta a estrutura de quadros do DPCH. No DPCH, o canal de transporte dedicado é transmitido multiplexado no tempo com informações de controle geradas na camada 1. O DPCH pode conter diversos serviços simultâneos quando o TFCI é transmitido ou quando é utilizada uma taxa fixa de transmissão quando o TFCI não é transmitido. É responsabilidade da rede determinar se o TFCI deve ou não ser transmitido.

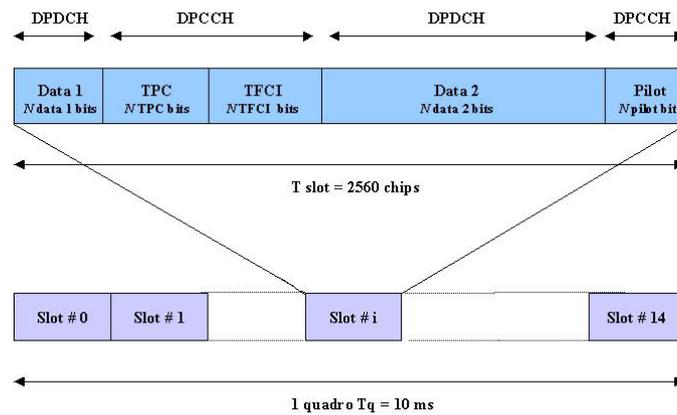


Figura 2.4 - Estrutura de quadro para o downlink DPCH

Quando a taxa total de bit a ser transmitida excede a taxa máxima de bit de um canal físico de downlink, é empregada transmissão por multicódigos, isto é, diversos canais de downlink DPCHs paralelos são transmitidos utilizando o mesmo fator de espalhamento. Nesse caso, as informações de controle da camada 1 são colocadas no primeiro canal de downlink DPCH.

O CPICH é um canal de downlink de taxa fixa (30 Kbps e fator de espalhamento de 256) que leva uma seqüência predefinida de bit/símbolo. Existem dois tipos de common pilot channels, o primário e o secundário. O CCPCH primário é utilizado para transmitir o BCH. Ele não possui controle de potência por inner-loop. O CCPCH primário não é transmitido durante os primeiros 256 chips de cada slot, entretanto os canais primários e secundários SCHs são transmitidos durante esse período.

O CPICH primário utiliza sempre o mesmo código de canalização e é embaralhado pelo primeiro código de embaralhamento. Existe apenas um CPICH primário que é transmitido para toda a célula sendo referência de fase para o SCH, o primário CCPCH, AICH e PICH. É também a referência de fase default para todos os outros canais físicos de downlink.

Pode haver nenhum, um ou diversos CPICHs secundários por célula. O CPICH secundário pode ser transmitido apenas para uma parte da célula. Um canal CPICH secundário pode servir de referência a um canal CCPCH secundário e para o canal de downlink DPCH. Se for esse o caso, a estação móvel é indicada para isso pela sinalização das camadas superiores.

A estrutura de quadro do CCPCH secundário está apresentada na figura 3. O CCPCH secundário é utilizado para levar o FACH e o PCH. A principal

diferença entre o CCPCH primário e secundário é que o primário possui uma taxa fixa predefinida, enquanto o secundário pode suportar taxas variáveis. Além disso, o CCPCH primário é continuamente transmitido sobre toda a célula, enquanto o secundário só é transmitido em um lóbulo estreito, do mesmo modo que o canal físico dedicado (só é válido para o CCPCH secundário transportando o FACH).

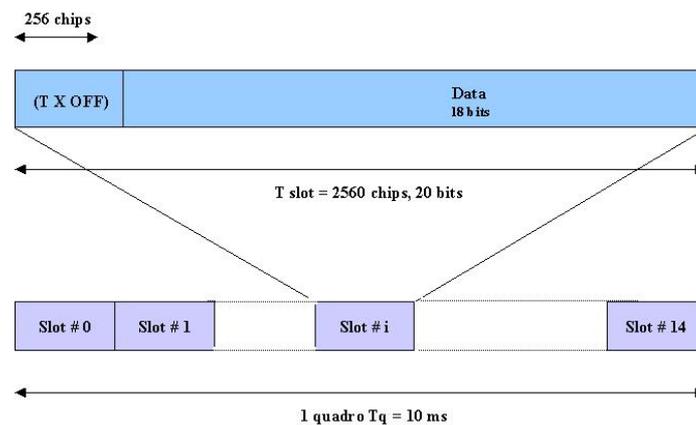


Figura 2.5 - Estrutura de quadro para o CCPCH primário

O canal SCH consiste em dois subcanais, o SCH primário e o SCH secundário. O SCH primário consiste em um código modulado de comprimento de 256 chips o código de sincronização primário (PSC), transmitido em todas as janelas.

O canal SCH secundário consiste na transmissão repetida de 15 seqüências de códigos modulados de comprimento de 256 bits os códigos de sincronização secundários (SSC), transmitidos em paralelo com o SCH primário.

O canal físico compartilhado é utilizado para transmitir as informações do canal de downlink compartilhado. Ele é compartilhado por usuários por multiplexação por código. A estrutura do PDSCH é mostrada na figura 5. Assim como o DSCH está sempre associado ao DCH, o PDSCH está sempre associado com o canal de downlink DPCH. Para os canais PDSCH, o fator de espalhamento pode variar de 256 até 4. Se o fator de espalhamento e outros parâmetros da camada física podem variar em uma estrutura de base de quadro por quadro, o TFCI deve ser utilizado para informar as estações móveis dos parâmetros instantâneos do PDSCH.

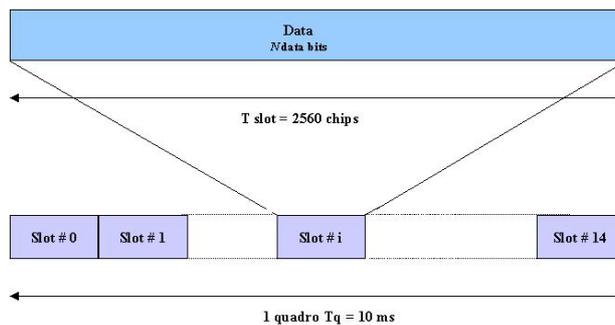


Figura 2.6 - Estrutura de quadro do PDSCH

O canal indicador de aquisição (AICH) é um canal físico utilizado para transmitir indicadores de aquisição. O canal de indicador de page (PICH) tem taxa fixa com fator de espalhamento de 256 e é utilizado para transmitir indicadores de page. O PICH está sempre associado a um canal secundário CCPCH no qual um PCH é mapeado.

### 2.2.3.3.

#### Mapeamento entre Canais de Transporte e Canais Físicos

A transmissão efetiva de informação ocorre através dos canais físicos, cada qual com características próprias que justifiquem seu emprego em situações. O mapeamento efetivo pode ser visto a seguir.

- o DCH é conectado ao Dedicated Physical Data Channel (DPDCH) e ao Dedicated Physical Control Channel (DPCCH);
- o RACH é conectado ao Physical Random Access Channel (PRACH).
- o CPCH é conectado ao Physical Common Packet Channel (PCPCH) e ao Common Pilot Channel (CPICH);
- o BCH é conectado ao Primary Common Control Physical Channel (P-CCPCH);
- o FACH é conectado ao Secondary Common Control Physical Channel (S-CCPCH);
- o PCH também é conectado ao Secondary Common Control Physical Channel (S-CCPCH);
- o DSCH é conectado ao Synchronisation Channel (SCH), ao Physical Downlink Shared Channel (PDSCH), ao Acquisition Indicator Channel

(AICH), ao Access Preamble Acquisition Indicator Channel (AP-AICH), ao Paging Indicator Channel (PICH), ao CPCH Status Indicator Channel (CSICH), e ao Collision-Detection/Channel Assignment Indicator Channel (CD/CA – ICH).