

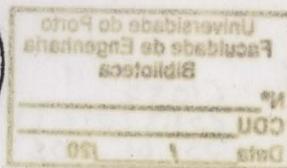


Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

**Validação de uma Ferramenta de Recolha de Informação rádio GSM
na
OPTIMUS - Telecomunicações, S.A.**



Emanuel Peixoto Pereira Pinto



**Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
Licenciatura em Engenharia Electrotécnica e de Computadores**

2001-07-06

621.3(047.3)/LEEC 2001/PIN 2

Universidade do Porto
Faculdade de Engenharia
Biblioteca 11
Nº 61055
CDU 621.3(047.3)
Data 23/01/2008



Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

**Validação de uma Ferramenta de Recolha de Informação rádio GSM
na
OPTIMUS - Telecomunicações, S.A.**

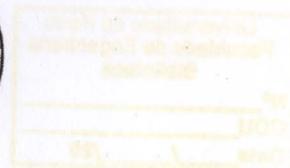


Emanuel Peixoto Pereira Pinto

Relatório do Estágio Curricular da LEEC 2000/01

Orientador na FEUP: Professor José Ruela

Orientador na *OPTIMUS - Telecomunicações, S.A.*: Engenheira Ana Claro



**Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
Licenciatura em Engenharia Electrotécnica e de Computadores**

2000-07-06

Resumo

O objectivo do relatório que se segue é descreverem-se os principais resultados obtidos ao longo do estágio efectuado, assim como os factores mais relevantes que a estes levaram.

O relatório que aqui se apresenta insere-se contextualmente no âmbito do *GSM*, pois baseia-se no processo de validação de uma ferramenta cujo objecto de estudo e análise é precisamente um ambiente caracterizado por essa norma.

Ao longo deste relatório serão relatadas as diversas fases pelas quais se repartiu o estágio. Dar-se-á especial ênfase à última fase do referente projecto, que consistiu em submeter a ferramenta em validação a diversos testes, com o objectivo de validar total ou parcialmente as análises estatísticas reportadas pela mesma.

O estágio efectuado repartiu-se entre duas das instalações da Optimus em Lisboa, e decorreu no período compreendido entre os dias 6 de Março e 6 de Julho do presente ano de 2001.

Agradecimentos

Queria agradecer à Ana Domingues, à Clara Lourenço e à Hélène Doussineau, ao Geoff Tunnicliffe, ao Henrique Ribeiro, ao José Dias, ao Luís Eiras, ao Luís Santo, ao Paulo Rosária, ao Slawomir Gorski e, principalmente, ao Rui Ferreira, por todo o apoio técnico prestado, sem o qual o sucesso do trabalho realizado não teria sido o obtido. Gostava ainda de realçar o enorme companheirismo mostrado por todas as pessoas com as quais tive o prazer de ter contacto dentro da empresa, podendo destacar a Sandra Dinis e a Carla Baptista.

Queria também agradecer aos Professores José Ruela e Sílvio Abrantes, pelo acompanhamento e apoio prestados durante este período de encerramento da vida académica.

Queria ainda deixar um abraço ao Paulo e ao Ricardo, por me terem acompanhado nesta aventura *por terras de Lisboa*.

E, em especial, queria agradecer à Ana Claro, por tudo. Obrigado Ana! ☺

Sem o vosso apoio, o resultado final não teria certamente sido o mesmo.

Muito Obrigado a Todos!

Índice de Conteúdos

1. Introdução	1
1.1 A <i>OPTIMUS - Telecomunicações, S.A.</i>	1
1.2 O Projecto <i>Observador</i> na <i>OPTIMUS - Telecomunicações, S.A.</i>	1
1.3 A Necessidade de Validação da Ferramenta	2
1.4 Organização e Temas Abordados no Presente Relatório	2
2. Aquisição de Conhecimentos sobre GSM, em particular do modo de funcionamento da Interface Rádio	3
2.1 Constituição física de uma rede GSM	3
2.2 Os canais lógicos	5
2.3 Handovers	8
2.4 Location Updating	8
2.5 Roaming	8
2.6 Frequency Hopping	9
2.6.1 Parâmetros do Frequency Hopping	10
2.6.2 Tipos de Frequency Hopping	11
2.6.2.1 Baseband Hoppng	11
2.6.2.2 Synthesizer Hopping	12
2.7 Uma Introdução ao Método de Análise da Ferramenta	13
3. Familiarização com Ferramentas de Apoio	14
3.1 O ' <i>Gerador de Eventos</i> '	14
3.2 Contadores de Desempenho da Interface Rádio Usados para Comparação (dados da BSC)	14
3.3 O <i>Observador</i>	16
4. Paralelismo dos Contadores da BSC com os Indicadores obtidos através da Ferramenta em Validação	21
5. Definição de Testes a Realizar numa Rede em Ambiente Controlado	25
6. Realização dos Testes	36
7. Conclusões	51
Bibliografia	53
ANEXO A: Sumário das Tramas e Bursts em GSM	54
ANEXO B : Espectro de Frequências em Portugal	55
ANEXO C: Glossário	56
ANEXO D : Resultados Previstos Para os Testes Planeados	59

1. Introdução

Neste primeiro capítulo do relatório pretende inserir-se o leitor no contexto do estágio realizado, informando-o genericamente sobre a empresa onde o mesmo decorreu, assim como do papel do projecto realizado para esta.

Refira-se também neste ponto que, por questões de confidencialidade, não será reproduzida grande parte das reais designações dos parâmetros e ferramentas envolvidos ao longo deste projecto. Adotar-se-ão, portanto, nomes fictícios, de fácil compreensão, nada tendo porém a haver com as suas verdadeiras designações.

1.1. A OPTIMUS - Telecomunicações, S.A.

A Optimus, 3º operador de telecomunicações móveis em Portugal, foi criado em Julho de 1997 pelo consórcio formado pela SONAE (com 45%), pela OPTEP (*Empresa de Telecomunicações Globais, SA*, com 25%), pela FTMI (*France Telecom Mobiles International* com 20%), pela MAXITEL (com 5%) e pelo IPE (*Investimentos e Participações Empresariais*, com 5%). Em Novembro de 1997 foi-lhe atribuída a licença de operador móvel, e em Setembro de 1998 deu-se o lançamento oficial da *Optimus, Telecomunicações – SA*.

A Optimus é uma empresa dinâmica, inovadora e arrojada, e mostrou provas da sua valia ao conseguir atingir no primeiro trimestre de 2001 os 21.2% da quota do mercado nacional de comunicações móveis, correspondendo a um crescimento de cerca de 815 mil clientes no ano de 1999 para cerca de 1,5 milhões, no início de 2001. A Optimus tornou-se também no único operador móvel a nível mundial a vencer a distinção *GSM awards* em anos consecutivos e em categorias distintas (*GSM Marketing Success Award*, *Best Technological Innovation GSM Award* e *Best Community Award*). Este galardão é considerado o mais importante prémio do sector das telecomunicações móveis. Com menos de três anos de existência e três *GSM Awards*, a Optimus alcança uma proeza inédita que confirma a excelência do seu desempenho: uma média de mais de um *GSM Award* por cada ano de actividade.

Recentemente, no final do ano 2000, a Optimus ganhou uma das 4 licenças UMTS para Portugal, e tem como objectivo tornar-se a curto prazo no principal operador móvel nacional.

1.2. O Projecto *Observador* na OPTIMUS - Telecomunicações, S.A

Falemos então do projecto que caracterizou o estágio.

A empresa adquiriu uma ferramenta de análise estatística da interface rádio. Por muito sucinta que a última frase tenha parecido, é imensa a utilidade da ferramenta em causa. A ferramenta monitoriza a interface rádio, e extrai a mais importante informação que legalmente é possível.

Tornam-se então possíveis, por exemplo, acções como monitorar tráfego, identificar novas configurações de rede ou mesmo ter conhecimento estatístico sobre clientes internacionais no nosso país (*roamers*).

No terceiro capítulo, referente à familiarização com as ferramentas de apoio ao projecto, far-se-á uma abordagem mais incisiva sobre a ferramenta.

Chamemos-lhe o '*Observador*'.

1.3. A Necessidade de Validação da Ferramenta

Esta é uma ferramenta inovadora, com enormes potencialidades, mas como todas as ferramentas inovadoras e desconhecidas é susceptível de conter falhas. Assim, eis que surge a necessidade de validação da operacionalidade da ferramenta, antes de qualquer posterior utilização da mesma. Tal validação pode ser total ou apenas parcial, devido a não reportar apenas um tipo de resultados mas, pelo contrário, a reportar um grande número de diferentes parâmetros.

A minha função neste processo é precisamente a da validação da ferramenta. A unidade somente poderá ser utilizada após ter sido devidamente testada e avaliada.

1.4. Organização e Temas Abordados no Presente Relatório

Durante o presente relatório pretendo evidenciar os testes aos quais submeti a ferramenta, mas opto aqui por começar o relatório de estágio fazendo uma pequena abordagem sobre o período que antecedeu essa fase, pois o seu peso e caracterização temporal são relevantes.

As outras fases do estágio, também a referenciar neste relatório, embora mais sucintamente, foram a '*Aquisição de conhecimentos sobre GSM, em particular do modo de funcionamento da interface rádio*' (fase com 2 semanas de duração), o '*Estudo da ferramenta em validação*' (1 semana), a '*Análise dos contadores de desempenho da interface rádio usados na Optimus e paralelismo com os indicadores obtidos através da ferramenta em validação*' (1 semana), a '*Familiarização com ferramentas de apoio*' (2 semanas), e a '*Definição dos testes a realizar numa mini-rede em ambiente controlado*' (2 semanas). A fase da '*Realização dos testes*' tinha uma duração prevista de 6 semanas, e a para a '*Elaboração de relatório para a empresa com os resultados e conclusões extraídas das simulações efectuadas*' estavam previstas as 3 últimas semanas do estágio. Somente a fase de testes se prolongou por mais tempo do que o previsto, visto ser a principal fase do estágio, tendo-se estendido por mais duas semanas.

Opto então por fazer uma pequena abordagem aos eventos mais relevantes das fases anteriores à definição dos testes a realizar, em seguida explico especificamente os testes mais relevantes aos quais a ferramenta foi submetida, e termino com as conclusões depreendidas quanto à validação da ferramenta.

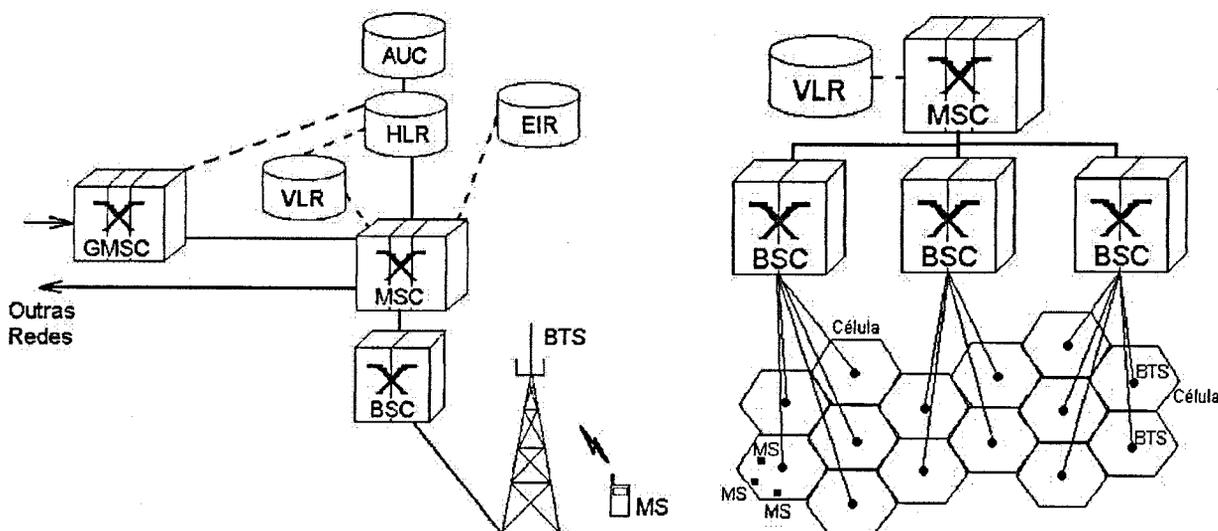
2. Aquisição de Conhecimentos sobre GSM, em particular do Modo de Funcionamento da Interface Rádio

Torna-se imperioso, já que a fase de aquisição de conhecimentos sobre GSM foi essencial para o planeamento e execução dos testes, focar pelo menos os aspectos deste standard que são indispensáveis à compreensão do restante relatório. Tal abordagem será sucinta (direi mesmo 'primária') mas é necessária, pois tenho em consideração que o relatório poderá vir a ser consultado por pessoas menos especializadas.

As 'componentes' GSM que se abordarão, após uma breve introdução à configuração física de uma rede GSM, serão os canais lógicos, os *handovers*, o que é o *roaming*, os *Locations Updatings* e por fim o *frequency hopping*. Perceber-se-á que uma abordagem a estes 5 temas é essencial para a compreensão do restante relatório.

2.1. Constituição física de uma Rede GSM

Vamos então neste ponto dar uma breve orientação dos nós e das suas funções numa rede GSM, assim como das áreas funcionais nas quais esta é dividida.



Figuras 1 e 2 : A rede GSM

Na *figura 1* mostra-se uma rede 'completa' GSM, com os seus 8 principais elementos constituintes. Na *figura 2* mostra-se a forma como um MSC se pode dividir, e qual o lugar de um telefone móvel (MS) na rede GSM.

Clarifiquem-se então as funções de cada um dos nós das figuras.

MS - (Mobile Station) - O MS (o vulgar 'telemóvel') é constituído por um *SIM card* e pelo equipamento móvel. O *SIM (Subscriber Identity Module)*, é uma unidade física separada que contém toda a informação referente ao utilizador. O equipamento móvel é a *peça* de hardware que permite a comunicação rádio com a restante rede. Sem o *SIM card*, o restante equipamento não é suficiente para operar convenientemente na rede GSM, excepto no caso de chamadas de emergência. O *SIM* pode ser colocado num diferente equipamento, e nesse caso todas as chamadas serão recebidas nesse equipamento. Os MSs podem ser de várias classes, relativamente às potências que os caracterizam.

BSS - (Base Station Sub-System) - É constituído pela BSC (responsável pelo controlo) e pelas BTSs associadas (responsáveis pela transmissão / recepção rádio). Em traços gerais, a BSS é o equipamento físico que providerá a cobertura rádio para uma determinada área delimitada geograficamente (tal área é conhecida como *LA - Location Area*). Além de ser o subsistema responsável pelas funções relacionadas com rádio para estabelecer/manter ligações a uma MS, a 'montante' está também em contacto com o NSS.

BTS - (Base Transceiver Station) - É o equipamento rádio, em que a principal função é a comunicação com a estação móvel. Uma BTS dá a cobertura para uma célula, providenciando que a estação móvel não perca o contacto com a rede.

BSC - (Base Station Controller) - Controla e supervisiona as BTSs subjacentes. As suas funções principais são a gestão dos canais na interface rádio e também dos *handovers*. Dependendo da sua capacidade em termos de tráfego, uma BSC pode gerir até algumas dezenas de BTSs.

NSS - (Network Switching System) - É constituído pelos nós MSC, VLR, HLR, GMSC, AUC e EIR. Inclui as principais funções de comutação numa rede GSM, bases de dados necessárias aos utilizadores e a gestão de mobilidade. A sua principal função é a de gerir comunicações entre a rede GSM e utilizadores de outras redes.

MSC - (Mobile Switching Center) - Estabelece, supervisiona e liberta chamadas (assume o papel da comutação no subsistema NSS).

VLR - (Visitor Location Register) - É uma base de dados regional e existe sempre uma associada a cada MSC. Guarda informação acerca de todos os utilizadores que estão naquele momento localizados na área do MSC correspondente. Quando o HLR informa o GMSC em que área MSC/VLR o utilizador está localizado, maior detalhe sobre a localização é encontrada no VLR.

HLR - (Home Location Register) - Pode considerar-se a base de dados 'global' e conhecerá aproximadamente a localização actual do utilizador. Existe usualmente um HLR por

operador. Este registo guardará informação sobre a área MSC/VLR onde o MS está localizado.

GMSC – (*Gateway MSC*) – Fronteira entre a rede GSM e as outras redes exteriores.

OMSS – (*Operation and Maintenance Subsystem*) – É responsável pela gestão da segurança no sistema. Tal gestão baseia-se na validação de identificações das várias entidades envolvidas nas telecomunicações. Tais acções são efectuadas no AUC e no EIR.

AUC – (*Authentication Center*) – Base de dados com funções de autenticação e encriptação.

EIR – (*Equipment Identity Register*) - Base de dados com informação sobre as peças de equipamento.

2.2. Os canais lógicos

Os canais lógicos definidos para GSM são os que se apresentam na figura que se segue:

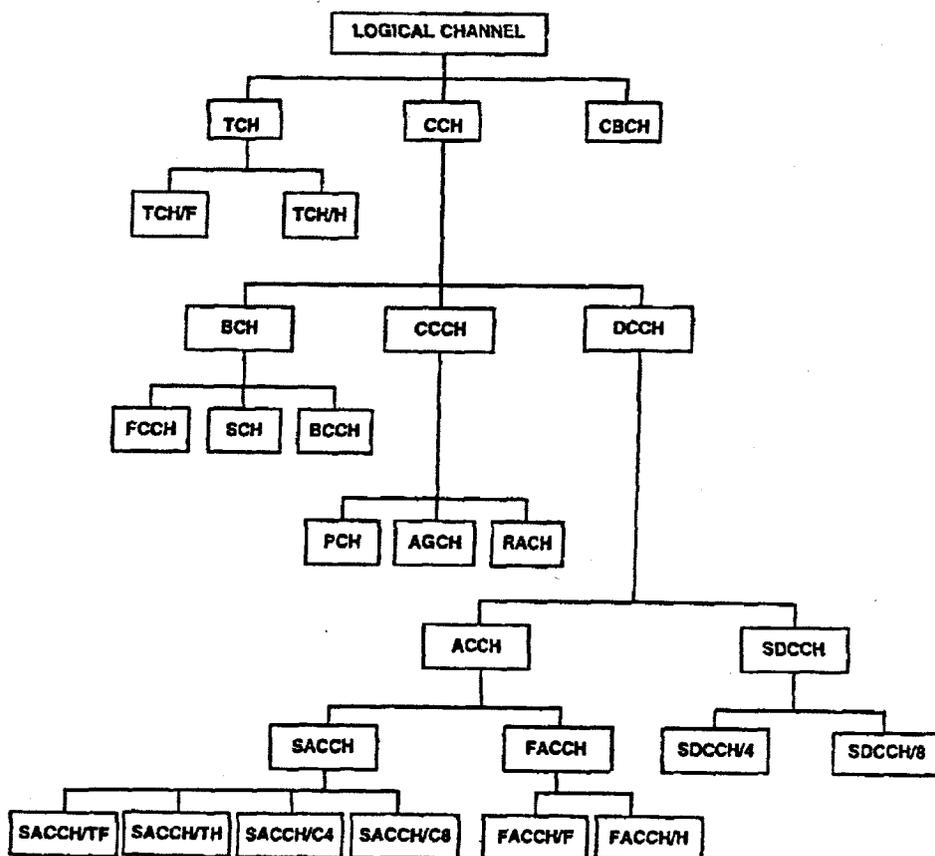


Figura 3 : Os canais lógicos em GSM

Começamos por fazer a distinção entre canais lógicos e físicos. *Canal lógico* é a designação dada aos diferentes tipos de canais, de acordo com as suas funções no processo de telecomunicação. O GSM distingue claramente dois tipos de canais lógicos : canais dedicados ao transporte de tráfego, reservados para dados do utilizador (voz, por exemplo), e canais de controlo, com funções de gestão de rede e manutenção de canais. Isto são canais lógicos. Por outro lado, os *canais físicos* são as tramas onde tais canais são mapeados ou multiplexados, enfim, 'inseridos' antes da sua transmissão. Os canais físicos definem-se então pela sua frequência e *time slot* (uma trama TDMA tem a duração de 4.615ms e é dividida em 8 partes, designadas por *time slots* – ver ANEXO A).

TCH (*Traffic Channels*) – São usados para transporte de dados e voz (codificada, obviamente) e em ambos os sentidos (*móvel - rede*, o que designaremos por *uplink*, e *rede - móvel*, a *downlink*). Os TCHs suportam dois tipos de débito, e dividem-se então em TCH/F e TCH/H (canais *full-rate* e *half-rate*).

BCH (*Broadcast Channels*) – São somente transmitidos no sentido descendente, ou seja, pela estação base, e têm como função providenciar a informação necessária ao móvel para que este se sincronize com a rede. Existem 3 tipos de BCHs:

BCCH (*Broadcast Control Channel*) – Informa o móvel acerca dos parâmetros do sistema que este necessita para identificar a rede ou para aceder à mesma. Estes parâmetros são, entre outros, o LAC (*Location Area Code*), o MNC (*Mobile Network Code*), informação sobre as frequências das células vizinhas, etc. Este é o canal que o móvel usa para decidir qual a melhor opção, ou seja, para decidir a qual célula deve estar conectado.

FCCH (*Frequency Correction Channel*) - Necessário ao móvel para que este se sincronize na frequência de operação daquela célula (esta frequência é habitualmente referida como *frequência BCCH*, devido à importância 'vital' da transmissão do BCCH, e devido ao facto de tanto os canais BCCH como FCCH como SCH serem sempre transmitidos nas mesmas condições, ou seja, sempre no time slot 0 da C_0 ; a *Carrier 0* é a portadora, em cada BTS, onde a *broadcast info- BCCH* - é encontrada – ver ANEXO A).

SCH (*Synchronization Channel*) – Fornece ao móvel a chave (*training sequence*) que este necessita para desmodular a informação proveniente da estação base, para que este se sincronize com a estação daquela célula.

CCCH (*Common Control Channels*) – Suportam o estabelecimento de uma ligação dedicada entre o móvel e a estação base. Estes canais são as 'ferramentas' para o estabelecimento dos canais (ou das chamadas) e podem originar tanto da rede como do móvel. Existem 3 tipos de canais de controlo comuns:

RACH (*Random Access Channel*) - É usado pelo móvel para pedir à rede um canal dedicado somente para seu usufruto (ao contrário dos BCHs). O RACH está mapeado no *random access burst* (ver *ANEXO A*), e contém a primeira mensagem a ser enviada para a estação base. Antes da ligação ser 'permanentemente' estabelecida, um cálculo do atraso do móvel à rede tem ainda que ser efectuado. Só existe na direcção *uplink*.

PCH (*Paging Channel*) - É usado pela estação base para contactar um móvel individualmente na sua célula.

AGCH (*Access Grant Channel*) – O móvel recebe a informação da estação base acerca do canal dedicado que poderá utilizar para as suas necessidades imediatas no AGCH. Junto com esta vem também a informação acerca do *timing advance* que deve ser estabelecido (o *timing advance* é uma medida de sincronismo, necessária devido à distância a que o móvel se encontra da estação; esta distância implica, obviamente, tempos de propagação, que têm de ser considerados). A mensagem transportada pelo AGCH é uma resposta da rede a um RACH enviado pelo móvel.

DCCH (*Dedicated Control Channels*) – são utilizados para troca de mensagens entre a rede e o móvel, para outros efeitos que não tráfego. Tais mensagens são necessárias para o procedimento de registo e para o estabelecimento de chamadas.

SDCCH (*Standalone Dedicated Control Channel*) – Destina-se à transferência de sinalização entre o móvel e a estação base. Este canal é sempre utilizado, por exemplo, antes da atribuição de um TCH, para o processo de autenticação daquele utilizador.

SACCH (*Slow Associated Control Channel*) - Vem sempre associado a um TCH ou a um SDCCH. O SACCH transporta os parâmetros de controlo e medida e os dados de rotina com o objectivo de manter uma ligação existente entre o móvel e a BTS.

FACCH (*Fast Associated Control Channel*) – Pode transportar a mesma informação que um SDCCH. A diferença é que um SDCCH 'existe por si só', enquanto que o FACCH aparece em substituição (a ocupar os *bursts*) de parte ou da totalidade de um TCH, quando é necessária a troca de sinalização 'pesada' entre o móvel e a estação base (por exemplo, nos casos de handover).

O sumário das tramas e bursts em GSM pode ser observado na *ANEXO A*.

2.3. Handover

O *handover* não é mais que o procedimento que tem lugar quando o móvel tem necessidade de mudar de célula, quando em modo *busy* (em conversação, por exemplo). É a característica que define a mobilidade, ou seja, permite que o utilizador, em plena utilização do seu móvel, se desloque geograficamente, sendo para si transparentes as alterações que a rede efectua nessas situações. Tal procedimento implica a alteração de canal, frequência e intervalo de tempo ou código, dependendo do esquema de acesso múltiplo adoptado.

Podem definir-se duas fases de transferência: a *fase de iniciação*, com a tomada de decisão de transferência de canais, e a *fase de execução*, com a atribuição efectiva de recursos na estação base.

Por fim, existem 3 tipos de handover (HO)- *Intra-BSC*, quando o móvel muda de célula mas continua ainda sob o controlo da mesma BSC, *Inter-BSC*, se a mudança é efectuada para uma célula controlada por outra BSC (mas ainda sob o mesmo MSC/VLR) e *Inter-MSC*, quando o móvel muda para uma célula de uma diferente BSC, conectada esta a um diferente MSC/VLR.

2.4. Location Updating

O móvel tem sempre que informar o sistema (a rede) em que LA (*Location Area*) está presente. Isso é feito através do procedimento chamado *Location Updating*. O que é actualizado é a sua posição no VLR, que contém a sua LAI (*Location Area Identity*).

Existem 3 razões diferentes para o móvel iniciar este procedimento, que caracterizam os 3 tipos de *Location Updating* : Tipo *Normal* (iniciado quando o móvel detecta uma mudança de *Location Area*), Tipo *IMSI Attach* (sempre que o móvel é novamente ligado) e Tipo *Periodic* (se por exemplo o móvel foi desligado numa zona sem cobertura de rede, a mensagem de *IMSI Detach* não será recebida pela rede. A rede necessita saber se o móvel foi desligado para não desperdiçar recursos ao tentar contactá-lo, por exemplo. Esta é uma das razões que leva a um procedimento de *Location Updating* deste tipo).

2.5. Roaming

Quando o móvel está em modo *idle* (está neste modo quando não está em modo *busy*, ou seja, quando não tem um canal a si dedicado atribuído pela rede, como um TCH ou um SDCCH), diz-se estar em *roaming*. Quando em *roaming*, o móvel está apto a fazer e receber chamadas e a usar outros serviços da rede. Em modo *idle*, o móvel decide a qual BTS estar conectado, através da procura e escolha da melhor portadora (da melhor C₀, onde esta é a portadora, em cada BTS, onde a *broadcast info* - BCCH - é encontrada). Chama-se então *roaming* à mudança de célula por parte do móvel, quando em modo *idle*.

Porém, do conceito de *roaming* surge um conceito um pouco diferente (embora também relacionado com a mudança de célula) - o conceito de *roamer*. É usualmente chamado de *roamer* um utilizador que, possibilitado através de um acordo entre o seu fornecedor de serviços (ou operador) e um operador de um outro país, usufrua do seu móvel fora do seu país, mantendo as possibilidades de efectuar ou receber chamadas, como se estivesse no seu país (residindo no custo a principal diferença dos serviços, para o utilizador).

Derivando deste conceito, a própria designação de *roaming* é então normalmente utilizada para referir o que é proporcionado ao *roamer*, ou seja, operacionalidade fora do seu país.

2.6. Frequency Hopping

Desvanecimentos e interferências

A camada baixa de atmosfera – a troposfera – é um meio com características muito variáveis no tempo, podendo afectar as radiocomunicações de forma muito significativa. De facto, nas ligações por feixe hertziano o sinal recebido apresenta flutuações, por vezes de grande amplitude, acima e abaixo do seu valor mediano. Este fenómeno é vulgarmente designado de desvanecimento (*fading*), e afecta de forma significativa a qualidade de serviço.

Os desvanecimentos por efeitos de propagação dividem-se em 3 grupos: os desvanecimentos *quase constantes* (a absorção pelos gases atmosféricos), os desvanecimentos *esporádicos rápidos* (multipercursos devidos a não homogeneidades do índice de refacção e difracções por efeitos de turbulências na atmosfera, que provocam dispersão) e desvanecimentos *esporádicos mais ou menos lentos* (obstruções no percurso provocados por sub-refracção, variações do ângulo de chegada por refacção, atenuação pela chuva e multipercursos devidos a reflexões na superfície terrestre e a refracções em camadas da troposfera).

Além dos desvanecimentos, existem ainda as interferências em espaço livre. É a necessidade de rentabilizar o espectro que constitui a razão de fundo para a existência de interferências quer entre canais da mesma ligação, quer entre canais de ligações vizinhas. Além do facto de os canais terem largura de banda limitada, provocando um certo grau de sobreposição dos espectros de canais adjacentes, opera-se normalmente com uma grande densidade de ligações numa dada região. Como os recursos são escassos, reutilizam-se as mesmas frequências, desde que a separação física seja suficiente. A possibilidade de operar com polarizações ortogonais conduz a uma segunda dimensão de optimização do espectro, a reutilização de polarização.

O frequency hopping

Existem várias formas de contrariar as adversidades mencionadas acima. Introdução de margens adicionais de potência, escolha geográfica criteriosa dos melhores locais onde colocar as antenas, utilização de equalizadores, redundância ou diversidade na transmissão, etc.

Mas no âmbito deste trabalho, a medida de optimização da qualidade da ligação que interessa referir é o *frequency hopping*. Mas o que é o *frequency hopping*? É um método eficaz de combater o desvanecimento por multipercursos, assim como interferências. Quando este tipo de estratégia é usada em GSM, cada *burst* consecutivo será transmitido (e conseqüentemente recebido) a uma diferente frequência. Sendo assim, se um *burst* vier corrupto, há uma grande probabilidade de o *burst* seguinte ser correctamente recebido, se for transmitido numa outra frequência, que provavelmente não estará sob as mesmas condições adversas.

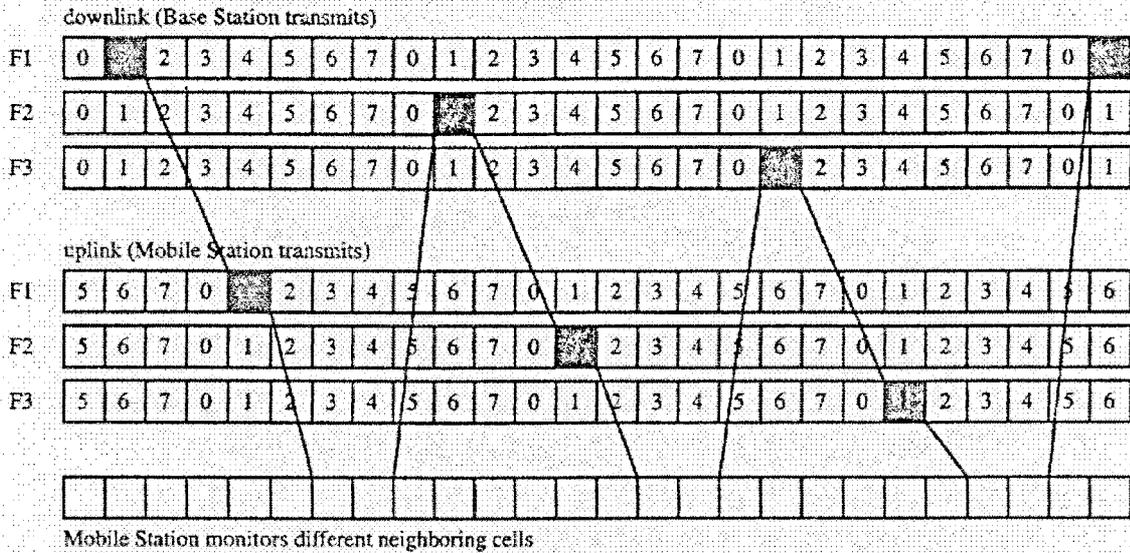


Figura 4 : Temporização Slow Frequency Hopping

As grandes vantagens que este método traz são a diversidade na frequência, a diversidade na interferência e o ganho em capacidade, ou seja, este método reduz os efeitos de desvanecimento por multipercursos, pois os *bursts* corruptos são reduzidos e ‘espalhados no tempo’ e espalha as interferências por outras ligações, mas a um nível aceitável (ou seja, homogeneiza o nível de interferência; embora possa causar interferências em canais anteriormente não interferidos, estas não são suficientemente significativas para se perder uma ligação).

2.6.1. Parâmetros do Frequency Hopping

As frequências usadas são alteradas de acordo com um padrão cíclico ou pseudo-aleatório.

Os parâmetros que definem a ordem das frequências pelas quais a transmissão vai alternar são a *MA list*, o *HSN*, e o *MAIO*.

A *MA (Mobile Allocation) list* é o conjunto de frequências no qual o móvel pode alternar a sua transmissão.

O *HSN (Hopping Sequence Number)*, define o padrão de salto (*hopping*). Se for 0, indica que o hopping é cíclico, se for maior que 0 ($1 < \text{HSN} < 64$), o hopping terá uma de 64 possíveis sequências de salto pseudo-aleatórias.

Por fim, o *MAIO* (*Mobile Allocation Index Offset*) é um índice relativo a uma frequência inicial, na *MA list*, que permite que haja ortogonalidade entre 2 *TRXs* (*Transceivers*) que tenham os mesmos HSN e MA. Se uma célula possuir 2 *TRXs*, terá que ser garantido que ambos não tenham a mesma sequência de alternância de frequências, ao mesmo tempo. Desde que a frequência ‘início de sequência’ (*MAIO*) seja diferente, o padrão de alternância poderá ser igual, que está garantida a ortogonalidade.

2.6.2. Tipos de Frequency Hopping

O que há ainda a dizer do frequency hopping, no contexto da realização deste trabalho, é que existem dois tipos: *Fast Frequency Hopping* (FFH) e *Slow Frequency Hopping* (SFH). Enquanto que em FFH a frequência muda mais rapidamente que a taxa de modulação, em SFH a frequência mantém-se ao longo da transmissão de cada segmento de mensagem, mudando apenas aquando da transmissão de um novo *burst*. Como em GSM um *burst* (ver *anexo A*) é a unidade de transmissão, este standard pertence claramente ao caso *Slow Frequency Hopping*, pois a frequência não pode alternar mais rapidamente que a unidade de transmissão.

Finalmente, o hopping SFH pode ser *Baseband* ou *Synthesizer*.

2.6.2.1. Baseband Hopping

Em *Baseband Frequency Hopping* é atribuída uma frequência de operação específica a cada um dos transmissores da BTS. Na transmissão, todos os *bursts*, independentemente da ligação, são encaminhados para o transmissor apropriado da frequência correspondente, através de um barramento.

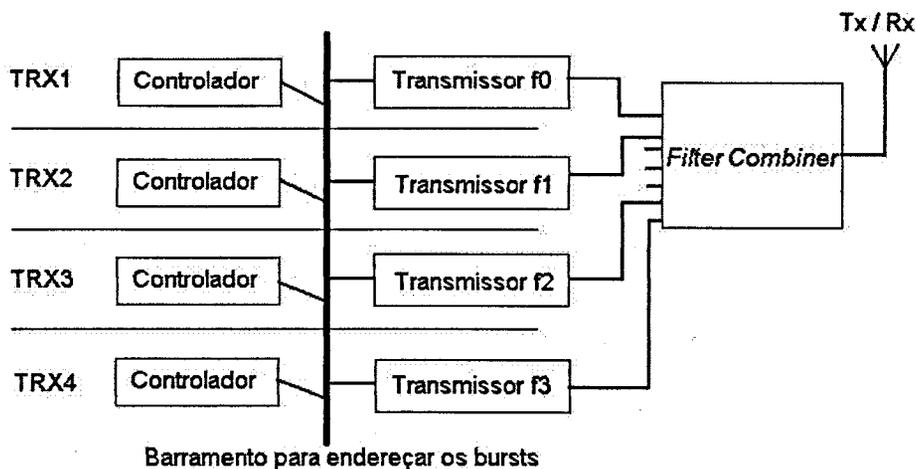


Figura 5 : Baseband Hopping

A grande vantagem do *Baseband Hopping* são as menores perdas introduzidas com a sua utilização, devido ao tipo de combinadores que pode utilizar, que têm várias entradas (o uso de combinadores implica obviamente perdas, que aumentam com o número destes dispositivos).

Porém, este tipo de hopping apresenta a grande desvantagem de não ser possível utilizarem-se mais frequências do que o número de transmissores existente.

2.6.2.2. Synthesizer Hopping

Em *Synthesizer Frequency Hopping* cada um dos transmissores da BTS fica encarregue de todos os bursts que pertençam a uma ligação específica, como se pode observar na figura.

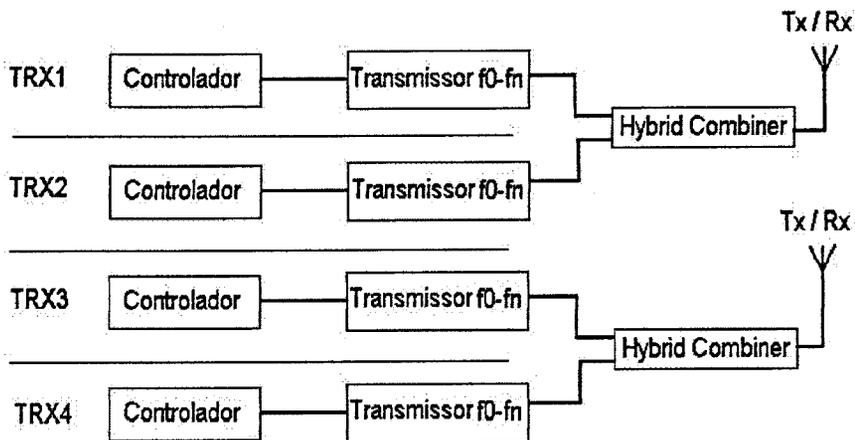


Figura 6 : Synthesizer Hopping

Os *bursts* são enviados directamente para o transmissor, sem serem encaminhados previamente por um barramento. Ao contrário do que acontece com *Baseband Hopping*, aqui o transmissor sintoniza-se em diferentes frequências, de acordo com a transmissão de cada *burst*, dependendo do número de transmissores. É possível saltar-se sobre um grande número de frequências, mesmo que somente alguns *transcievers* (*transmitter/receiver*) estejam instalados. Desta maneira, com um grande número de frequências de salto (*MA list*), o ganho com frequency hopping é maximizado (conseguindo-se também um maior *espalhamento* da interferência, menos centralizada, individualmente menos adversa).

A grande desvantagem deste método é não poder usar o tipo de combinadores usados em *Baseband* (*narrow-band tuneable filter combiners*), sendo com *Synthesizer Hopping* usados combinadores do tipo *wide-band hybrid*. Cada um destes combinadores só possui duas entradas, e tem perdas associadas de 3dB. Sendo assim, torna-se impraticável o uso de mais de dois combinadores deste tipo em cascata.

2.7. Uma introdução ao método de análise da ferramenta

A ferramenta em validação reporta resultados originados na análise da sinalização trocada entre o móvel e a BTS, na interface rádio. Sendo assim, como os testes aos quais a ferramenta foi submetida se basearam na simulação de eventos (como chamadas efectuadas ou recebidas, *handovers*, *location updatings*, etc), torna-se fundamental saber quais os procedimentos, em termos de sinalização, que tomam lugar quando tais eventos acontecem.

Como veremos mais adiante, a ferramenta reporta resultados através da análise da interface rádio. Mas, afinal, o que é que ela analisa? O que é analisado são os *bursts* mapeados com os canais lógicos (ver *ANEXO A*), e a mais importante parte dos resultados deriva da análise dos *Paging Channels*, *Random Access Channels* e dos *Traffic Channels*.

É através do *Paging Channel* que os móveis são *paged*, ou seja, é neste canal que o móvel recebe a informação de que uma outra entidade o está a tentar contactar (uma chamada ou uma mensagem escrita, por exemplo). Será através da análise deste canal que a ferramenta saberá (no ambiente controlado de testes) o número de vezes que o móvel foi *paged*, ou seja, que o tentaram contactar.

De modo semelhante, é através do *RACH* que o móvel contacta a rede para pedir um canal específico para si. O móvel precisa de pedir um canal sempre que quiser efectuar ou responder a uma chamada, realizar *Location Updatings*, enviar *SMSs* ou informar a rede que vai ficar indisponível (desligado - *IMSI Detach*), por exemplo. É então através da análise da informação que o *RACH* transporta para a rede que a ferramenta irá contabilizar parâmetros como o número de chamadas efectuadas ou *Location Updatings*.

Finalmente, é através da análise dos canais de tráfego (*TCHs*) que as estatísticas de tráfego são elaboradas.

3. Familiarização com Ferramentas de Apoio

Neste capítulo conhecer-se-ão as 3 principais ferramentas com as quais decorreram os testes. À parte do PC, que ligado através de um cabo *Ethernet* com a ferramenta, constituía o método de configuração e visualização da informação reportada pela mesma, é relevante referir as 3 principais ferramentas utilizadas: os *Geradores de Eventos*, a base de dados da BSC (para confirmação dos resultados) e, obviamente, a ferramenta em teste.

3.1. O 'Gerador de Eventos'

O gerador de eventos é um telefone móvel com características especiais. É conectado a um PC através da porta série e, através de um software próprio, torna-se possível criar eventos, como efectuar chamadas ou provocar *handovers*, por exemplo.

Esta ferramenta permite-nos controlar a sua utilização como telefone, ou seja, é-nos permitido escolher a qual BTS estar conectado, definir em quais *time slots* transmitir, e programar a ferramenta para criar séries de eventos (como por exemplo 20 chamadas consecutivas de duração x e intervaladas de y). É possível, além da visualização dos acontecimentos, salvar a informação para posterior estudo.

Uma potencialidade muito importante desta ferramenta é o reportar de toda a sinalização (pormenorizadamente explicada), *downlink* e *uplink*, que a sua antena consegue captar da interface rádio, sinalização esta de níveis 2 e 3 (*Layer 2* e *Layer 3*)

Torna-se então possível saber exactamente que eventos estão a ser criados, ou seja, se ocorreu algum *Location Updating* ou a razão pela qual uma ligação se perdeu. Estes eventos, entre outros, são também reportados pela ferramenta em teste, e para validação das suas medidas terão que existir métodos de comparação, como são caso a sinalização reportada pela ferramenta referida neste ponto, ou as estatísticas obtidas na BSC.

3.2. Contadores de desempenho da Interface Rádio usados para comparação (dados da BSC)

Será precisamente através das estatísticas reportadas pelos contadores da BSC que poderá ser feita a confirmação dos resultados das medidas efectuadas pela ferramenta em validação.

Esta base de dados possui contadores que analisam a maior parte dos eventos possíveis, e tais contadores dividem-se em grupos. Esses grupos englobam contadores de um mesmo género, em que por *género* pode entender-se por exemplo a sinalização entre essa BSC o MSC, o tipo de mensagens transportadas no RACH ou no SDCCH, o tráfego na banda *GSM900*, informação de *handovers intra-BSC*, etc.

Assim, e de acordo com o objectivo do estudo desta fonte de informação (ou seja, a confirmação de resultados), refiram-se neste ponto apenas os grupos e os contadores de eventos da base de dados que foram analisados.

Grupo : RACH

- PAGRESPONSE - Respostas a Pagings
- LOCUPDATE - Location Update
- OTHSERVICE - Incrementado com o evento Pedido de 'outros serviços' (Existem 3 casos: *IMSI detach*, *SMS*, *supplementary service management*) e com o evento Chamada a efectuar e um TCH/F é requerido
- EMERGENCY - Chamada de emergência
- REESTABLISHMENT - Reestabelecimento de chamada
- ACCEPTRACH - Nº de RACHs aceites (lembramos que é um canal de acesso aleatório, que pode por vezes não ser aceite)
- FAILRACH - Nº de RACHs não aceites

Grupo : TCH

- SUCESTABLISHMENT - Estabelecimentos de canal (com sucesso) dos móveis
- CALLATTEMPTS - Tentativas de chamada
- CONGTIME - Tempo de congestão dos TCHs
- TRAFACCUMULATOR - Acumulador de nível de tráfego (em nº de canais)
- ACCUMULATIONS - Nº de acumulações do contador anterior
- CONGHO - Nº de congestionamentos em situações de handover

Grupo: HO

- HOSENT - Nº de comandos de handover enviados para a célula vizinha
- HOSUCCESS - Nº de handovers com sucesso para a célula vizinha
- HOBACK - Nº de tentativas de handover onde o móvel volta ao canal antigo

Grupo: SDCCH

- SUCESTABLISHMENTS - Estabelecimentos de canal (com sucesso) em SDCCHs
- TRAFACCUMULATOR - Acumulador de nível de tráfego
- ACCUMULATIONS - Nº de acumulações do contador anterior
- RELEASECONGESTION - Nº de SDCCHs libertos devido a congestão nos recursos rádio

Grupo: DUALBAND (só são incrementados para eventos causados por móveis dual-band)

TRAFACCUMULATOR - Acumulador de nível de tráfego

ASSCOMPLETE - Estabelecimentos completados para qualquer classe de móveis

ASSATTEMPTS - Nº de tentativas de estabelecimentos para qualquer classe de móveis

DUALDROPS - Ligações libertadas devido a falha

Grupo: SMS (Short Message Service)

SDCCHDOWN - Mensagens SMS downlink no SDCCH

SDCCHUPLINK - Mensagens SMS uplink no SDCCH

TCHDOWNLINK - Mensagens SMS downlink no TCH

TCHUPLINK - Mensagens SMS uplink no TCH

3.3. O 'Observador'

O *Observador* é uma ferramenta de medida *wireless* que fornece informação de tráfego, *roaming* e sobre configurações de rede.

A ferramenta tem 3 modos de operação (ou tipos de tarefa): *Perfil*, *Tráfego* e *Roaming*.

O modo PERFIL

O modo (ou tarefa) *PERFIL* pode considerar-se o modo base, já que as restantes tarefas utilizam um Perfil como base para as suas medições.

Este modo permite determinarem-se quais os standards celulares que estão activos numa dada localização (*GSM*, *AMPS*, *CDMA*, *ETACS* ou *IS-136*).

No painel de configuração do Modo *Perfil*, escolhem-se os standards e bandas (*GSM900* e/ou *DCS-1800*, por exemplo) a monitorar, e define-se o tempo máximo que o *Observador* passará a monitorar cada banda e cada canal. Quanto mais prolongado for o tempo de pesquisa num determinado canal, mais pormenorizada será a sua análise. É também definida uma taxa de erros máxima (a *Frame Error Rate* - *FER*), para os canais de controlo. O *Observador* não reporta, por exemplo, canais de controlo com *FER* superior a 5%.

Os estudos de *Tráfego* e *Roaming* serão feitos através de uma prévia escolha dos canais de controlo (CChs) a monitorar, e os canais de controlo que estarão disponíveis para monitorar serão somente os detectados e analisados pelo modo *Perfil*. O modo *Perfil* terá que analisar os canais de controlo para escolher qual o algoritmo a utilizar para os restantes dois modos (pois

os métodos de contagem de tráfego serão diferentes para os casos de *Baseband* e *Synthesizer hopping*, por exemplo).

Os resultados que este *Modo Perfil* reporta, para cada um dos vários canais de controlo detectados pela ferramenta que obedecem às configurações são:

- *Número de Transceivers (TRXs)*
- *Potência do Sinal Recebido*
- *FER (Frame Error Rate)*
- *Flag de controlo de potência*
- *Tipo de Hopping (Synthesizer hopping, Baseband hopping, Not hopping ou Desconhecido)*
- *Número de Canais de Tráfego*
- *Número de Canais de Controlo Associados (SDCCHs)*

- *MCC (Mobile Country Code)*
- *MNC (Mobile Network Code)*
- *LAC (Location Area Code)*
- *ID da Célula*
- *Número de ARFCNs vizinhas*
 - *Vizinha #1 ARFCN : 57*
 - *Vizinha #2 ARFCN : 64*
 - *Vizinha #n ARFCN : 71*

Talvez seja importante referir neste ponto qual o significado de *CCh 70*, ou de *ARFCN 57*.

O espectro de frequências em Portugal encontra-se dividido (a banda GSM900 em 3 partes, uma para cada operador). Assim, o *canal de controlo 70* corresponde a uma estação que, numa determinada localização, usa as frequências *904.0MHz* e *949.0MHz* para recepção e transmissão (respectivamente *uplink* e *downlink*).

Outros valores de ARFCNs (*Absolute Radio Frequency Channel Number*) podem ser consultados no *ANEXO B*.

O modo TRÁFEGO

O modo *TRÁFEGO* é uma tarefa que possibilita ao utilizador conhecer o tráfego e também alguns dos outros eventos associados a um determinado canal de controlo, durante um certo período de tempo.

Os parâmetros configuráveis mais relevantes para o Modo *Tráfego* são a escolha de um Perfil, onde se seleccionarão quais os CChs dos quais se pretende obter medidas, a duração da tarefa (divisível em intervalos – *reports*) e o tempo de análise a que cada CCh será submetido.

Existem então dois tipos de resultados reportados para cada canal de controlo em análise:

Os *Contadores de Eventos* e os *Contadores de Tráfego*.

Os *Contadores de Eventos* reportam, para cada CCh em estudo, valores para eventos como número de chamadas efectuadas e recebidas ou número de *Location Updatings*, por exemplo, ou seja, basicamente reportam a actividade detectada no RACH.

Os *Contadores de Tráfego*, por sua vez, reportam medidas como o número mínimo e máximo de canais de tráfego (TCHs) activos num determinado instante, ou então o número médio de canais de tráfego activos no intervalo de tempo em análise (o que acaba por ser a definição de tráfego, ou número de *Erlangs*). Estes contadores também reportam medidas como a ocupação mínima, média e máxima dos TCHs, em segundos.

Apresentem-se então um todos os contadores (equivalentes) reportados no *Modo Tráfego* do *Observador*:

Contadores de Eventos

- *Pagings*
- *Canais de Voz Atribuídos*
- *Registos*
- *Chamadas Efectuadas*
- *Respostas a Pagings*
- *Acessos Negados*
- *Outros Contadores*

Contadores de Tráfego

- *Número de TCHs Detectados*
- *Número Mínimo de TCHs Activos*
- *Número Máximo de TCHs Activos*
- *Número Médio de TCHs Activos*
- *Ocupação Mínima em segundos*
- *Ocupação Máxima em segundos*
- *Ocupação Média em segundos*

O modo ROAMING

Finalmente, o modo *Roaming* monitoriza um ou dois CChs (já que a ferramenta possui duas antenas) e reporta sinalização da *Layer 3* (como *Paging Requests* e *Location Updatings*), e associa a detecção de cada uma dessas mensagens a um *IMSI* (*International Mobile Subscriber Identifier*) ou *TMSI* (*Temporary Mobile Subscriber Identifier*), assim como a data e hora da detecção das mensagens detectadas, sendo assim possível saberem-se estatísticas de *roaming*.

O *IMSI* é o número que identifica univocamente um assinante de qualquer país, e é constituído por 15 algarismos:

Grupo de algarismos	Nº de algarismos	Função Descritiva
MCC	3 (1..3)	Código do País
MNC	2 (4,5)	Código do Operador
Restantes	10 (6..15)	Identificador do assinante

Tabela 1 : O IMSI (MCC+MNC+10 dígitos)

Quando for reportada, para um determinado CCh, sinalização referente a um IMSI cujo MCC difira do MCC português (*MCC Português = 268*), saberemos então que existe um *roamer* (*SIM Card* não português) cujo móvel está sintonizado com o CCh em análise (e logo a usufrui dos serviços do operador *MNC*, ao qual esse CCh pertence – ver anexo B).

Este modo, tal como o Modo Tráfego, também proporciona a visualização dos *Contadores de Eventos*, residindo a diferença na análise individual de cada um desses eventos, em termos da sinalização.

Mostram-se em seguida os dois tipos de output que este modo permite :

Contadores de Eventos

- *Pagings*
- *Canais de Voz Atribuídos*
- *Registos*
- *Chamadas Efectuadas*
- *Respostas a Pagings*
- *Acessos Negados*
- *Outros Contadores*

Mensagens Individuais				
Mensagem nº	Data	Hora	IMSI/TMSI	Tipo de mensagem
1	05/06/2001	11:50:54.2	23410590018630	<i>Paging Request Tipo 1</i>
2	05/06/2001	11:50:54.2	0x c4ef203	<i>Paging Request Tipo 1</i>
3	05/06/2001	11:50:54.6	23410590018630	<i>Location Updating</i>

Tabela 2 : Mostram-se apenas, como exemplo, as 3 primeiras mensagens monitoradas.

4. Paralelismo dos Contadores da BSC com os Indicadores obtidos através da Ferramenta em Validação

Neste ponto o objectivo é estabelecer o paralelismo entre os contadores da base de dados (que incluem os contadores de eventos da BSC) e os contadores da ferramenta em validação. Logicamente, o objectivo desta fase do estágio é o estudo do método de comparação dos resultados, para posterior validação (ou não) dos mesmos.

É importante referir neste ponto que tal mapeamento ou paralelismo foi efectuado com o objectivo de comparar os resultados nas condições em que a ferramenta vai ser testada, ou seja, numa rede em ambiente controlado. Estes mapeamentos não estariam totalmente correctos se os testes se efectuassem na rede real. Para melhor se compreender esta afirmação, digamos que o contador TCH.CALLATTEMPTS conta um número de tentativas e não um número de sucessos. Porém, nas condições em que a ferramenta será testada, uma tentativa corresponderá sempre a um sucesso, podendo então estabelecer-se directamente o paralelismo deste contador com o contador da ferramenta CHAMADAS EFECTUADAS.

Contadores de Eventos do Observador	Descrição	Paralelismo com os contadores da base de dados da BSC
Pagings	Incrementado sempre que um PAGING REQUEST Tipo 1,2 or 3 é observado no CCh.	Não há mapeamento
Canais de Voz Atribuídos	Soma dos contadores "Chamadas Efectuadas" e "Respostas a Pagings"	TCH. SUCESTABLISHMENT + RACH.PAGRESPONSE
Registos	Incrementado no caso de RACH=Location Update	RACH.LOCUPDATING
Chamadas Efectuadas	Incrementado nos casos de RACH = Chamada de voz originada com TCH/F ou TCH/H ou RACH = Chamada de dados com TCH/H	TCH. SUCESTABLISHMENT
Respostas a Pagings	Incrementado no caso de RACH=Resposta a um Paging	RACH. PAGRESPONSE
Acessos Negados	Incrementado com as mensagens de IMMEDIATE ASSIGNMENT REJECT	TCH.CALLATTEMPTS - TCH. SUCESTABLISHMENT
Outros Contadores	Incrementado nos casos RACH= Emergency call ou RACH= Outros procedimentos do SDCCH	RACH.EMERGENCY + (RACH.OTHSERVICE - TCH.CALLATTEMPTS)

Tabela 3

Contadores de Tráfego do Observador	Descrição	Paralelismo com os contadores da base de dados da BSC
Número de TCHs Detectados	Número de TCHs daquele CCh específico (número de time slots para tráfego)	Não há mapeamento
Número Mínimo de TCHs Activos	Número mínimo de TCHs activos num dado instante do intervalo de tempo em análise	Não há mapeamento
Número Máximo de TCHs Activos	Número máximo de TCHs activos num dado instante do intervalo de tempo em análise	Não há mapeamento
Número Médio de TCHs Activos	Número médio de TCHs activos durante o intervalo de tempo e análise (acaba por ser a definição de tráfego, medido em <i>Erlangs</i>)	TCH.TRAFACCUMULATOR / TCH.ACCUMULATIONS
Ocupação Mínima em segundos	Ocupação mínima, em segundos, que um determinado TCH esteve activo	Não há mapeamento
Ocupação Máxima em segundos	Ocupação máxima, em segundos, que um determinado TCH esteve activo	Não há mapeamento
Ocupação Média em segundos	Ocupação média, em segundos, dos TCHs durante o intervalo de tempo em análise	(TCH.TRAFFACCUMULATOR / TCH.ACCUMULATIONS) * T

Tabela 4

Nota: No mapeamento do contador 'Ocupação Média em segundos' 'T' é número total de segundos do intervalo de medida.

Contadores de Eventos

- Pagings – Não existe nenhum contador na base de dados que faça esta contagem.

Nestes casos, diz-se que “*Não há mapeamento*”;

- Canais de Voz Atribuídos – Equivale à soma do nº de chamadas efectuadas com o nº de chamadas recebidas;
- Registos – Mapeamento directo (nº de *Location Updatings*);
- Chamadas Efectuadas - Mapeamento directo (conta o mesmo que o contador mapeado);

- Respostas a Pagings - Mapeamento directo (conta o mesmo que o contador mapeado);
Uma resposta a um *Paging* acaba por significar uma Chamada Recebida;
- Acessos Negados – Corresponde à diferença entre o nº de tentativas e o nº de sucessos;
- Outros Contadores - O Emergency call tem mapeamento directo;
O *Other SDCCH Procedure* corresponde a 3 casos: *IMSI Detach*, *SMSs* ou *Supplementary service management*. Estes 3 eventos correspondem à diferença entre os 4 eventos contabilizados pelo contador RACH.OTHSERVICE e o evento contabilizado pelo contador TCH.ATTEMPTS (ou TCH.SUCESTABLISHMENTS).

Contadores de Tráfego

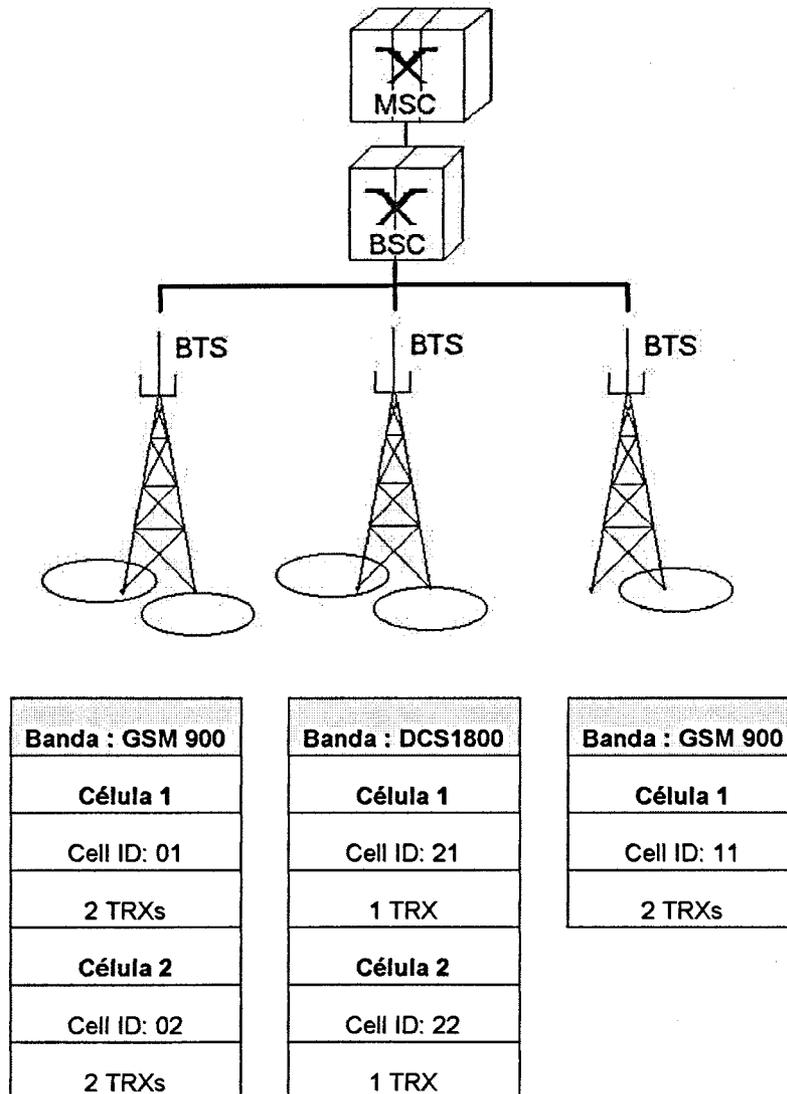
- Número de TCHs Detectados - Não há mapeamento possível;
- Número Mínimo de TCHs Activos - Não há mapeamento possível;
- Número Máximo de TCHs Activos - Não há mapeamento possível;
- Número Médio de TCHs Activos – Este é talvez o contador mais importante da ferramenta.
O nº médio de canais de tráfego activos por período de medida equivale ao tráfego existente naquele período. Sendo assim, este contador podia chamar-se *Nº de Erlangs*;
A cada 0.1 segundos, o contador TCH.TRAFACCUMULATION mede e acumula o tráfego existente. No fim do período de medida, se dividirmos este contador pelo número de acumulações (TCH.ACCUMULATIONS), temos um nº médio de canais activos naquele intervalo de tempo, ou seja, o tráfego em Erlangs;
- Ocupação Mínima em segundos – Não há mapeamento possível;

- Ocupação Máxima em segundos - Não há mapeamento possível;
- Ocupação Média em segundos – Explique-se com um exemplo.

Existem 8 TCHs. O intervalo de tempo de medida é de 4 minutos. Nesse intervalo de tempo, existem 4 chamadas de 2 minutos cada.. Sendo assim, existem 8 minutos de conversação, ou de ocupação dos TCHs. Em média, cada um dos 8 TCHs estará activo por 1 minuto, nesse período (o contador em causa reportará 60 segundos de ocupação média nesse período de 4 minutos, para cada um dos 8 TCHs). Como o período é de 4 minutos e em média temos os canais ocupados por 1 minuto, o tráfego será de 0.25 erlangs. Isto é o cálculo do tráfego. Para calcular a ocupação média em segundos através do tráfego, já que na base de dados da BSC não existem contadores em segundos, teremos que multiplicar o tráfego (0.25 erlangs) pelo número de segundos do intervalo ($4\text{min} \cdot 60\text{seg} = 240\text{ seg}$), e teremos (60seg) a ocupação média, em segundos, de cada um dos 8TCHs no período de medida.

5. Definição de Testes a Realizar numa Rede em Ambiente Controlado

Antes de se proceder à apresentação dos testes planeados para a validação da ferramenta, é relevante referir em que condições tais testes se efectuaram, ou seja, referir a constituição física da mini-rede onde os testes tiveram lugar. Tais testes dizem-se em ambiente *controlado*, pois as características da rede são alteráveis (células activas ou não, tipo e parâmetros de frequency hopping, etc). Tais alterações não poderiam, obviamente, ser efectuadas na rede real, sempre que se quisessem efectuar testes.



De seguida mostram-se as situações de teste planeadas para a análise dos contadores da ferramenta.

Com estas situações pretende-se submeter todos os contadores do Modo *Tráfego* a teste.

A análise de tráfego da ferramenta não foi validada anteriormente pois mostrava problemas nas medições sob uma determinada configuração de Synthesizer Hopping (nomeadamente, quando as *MA lists* de duas células de um mesmo *site*- pela figura acima entenda-se por *site* o conjunto de células que pertencem a uma BTS - continham frequências repetidas). Por esta

razão, o método adoptado para planeamento dos testes foi imaginar vários eventos que fariam accionar os contadores em validação, e repetir estas situações para estratégias de frequency hopping diferentes.

Em seguida mostram-se então os testes planeados. Para o primeiro grupo de 11 testes, todos submetidos à mesma estratégia de frequency hopping, deverão ser obtidos os mesmos resultados que para os restantes 5 grupos de 11 testes, pois só a configuração da rede muda, e não o número de eventos ocorridos.

Nas páginas que se apresentam em seguida somente será comentado o objectivo do teste, e apresentados os eventos provocados assim como as principais configurações de rede adoptadas.

No *ANEXO D* mostram-se os resultados esperados para cada um dos 11 testes diferentes, compreendendo-se assim todos os contadores que estão envolvidos em cada situação, e logo que estão submetidos a teste.

TESTE 1

Com este teste pretende testar-se os *Contadores de Eventos* e os *Contadores de Tráfego* da ferramenta.

A estratégia em causa caracteriza-se por ter 2 frequências repetidas nas *MA lists* das células 01 e 02, ambas pertencentes ao mesmo site.

Período de medição : 10 min

CONFIGURAÇÃO DA REDE :

- Células envolvidas neste teste: 01 e 02 (BTS1)

Parâmetro/Célula	01	02	21	22	11
BCCH (TRX1)	61	59	841	850	68
Hopping Flag	ON	ON	OFF	OFF	ON
HSN	1	1			2
MAIO	(0,2)	(0,2)			(0,2)
MA list (TRX2)	[43,56,58,71,73]	[45,47,51,54,71,73]			[43,56,58,71,73]

Tabela 5

DESCRIÇÃO DO TESTE:

- Forçar o “Gerador de Eventos 1” a estar na célula 01;

- Forçar o “Gerador de Eventos 2” a estar na célula 02;
- Começar a monitorar os eventos
- Efectuar 7 MOCs (Mobile Originating Calls, ou seja, Chamadas Efectuadas) de 60 segundos cada, com intervalos de 5 segundos, do Gerador de Eventos 1 para o Gerador de Eventos 2.
- Efectuar uma MOC de 90 segundos do Gerador de Eventos 2 para o Gerador de Eventos 1.

TESTE 2

Período de medição : 10 min

CONFIGURAÇÃO DA REDE :

- A mesma configuração de rede do teste anterior.
- Células envolvidas neste teste: 01 e 02 (BTS1)

DESCRIÇÃO DO TESTE:

- Teste semelhante ao anterior, mas desta vez as 7 MOCs são efectuadas de ambos os Geradores de Eventos para um número de testes (igualmente com 5 segundos de intervalo entre os eventos).

TESTE 3

Os objectivos destes teste são semelhantes aos do primeiro, residindo a diferença principal em submeter a ferramenta à análise de duas células de *sites* diferentes.

Período de medição : 10 min

CONFIGURAÇÃO DA REDE :

- A mesma configuração de rede do teste anterior.
- Células envolvidas neste teste: 01 e 11 (BTS1 e BTS3)

DESCRIÇÃO DO TESTE:

- Forçar o Gerador de Eventos 1 a estar na célula 01;
- Forçar o Gerador de Eventos 2 a estar na célula 11;
- Começar a monitorar os eventos
- Efectuar 7 MOCs de 60 segundos cada, com intervalos de 5 segundos, do Gerador de Eventos 1 para o Gerador de Eventos 2.
- Efectuar uma MOC de 80 segundos do Gerador de Eventos 2 para o Gerador de Eventos 1.

TESTE 4

Período de medição : 10 min

CONFIGURAÇÃO DA REDE :

- A mesma configuração de rede do teste anterior.
- Células envolvidas neste teste: 01 e 11 (BTS1 e BTS3)

DESCRIÇÃO DO TESTE:

- Teste semelhante ao teste 3, mas as 7 MOCs de 60 segundos são desta vez efectuadas por ambos os Geradores de Eventos para um número de testes.

TESTE 5

Período de medição : 10 min

CONFIGURAÇÃO DA REDE :

- A mesma configuração de rede do teste anterior.
- Células envolvidas neste teste: 01 (BTS1)

DESCRIÇÃO DO TESTE:

- Forçar ambos os Geradores de Eventos a estarem na célula 01;
- Começar a monitorar os eventos.
- Efectuar 7 MOCs de 60 segundos cada, com intervalos de 5 segundos, do Gerador de Eventos 1 para o Gerador de Eventos 2.
- Efectuar uma MOC de 30 segundos do Gerador de Eventos 2 para o Gerador de Eventos 1.

TESTE 6

Período de medição : 10 min

CONFIGURAÇÃO DA REDE :

- A mesma configuração de rede do teste anterior.
- Células envolvidas neste teste: 01 (BTS1)

DESCRIÇÃO DO TESTE:

- Teste semelhante ao anterior, mas desta vez as 7 MOCs consecutivas de 60 segundos são efectuadas de ambos os Geradores de Eventos para um número de testes.

TESTE 7

Os testes que se seguem, além dos objectivos dos testes anteriores, têm também o objectivo de testar a ferramenta na existência de transferência de canais, ou seja, na existência de *handovers*.

Período de medição : 10 min

CONFIGURAÇÃO DA REDE :

- A mesma configuração de rede do teste anterior.
- Células envolvidas neste teste: 01, 11 e 22 (BTS1, BTS3 e BTS2)

DESCRIÇÃO DO TESTE:

- Forçar o Gerador de Eventos 2 a estar na célula 01;
- Forçar o Gerador de Eventos 1 a estar na célula 22;
- Efectuar uma MOC de 8 minutos do Gerador de Eventos 1 para o Gerador de Eventos 2;
- HO do Gerador de Eventos 2 para a célula 11 (ao 2º minuto);
- HO do Gerador de Eventos 1 para a célula 11 (ao 3º minuto);
- HO do Gerador de Eventos 2 para a célula 01 (ao 5º minuto);
- HO do Gerador de Eventos 1 para a célula 22 (ao 6º minuto);

TESTE 8

Período de medição : 10 min

CONFIGURAÇÃO DA REDE :

- A mesma configuração de rede do teste anterior.
- Células envolvidas neste teste: 01 e 11(BTS1 e BTS3)

DESCRIÇÃO DO TESTE:

- Forçar ambos os Geradores de Eventos a estarem na célula 11;
- Efectuar uma MOC de 8 minutos de cada um dos Geradores de Eventos para um número de testes.

- Bloquear todos os TCHs do TRX1 (tendo em atenção que time slot 0, com o BCCH e o time slot 1, com o SDCCH, não podem ser bloqueados, ou seja, o que há a bloquear são os time slots 2 a 7) da célula 01 e todos os TCHs, menos um, do TRX2.
- HO do Gerador de Eventos 2 para a célula 01 (ao 2º minuto);
- HO (tentativa que não terá sucesso) do Gerador de Eventos 1 para a célula 01 (ao 3º minuto);
- Desbloquear outro TCH do TRX2 da célula 01
- HO do Gerador de Eventos 1 para a célula 01 (ao 4º minuto);
- Desbloquear todos os TCHs.

TESTE 9

Com este teste pretende testar-se os contadores do *Observador* mas também os novos contadores da base de dados da BSC, os contadores *Dualband*.

Período de medição : 15 min

CONFIGURAÇÃO DA REDE :

- A mesma configuração de rede do teste anterior.
- Células envolvidas neste teste: 01 e 11(BTS1 e BTS3)

DESCRIÇÃO DO TESTE:

- Forçar o Gerador de Eventos 1 (Gerador de Eventos 1 – móvel – dualband) a estar na célula 01;
- Forçar o Gerador de Eventos 2 (Gerador de Eventos 2 – não é dualband) a estar na célula 11;
- Efectuar 5 MOCs consecutivas de 60 segundo do Gerador de Eventos 1 para o Gerador de Eventos 2, com intervalos de 5 segundos.
- Após as 5 chamadas, forçar o Gerador de Eventos 2 a estar na célula 01(Nenhum dos contadores de eventos do Observador é incrementado)
- Efectuar uma MOC do Gerador de Eventos 2 para o Gerador de Eventos 1 (para comparar os contadores TRAFACCUMULATOR dos grupos TCH e DUALBAND)
- Efectuar uma MOC do Gerador de Eventos 2 para o Gerador de Eventos 1
- HO do Gerador de Eventos 1 para a célula 11 (ao 2º minuto da chamada)
- Terminar a chamada ao 3º minuto.
- Bloquear todos os TCHs do TRX1 e TRX2 da célula 01
- Fazer uma MOC do Gerador de Eventos 1 para um número de testes.
- HO (tentativa) do Gerador de Eventos 1 para a célula 01 (ao 12º minuto);
- Terminar a chamada (ao 3º minuto)

TESTE 10

O objectivo da simulação das situações que aqui se apresentam é testar os *Contadores de Eventos* que não tenham sido ainda previamente submetidos a avaliação.

Período de medição : 10 min

CONFIGURAÇÃO DA REDE :

- A mesma configuração de rede do teste anterior.
- Células envolvidas neste teste: 01 (BTS1)

DESCRIÇÃO DO TESTE:

- Iniciar a monitorar eventos
- Gerador de Eventos 1 : IMSI Attach (Contador : *Registos*)
- Gerador de Eventos 2 : IMSI Attach (Contador : *Registos*)
- Forçar ambos os Geradores de eventos a estarem na célula 01
- Enviar um SMS do Gerador de Eventos 1 para o Gerador de Eventos 2 (Contador : *Outros Contadores*)
- Gerador de Eventos 2 : IMSI Detach (Contador : *Outros Contadores*)
- Gerador de Eventos 2 : IMSI Attach (Contador : *Registos*)
- Bloquear todos os TCHs do TRX1 e todos, menos um, do TRX2 (célula 01).
- Fazer 5 MOCs consecutivas de 90 segundos do Gerador de Eventos 1 para o número de testes. (Contador : *Chamadas Efectuadas*)
- Tentativa de MOC do Gerador de Eventos 2 (Contador : *Acessos Negados*)
- Desbloquear todos os TCHs.

TESTE 11

Período de medição : 10 min

CONFIGURAÇÃO DA REDE :

- A mesma configuração de rede do teste anterior.
- Células envolvidas neste teste: 02 (BTS1)

DESCRIÇÃO DO TESTE:

- Forçar ambos os Geradores de Eventos a estarem na célula 02;

- Efectuar uma MOC de 60 segundos do Gerador de Eventos 2 para o Gerador de Eventos 1;
- Gerador de Eventos 1 : IMSI Detach, seguido de IMSI Attach;
- Efectuar uma MOC do Gerador de Eventos 1 para o Gerador de Eventos 2;
- Durante a chamada, proceder a um IMSI Detach do Gerador de Eventos 1 (ao 2º minuto)
- Gerador de Eventos 1 : IMSI Attach
- Efectuar uma MOC do Gerador de Eventos 1 para o Gerador de Eventos 2;
- Retirar a bateria do Gerador de Eventos 1 durante a chamada (ao 2º minuto de conversação)

TESTES 12 a 22

Os 11 testes que se seguem devem produzir os mesmos resultados esperados para os primeiros 11 testes. O objectivo deste grupo de testes é testar a ferramenta sob uma estratégia de frequency hopping diferente. Esta configuração caracteriza-se pelas *MA lists* serem constituídas por frequências adjacentes mas não repetidas.

CONFIGURAÇÃO DA REDE:

PARAMETER/CELL	01	02	21	22	11
BCCH (TRX1)	50	54	841	850	64
Hopping Flag	ON	ON	OFF	OFF	ON
HSN	1	1			2
MAIO	(0,2)	(0,2)			(0,2)
MA list (TRX2)	[57,58,59,60,61,62]	[65,66,67,68,69,70]			[57,58,59,60,61,62]

Tabela 6

TESTES 23 a 33

Os 11 testes que se seguem devem produzir os mesmos resultados esperados para os primeiros 11 testes. O objectivo deste grupo de testes é testar a ferramenta sob uma estratégia de frequency hopping diferente. Esta configuração caracteriza-se pelas *MA lists* serem constituídas por frequências alternadas.

CONFIGURAÇÃO DA REDE:

PARAMETER/CELL	01	02	21	22	11
BCCH (TRX1)	50	54	841	850	70
Hopping Flag	ON	ON	OFF	OFF	ON
HSN	1	1			2
MAIO	(0,2)	(0,2)			(0,2)
MA list (TRX2)	[57,59,61,63,65,67]	[58,60,62,64,66,68]			[57,59,61,63,65,67]

Tabela 7

TESTES 34 a 44

Os 11 testes que se seguem devem produzir os mesmos resultados esperados para os primeiros 11 testes. O objectivo deste grupo de testes é testar a ferramenta sob uma estratégia de frequency hopping diferente. Esta configuração caracteriza-se por haver apenas uma *MA list* para todas as células. Esta estratégia, para ser viável (ou seja, para não haver conflitos), terá que se caracterizar também por todas as células de um mesmo *site* terem *MAIOS* diferentes, assim como pelo HSN ser diferente entre sites diferentes.

Esta estratégia segue uma configuração que tem a designação de *1x1x6 re-use pattern*.

CONFIGURAÇÃO DA REDE:

PARAMETER/CELL	01	02	21	22	11
BCCH (TRX1)	50	54	841	850	68
Hopping Flag	ON	ON	OFF	OFF	ON
HSN	1	1			2
MAIO	(0,4)	(2,6)			(0,2)
MA list (TRX2)	[43,56,58,71,73,75]	[43,56,58,71,73,75]			[43,56,58,71,73,75]

Tabela 8

TESTES 45 a 55

Os 11 testes que se seguem devem produzir os mesmos resultados esperados para os primeiros 11 testes. O objectivo deste grupo de testes é testar a ferramenta sob uma estratégia de frequency hopping diferente. Esta configuração caracteriza-se por haver apenas uma *MA*

list para todas as células. Esta estratégia, para ser viável (ou seja, para não haver conflitos), terá que se caracterizar também por todas as células de um mesmo site terem *MAIOs* diferentes, assim como pelo HSN ser diferente entre sites diferentes.

Esta estratégia segue uma configuração que tem a designação de *1x1x18 re-use pattern*.

CONFIGURAÇÃO DA REDE:

PARAMETER/CELL	01	02	21	22	11
BCCH (TRX1)	62	66	841	850	70
Hopping Flag	ON	ON	OFF	OFF	ON
HSN	1	1			<u>2</u>
MAIO	(0,4)	(2,6)			(0,2)
MA list (TRX2)	[42,43,44,....,57,58,60]	[42,43,44,....,57,58,60]			[42,43,44,....,57,58,60]

Tabela 9

TESTES 56 a 66

Os 11 testes que se seguem devem produzir os mesmos resultados esperados que os primeiros 11 testes. O objectivo deste grupo de testes é testar a ferramenta sob uma estratégia de frequency hopping diferente. Esta configuração caracteriza-se pelas MA lists serem constituídas por frequências alternadas e por possuírem comprimentos diferentes (ou seja, o número de frequências disponíveis para hopping para as diferentes células de um mesmo site difere).

CONFIGURAÇÃO DA REDE:

PARAMETER/CELL	01	02	21	22	11
BCCH (TRX1)	62	66	841	850	70
Hopping Flag	ON	ON	OFF	OFF	ON
HSN	1	1			<u>2</u>
MAIO	(0,2)	(0,2)			(0,2)
MA list (TRX2)	[42,44,46,48,50,52,54,56,58]	[43,45,47,49,51,53]			[42,43,44,45,46,47,48]

Tabela 10

Os resultados esperados para os testes podem ser consultados no *ANEXO D*. Os cálculos não são apresentados, constituindo o anexo em causa nas tabelas elaboradas para registo dos resultados obtidos nos testes. Nas células das tabelas foram colocados os resultados esperados mais importantes para cada teste, de modo a que após o registo dos resultados reportados pela ferramenta a comparação de valores fosse facilitada.

6. Realização dos Testes

O presente capítulo refere-se aos testes que efectivamente foram realizados, ou seja, dadas as condições, sempre diferentes das ideais ou das imaginadas, diversas alterações aos testes que primeiramente planeados tiverem que ser efectuadas.

Foram efectuados e analisados mais de 100 testes à ferramenta em validação. Porém, só se apresentarão neste relatório alguns dos testes aos quais cada um dos 3 tipos de tarefa foram submetidos, por forma a justificar as conclusões do capítulo seguinte.

Esta ferramenta caracteriza-se essencialmente pela sua extrema utilidade nas medições de tráfego e análise de *roamers* (como se sabe, as chamadas em *roaming* atingem volumes monetários consideráveis, devido a serem os eventos com taxação mais elevada).

Sabendo então que os contadores do *Observador* que reportam estes resultados são os mais importantes, os testes foram divididos em 3 partes, uma para cada um dos modos de estudo do *Observador*. Comece-se pelo modo *Perfil*, necessário para os outros 2 tipos de tarefas, e prossiga-se pelas análises de *tráfego* e *roaming*.

Este capítulo contém já várias das conclusões do projecto, que foram sendo tiradas ao longo do período de realização dos testes, e não somente no final. Sendo assim, o capítulo das *Conclusões* surge mais como um resumo das situações que se reportam ao longo deste capítulo de realização e conclusões dos testes.

Modo PERFIL

Em relação às tarefas modo PERFIL, duas situações inesperadas foram observadas.

A primeira é relativa ao contador "*Hopping Flag*" reportado para cada um dos CChs encontrados e analisados.

Em algumas ocasiões, o tipo de frequency hopping reportado não foi o esperado (por vezes foi reportado *Baseband Hopping* na presença de *Synthesizer Hopping*).

Confrontado com situação, o fornecedor justificou tais resultados com :

"(...) É o tipo de actividade na interface rádio que define o tipo de hopping. Para a hopping flag ser correctamente determinada, é necessário haver tráfego na rede. Se não existir tráfego, não haverá indicação de hopping (alternância na frequência de transmissão).

Dada a existência de tráfego na rede (e uma simples chamada pode ser suficiente), e se o Observador não observar a alternância das frequências num transmissão, deverá reportar NOT HOPPING para o contador Hopping Flag.

Se não houver tráfego suficiente na rede para a ferramenta detectar o tipo de hopping, então esta deverá reportar o resultado UNKNOWN para o contador Hopping Flag.

No caso do Observador determinar que o sistema está em hopping, a questão seguinte será identificar se é Baseband ou Synthesizer Hopping.

Mais uma vez, é o tráfego que faz a diferença. Com tráfego suficiente, o Observador fará uma determinação rigorosa. Contudo, o Observador não consegue distinguir os 2 tipos de hopping em 100% das situações.

Se o Observador reportar Baseband Hopping, então poderemos estar seguros que é esse o tipo de hopping. Se reportar Synthesizer, tal segurança não será a mesma, pois os funcionamentos do Baseband hopping e do Synthesizer hopping, em condições de pouco tráfego, assemelham-se bastante. (...)"

A conclusão retirada nesta altura dos testes foi que realmente na ausência de tráfego o Observador por vezes não detectava correctamente a *Hopping Flag*, mas se fosse detectado *Baseband Hopping*, poderíamos confiar no resultado.

O que aconteceu foi que em algumas situações foi reportado *Baseband Hopping*, quando as situações de teste eram ambientes de *Synthesizer Hopping*.

A segunda situação a reportar é acerca de um frequente mal funcionamento no processo de actualização (*updating*) das tarefas de PERFIL (estas, segundo o manual, deveriam ser actualizadas a cada 45 segundos).

Repetidamente estas tarefas não terminavam no final do tempo previsto. Nestas situações, nem cancelar a tarefa (uma opção da ferramenta) se revelava possível, pois a ferramenta não respondia (chamemo-lhes situações de *crash*).

Após algum tempo, e após reiniciar-se a ferramenta algumas vezes, observava-se uma de duas situações, na análise dos resultados do teste ao qual a ferramenta estava a ser submetida:

ou esta reportava "Erro", no campo "Estado da Tarefa", não sendo nesta situação possível observarem-se os resultados do teste, ou reportava um estado de "Tarefa Terminada", onde porém se observava que, nestas situações de *crash*, o ficheiro de resultados vinha vazio.

Este segundo problema (dos *crashes*) nas tarefas do modo PERFIL, eram um impeditivo para a realização de outros testes, como as análises de *tráfego* e *roaming*, devido a estas tarefas se basearem nos resultados de um determinado PERFIL de configurações detectado.

Outras considerações e conclusões serão apresentadas no capítulo seguinte, das *Conclusões*.

Modo TRÁFEGO

Aqui apresentam-se somente 6 dos testes efectuados, por forma a justificar as conclusões.

As configurações de rede (ou estratégias de hopping aplicadas) que a seguir se apresentam seguiram um certo padrão. A referir :

- O tipo de hopping seleccionado foi sempre *Synthesizer*;
- Somente as duas BTSs *GSM900* foram configuradas para hopping;
- Em casos de hopping, somente o TRX2 estará configurado para tal, já que devido à importância da transmissão do BCCH, se sabe que é melhor que o mesmo não esteja em hopping. Assim sendo, estão assim mapeados nas tramas TDMA (ou nos canais físicos) os seguintes canais lógicos :

TRX1

Time Slot	TS0	TS1	TS2	TS3	TS4	TS5	TS6	TS7
Canal Lógico	BCCH	SDCCH	SDCCH ou TCH	TCH	TCH	TCH	TCH	TCH

TRX2

Time Slot	TS0	TS1	TS2	TS3	TS4	TS5	TS6	TS7
Canal Lógico	TCH							

Figura 7 : Um dos pressupostos para os testes a referir

Teste 1 - Descrição

Durante um período de 90 minutos, 3 móveis foram sintonizados com a célula 11.

O teste consistiu somente em MOCs (*Mobile Terminated Calls* – Chamadas Efectuadas) e MTCs (*Mobile Terminated Calls* - Chamadas Recebidas), efectuadas e recebidas pelos 3 móveis daquela célula.

Configurações de Rede:

Cell ID: 11

TRX	Nº de SDCCHs	CCHPOS	HSN	HOP	MA list
1	2 (TS1, TS2)	BCCH	0	OFF	55
2	0	TN	7	ON	[56,58,71,73,75,79]

Tabela 11

TSx: O SDCCH aparece no time slot x (os canais lógicos são mapeados ou 'inseridos' nos canais físicos) da trama TDMA.

Resultados: Esperados, reportados pela BSC e pelo Observador.

O Observador foi programado para dar 9 conjuntos de resultados (reports), de 10 minutos cada.

Na tabela que se segue apresentam-se os resultados esperados e os reportados pela ferramenta.

Usam-se as células da mesma tabela para a demonstração de ambos os resultados, para uma mais fácil comparação. O valor que aparece em cima é o esperado, teoricamente, e o valor de baixo corresponde ao resultado das medições da ferramenta (esta consideração deverá ser tomada sempre que surgirem tabelas com 2 valores numa mesma célula, ao longo do restante relatório).

As duas tabelas seguintes apresentam os valores reportados pela base de dados com os contadores de eventos da BSC, para confirmação dos resultados.

Contador/Report	1	2	3	4	5	6	7	8
Pagings							2 4	
Registos								
Chamadas Efectuadas	1 2	0 0	2 4	1 2	1 2	0 0	2 4	0 0
Respostas a Pagings							2 4	
Número de TCHs Detectados	13 13	13 13	13 13	13 13	13 13	13 13	13 13	13 13
Número Mínimo de TCHs Activos	0 0	0 0	0 0	0 0	1 1	0 0	0 0	0 0
Número Máximo de TCHs Activos	1 1	1 1	2 2	1 1	2 2	1 1	2 2	2 2
Número Médio de TCHs Activos	0.5 0.49	0.5 0.52	0.5 0.51	0.18 0.19	1.3 1.31	0.3 0.31	1.13 1.26	1 0.83

Tabela 12: Valores esperados e reportados.

Nota: O 9º report foi intencionalmente omitido, devido à coincidência temporal com outros testes efectuados também na rede de testes, que alterariam os resultados previstos.

Contador	Valor Reportado
SUCESTABLISHMENTS	3
CALLATTEMPTS	3
TRAFACCUMULATOR	90
ACCUMULATIONS	180
PAGRESPONSE	0
LOCUPDATE	3
OTHSERVICE	0

Contador	Valor Reportado
SUCESTABLISHMENTS	12
CALLATTEMPTS	12
TRAFACCUMULATOR	309
ACCUMULATIONS	360
PAGRESPONSE	2
LOCUPDATE	10
OTHSERVICE	1

Tabela 13: Reports da BSC para os primeiros 30 minutos (reports 1,2 e 3 do Observador - tabela de esquerda), e para os últimos 60 minutos (reports 4 a 8 do Observador - tabela da direita)

Considerações e conclusões do teste

Como se pode observar na *tabela 12*, os *Contadores de Eventos do Observador* não reportaram os valores esperados, normalmente reportando medidas 2 vezes maiores que as efectuadas.

Acerca dos *Contadores de Tráfego*, pode concluir-se (embora só se mostre aqui um dos testes efectuados sob esta configuração de rede, muitos outros foram efectuados) que o *Observador* reportou valores precisos, para todos os *Contadores de Tráfego*.

Este teste, relativamente aos obtidos na BSC, pode ser dividido em dois testes de menor duração, sendo o primeiro de 30 minutos e o segundo de 60 minutos.

Como podemos confirmar pelos valores obtidos na BSC, o tráfego em Erlangs para os primeiros 30 minutos é dado por:

$$A = \text{TRAFACCUMULATOR} / \text{ACCUMULATIONS} = 0.5 \text{Erlang}$$

onde o Observador reportou

$$\text{Número Médio de TCHs Activos} = \frac{(0.49 + 0.51 + 0.52)}{3} = 0.507$$

Para o segundo período de medida (os últimos 60 minutos), a BSC reportou

$$A = \text{TRAFACCUMULATOR} / \text{ACCUMULATIONS} = 0.86 \text{Erlang}$$

onde o Observador reportou

Número Médio de TCHs Activos = 0.868.

A análise final às medidas de tráfego para o período total dos 90 minutos pode ser concluída com os valores finais:

Canal de Controlo	Observador : Número Médio de TCHs Activos	BSC: Tráfego medido
CCh55	0.749	0.74

Tabela 14

Como comentário final a este teste, é de referir que os 3 *Contadores de Ocupação de Tráfego* reportaram sempre valores nulos. Nos testes que se seguem não se fará referência a estes contadores, devido ao seu constante output nulo.

Esta situação deve-se ao facto de estes contadores contabilizarem o *holding time* médio de um TCH. Porém, num ambiente de frequency hopping (que foi o caso de todos os testes), não é possível detectar quanto tempo um canal estará activo pois este está a saltar por múltiplas frequências. Esta é a razão pela qual o output destes contadores (cuja precisão é segundos e não uma unidade mais pequena) é nulo.

A justificação deste resultado é simples. Na prática, a transmissão de uma trama TDMA tem a duração de 4.615 mili-segundos. Ora a duração da actividade de um TCH corresponde à duração da transmissão de apenas um dos 8 time slots da trama, já que em hopping o canal em transmissão irá mudar de frequência no final desses 4.615 mili-segundos. Ou seja, um TCH estará somente activo durante $(4.615 / 8 \Rightarrow) 0.577$ mili-segundos. Como a precisão deste contador é *segundos*, eles virão sempre a 0, num ambiente de frequency hopping.

Teste 2 - Descrição

Durante um período de 15 minutos, 1 móvel foi sintonizado com uma das duas células activas durante o teste..

O teste consistiu em situações de MOCs e de handovers entre as duas células.

O objectivo deste teste foi submeter a precisão do *Observador* na presença de uma configuração de hopping caracterizada por possuir as *MA lists* de ambas as células com frequências repetidas (note-se que também os HSNs são idênticos. Em situações reais, escolher-se-iam HSNs diferentes, para minimizar a probabilidade de frequências, mas os objectivos aqui não são de optimização de rede e sim de testar uma ferramenta sob as mais variadas situações).

Configurações de rede:

Cell ID: 11

TRX	Nº de SDCCHs	CCHPOS	HSN	HOP	MA list
1	1	BCCH	0	OFF	55
2	0	TN	7	ON	[59,60,62,63,70,71]

Cell ID: 01

TRX	Nº de SDCCHs	CCHPOS	HSN	HOP	MA list
1	1	BCCH	0	OFF	79
2	0	TN	7	ON	[47,51,57,59,70,71]

*Tabelas 15***Resultados: Esperados, reportados pela BSC e pelo Observador**

Contador/Report	1 (CCh55)	1 (CCh79)
Pagings	0 0	
Registos	0 0	
Chamadas Efectuadas	2 6	
Respostas a Pagings	0 2	
Número de TCHs detectados	14 15	14 15
Número Mínimo de TCHs Activos	0 0	0 0
Número Máximo de TCHs Activos	1 1	1 1
Número Médio de TCHs Activos	0.143 0.144	0.393 0.385

Tabela 16: Resultados esperados e obtidos

Counter	CCh 55	CCh 79
SUCESTABLISHMENTS	4	3
CALLATTEMPTS	4	3
TRAFACCUMULATOR	11	36
ACCUMULATIONS	90	90
PAGRESPONSE	0	0
LOCUPDATE	2	2
OTHSERVICE	2	2

Tabela 17: Resultados da BSC.

Considerações e conclusões do teste

Como se pode observar pela tabela 16, os *Contadores de Eventos*, mais uma vez, não reportaram os valores esperados, reportando normalmente valores superiores aos esperados.

Acerca dos *Contadores de Tráfego*, pode concluir-se que também sob esta estratégia de hopping o *Observador* reporta resultados precisos (para os 3 contadores de tráfego).

Contudo, foram detectados 15 TCHs em vez dos 14 esperados (este valor corresponde a 6 TCHs no TRX1 mais 8 TCHs no TRX2).

Contudo, devido a uma diferença nos relógios da BSC e do *Observador*, de maneira a fazer-se a comparação dos resultados entre estas duas fontes de medida ter-se-á que fazer uma consideração: os 20 segundos que o relógio da BSC estava adiantado, para estes teste, implicou uma contagem de precisamente menos 20 segundos de tráfego para o CCh55.

Sendo assim, temos que a BSC reportou

$$A = \text{TRAFACCUMULATOR} / \text{ACCUMULATIONS} = 0.122 \text{Erlang}$$

onde o Observador reportou

$$\text{Número Médio de TCHs Activos} = 0.144 - 20\text{seg} = \frac{\left(\frac{20\text{seg}}{60\text{seg}}\right)\text{min}}{15\text{min}} = 0.122$$

Para o segundo canal monitorado, a BSC reportou

$$A = \text{TRAFACCUMULATOR} / \text{ACCUMULATIONS} = 0.4 \text{Erlang}$$

onde o Observador reportou

$$\text{Número Médio de TCHs Activos} = 0.385.$$

A análise final de tráfego pode ser concluída através da leitura da seguinte tabela:

Canal de Controlo	Observador: N° Médio de Canais Activos	Cálculo de Tráfego da BSC
CCh55	0.122	0.122
CCh79	0.385	0.4

Tabela 18

Teste 3 - Descrição

Durante um período de 30 minutos, 2 móveis foram sintonizados com uma das duas células activas durante o teste.

Este teste consistiu em MOCs e MTCs, feitas e recebidas pelos 2 móveis envolvidos, assim como em *handovers* efectuados por um dos móveis, enquanto o outro se manteve fixo no CCh79.

O objectivo deste teste foi testar a precisão do Observador com uma estratégia de hopping baseada numa distribuição de frequências adjacentes pelas *MA lists* das células.

Configurações da Rede:

Cell ID: 11

TRX	N° de SDCCHs	CCHPOS	HSN	HOP	MA list
1	1	BCCH	0	OFF	55
2	0	TN	7	On	[58,59,60,61,62,63]

Cell ID: 01

TRX	N° de SDCCHs	CCHPOS	HSN	HOP	MA list
1	1	BCCH	0	OFF	79
2	0	TN	7	On	[64,65,66,67,68,69,70,71]

Tabelas 19

Resultados : Reportados pela BSC e pelo Observador

O *Observador* foi programado para dar 2 reports de 15 minutos cada. Na primeira das tabelas seguintes são mostrados os resultados reportados pela ferramenta, enquanto que na segunda tabela se apresentam os resultados dos contadores da BSC.

Contador/Report	1	1	2	2
	CCh55	CCh79	CCh55	CCh79
Pagings	59			4
Registos	0			3 4
Chamadas Efectuadas	2 6			5 8
Respostas a Pagings	2 6			0 2
Outros Contadores	0			2
Número de TCHs Detectados	15 15	15 15	15 15	15 15
Número Mínimo de TCHs Activos	0	0	0	0
Número Máximo de TCHs Activos	5	2	3	2
Número Médio de TCHs Activos	0.212	0.858	0.253	0.973

Tabela 20: Valores obtidos

Counter	CCh55	CCh79
SUCESTABLISHMENTS	7	9
CALLATTEMPTS	7	9
TRAFACCUMULATOR	30	77
ACCUMULATIONS	90	90
PAGRESPONSE	2	0
OTHSERVICE	2	4
LOCUPDATE	0	1
ACCEPTRACH	4	5

Counter	CCh55	CCh79
SUCESTABLISHMENTS	4	7
CALLATTEMPTS	4	7
TRAFACCUMULATOR	37	87
ACCUMULATIONS	90	90
PAGRESPONSE	2	0
OTHSERVICE	1	5
LOCUPDATE	0	3
ACCEPTRACH	3	7

Tabelas 21: Contadores da BSC para os primeiros 15 minutos (Report 1 do Observador) e para os últimos 15 minutos (report 2 do Observador)

Considerações e conclusões do teste

Como se pode constatar pela observação da *tabela 20*, os *Contadores de Eventos* não reportaram os resultados esperados, mais uma vez, reportando valores normalmente maiores que o suposto.

A análise dos *Contadores de Eventos* não continuará a ser sujeita a teste, devido ao mau funcionamento comprovado destes contadores ao longo da maioria dos testes efectuados.

Acerca dos *Contadores de Tráfego*, pode concluir-se que o *Observador* reportou resultados precisos somente para uma das duas células, tendo reportado níveis de tráfego muito abaixo do que seria de esperar para a outra célula envolvida.

Assim, temos que para os primeiros 15 minutos a BSC contabilizou, para o CCh55:

$$A = \text{TRAFACCUMULATOR} / \text{ACCUMULATIONS} = 0.33 \text{Erlang}$$

Enquanto que o Observador reportou

Número Médio de TCHs Activos = 0.212

Similarmente, temos que para o CCh79 a BSC reportou:

$$A = \text{TRAFACCUMULATOR} / \text{ACCUMULATIONS} = 0.856 \text{Erlang}$$

Enquanto que o Observador reportou um

Número Médio de TCHs Activos = 0.858.

Para os segundos 15 minutos, a BSC contabilizou, para o CCh55:

$$A = \text{TRAFACCUMULATOR} / \text{ACCUMULATIONS} = 0.411 \text{Erlang}$$

Enquanto que o Observador reportou um

Número Médio de TCHs Activos = 0.253

Similarmente, temos que para o CCh79 a BSC reportou:

$$A = \text{TRAFACCUMULATOR} / \text{ACCUMULATIONS} = 0.97 \text{Erlang}$$

Enquanto que o Observador reportou um

Número Médio de TCHs Activos = 0.973 .

A análise final de tráfego, para ambos os períodos de 15 minutos, pode ser observada na tabela que se segue:

Report	Control Channel	Observador : N° Médio de TCHs Activos	Tráfego Calculado na BSC
1	CCh55	0.212	0.33
1	CCh79	0.858	0.856
2	CCh55	0.253	0.411
2	CCh79	0.973	0.97

Tabela 22

Após a observação desta tabela, pode concluir-se que somente para um das células (CCh79) o Observador reportou medidas precisas. Vários testes foram então efectuados sob estas mesmas condições ou configurações de rede, por forma a poderem extrair-se conclusões bem fundamentadas.

Os resultados de dois desses testes serão agora apresentados.

Teste 4 - Descrição

Durante um período de 15 minutos, dois móveis foram sintonizados a uma das duas células activas durante o teste.

Este teste consistiu somente numa MOC de um dos *Geradores de Eventos* para o outro., e num *handover*. O telefone 'chamador' estava na célula 11 (CCh79) e o telefone 'chamado' estava na célula 01 (CCh55). Após alguns minutos de chamada o telefone 'chamado' fez um *handover* para a outra célula (CCh79).

A análise final de tráfego para ambos o período de 15 minutos, pode ser observada na tabela que se segue:

Control Channel	Observador: N° Médio de TCHs Activos	Tráfego Calculado pela BSC
CCh55	0.142	0.56
CCh79	1.187	1.23

Tabela 23

Teste 5 - Descrição

Durante um período de 30 minutos, 2 móveis foram sintonizados numa das duas células activas durante o teste.

O teste foi dividido em 2 reports de 15 minutos cada.

Durante os primeiros 15 minutos, tudo o que foi submetido a teste foi uma chamada efectuada da célula 01 (CCh55) para a célula 11 (CCh79).

No segundo report, foi também efectuada uma chamada nas mesmas condições, mas o telefone 'chamado' fez um handover para a célula 01 e algum tempo depois um outro de volta à célula 11.

Os resultados das medições de tráfego para ambos os períodos de 15 minutos podem ser visualizados na tabela seguinte:

Report	Canal de Controlo	Observador: N° Médio de TCHs Activos	Tráfego Calculado pela BSC
1	CCh55	0.114	0.811
1	CCh79	0.817	0.811
2	CCh55	0.073	0.622
2	CCh79	1.01	1.06

Tabela 24

Pela análise das últimas 3 tabelas, pode concluir-se que somente para uma das duas células envolvidas (CCh79) o *Observador* reportou medições precisas, sob esta configuração de rede.

Teste 6 - Descrição

Durante um período de 70 minutos, um *Gerador de Eventos* foi ligado a uma das duas células activas durante o teste.

Este teste consistiu somente em MOCs e *handovers* para uma das duas células.

O objectivo deste teste é avaliar o comportamento da ferramenta em ambientes de hopping onde as *MA lists* das diferentes células têm diferentes comprimentos (ou n° de frequências disponíveis para hopping), assim como iguais HSNs.

Configurações da rede:

Cell ID: 11

TRX	Nº de SDCCHs	CCHPOS	HSN	HOP	MA list
0	1	BCCH	0	OFF	55
1	0	TN	7	ON	[56,58,71,73,75,79]

Cell ID: 01

TRX	Nº de SDCCHs	CCHPOS	HSN	HOP	MA list
0	1	BCCH	0	OFF	79
1	0	TN	7	ON	[62,66,68]

*Tabelas 25***Resultados: Esperados e reportados pelo Observador**

O *Observador* foi programado para produzir 7 reports de 10 minutos cada. O primeiro report, assim como o sexto, não são mostrados intencionalmente (o início e fim deste teste coincidiram com outros testes que decorriam na altura, e logo o resultado dos contadores desses reports veio alterado).

Na tabela que se segue são mostrados os resultados esperados e os reportados pelo *Observador*.

Contador/Report	2	2	3	3	4	4	5	5
	CCh55	CCh79	CCh55	CCh79	CCh55	CCh79	CCh55	CCh79
Número de TCHs Detectado	14 15	14 15	14 15	14 15	14 15	14 15	14 15	14 15
Número Mínimo de TCHs Activos	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
Número Máximo de TCHs Activos	1 1	1 1	1 1	0 0	1 1	1 1	1 1	1 1
Número Médio de TCHs Activos	0.082 0.083	0.73 0.731	0.332 0.321	0 0	0.257 0.253	0.543 0.545	0.810 0.811	0.19 0.192

Tabela 26

Considerações e conclusões do teste

Acerca dos *Contadores de Tráfego*, pode concluir-se que o *Observador* reporta medidas precisas, sob estas configurações de rede.

Como conclusão final deste teste, é relevante dizer-se que a tarefa estava programada para iniciar as medições às 16h45 e para terminar às 17h55, mas às 18h10 o indicador “Estado da Tarefa” mostrava ainda o resultado “Em Progresso”.

Ao analisar-se o ficheiro de funcionamento da máquina (um ficheiro que guarda todas as acções da máquina desde que foi ligada, desde a hora desta acção a tudo o que está a processar, por exemplo), podia concluir-se que o *Observador* parou de produzir resultados depois de ter criado o 6º report (às 17h45), mas o estado da tarefa continuou a mostrar “Em Progresso” mesmo após as 18h30, ou seja, também nas tarefas de Modo TRÁFEGO se verificou, por vezes, o problema dos *crashes*, embora muito menos frequentemente que nas tarefas Modo PERFIL.

Modo ROAMING

Algumas situações inesperadas ocorreram também neste tipo de tarefas.

Regularmente as tarefas terminavam logo alguns segundos após o seu início, reportando um estado de “Erro” ou “Tarefa Cancelada”. Finalmente, quando uma tarefa terminava somente no tempo previsto, a sinalização esperada não era reportada no ficheiro de resultados do *Observador*.

Contudo, devido ao frequente ‘funcionamento incerto’ da ferramenta (o problema dos *crashes* referido no Modo PERFIL), os resultados obtidos para as tarefas de Modo ROAMING não são conclusivos acerca da correcta ou incorrecta análise de *roaming* da ferramenta em validação.

Confrontado com o caso das tarefas regularmente não terminarem no final do tempo previsto mas após poucos segundos do início, o fornecedor justificou com :

“(...) Como as tarefas de Modo ROAMING são muito exigentes em termos de recursos, o utilizador da ferramenta não deverá, durante o período em que a ferramenta está a fazer o estudo de roaming, efectuar qualquer outra operação com a ferramenta, como por exemplo agendar novas tarefas ou visualizar resultados de outras tarefas.”

Esta justificação é válida, já que seguindo esta consideração a ferramenta deixou de apresentar este problema.

Mais conclusões sobre o *Modo ROAMING* apresentam-se no capítulo das *Conclusões*.

7. Conclusões

- Quanto ao problema dos *crashes* das tarefas do **Modo PERFIL**:

Várias hipóteses foram ponderadas como possíveis causas deste problema:

- Um *bug* num dos parâmetros de configuração das tarefas (o campo dos comentários ou descrição à tarefa). Embora o comprimento máximo para aceitação desse campo fosse de *300 caracteres*, tais *crashes* foram justificados como sendo um problema nesse campo, ou seja, devia assumir-se um input máximo de apenas 50 caracteres .

Contudo, o problema persistiu, mesmo com inputs de não mais que *10 caracteres* no campo alegadamente causador de tais problemas.

- Um defeito na fonte de alimentação da ferramenta.

O hardware foi trocado, mas ainda assim o problema persistiu.

- Um problema de software do PC ligado à ferramenta.

Foram efectuados mais testes com a ferramenta, noutros locais e com diferentes PCs, mas o problema voltou a verificar-se.

- Quanto às análises no **Modo TRÁFEGO**, o *Observador* reportou medidas bastante precisas para todas as configurações de teste experimentadas, menos para uma. A configuração de rede que causou medidas erróneas por parte da ferramenta pode ser observada na *página 44* e corresponde à existência de uma configuração de hopping caracterizada por possuir as *MA lists* de ambas as células com frequências adjacentes (e HSNs idênticos).

Sobre os *Contadores de Eventos* do Modo TRÁFEGO ainda não foi encontrada justificação por parte do fornecedor.

- Quanto ao **Modo ROAMING**, regularmente as tarefas terminavam logo alguns segundos após o seu início, reportando um estado de “*Erro*” ou “*Tarefa Cancelada*”.

Confrontado com os caso das tarefas regularmente não terminarem no final do tempo previsto mas após poucos segundos do início, o fornecedor justificou com :

“(…) Como as tarefas de Modo ROAMING são muito exigentes em termos de recursos, o utilizador da ferramenta não deverá, durante o período em que a ferramenta está a fazer o estudo de roaming, efectuar qualquer outra operação com a ferramenta, como por exemplo agendar novas tarefas ou visualizar resultados de outras tarefas.”.

Esta justificação é válida, já que seguindo esta consideração a ferramenta deixou de apresentar este problema.

Tendo isto em consideração, foram efectuados outros testes, onde outro problema foi detectado: 3 chamadas foram efectuadas e detectadas pelo *Observador*, mas o *Modo ROAMING* associou a esses eventos *IMSI*s errados (os primeiros 5 dígitos -MCC+MNC- estavam correctos, mas os 10 últimos, provavelmente devido ao processo de encriptação, não foram correctamente identificados pela ferramenta).

Contudo, devido ao frequente ‘funcionamento incerto’ da ferramenta (causado pelo problema dos *crashes* referido no *Modo PERFIL*), os resultados obtidos para as tarefas de Modo ROAMING não são conclusivos acerca da correcta ou incorrecta análise de *roaming* da ferramenta em validação.

Previsões:

Caso o problema dos *crashes* fique solucionado, é possível que se verifique que a análise de *roaming* seja precisa e, sendo assim a ferramenta poderá ser validada quanto a essa função : *O ESTUDO DO ROAMING*.

Perante as alternativas existentes para esse tipo de estudos, mesmo que a ferramenta venha a ser validada somente para o *Modo ROAMING*, já seria de extrema utilidade.

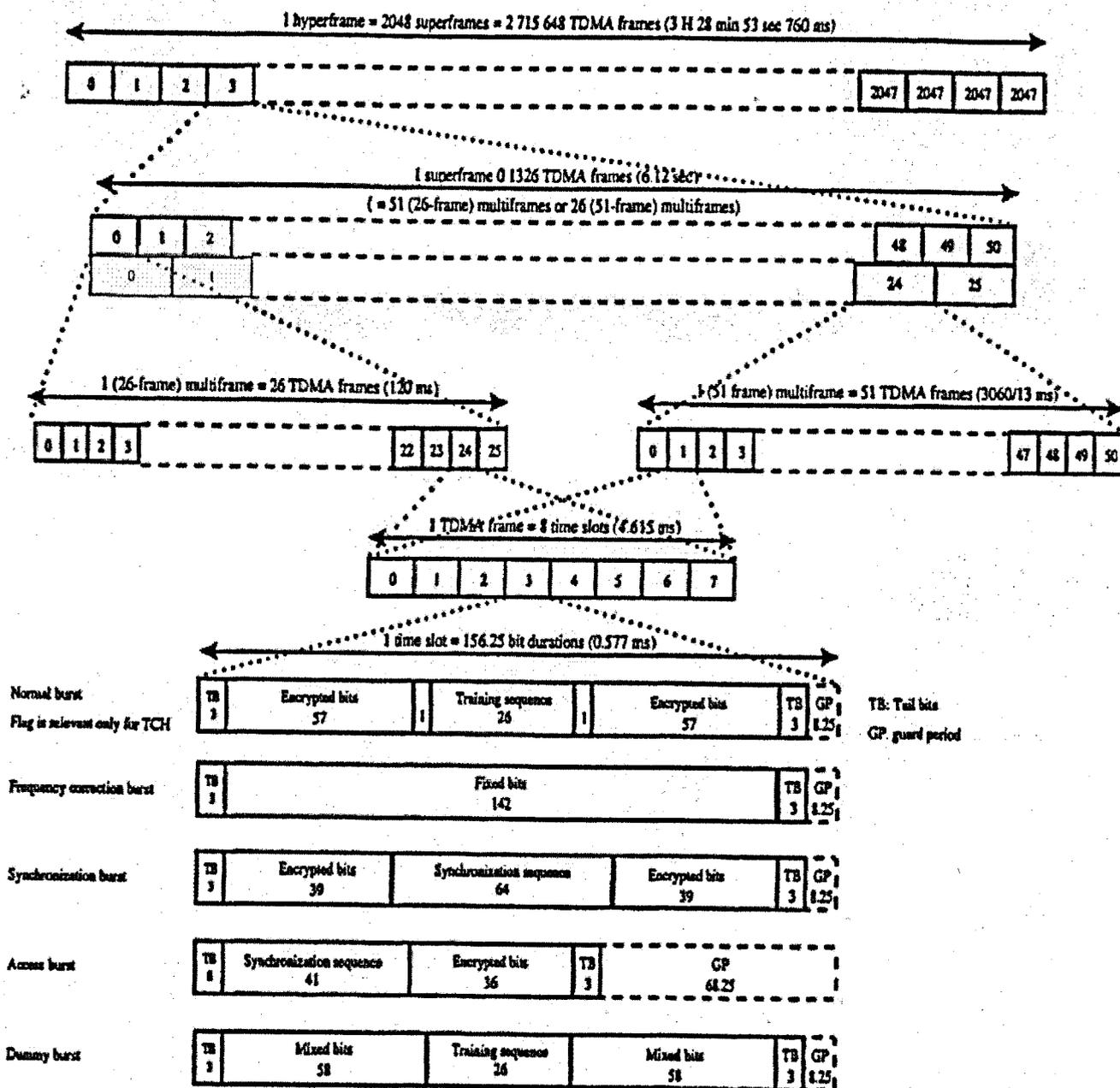
O processo de resolução dos problemas está em curso, pelo que se conclui que dentro de algum tempo esta ferramenta inovadora virá a estar operacional, revolucionando outros métodos de análise já existentes, devido a ser *wireless* e de muito simples utilização.

Pelas razões apresentadas neste capítulo de *Conclusões*, não me foi possível já nesta fase validar os resultados reportados pela ferramenta. Embora uma das mais importantes análises que a ferramenta proporciona (a análise de tráfego) tenha sido bastante precisa para a maior parte dos testes, como não o foi em 100% das situações de teste a que foi submetida, tal análise não pode ser considerada infalível.

Bibliografia

- *The GSM Communications* – Por Michel Mouly e Marie-Bernadette Pautet
- *Principles & Applications of GSM* – Por Vijay K. Garg e Joseph E. Wilkes
- *An Introduction to GSM* – Por Siegmund Redl, Matthias Weber e Malcolm Oliphant
- *Apontamentos de Sistemas de Telecomunicações 2, FEUP, 2000/2001*
Prof. Mário Jorge Leitão
- Diversa documentação da empresa, desde manuais a relatórios.

ANEXO A : Sumário das Tramas e Bursts em GSM



ANEXO A' : Sumário das Tramas e Bursts em GSM

		Downlink							Uplink								
		0	1	2	3	4	5	6	7	0	1	2	3	4	5	6	7
TDMA frame 0	F	D ₀	T	T	T	T	T	T	T	R	A ₅	T	T	T	T	T	T
	S	D ₀	T	T	T	T	T	T	T	R	A ₅	T	T	T	T	T	T
	B	D ₀	T	T	T	T	T	T	T	R	A ₅	T	T	T	T	T	T
	B	D ₀	T	T	T	T	T	T	T	R	A ₅	T	T	T	T	T	T
	B	D ₁	T	T	T	T	T	T	T	R	A ₆	T	T	T	T	T	T
	B	D ₁	T	T	T	T	T	T	T	R	A ₆	T	T	T	T	T	T
	C	D ₁	T	T	T	T	T	T	T	R	A ₆	T	T	T	T	T	T
	C	D ₁	J	J	T	T	T	T	T	R	A ₆	T	T	T	T	T	T
	C	D ₂	T	T	T	T	T	T	T	R	A ₇	T	T	T	T	T	T
	C	D ₂	T	T	T	T	T	T	T	R	A ₇	T	T	T	T	T	T
	F	D ₂	T	T	T	T	T	T	T	R	A ₇	T	T	T	T	T	T
	S	D ₂	T	T	T	T	T	T	T	R	A ₇	T	T	T	T	T	T
12	C	D ₃	A	I	A	I	A	I	R	I	A	I	A	I	A	I	
	C	D ₃	T	T	T	T	T	T	R	I	T	T	T	T	T	T	
	C	D ₃	T	T	T	T	T	T	R	I	T	T	T	T	T	T	
	C	D ₃	T	T	T	T	T	T	R	D ₀	T	T	T	T	T	T	
	C	D ₃	T	T	T	T	T	T	R	D ₀	T	T	T	T	T	T	
	C	D ₄	T	T	T	T	T	T	R	D ₀	T	T	T	T	T	T	
	C	D ₄	T	T	T	T	T	T	R	D ₀	T	T	T	T	T	T	
	C	D ₄	T	T	T	T	T	T	R	D ₀	T	T	T	T	T	T	
	C	D ₄	T	T	T	T	T	T	R	D ₁	T	T	T	T	T	T	
	F	D ₃	T	T	T	T	T	T	R	D ₁	T	T	T	T	T	T	
	S	D ₃	T	T	T	T	T	T	R	D ₁	T	T	T	T	T	T	
	C	D ₅	T	T	T	T	T	T	R	D ₁	T	T	T	T	T	T	
25	C	D ₅	T	T	T	T	T	T	R	D ₂	T	T	T	T	T	T	
	C	D ₅	I	A	I	A	I		R	D ₂	T	T	T	T	T	T	
	C	D ₅	T	T	T	T	T	T	R	D ₂	I	A	I	A	I		
	C	D ₅	T	T	T	T	T	T	R	D ₂	J	T	T	T	T		
	C	D ₅	T	T	T	T	T	T	R	D ₂	T	T	T	T	T	T	
	C	D ₅	T	T	T	T	T	T	R	D ₂	T	T	T	T	T	T	
	C	D ₅	T	T	T	T	T	T	R	D ₂	T	T	T	T	T	T	
	C	D ₅	T	T	T	T	T	T	R	D ₂	T	T	T	T	T	T	
	F	D ₇	T	T	T	T	T	T	R	D ₂	T	T	T	T	T	T	
	S	D ₇	T	T	T	T	T	T	R	D ₂	T	T	T	T	T	T	
	C	A ₀	T	T	T	T	T	T	R	D ₂	T	T	T	T	T	T	
	C	A ₀	T	T	T	T	T	T	R	D ₂	T	T	T	T	T	T	
38	C	A ₀	T	T	T	T	T	T	R	D ₂	T	T	T	T	T	T	
	C	A ₀	T	T	T	T	T	T	R	D ₂	T	T	T	T	T	T	
	C	A ₀	T	T	T	T	T	T	R	D ₂	T	T	T	T	T	T	
	C	A ₀	T	T	T	T	T	T	R	D ₂	T	T	T	T	T	T	
	C	A ₁	T	T	T	T	J	T	R	D ₂	J	T	T	T	T		
	C	A ₁	T	T	T	T	T	T	R	D ₂	T	T	T	T	T		
	C	A ₁	A	I	A	I	A	I	R	D ₂	T	T	T	T	T	T	
	C	A ₁	T	T	T	T	T	T	R	D ₂	A	I	A	I	A	I	
	F	A ₂	T	T	T	T	T	T	R	D ₂	T	T	T	T	T	T	
	S	A ₂	T	T	T	T	T	T	R	D ₂	T	T	T	T	T	T	
	C	A ₂	T	T	T	T	T	T	R	D ₂	T	T	T	T	T	T	
	C	A ₂	T	T	T	T	T	T	R	D ₂	T	T	T	T	T	T	
50	C	A ₂	T	T	T	T	T	T	R	D ₂	T	T	T	T	T	T	
	C	A ₃	J	T	T	J	T	T	R	D ₂	T	T	T	T	T	T	
	C	A ₃	T	T	T	T	T	T	R	D ₂	T	T	T	T	T	T	
	C	A ₃	T	T	T	T	T	T	R	D ₂	T	T	T	T	T	T	
	C	A ₃	T	T	T	T	T	T	R	D ₂	T	T	T	T	T	T	
	C	A ₃	T	T	T	T	T	T	R	D ₂	T	T	T	T	T	T	
	C	I	T	T	T	T	T	T	R	D ₂	T	T	T	T	T	T	
	C	I	T	T	T	T	T	T	R	D ₂	T	T	T	T	T	T	
	I	I	T	T	T	T	T	T	R	D ₂	T	T	T	T	T	T	
			I	A	I	A	I	A	R	D ₂	T	T	T	T	T	T	
									R	D ₂	T	T	T	T	T	T	
									R	D ₂	T	T	T	T	T	T	

Mapping of logical channels on C₀

ANEXO B : Espectro de Frequências em Portugal

O espectro de frequências em Portugal encontra-se dividido. Na banda dos 900MHz, as ARFCNs vão desde o número 1 ao número 124, correspondendo a uma banda de frequências compreendida entre os 890.2MHz e os 959.8MHz.

Por sua vez, a banda dos 1800MHz também se encontra dividida, não estando porém na sua totalidade distribuída pelos (actuais) 3 operadores móveis nacionais.

De seguida mostram-se alguns valores que possam ser de interesse:

Canal de Controlo (CCh) (ARFCN)	Uplink (MHz)	Downlink (MHz)
1	890.2	935.2
2	890.4	935.4
3	890.6	935.6
...
40	898.0	943.0
41	898.2	943.2
...
79	905.8	950.8
80	906.0	950.8
...
124	914.8	959.8

ANEXO C : Glossário

AGCH - Access Grant Channel
ARFCN - Absolute Radio Frequency Channel Number
AUC – AUthentication Center
BCCH - Broadcast Control Channel
BCH Broadcast Channels
BSC – Base Station Controller
BSS - Base Station Sub-System
BTS – Base Transceiver Station
C₀ – Carrier 0
CCCH - Common Control Channels
DCCH - Dedicated Control Channels
EIR – Equipment Identity Register
FACCH - Fast Associated Control Channel
FCCH - Frequency Correction Channel
FFH - Fast Frequency Hopping
GMSC – Gateway MSC
GSM – Global System for Mobile Communications
HLR – Home Location Register
HO - Handover
HSN - Hopping Sequence Number
IMSI – International Mobile Subscriber Identifier
LA - Location Area
LAC - Location Area Code
LAI - Location Area Identifier
MA -Mobile Allocation
MAIO - Mobile Allocation Index Offset
MCC - Mobile Country Code
MNC -Mobile Network Code
MOC - Mobile Originated Call
MS - Mobile Station

MSC – Mobile Switching Center

MTC – Mobile Terminated Call

NSS - Network Switching System

OMSS – Operation and Maintenance Subsystem

PCH - Paging Channel

RACH - Random Access Channel

SACCH - Slow Associated Control Channel

SCH - Synchronisation Channel

SDCCH - Standalone Dedicated Control Channel

SFH - Slow Frequency Hopping

TCH - Traffic Channels

TDMA – Time Division Multiple Access

TMSI – Temporary Mobile Subscriber Identifier

TRX – Transceiver (Transmitter / Receiver)

TS – Time Slot

VLR – Visitor Location Register

ANEXO D : Resultados Previstos Para os Testes Planeados

Após o planeamento dos testes a efectuar, procedeu-se ao cálculo teórico dos valores esperados, para que a comparação e possível validação dos valores reportados pela ferramenta fosse imediata. Foi elaborada uma tabela base, com os contadores envolvidos, e os resultados esperados mais importantes foram calculados.

As tabelas que se seguem referem-se aos testes planeados, ou seja, às situações apresentadas no capítulo 5 do presente relatório.

Como nos 5 grupos de testes indicados anteriormente apenas a configuração muda, e não os eventos criados, os resultados devem manter-se inalteráveis, de grupo para grupo.

Apresentem-se então os resultados calculados:

TESTE NÚMERO: [1]**Estatísticas dos Contadores da BSC**

Valores do lado esquerdo : Célula : 01

Valores do lado direito : Célula : 02

RACH	PAGRESPONSE	LOCUPDATE	OTHSERVICE	EMERGENCY	REESTABLISHMENT
	17	00	71		
TCH	SUCESTABLISHMENT	CALLATTEMPTS	TRAFACCUMULATOR	ACCUMULATIONS	CONGSHO
	88	71	5100 5100	6000 6000	
HO	HOSENT	HOSUCCESS	HOBACK		
DUALBAND	TRAFACCUMULATOR	ASSCOMPLETE	ASSATTEMPTS	DUALDROPS	
		80	80		

Estatísticas do Observador

Valores do lado esquerdo : Célula : 01

Valores do lado direito : Célula : 02

CONTADORES DE EVENTOS	Célula 1	Célula 2
NÚMERO DE PAGINGS	1	0
CANAIS DE VOZ ATRIBUÍDOS	8	8
REGISTOS	0	0
CHAMADAS EFECTUADAS	7	1
RESPOSTAS A PAGINGS	1	7
ACESSOS NEGADOS	0	0
OUTROS CONTADORES	0	0

CONTADORES DE TRÁFEGO	Célula 1	Célula 2
NÚMERO MÍNIMO DE TCHS ACTIVOS	0	0
NÚMERO MÁXIMO DE TCHS ACTIVOS	1	1
NÚMERO MÉDIO DE TCHS ACTIVOS	0.85	0.85
OCUPAÇÃO MÍNIMA EM SEGUNDOS	60	60
OCUPAÇÃO MÁXIMA EM SEGUNDOS	90	90
OCUPAÇÃO MÉDIA EM SEGUNDOS	63.7	

TESTE NÚMERO: [2]**Estatísticas dos Contadores da BSC**

Valores do lado esquerdo : Célula : 01

Valores do lado direito : Célula : 02

RACH	PAGRESPONSE	LOCUPDATE	OTHSERVICE	EMERGENCY	REESTABLISHMENT
	0/0	0/0	7/7		
TCH	SUCESTABLISHMENT	CALLATTEMPTS	TRAFACCUMULATOR	ACCUMULATIONS	CONGSHO
	7/7	7/7	4200/4200	6000/6000	
HO	HOSENT	HOSUCCESS	HOBACK		
DUALBAND	TRAFACCUMULATOR	ASSCOMPLETE	ASSATTEMPTS	DUALDROPS	
		7/7	7/7		

Estatísticas do Observador

Valores do lado esquerdo : Célula : 01

Valores do lado direito : Célula : 02

CONTADORES DE EVENTOS	Célula 1	Célula 2
NÚMERO DE PAGINGS	0	0
CANAIS DE VOZ ATRIBUÍDOS	7	7
REGISTOS	0	0
CHAMADAS EFECTUADAS	7	7
RESPOSTAS A PAGINGS	0	0
ACESSOS NEGADOS	0	0
OUTROS CONTADORES	0	0

CONTADORES DE TRÁFEGO	Célula 1	Célula2
NÚMERO MÍNIMO DE TCHS ACTIVOS	0	0
NÚMERO MÁXIMO DE TCHS ACTIVOS	1	1
NÚMERO MÉDIO DE TCHS ACTIVOS	0.7	0.7
OCUPAÇÃO MÍNIMA EM SEGUNDOS	60	60
OCUPAÇÃO MÁXIMA EM SEGUNDOS	60	60
OCUPAÇÃO MÉDIA EM SEGUNDOS	60	60

TESTE NÚMERO: [3]

Estatísticas dos Contadores da BSC

Valores do lado esquerdo : Célula : 01

Valores do lado direito : Célula : 02

RACH	PAGRESPONSE	LOCUPDATE	OTHSERVICE	EMERGENCY	REESTABLISHMENT
	17	00	71		
TCH	SUCESTABLISHMENT	CALLATTEMPTS	TRAFACCUMULATOR	ACCUMULATIONS	CONGSHO
	88	71	5000 5000	6000 6000	
HO	HOSENT	HOSUCCESS	HOBACK		
DUALBAND	TRAFACCUMULATOR	ASSCOMPLETE	ASSATTEMPTS	DUALDROPS	
		80	80		

Estatísticas do Observador

Valores do lado esquerdo : Célula : 01

Valores do lado direito : Célula : 02

CONTADORES DE EVENTOS	Célula 1	Célula 2
NÚMERO DE PAGINGS	1	7
CANAIS DE VOZ ATRIBUÍDOS	8	8
REGISTOS	0	0
CHAMADAS EFECTUADAS	7	1
RESPOSTAS A PAGINGS	1	7
ACESSOS NEGADOS	0	0
OUTROS CONTADORES	0	0

CONTADORES DE TRÁFEGO	Célula 1	Célula2
NÚMERO MÍNIMO DE TCHS ACTIVOS	0	0
NÚMERO MÁXIMO DE TCHS ACTIVOS	1	1
NÚMERO MÉDIO DE TCHS ACTIVOS	0.83	0.83
OCUPAÇÃO MÍNIMA EM SEGUNDOS	60	60
OCUPAÇÃO MÁXIMA EM SEGUNDOS	80	80
OCUPAÇÃO MÉDIA EM SEGUNDOS	62.5	

TESTE NÚMERO: [4]**Estatísticas dos Contadores da BSC**

Valores do lado esquerdo : Célula : 01

Valores do lado direito : Célula : 02

RACH	PAGRESPONSE	LOCUPDATE	OTHSERVICE	EMERGENCY	REESTABLISHMENT
	0 0	0 0	7 7		
TCH	SUCESTABLISHMENT	CALLATTEMPTS	TRAFACCUMULATOR	ACCUMULATIONS	CONGSHO
	7 7	7 7	4200 4200	6000 6000	
HO	HOSENT	HOSUCCESS	HOBACK		
DUALBAND	TRAFACCUMULATOR	ASSCOMPLETE	ASSATTEMPTS	DUALDROPS	
		7 7	7 7		

Estatísticas do Observador

Valores do lado esquerdo : Célula : 01

Valores do lado direito : Célula : 02

CONTADORES DE EVENTOS	Célula 1	Célula 2
NÚMERO DE PAGINGS	0	0
CANAIS DE VOZ ATRIBUÍDOS	7	7
REGISTOS	0	0
CHAMADAS EFECTUADAS	7	7
RESPOSTAS A PAGINGS	0	0
ACESSOS NEGADOS	0	0
OUTROS CONTADORES	0	0

CONTADORES DE TRÁFEGO	Célula 1	Célula2
NÚMERO MÍNIMO DE TCHS ACTIVOS	0	0
NÚMERO MÁXIMO DE TCHS ACTIVOS	1	1
NÚMERO MÉDIO DE TCHS ACTIVOS	0.7	0.7
OCUPAÇÃO MÍNIMA EM SEGUNDOS	60	60
OCUPAÇÃO MÁXIMA EM SEGUNDOS	60	60
OCUPAÇÃO MÉDIA EM SEGUNDOS	60	60

TESTE NÚMERO: [5]**Estatísticas dos Contadores da BSC**

Valores: Célula : 01

RACH	PAGRESPONSE	LOCUPDATE	OTHSERVICE	EMERGENCY	REESTABLISHMENT
	8	0	8		
TCH	SUCESTABLISHMENT	CALLATTEMPTS	TRAFACCUMULATOR	ACCUMULATIONS	CONGSHO
	16	16	9000	6000 6000	
HO	HOSENT	HOSUCCESS	HOBACK		
DUALBAND	TRAFACCUMULATOR	ASSCOMPLETE	ASSATTEMPTS	DUALDROPS	
		8	8		

Estatísticas do Observador

Valores: Célula : 01

CONTADORES DE EVENTOS	Célula 1
NÚMERO DE PAGINGS	8
CANAIS DE VOZ ATRIBUÍDOS	16
REGISTOS	0
CHAMADAS EFECTUADAS	8
RESPOSTAS A PAGINGS	8
ACESSOS NEGADOS	0
OUTROS CONTADORES	0

CONTADORES DE TRÁFEGO	Célula 1
NÚMERO MÍNIMO DE TCHS ACTIVOS	0
NÚMERO MÁXIMO DE TCHS ACTIVOS	2
NÚMERO MÉDIO DE TCHS ACTIVOS	1.5
OCUPAÇÃO MÍNIMA EM SEGUNDOS	30
OCUPAÇÃO MÁXIMA EM SEGUNDOS	60
OCUPAÇÃO MÉDIA EM SEGUNDOS	56.2

TESTE NÚMERO: [6]**Estatísticas dos Contadores da BSC**

Valores: Célula : 01

RACH	PAGRESPONSE	LOCUPDATE	OTHSERVICE	EMERGENCY	REESTABLISHMENT
	0	0	14		
TCH	SUCESTABLISHMENT	CALLATTEMPTS	TRAFACCUMULATOR	ACCUMULATIONS	CONGSHO
	14	14	8400	6000/6000	
HO	HOSENT	HOSUCCESS	HOBACK		
DUALBAND	TRAFACCUMULATOR	ASSCOMPLETE	ASSATTEMPTS	DUALDROPS	
		7	7		

Estatísticas do Observador

Valores: Célula : 01

CONTADORES DE EVENTOS	Célula 1
NÚMERO DE PAGINGS	0
CANAIS DE VOZ ATRIBUÍDOS	14
REGISTOS	0
CHAMADAS EFECTUADAS	14
RESPOSTAS A PAGINGS	0
ACESSOS NEGADOS	0
OUTROS CONTADORES	0

CONTADORES DE TRÁFEGO	Célula 1
NÚMERO MÍNIMO DE TCHS ACTIVOS	0
NÚMERO MÁXIMO DE TCHS ACTIVOS	2
NÚMERO MÉDIO DE TCHS ACTIVOS	1.4
OCUPAÇÃO MÍNIMA EM SEGUNDOS	60
OCUPAÇÃO MÁXIMA EM SEGUNDOS	60
OCUPAÇÃO MÉDIA EM SEGUNDOS	60

TESTE NÚMERO: [7]**Estatísticas dos Contadores da BSC**

Valores do lado esquerdo : Célula : 01

Valores do meio : Célula : 02

Valores do lado direito : Célula : 22

RACH	PAGRESPONSE 1 0 0	LOCUPDATE 0 0 0	OTHSERVICE 0 0 1	EMERGENCY	REESTABLISHMENT
TCH	SUCESTABLISHMENT 2 2 2	CALLATTEMPTS 0 0 1	TRAFACCUMULATOR 3000 3600 3000	ACCUMULATIONS 6000 6000 6000	CONGSHO
HO	HOSENT	HOSUCCESS	HOBACK		
DUALBAND	TRAFACCUMULATOR	ASSCOMPLETE 0 1 2	ASSATTEMPTS 0 1 2	DUALDROPS	

Estatísticas do Observador

Valores do lado esquerdo : Célula : 01

Valores do meio : Célula : 02

Valores do lado direito : Célula : 22

CONTADORES DE EVENTOS	Célula 1	Célula 2	Célula 3
NÚMERO DE PAGINGS	0	0	3
CANAIS DE VOZ ATRIBUÍDOS	3	0	3
REGISTOS	0	0	0
CHAMADAS EFECTUADAS	3	0	0
RESPOSTAS A PAGINGS	0	0	3
ACESSOS NEGADOS	0	0	0
OUTROS CONTADORES	0	0	0

CONTADORES DE TRÁFEGO	Célula 1	Célula2	Célula 3
NÚMERO MÍNIMO DE TCHS ACTIVOS	0	0	0
NÚMERO MÁXIMO DE TCHS ACTIVOS	1	2	1
NÚMERO MÉDIO DE TCHS ACTIVOS	0.5	0.6	0.5
OCUPAÇÃO MÍNIMA EM SEGUNDOS	120	180	120
OCUPAÇÃO MÁXIMA EM SEGUNDOS	180	180	180
OCUPAÇÃO MÉDIA EM SEGUNDOS	150	180	150

TESTE NÚMERO: [8]**Estatísticas dos Contadores da BSC**

Valores do lado esquerdo : Célula : 01

Valores do lado direito : Célula : 11

RACH	PAGRESPONSE	LOCUPDATE	OTHSERVICE	EMERGENCY	REESTABLISHMENT
	0/0	0/0	0/2		
TCH	SUCESTABLISHMENT	CALLATTEMPTS	TRAFACCUMULATOR	ACCUMULATIONS	CONGSHO
	2/2	0/2	6000/3600	6000/6000	1
HO	HOSENT	HOSUCCESS	HOBACK		
DUALBAND	TRAFACCUMULATOR	ASSCOMPLETE	ASSATTEMPTS	DUALDROPS	
		1/1	1/2		

Estatísticas do Observador

Valores do lado esquerdo : Célula : 01

Valores do lado direito : Célula : 11

CONTADORES DE EVENTOS	Célula 1	Célula 2
NÚMERO DE PAGINGS	0	0
CANAIS DE VOZ ATRIBUÍDOS	0	2
REGISTOS	0	0
CHAMADAS EFECTUADAS	0	2
RESPOSTAS A PAGINGS	0	0
ACESSOS NEGADOS	1	0
OUTROS CONTADORES	0	0

CONTADORES DE TRAFEGO	Célula 1	Célula2
NÚMERO MÍNIMO DE TCHS ACTIVOS	0	0
NÚMERO MÁXIMO DE TCHS ACTIVOS	2	2
NÚMERO MÉDIO DE TCHS ACTIVOS	1	0.6
OCUPAÇÃO MÍNIMA EM SEGUNDOS	240	120
OCUPAÇÃO MÁXIMA EM SEGUNDOS	360	240
OCUPAÇÃO MÉDIA EM SEGUNDOS	300	180

TESTE NÚMERO: [9]**Estatísticas dos Contadores da BSC****Valores do lado esquerdo : Célula : 01****Valores do lado direito : Célula : 11**

RACH	PAGRESPONSE	LOCUPDATE	OTHSERVICE	EMERGENCY	REESTABLISHMENT
	115	0/0	61		
TCH	SUCESTABLISHMENT	CALLATTEMPTS	TRAFACCUMULATOR	ACCUMULATIONS	CONGSHO
	77	60	6000/5400	9000/9000	1
HO	HOSENT	HOSUCCESS	HOBACK		
DUALBAND	TRAFACCUMULATOR	ASSCOMPLETE	ASSATTEMPTS	DUALDROPS	
		62	63		

Estatísticas do Observador**Valores do lado esquerdo : Célula : 01****Valores do lado direito : Célula : 11**

CONTADORES DE EVENTOS	Célula 1	Célula 2
NÚMERO DE PAGINGS	1	5
CANAIS DE VOZ ATRIBUÍDOS	7	6
REGISTOS	0	0
CHAMADAS EFECTUADAS	6	1
RESPOSTAS A PAGINGS	1	5
ACESSOS NEGADOS	1	0
OUTROS CONTADORES	0	0

CONTADORES DE TRÁFEGO	Célula 1	Célula2
NÚMERO MÍNIMO DE TCHS ACTIVOS	0	0
NÚMERO MÁXIMO DE TCHS ACTIVOS	2	1
NÚMERO MÉDIO DE TCHS ACTIVOS	0.73	
OCUPAÇÃO MÍNIMA EM SEGUNDOS	60	60
OCUPAÇÃO MÁXIMA EM SEGUNDOS	180	120
OCUPAÇÃO MÉDIA EM SEGUNDOS	86	69

TESTE NÚMERO: [10]**Estatísticas dos Contadores da BSC**

Valores: Célula : 01

RACH	PAGRESPONSE	LOCUPDATE	OTHSERVICE	EMERGENCY	REESTABLISHMENT
	0	3	6		
TCH	SUCESTABLISHMENT	CALLATTEMPTS	TRAFACCUMULATOR	ACCUMULATIONS	CONGSHO
	5	6	1500	6000	
HO	HOSENT	HOSUCCESS	HOBACK		
DUALBAND	TRAFACCUMULATOR	ASSCOMPLETE	ASSATTEMPTS	DUALDROPS	
		5	5		

Estatísticas do Observador

Valores: Célula : 01

CONTADORES DE EVENTOS	Célula 1
NÚMERO DE PAGINGS	0
CANAIS DE VOZ ATRIBUÍDOS	5
REGISTOS	3
CHAMADAS EFECTUADAS	5
RESPOSTAS A PAGINGS	0
ACESSOS NEGADOS	1
OUTROS CONTADORES	2

CONTADORES DE TRÁFEGO	Célula 1
NÚMERO MÍNIMO DE TCHS ACTIVOS	0
NÚMERO MÁXIMO DE TCHS ACTIVOS	1
NÚMERO MÉDIO DE TCHS ACTIVOS	0.25
OCUPAÇÃO MÍNIMA EM SEGUNDOS	30
OCUPAÇÃO MÁXIMA EM SEGUNDOS	30
OCUPAÇÃO MÉDIA EM SEGUNDOS	30



FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

BIBLIOTECA



0000061052