



**FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA**

Comunicação Sem Fios

2009/2010

Primeiro Trabalho:

UMTS: desempenho de canais HSDPA

Rodolfo Oliveira

rado@fct.unl.pt

Versão 1.0

FACH (*Forward Access Channel*) – canal utilizado para transporte de informação de controlo prioritária, como controlo de *handovers*, na posição de um canal de tráfego numa trama de interface de rádio;

RACH (*Random Access Channel*) – canal utilizado por um terminal para solicitar o acesso à rede, para originação ou terminação de uma chamada;

DCH (*Dedicated Channel*) – canal dedicado de transporte de informação de controlo ou de dados do utilizador entre o terminal e a rede. No caso de informação de controlo, é sobre este tipo de canais que é transportada a informação para controlo de estabelecimento de uma chamada;

HS-DSCH (*High Speed Downlink Shared Channel*) – canal de *downlink* partilhado por vários nós para transporte de dados HSDPA (*High Speed Downlink Packet Access*).

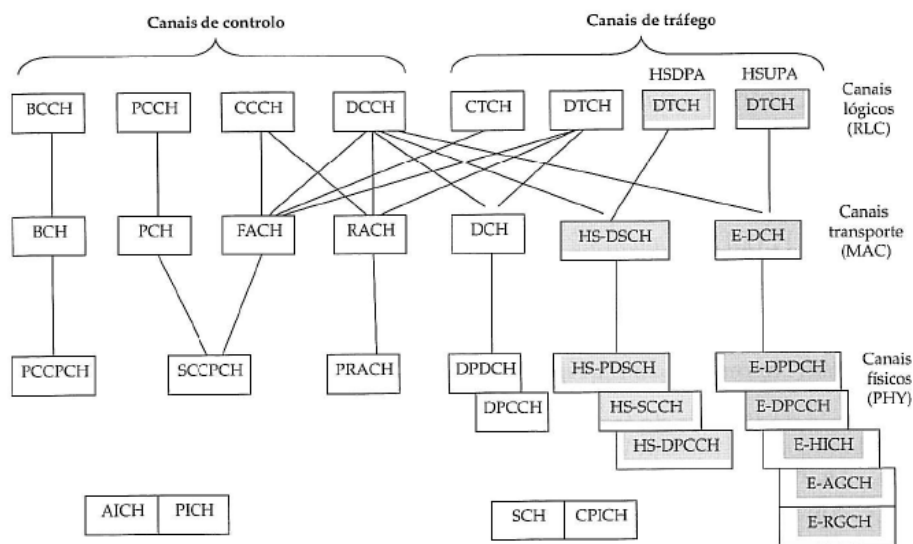


Figura 2 – Canais UTRAN (*UMTS Terrestrial Radio Access Network*).

Neste trabalho iremos utilizar o canal HS-DSCH para realizar o *downlink* entre a *Base Station* e os terminais móveis utilizando HSDPA. O modelo HSDPA da arquitectura adoptada no EURANE encontra-se representado na figura 3.

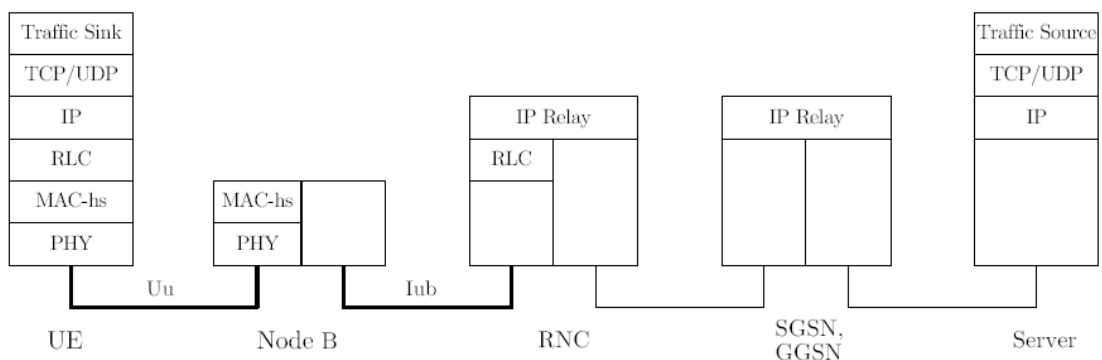


Figura 3 – Modelo da arquitectura de protocolos.

O EURANE contribui somente com 3 dos níveis da arquitectura. O primeiro é o nível RLC que existe no RNC e no UE. O segundo é o nível MAC-hs que existe no Node B (equivalente à BS). No nível mais baixo, o EURANE implementa ainda o nível físico (PHY) que existe no Node B e no UE. Estes níveis implementam a maioria das funcionalidades propostas na *release 5* do 3GPP.

No nível RLC o Acknowledge Mode (AM) fornece segmentação, reagrupamento, entrega em sequência, controlo de fluxo baseado em janela, retransmissões e detecção de PDUs (tramas) duplicadas. A operação do modo AM é abreviada do seguinte modo: os pacotes são segmentados em PDUs de tamanho fixo sendo enviados ao *peer* RLC (destinatário) durante o período em que a janela de transmissão seja inferior ao tamanho máximo da janela. A entidade *peer* RLC reagrupa as PDUs e disponibiliza-as ao nível acima. O receptor envia então um relatório (*status report*) contendo o *bitmap acknowledgement* de cada número de sequência que receba com sucesso. Este relatório pode ser enviado periodicamente ou pode ser enviado como resposta a um pedido de um bit específico. O modo Unacknowledged Mode (UM) é um subconjunto das funcionalidades do modo AM. O modo UM fornece segmentação e reagrupação, entrega em sequência e detecção de PDUs em duplicado (mas não fornece controlo de fluxo). O modo UM não implementa ARQ (*Automatic Repeat Request*) não sendo trocado por isso o *status report* entre o receptor e o emissor. O emissor não está também limitado ao tamanho máximo da janela de transmissão, podendo por isso transmitir as tramas logo quando são originadas.

O modelo para o MAC-hs, o qual é o nível responsável pela implementação do HSDPA, implementa as duas principais características do HSDPA: *fast scheduling* (agendamento rápido) e HARQ (*Hybrid Automatic Repeat Request*). A *fast scheduler* usa *feedback* do terminal móvel acerca das condições de canal, enviando o terminal móvel relatórios de Channel Quality Indicator (CQI). De 2 em 2 milissegundos o agendador (*scheduler*) verifica todas as filas de espera prioritárias e selecciona a fila de espera prioritária para ser transmitida no próximo *slot*. A taxa de transmissão é baseada no valor do CQI utilizando os valores tabelados no *Transport Format and Resource Combinations* (TFRC). Uma vez o utilizador agendado, a entidade MAC-hs cria uma trama MAC-hs PDU, ou um bloco de transporte contendo múltiplas MAC-d PDUs e atribui-as ao processo HARQ. Utilizando um mecanismo HARQ *stop-and-wait*, o processo HARQ persiste na transmissão do bloco para o terminal móvel até que receba um *acknowledgment* ou esgote o número máximo de retransmissões. No EURANE, é utilizado o método de *chase combining* nas retransmissões HARQ. O método *chase combining* consiste em que o receptor não descarte um bloco recebido logo que detecte um erro, mas combina-o com o bloco recebido na segunda retransmissão para aumentar a probabilidade de decodificar o bloco correctamente. O método *chase combining* é implementado pelo nível PHY do EURANE e será descrito a seguir.

O canal físico usa um esquema HARQ *chase combining* com Acknowledgments e Channel Quality Indicator (CQI). A quantidade de dados a ser transmitida na trama MAC-hs é determinada a partir do valor do CQI, sendo posteriormente transmitida “através do ar” (*over-the-air*). Quando a trama é recebida, é gerado um Acknowledgment positivo ou negativo dependendo da relação de sinal-ruído (SNR- *signal-to-noise ratio*) recebida com um objectivo de um Block Error Rate (BLER) de 10%. Os valores da SNR são pré-calculados para cada terminal utilizando um script de Matlab/Octave que gera as amostras do canal com as perdas pela distância do terminal à antena, incluindo *slow-fading*, *multi-path* e interferência. As perdas pela distância são calculadas de acordo com o modelo Okamura-Hata para áreas suburbanas. No entanto, o modelo do canal no EURANE é desenhado com

o propósito de estudar o efeito do agendamento de nós próximos ou afastados da antena, sendo a distância dos nós à antena fixa e assumindo que os nós se movem em arco em torno da antena, tendo como raio a distância fixa. Além disso, a perda por distância mantém-se constante ao longo de toda a simulação. O *slow fading* é modelado por um processo com distribuição *lognormal* correlacionado com a distância. O efeito *fast fading* é modelado por um processo *Rice* com diversos perfis de canal especificados pelo ITU-T.

2.2 Implementação EURANE

A funcionalidade HSDPA/UMTS do EURANE é fornecida no simulador ns-2 pelas seguintes classes escritas em C++: AM, UM, UmtsMAC, UmtsPhy para o UMTS básico e AM-HS, UM-HS HsdpaMac e HsdpaPhy para o HSDPA. Para cada canal, podem ser usados o RLC AM ou RLC UM, não podendo no entanto ser usados em conjunto (misturados). O EURANE só suporta um RNC e uma BS. A célula HSDPA do EURANE tem de ser única e é construída especificando no ns-2 os nós RNC e BS e interligando-os através de uma ligação Iub. O canal HS-DSCH é então criado no nó BS e nos múltiplos terminais móveis associados à BS. O canal de *uplink* DCH é depois criado entre os terminais e a BS, sendo criado um por cada terminal. As fontes de tráfego (no caso do trabalho os servidores FTP) são depois configurados e mapeados no canal HS-DSCH através dos seus identificadores de fluxos (*flow IDs*). Cada terminal móvel só poderá ter um fluxo, mas podem ser configuradas múltiplas prioridades para o único fluxo. A figura 4 ilustra o mapeamento das classes C++ do EURANE e as ligações entre elas para dois terminais móveis associados a uma célula HSDPA.

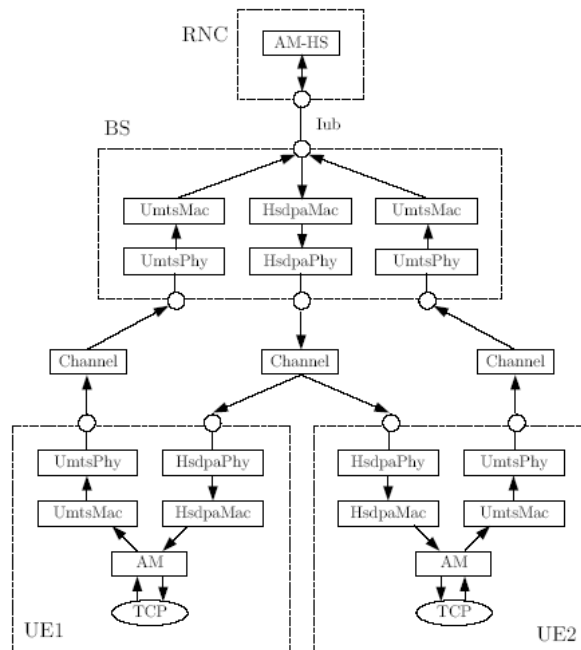


Figura 4 – Diagrama de Blocos do EURANE para uma célula HSDPA com 2 terminais móveis.

Cada pacote transmitido no modo RLC AM é encaminhado do objecto AM-HS no RNC para o objecto HsdpaMac na BS, e posteriormente para o objecto HsdpaPhy na BS que o difunde para todos os objectos HsdpaPhy associados aos terminais móveis. Se o nível físico determinar que o pacote não contém erros, o terminal móvel entrega o pacote aos objectos do nível acima da pilha de protocolos HsdpaMac e AM. O terminal móvel envia de retorno à BS pacotes de Acknowledgment utilizando os

objectos UmtsMac e UmtsPhy aos seus objectos em contrário na BS através de um canal dedicado. A BS entrega estes pacotes ao objecto AM-HS no RNC através da interface lub. Cria-se também um fluxo semelhante no modo RLC UM mas utilizando os objectos UM-HS e UM no RNC e UE, respectivamente.

Para implementar o nível físico, o EURANE utiliza um objecto *channel* normal disponibilizado pelo simulador ns-2 para interligar a BS aos UEs. Os canais FACH, RACH e DCH usam os modelos de erros disponibilizados nos canais do ns-2, os quais fornecem um simples comportamento probabilístico de perda de pacotes. No entanto, para o HSDPA, é necessário um modelo de erros mais realista para tomar em conta com as variações de qualidade da ligação num curto e longo espaço de tempo, o qual permite modelar a adaptação a ligações rápidas, o *fast scheduling* e o *HARQ chase combining*. Para isso, o EURANE usa uma curva de valores de desempenho BLER/SNR previamente calculada e um ficheiro de entrada dos valores de potência recebida (expressos em SNR) para gerar o modelo de erros necessário ao HSDPA.

Para gerar as potências recebidas pelos terminais moveis é usado um script MATLAB/OCTAVE contendo um modelo do nível físico, o qual gera o *input* para cada um dos nós de acordo com as condições do canal físico previamente descritas. O ficheiro contém os valores de SNR da primeira, segunda e terceira tentativas de transmissão da trama e o valor do CGI em cada *time slot* (2 ms). Os ficheiros gerados pelo MATLAB/OCTAVE são depois carregados em memória nos objectos HsdpaMAC da BS antes de a simulação começar. Após isso, os valores de CQI e SNR são lidos quando necessários pelos métodos das classes, tais como pelos métodos das classes *scheduler* e HARQ.

Para a curva SNR/BLER, é disponibilizada na simulação um ficheiro único que a representa, mapeando o intervalo BLER e o valor mínimo de SNR necessário para um valor de CQI específico. Este ficheiro é também carregado em memória para ser usado pelo objecto HsdpaPhy que recebe informação para determinar quando deve gerar um ACK ou NACK para um dado SNR.

3. Cenário de simulação e parâmetros a estudar

O trabalho irá utilizar dois cenários de simulação, apresentados nas figuras 5 e 6. No cenário A dois terminais móveis Ue1 e Ue2 encontram-se a realizar downloads de um ficheiro aos servidores FTP0 e FTP1, respectivamente. No cenário B existem 4 terminais móveis na célula sendo que cada SINKn se encontra ligado a um servidor FTPn.

Quando às simulações a realizar considera-se o seguinte:

- as simulações duram 100 segundos;
- os canais entre a BS e os UE são do tipo HS-DSCH com a configuração por defeito do EURANE;
- os parâmetros que não se encontram especificados na figura devem tomar o valor por defeito da configuração do EURANE;
- nas diferentes simulações o desempenho irá ser medido através da taxa de dados (medida em bps) recebida em cada terminal móvel.

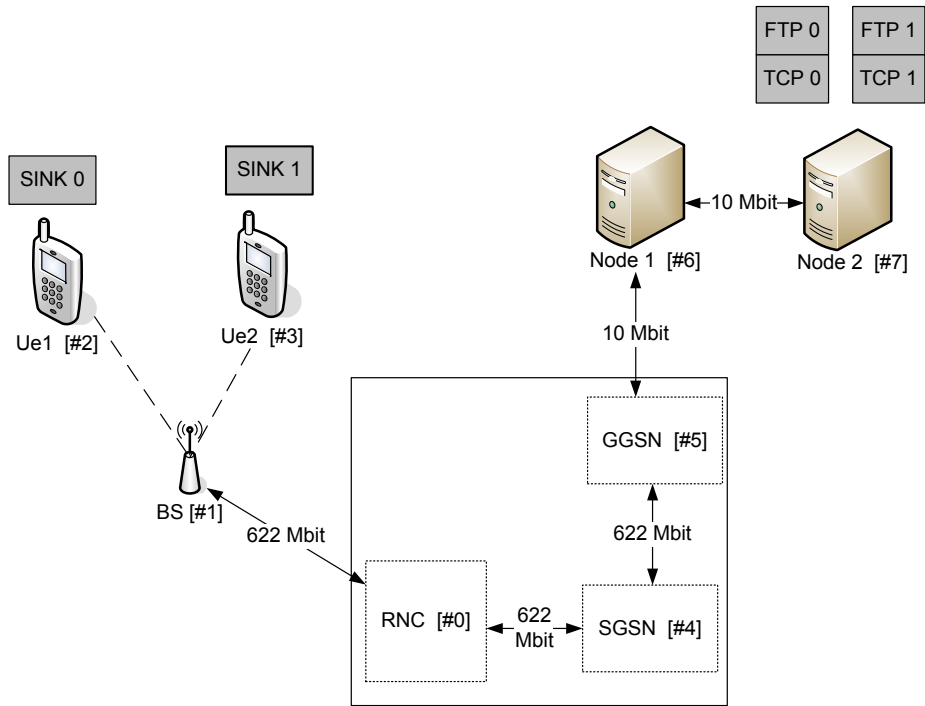


Figura 5 – Primeiro cenário a considerar - Cenário A.

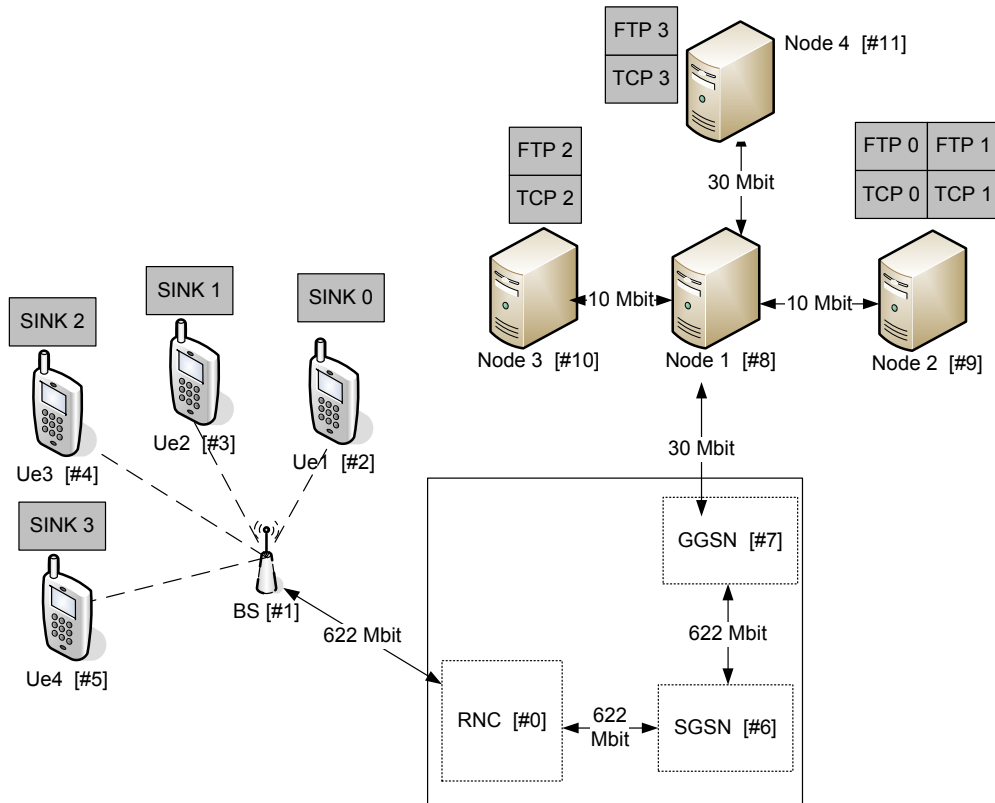


Figura 6 – Segundo cenário a considerar – Cenário B.

3.1 Simulação de múltiplas distâncias à BS

As primeiras simulações devem considerar o Cenário A, considerando um perfil de canal do tipo “2 = Single Rayleigh Channel w/o correlation on fading coefficients” com velocidades dos nós de 3 Km/h. Para estudar o comportamento do desempenho da distância dos nós à BS devem considerar-se 6 simulações distintas considerando as distâncias de 10, 100, 250, 500, 750 e 1000 metros.

3.2 Simulação de vários perfis de canal

O segundo lote de simulações tem como objectivo estudar o impacto dos diferentes perfis de canal. Deve considerar o Cenário B, admitindo que os nós se movimentam a 3 Km/h e distam 100 metros da antena. Deve realizar 6 simulações diferentes para os seguintes tipos de canal:

% 2 = Single Rayleigh Channel w/o correlation on fading coefficients

% 8 = Pedestrian A

% 10 = Vehicular A

% 12 = Rural Area

% 13 = Typical Urban

% 14 = Hilly Terrain

3.3 Simulação de velocidades diferenciadas

No terceiro e último lote de simulações deve simular o Cenário A com perfil de canal 8, com distâncias à antena de 500 m e com valores de velocidade dos terminais de 3, 15, 30, 60, 90, 120 Km/h.

3.4 Análise dos dados

Após terem sido executadas todas as simulações, os ficheiros de *trace* das simulações devem ser analisados com o objectivo de calcular a taxa média de dados recebida por cada terminal móvel.

4. Apresentação dos resultados

Os resultados simulados e analisados devem ser apresentados e discutidos num pequeno relatório. Pretende-se que o relatório seja muito objectivo, não podendo ultrapassar as 4 páginas úteis. O relatório deve conter somente duas secções com a seguinte informação:

Secção de resultados

- 1 gráfico onde é comparado **o desempenho de acordo com a distância à BS;**
- 1 tabela com os **diferentes valores de desempenho para cada perfil de canal considerado;**
- 1 gráfico onde é comparado **o desempenho de acordo com a velocidade dos nós;**

Secção de justificação dos resultados

Nesta secção deverá ser dada uma justificação para os diferentes comportamentos face aos valores da distância dos terminais à BS, dos tipos de perfil de canal e da mobilidade dos terminais.

5. Desenvolvimento do trabalho

O desenvolvimento deste trabalho decorre durante quatro semanas, sendo a aula da primeira semana dedicada à introdução ao simulador de redes ns-2/EURANE. Enumera-se de seguida uma orientação cronológica dos objectivos a atingir no final de cada semana:

Semana 1 (3 de Março) – leitura da documentação sobre o simulador ns-2 (disponível no sítio da cadeira) e realização do exemplo proposto no anexo do enunciado. Após a realização da simulação deve observar os ficheiros de *trace*, interpretando-os com a ajuda do documento sobre o simulador;

Semana 2 (10 de Março) – realização dos ficheiros de erro dos terminais através dos scripts Octave disponibilizados para o efeito; preparação dos scripts de simulação;

Semana 3 (17 de Março) – finalização dos scripts de simulação; realização das simulações;

Semana 4 (24 de Março) - deve ter realizado um pequeno documento onde são apresentados os resultados e retiradas as devidas conclusões;

A data para entrega do trabalho é dia 26 de Março, até às 12:00 (data acordada no conselho pedagógico) podendo ser entregue até ao dia 1 de Abril às 12:00 sem penalização.

Deverá ser entregue o documento com os resultados, e um ficheiro comprimido contendo uma pasta com todos os ficheiros utilizados para a obtenção dos resultados (*scripts*, ficheiros de *input* dos *scripts* e os ficheiros de output das simulações (*traces*)).

Anexo I – exemplo de um script ns-2/EURANE

Este anexo introduz o exemplo que acompanha o manual do EURANE (*Appendix C*), o qual é aqui complementado por uma figura que ilustra os blocos que constituem o cenário simulado.

O exemplo do manual do EURANE (*Appendix C*) pretende simular a rede apresentada figura A1. Nesta rede UMTS existem dois terminais móveis Ue1 e Ue2. Todos os nós da rede possuem um determinado identificador no simulador (endereço do nó), o qual é representado através de um inteiro. Os endereços dos terminais móveis Ue1 e Ue2 são no simulador “2” e “3”, respectivamente. O sistema rádio é composto ainda pela *Base Station* (BS – com endereço “1”) e pelo *Radio Network Controller* (RNC) com endereço “0”. Ao RNC encontram-se ligados o *Serving GPRS Support Node* (SGSN) e o *Gateway GPRS Support Node* (GGSN) com endereços “4” e “5”, respectivamente. Existe ainda uma máquina (*node 1* – hipotético router com endereço “6”) que liga o GGSN ao nó *node 2* (com o endereço 7), onde se encontram em execução dois servidores de FTP (FTP 0 e FTP 1).

O exemplo pretende criar uma sessão de FTP entre o terminal móvel Ue1 e o servidor de FTP 0 e entre o terminal móvel Ue2 e o servidor de FTP 1. Tal como foi mencionado anteriormente, o script para realizar este exemplo encontra-se no apêndice C do manual do EURANE, o qual deve ser executado e compreendido antes da elaboração do trabalho.

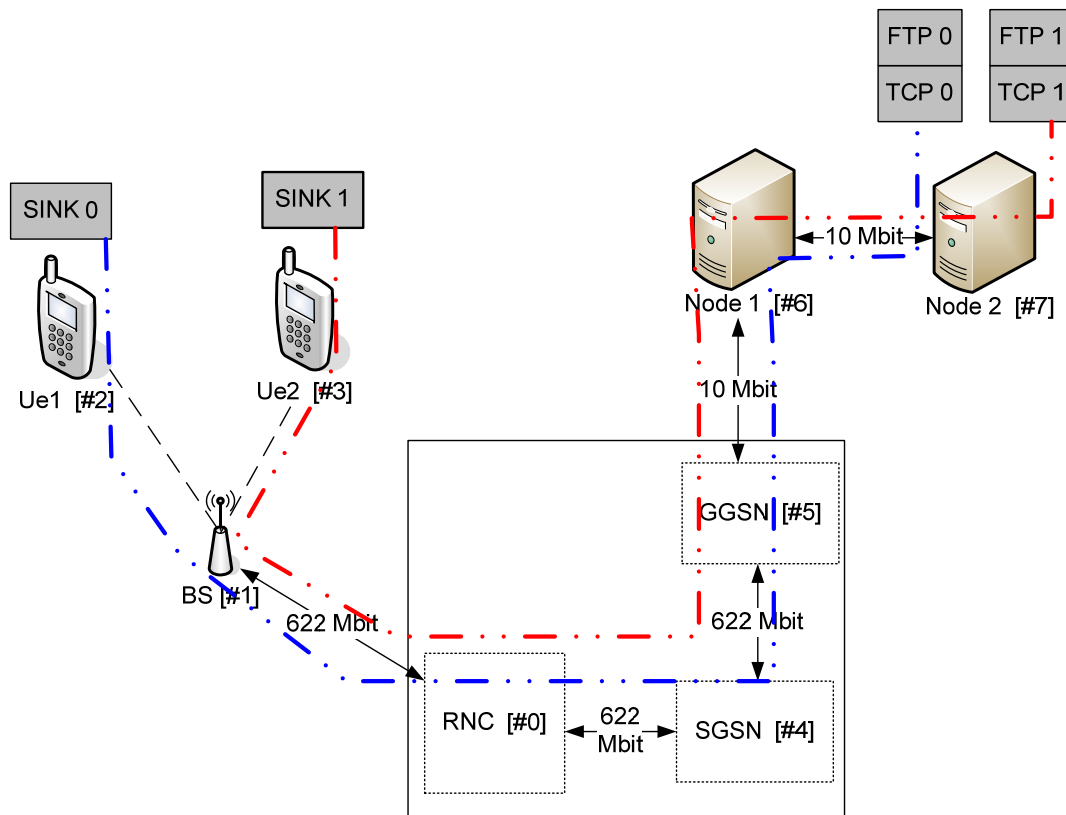


Figura A1 – Estrutura do sistema a simular.

Anexo II – operações básicas na linha de comando Linux

Apagar o ficheiro “a”: **rm a**

Mudar o nome do ficheiro “a” para ficheiro “b”: **mv a b**

Exibir o conteúdo do ficheiro “a” na linha de comandos: **cat a**

Exibir as últimas 10 linhas do conteúdo do ficheiro “a” na linha de comandos: **tail -n 10 a**

Exibir o conteúdo do ficheiro “a” no editor gedit: **gedit a&**

Criar uma pasta “b”: **mkdir b**

Mover-se para uma pasta a: **cd a**

Mover-se para a pasta anterior: **cd ..**

Listar o conteúdo de uma pasta: **ll**

Listar o conteúdo de uma pasta: **ls**

Comando para constituir um ficheiro “output” contendo todas as linhas do ficheiro “input” que contêm a palavra “xpto”: **grep -re “xpto” input > output**