

SIMULAÇÃO DO CANAL DE CONTROLE DIGITAL DO SISTEMA MÓVEL TDMA

Magno Fernandes da Rocha* e Renato Baldini Filho

Departamento de Comunicações – FEEC – UNICAMP
 Caixa Postal 6101 - CEP 13083-970 - Campinas - SP
 rocha@decom.fee.unicamp.br, baldini@decom.fee.unicamp.br

RESUMO

O programa de simulação do Canal de Controle Digital (DCCH) do Sistema Móvel TDMA (Acesso Múltiplo por Divisão Temporal) é apresentado neste trabalho. Essa simulação considera o diagrama de estado da estação móvel e é implementada a partir da descrição dos procedimentos de Varredura e Travamento DCCH, Seleção de Canal de Controle, Reseleção de Canal de Controle, Terminação, Origem, Teleserviço Ponto-a-Ponto Originado, Registro e Autenticação. Tais procedimentos são apresentados de forma a compreender a estrutura utilizada no programa de simulação. Antes é descrita a camada 3 apresentando o conjunto de mensagens DCCH [3] e são detalhados os estados e processos de operação da estação móvel [1][2].

1. INTRODUÇÃO

Os canais lógicos no DCCH são definidos a seguir e ilustrados na figura 1.

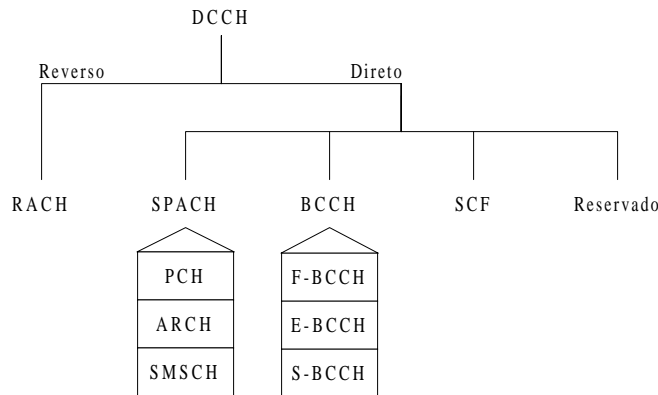


Figura 1. Canais lógicos no DCCH.

RACH - Canal de Acesso Aleatório: é utilizado para requisitar acesso ao sistema. É unidirecional no sentido reverso, é compartilhado, é ponto-a-ponto e é confirmado (confirmado - *acknowledged* - utilizando mecanismo de retorno no canal compartilhado).

SPACH – Canal de SMS Ponto-a-Ponto, Paging e Resposta de Acesso: Serviço de mensagem curta ponto-a-ponto, *paging* e canal de resposta ao acesso. Esse canal lógico é utilizado para radiodifundir informação a estações móveis específicas de acordo com o serviço de mensagem curta ponto-a-ponto (SMSCH) e *paging* (PCH) e fornecer um canal de resposta de acesso (ARCH). Esse canal é unidirecional (direto), compartilhado, ponto-a-ponto, confirmado ou não-confirmado.

PCH - Canal de Paging: subconjunto do canal lógico SPACH dedicado ao envio de *pages* e ordens. Esse subconjunto é unidirecional (direto), compartilhado, ponto-a-ponto e não-confirmado.

ARCH - Canal de Resposta de Acesso: subconjunto do canal lógico SPACH com o qual a estação móvel se move de modo autônomo para a conclusão com sucesso de um acesso baseado em contenção ou reserva sobre um RACH. Esse subconjunto é unidirecional (direto), compartilhado, ponto-a-ponto e pode ser confirmado ou não.

SMSCH - Canal de Serviço de Mensagem Curta: canal lógico usado para enviar mensagens curtas para uma específica estação móvel, no contexto dos serviços SMS. Esse canal é unidirecional (direto), compartilhado, ponto-a-ponto e pode ser confirmado ou não.

BCCH - Canal de Controle de Radiodifusão: é um acrônimo usado para se referir aos subcanais F-BCCH, E-BCCH e S-BCCH. Os três canais são utilizados para transportar informação genérica relacionada ao sistema. Esses canais são unidirecionais (direto), compartilhados, ponto-a-ponto e não-confirmados.

F-BCCH – Canal de Controle de Radiodifusão Rápida: canal lógico usado para radiodifundir parâmetros de estrutura DCCH e parâmetros que são essenciais para acessar o sistema.

E-BCCH – Canal de Controle de Radiodifusão Estendida: carrega informação de radiodifusão que é menos crítica no tempo que o F-BCCH para as estações móveis. Para informação opcional, um tipo de mensagem e um indicador de comprimento são incluídos.

S-BCCH – Canal de Controle de Radiodifusão SMS: esse canal lógico é usado para o serviço de radiodifusão SMS.

* Trabalho apoiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP. Processo 98/11731-4.

Canal Reservado: Esse canal lógico é definido para uso futuro apenas e garante compatibilidade direta com a primeira geração de estações móveis IS-136.

SCF - Retorno no Canal Compartilhado: Esse canal lógico é usado em apoio à operação do canal de acesso aleatório.

2. CONJUNTO DE MENSAGENS DCCH

2.1 Mensagens BCCH

As mensagens BCCH mais importantes são radiodifundidas no F-BCCH e no E-BCCH. As mensagens que contêm as informações críticas são colocadas no F-BCCH, garantindo que a estação móvel leia as informações a cada 640 ms. As informações no E-BCCH podem se prolongar por muitos hiperquadros e a estação móvel pode levar muito tempo para lê-las. As mensagens BCCH também são identificadas como obrigatórias ou opcionais. A informação necessária para que uma estação móvel possa operar corretamente deve ser radiodifundida em uma mensagem BCCH obrigatória.

- **Estrutura DCCH:** Essa mensagem F-BCCH obrigatória indica à estação móvel o número de superquadros aos diferentes canais lógicos no BCCH direto e identifica se o DCCH é de meia taxa ou taxa plena. A mensagem Estrutura DCCH inclui ainda o código colorido de verificação digital (DVCC), a classe máxima de quadro de *paging* suportada e o número de *slots* que a estação móvel deve examinar para uma busca.
- **Parâmetros de Acesso:** Essa mensagem F-BCCH obrigatória provê a estação móvel com informação requerida para acessar o RACH. A mensagem Parâmetros de Acesso também indica para a estação móvel se ela deve enviar uma mensagem Autenticação e uma mensagem Número de Série juntamente com outras mensagens RACH.
- **Parâmetros de Seleção de Canal de Controle:** Essa mensagem F-BCCH obrigatória provê a estação base com informação necessária para determinar se o DCCH é adequado para obter serviço e para desempenhar reSeleção a partir do DCCH para um canal de controle mais adequado. Na mensagem Parâmetros de Seleção de Canal de Controle estão incluídos parâmetros usados na reSeleção.
- **Parâmetros de Registro:** Essa mensagem F-BCCH obrigatória identifica para a estação móvel os tipos de registros requeridos no DCCH, incluindo ligação da estação móvel (PUREG), desligamento (PDREG), sistema novo (SYREG) e área de localização (LAREG).
- **Células Vizinhas:** Essa mensagem E-BCCH obrigatória identifica os canais de controle vizinhos para fins de reSeleção de canal de controle.

2.2 Mensagens SPACH

A maioria das mensagens SPACH pode ser enviada em apenas um dos subcanais: SMSCH, PCH ou ARCH. A seguir são descritas algumas dessas mensagens.

- **Designação de Canal de Tráfego Digital:** Essa mensagem enviada no ARCH é usada para alocar a estação móvel em um canal de tráfego digital (DTC). Nessa mensagem são incluídas algumas informações críticas, tais como o número do canal DTC e o *time slot*, a versão de protocolo do sistema, o tipo de codificador de voz usado no DTC e se a estação móvel deve usar um equalizador no DTC.
- **Notificação SPACH:** Essa mensagem enviada no PCH é usada para informar a estação móvel que o sistema pretende entregar uma mensagem para ela no ARCH ou no SMSCH. Essa mensagem inclui um elemento de informação Tipo de Notificação SPACH identificando o tipo de mensagem que a estação móvel deverá receber do sistema.
- **R-DATA:** Essa mensagem enviada no SMSCH é usada para transmitir mensagens de camada de tele-serviço ponto-a-ponto para a estação móvel, como por exemplo, serviço de mensagem curta CMT (Tele-serviço Celular de Mensagem). A mensagem R-DATA inclui um identificador de transação de modo a identificar unicamente cada mensagem para fins de confirmação. Ela pode também incluir informações de endereçamento para o elemento de sistema servidor de tele-serviço e o usuário origem.
- **Aceitação de Registro:** Essa mensagem é enviada no ARCH em resposta a uma mensagem de Registro e é usada para notificar a estação móvel que seu registro foi completado. Opcionalmente, a mensagem pode incluir a atribuição de uma classe de quadro de *paging* para a estação móvel, informação da área de localização atual e a atribuição de uma identidade temporária de estação móvel. A classe de quadro de *paging* identifica a frequência com que a estação móvel deve procurar por um *paging* no seu canal PCH alocado.
- **Rejeição de Registro:** Essa mensagem é enviada no ARCH em resposta a uma mensagem de Registro e é usada para notificar a estação móvel que falhou sua tentativa de registro. A mensagem é normalmente enviada quando o sistema não pode verificar a autenticidade da estação móvel. Essa mensagem inclui uma causa para a rejeição e pode incluir uma indicação do período de tempo que a estação móvel deve esperar antes de tentar outro registro.

2.3 Mensagens RACH

A seguir são apresentados exemplos de mensagens RACH. Algumas dessas mensagens podem ser concatenadas e enviadas pela estação móvel em uma única tentativa de acesso, permitindo o uso mais eficiente do RACH.

- **Autenticação:** Essa mensagem é usada para prover o sistema com informações requeridas para autenticar a estação móvel. A mensagem Autenticação é geralmente transmitida junto com uma mensagem Registro, Resposta de *Page*, Origem ou Confirmação SPACH.

- *Origem*: Essa mensagem é enviada quando a estação móvel deseja iniciar uma chamada de voz ou de dados. A mensagem inclui o número chamado, o tipo de serviço desejado (por exemplo, conversação digital, dados ou fax) e o codificador de voz se a conversação digital é usada.
- *R-DATA*: Essa mensagem é usada para transmitir mensagens de camada de teleserviço ponto-a-ponto ao sistema. A mensagem *R-DATA* inclui um identificador de transação de modo a identificar unicamente cada mensagem para fins de confirmação. Ela pode também incluir informações de endereçamento para o elemento de sistema servidor de teleserviço e o usuário destino.
- *Registro*: Essa mensagem é usada para requerer registro no sistema.
- *Confirmação SPACH*: Essa mensagem é usada para confirmar a recepção de uma mensagem Notificação SPACH.

3. DIAGRAMA DE ESTADO DA ESTAÇÃO MÓVEL

A figura 2 mostra o diagrama de estado da estação móvel, sendo esse utilizado para implementar o programa de simulação do canal de controle digital do sistema móvel TDMA. Os estados de operação da estação móvel são descritos a seguir.

3.1 Estado Nulo

Nesse estado a estação móvel está com potência desligada. Quando a potência é ligada a estação móvel vai para o estado de Varredura e Travamento de Canal de Controle.

3.2 Estado de Varredura e Travamento de Canal de Controle

Uma estação móvel fica nesse estado de modo a encontrar um canal de controle digital (DCCH) candidato a provedor de serviço, conforme as recomendações fornecidas no procedimento de Varredura e Travamento DCCH. A estação móvel entra nesse estado quando ligada, ao final de uma chamada ou quando um DCCH é considerado impróprio para *camping* e não há DCCHs vizinhos qualificados para reSeleção. A transição de um canal de controle analógico ACC para um DCCH não é considerada, pois o programa de simulação implementa um sistema totalmente digital. Se a estação móvel encontra um candidato DCCH ela deve executar o procedimento de Seleção de Canal de Controle. Se o candidato DCCH satisfaz o critério descrito no procedimento de Seleção de Canal de Controle, a estação móvel deve entrar no estado DCCH *Camping*. Caso contrário, a estação móvel deve procurar um outro candidato DCCH.

3.3 Estado DCCH *Camping*

Esse é o estado ocioso da estação móvel, que é utilizado para a realização de várias tarefas, tais como reSeleção de canal de controle, resposta a mensagens internas e externas para iniciar procedimentos de chamada, registro ou receber mensagens de teleserviço.

3.4 Estado de Conversação

A estação móvel está nesse estado quando ela é sintonizada para um canal de tráfego digital (DTC) e é provido um percurso de voz para uma chamada. Quando a conversação termina, a estação móvel entra novamente no estado de Varredura e Travamento de Canal de Controle. Neste caso, o canal de tráfego (DTC) contém uma informação com um ponteiro DCCH que indica o canal de controle a ser varrido para operação DCCH.

3.5 Procedimento de Registro

A estação móvel fica nesse estado após ela ter enviado uma mensagem de Registro ou de Registro de Teste à estação base, mas sem ter ainda recebido uma resposta. Uma vez nesse estado como resultado do envio de uma mensagem de Registro, a estação móvel deve armazenar sua classe de quadro de *paging* (PFC) alocada em memória temporária e então ajustar sua PFC alocada para PFC1, a menor classe de quadro de *paging*.

3.6 Procedimento de Origem

Nesse estado, a estação móvel está em processo de começar uma chamada após o usuário discar um número e pressionar a tecla *Send* do aparelho. Após a estação móvel ter enviado uma mensagem de Origem para o sistema no DCCH ela espera pela resposta que designa o canal de tráfego (DTC) para a chamada. Quando a mensagem de resposta é recebida, a estação móvel deixa o canal de controle (DCCH) e sintoniza em um canal de tráfego (DTC).

3.7 Espera por Ordem

Nesse estado, a estação móvel recebeu uma mensagem *Page*, indicando uma notificação de chamada. A estação móvel espera pela designação do canal de tráfego (DTC) para iniciar a chamada de voz. Quando essa mensagem é recebida, a estação móvel deixa o DCCH e sintoniza para um canal de tráfego, enquanto durar a conversação.

3.8 Procedimento de Teleserviço Ponto-a-Ponto Terminado

A estação móvel entra nesse estado quando ela enviou uma Confirmação SPACH em resposta a uma Notificação SPACH indicando mensagem *R-DATA* e está esperando o sistema entregar informação de teleserviço.

3.9 Procedimento de Atualização SSD (Dados Secretos Compartilhados)

A estação móvel está nesse estado durante o processo de autenticação, após ela ter enviado uma Confirmação SPACH em resposta a uma Notificação SPACH Indicando Atualização SSD ou após ela ter enviado uma Ordem de *Challenge* de Estação Base em resposta a uma Ordem de Atualização SSD.

3.10 Procedimento de Teleserviço Ponto-a-Ponto Originado

A estação móvel entra nesse estado após ter enviado uma mensagem *R-DATA*, mas sem ter ainda recebido uma resposta da estação base. Se expirar o temporizador que indica o tempo para esperar uma resposta do sistema, a estação móvel envia a mensagem *R-DATA* uma segunda vez.

3.11 Alerta de Grupo de Usuários

A estação móvel deve estar nesse estado uma vez que ela tenha recebido um *Page* indicando Grupo de Usuários da estação base e está esperando um usuário aceitar a indicação na estação móvel.

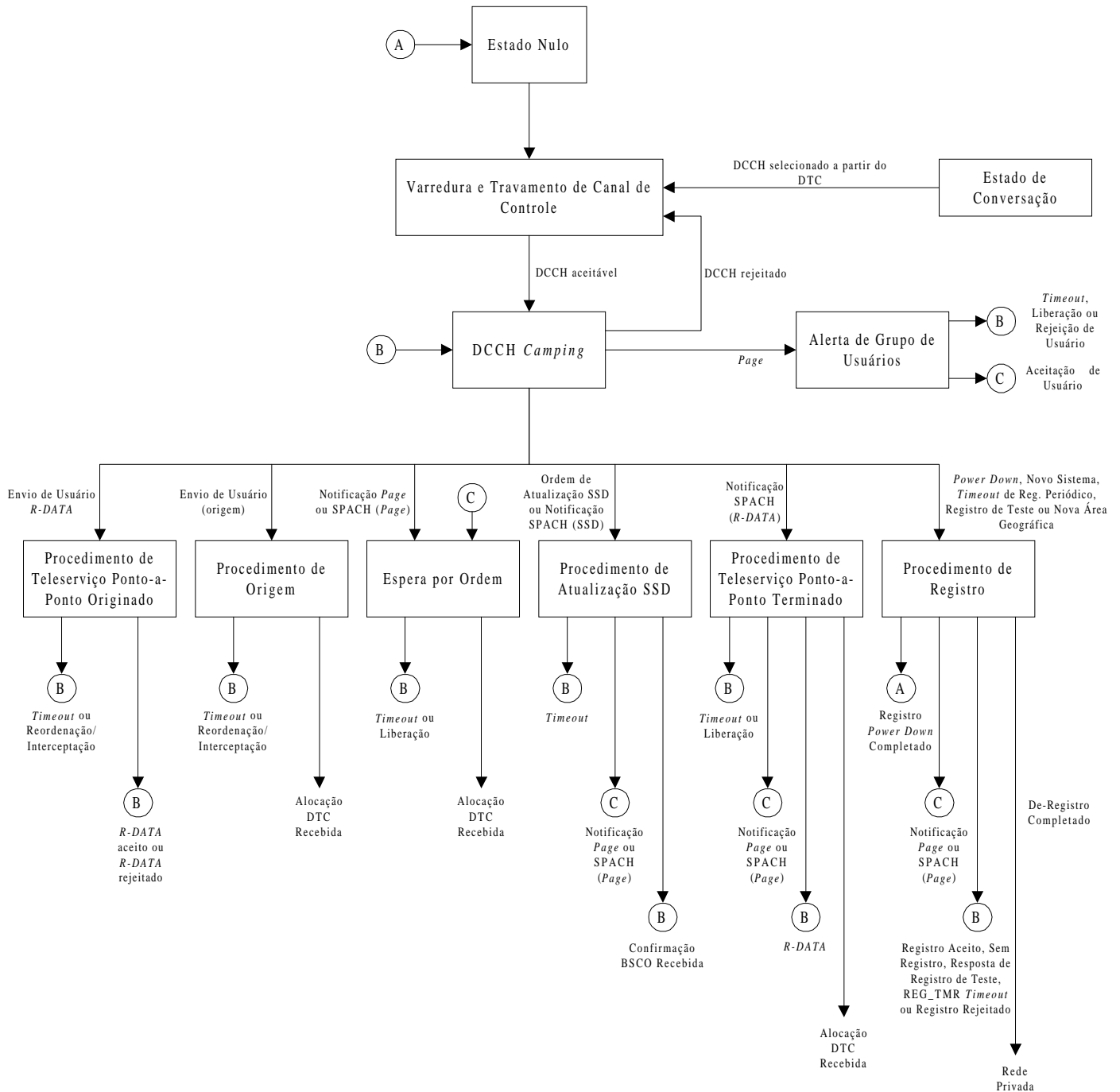


Figura 2. Diagrama de estado da estação móvel.

4. PROGRAMA DE SIMULAÇÃO

O programa de simulação considera um sistema TDMA com 21 canais de controle digitais, sendo 1 canal DCCH por setor, ou seja, 3 *slots* DCCH por setor. A alocação é feita na faixa de 800 MHz considerando os 416 canais da banda B estendida.

Ao ser executado, o programa de simulação determina o Número de Identificação da Estação Móvel (MIN) que está sendo avaliada e o setor do *cluster* em que ela se encontra, dentre os 21 setores possíveis, além de carregar a lista com os canais DCCH vizinhos a ser usada no procedimento de Reseleção de Canal de Controle. Com essa informação, a estação móvel é alocada em um *slot* DCCH presente nesse setor, segundo o procedimento de Seleção de Canal de Controle. Em seguida, a estação móvel fica no estado DCCH *Camping*, onde atualiza permanentemente os parâmetros do DCCH alocado e dos canais vizinhos, a fim de realizar a reSeleção de canal de controle, quando for necessário. A estação móvel deixa o estado DCCH *Camping* para executar um dos seguintes procedimentos: Registro, Chamada Originada, Espera por Ordem, Teleserviço Ponto-a-Ponto Terminado, Atualização SSD, Teleserviço Ponto-a-Ponto Originado ou Alerta de Grupo de Usuários, conforme o Diagrama de Estado da Estação Móvel. Esses procedimentos são descritos a seguir.

4.1 Varredura e Travamento de DCCH

A estação móvel executa o procedimento de Varredura e Travamento de DCCH para encontrar um DCCH enquanto está no estado de Varredura e Travamento de Canal de Controle. Se a estação móvel encontra o DCCH, ela executa o procedimento de Seleção de Canal de Controle para determinar se o DCCH é adequado para fins de serviço. No procedimento de Varredura e Travamento de DCCH, a estação móvel usa as informações de histórico de alocação de DCCHs para acelerar o processo de varredura. Se a estação móvel não encontrar um DCCH candidato a partir dessas informações, ela procura por DCCHs em blocos de canais baseados na maior probabilidade de encontrar um DCCH, no caso da faixa de 800 MHz.

4.2 Seleção de Canal de Controle

O procedimento de Seleção de Canal de Controle é executado no estado de Varredura e Travamento de Canal de Controle para determinar se um DCCH é adequado para *camping*. O procedimento consiste na Determinação de Aspectos de Intensidade de Sinal e na Determinação de Aspectos de Serviço. Caso o DCCH seja adequado para *camping*, a estação móvel entra no estado DCCH *Camping*. Caso contrário, a estação móvel permanece no estado de Varredura e Travamento de Canal de Controle e novamente executa o procedimento de Varredura e Travamento de DCCH.

No procedimento de Determinação de Aspectos de Intensidade de Sinal a estação móvel mede a intensidade de sinal recebido no DCCH e lê a informação de limiar de acesso no F-BCCH. Se a intensidade de sinal recebido for maior do que o limiar de acesso, o DCCH será adequado para *camping* a partir de uma perspectiva de intensidade de sinal e a estação móvel executará

o procedimento de Determinação de Aspectos de Serviço. Caso contrário, a estação móvel retornará ao procedimento de Varredura e Travamento de DCCH.

No procedimento de Determinação de Aspectos de Serviço a estação móvel deve ler as mensagens adicionais no F-BCCH para verificar se ela deve operar em outro DCCH no setor atual, se o DCCH está indisponível para serviço ou se o DCCH suporta o tipo de rede contratada pelo cliente.

4.3 Reseleção de Canal de Controle

O procedimento de Reseleção de Canal de Controle é executado para encontrar um melhor canal de controle para obter serviço e se divide em duas partes: Travamento de Canal de Controle e Critério de Reseleção.

No procedimento de Travamento de Canal de Controle, a estação móvel mede a intensidade de sinal no DCCH atual (armazenando a média das duas últimas e das cinco últimas medidas) e nos DCCHs vizinhos (armazenando a média das cinco últimas medidas). Essas medidas são utilizadas no procedimento Critério de Reseleção.

O procedimento Critério de Reseleção é composto de três partes: Condições de Disparo de Reseleção, Filtragem e Elegibilidade de Candidato e Regras de Reseleção de Candidato. No procedimento de Condições de Disparo de Reseleção, a estação móvel determina se existe uma condição que iniciaria outra avaliação de canais de controle candidatos para reSeleção. No procedimento de Filtragem e Elegibilidade de Candidato, a estação móvel executa um algoritmo específico para a condição de disparo de modo a investigar os canais de controle candidatos baseados nas polarizações e limites identificados pela leitura da informação disponível no DCCH atual. No procedimento de Regras de Reseleção de Candidato, a estação móvel determina o melhor canal de controle candidato, sincroniza para ele, lê as informações nele e reSeleciona para ele, caso seja considerado um canal de controle melhor do que o DCCH atual. Se não for encontrado nenhum canal de controle adequado ao executar o procedimento de Regras de Reseleção de Candidato, incluindo o DCCH atual, a estação móvel retorna ao estado de Varredura e Travamento de Canal de Controle.

4.4 Terminação

O procedimento de Terminação é executado pela estação móvel quando ela recebe algumas mensagens no DCCH, tais como *Page*, Notificação SPACH e Ordem de Atualização SSD.

Se a estação móvel recebe uma mensagem de *Page* com um código de serviço aceitável, ela retorna uma mensagem Resposta de *Page* e entra no estado Espera por Ordem. Se a estação móvel recebe uma Notificação SPACH, ela responde com uma Confirmação SPACH. Se a Notificação SPACH indica uma atualização SSD, a estação móvel entra no estado de Procedimento de Atualização SSD. Se a Notificação SPACH indica uma mensagem *R-DATA*, a estação móvel entra no estado de Procedimento de Teleserviço Ponto-a-Ponto Terminado. Se a estação móvel recebe uma Ordem de Atualização SSD, ela

emite uma Ordem de *Challenge* de Estação Base e entra no estado de Procedimento de Atualização SSD.

4.5 Origem

A estação móvel executa o procedimento de Origem quando uma origem de usuário é detectada. A estação móvel deve verificar se o *bit* de controle de sobrecarga correspondente à sua classe de sobrecarga está habilitado na mensagem Classe de Sobrecarga no F-BCCH (se ela for radiodifundida) antes de enviar a mensagem de Origem. Se a origem for uma chamada de emergência, a estação móvel deve ignorar a classe de sobrecarga e enviar uma mensagem de Origem para o sistema. A estação móvel então entra no estado de Procedimento de Origem.

4.6 Teleserviço Ponto-a-Ponto Originado

Uma estação móvel executa o procedimento de Teleserviço Ponto-a-Ponto Originado quando ela tem uma mensagem de teleserviço originada por móvel para enviar em uma mensagem *R-DATA*. A estação móvel deve verificar se o sistema suporta teleserviços originados por móveis antes de enviar uma mensagem *R-DATA*. Uma vez que a estação móvel tenha enviado a mensagem *R-DATA*, ela entra no estado de Procedimento de Teleserviço Ponto-a-Ponto Originado.

4.7 Registro

Há três procedimentos relativos a registro: Registro, Sucesso de Registro e Rejeição de Registro. Uma estação móvel executa o procedimento de Registro quando ela determina que um registro pode estar em curso. Ela pode determinar isso ao ligar a estação móvel; desligar a estação móvel; na mudança na SID (Identificação do Sistema); na mudança na área de localização; na expiração de um temporizador de registro periódico; ou ao receber uma indicação de registro forçado do sistema. A estação móvel deve indicar na mensagem de Registro o tipo de registro sendo tentado. Ao enviar uma mensagem de Registro, a estação móvel entra no estado de Procedimento de Registro.

Uma estação móvel executa o procedimento de Sucesso de Registro após receber uma mensagem Aceitação de Registro a partir do sistema enquanto no estado de Procedimento de Registro. Se a estação móvel receber quaisquer das várias informações providas pelo sistema na mensagem Aceitação de Registro, ela deve armazená-las e considerar-se registrada com o sistema.

Uma estação móvel executa o procedimento de Rejeição de Registro após receber uma mensagem Rejeição de Registro a partir do sistema enquanto no estado de Procedimento de Registro. A estação móvel toma diferentes ações baseadas na causa de rejeição recebida na mensagem Rejeição de Registro. Se a causa de rejeição é a Identificação da Estação Móvel (MSID) desconhecida e a estação móvel tem outras identidades permanentes que não tenham sido previamente rejeitadas, a estação móvel pode tentar registrar com umas dessas identidades alternativas. A mensagem Rejeição de Registro pode incluir um tempo de rejeição, que indica o período de

tempo dentro do qual a estação móvel não pode tentar outro registro.

4.8 Autenticação

A estação móvel executa os procedimentos de autenticação quando é necessário para ela se autenticar com o sistema. Ela normalmente executa esses procedimentos juntamente com um registro, origem ou terminação no DCCH, se o *bit* AUTH está ajustado para 1. Os procedimentos de autenticação também são utilizados na atualização dos Dados Secretos Compartilhados (SSD) da estação móvel enquanto no estado de Procedimento de Atualização SSD.

A mensagem Autenticação inclui uma resposta de autenticação calculada pela estação móvel baseada na informação específica da estação móvel, uma chave secreta e um número aleatório radiodifundido no DCCH. O sistema verifica a autenticidade da estação móvel executando o mesmo algoritmo de autenticação e casando o resultado de autenticação com o da estação móvel. Isto verifica que a estação móvel e o sistema têm a mesma chave secreta. Se o sistema calcular uma resposta de autenticação diferente da estação móvel, o sistema pode negar serviço à estação móvel. O sistema pode enviar à estação móvel uma mensagem Rejeição de Registro como falha de autenticação causada por rejeição ou pode simplesmente bloquear terminações encaminhadas e origens provenientes da estação móvel.

5. CONCLUSÕES

O programa de simulação tem por objetivo a implementação do sistema de controle DCCH a partir do diagrama de estado da estação móvel apresentado na Recomendação IS-136.1. A criação desse programa possibilita estudos futuros de melhoria de desempenho na troca de protocolos em um sistema de comunicações móveis TDMA (Acesso Múltiplo por Divisão Temporal).

6. REFERÊNCIAS

- [1] C. K. Coursey, *Understanding Digital PCS: The TDMA Standard*. Artech House Publishers, 1998.
- [2] L. J. Harte, A. Smith, and C. A. Jacobs, *IS-136 TDMA Technology, Economics, and Services*. Artech House Publishers, 1998.
- [3] Telecommunications Industry Association, *TIA/EIA Interim Standard IS-136.1: 800 MHz TDMA Cellular - Radio Interface - Mobile Station Compatibility - Digital Control Channel*, December 1994.