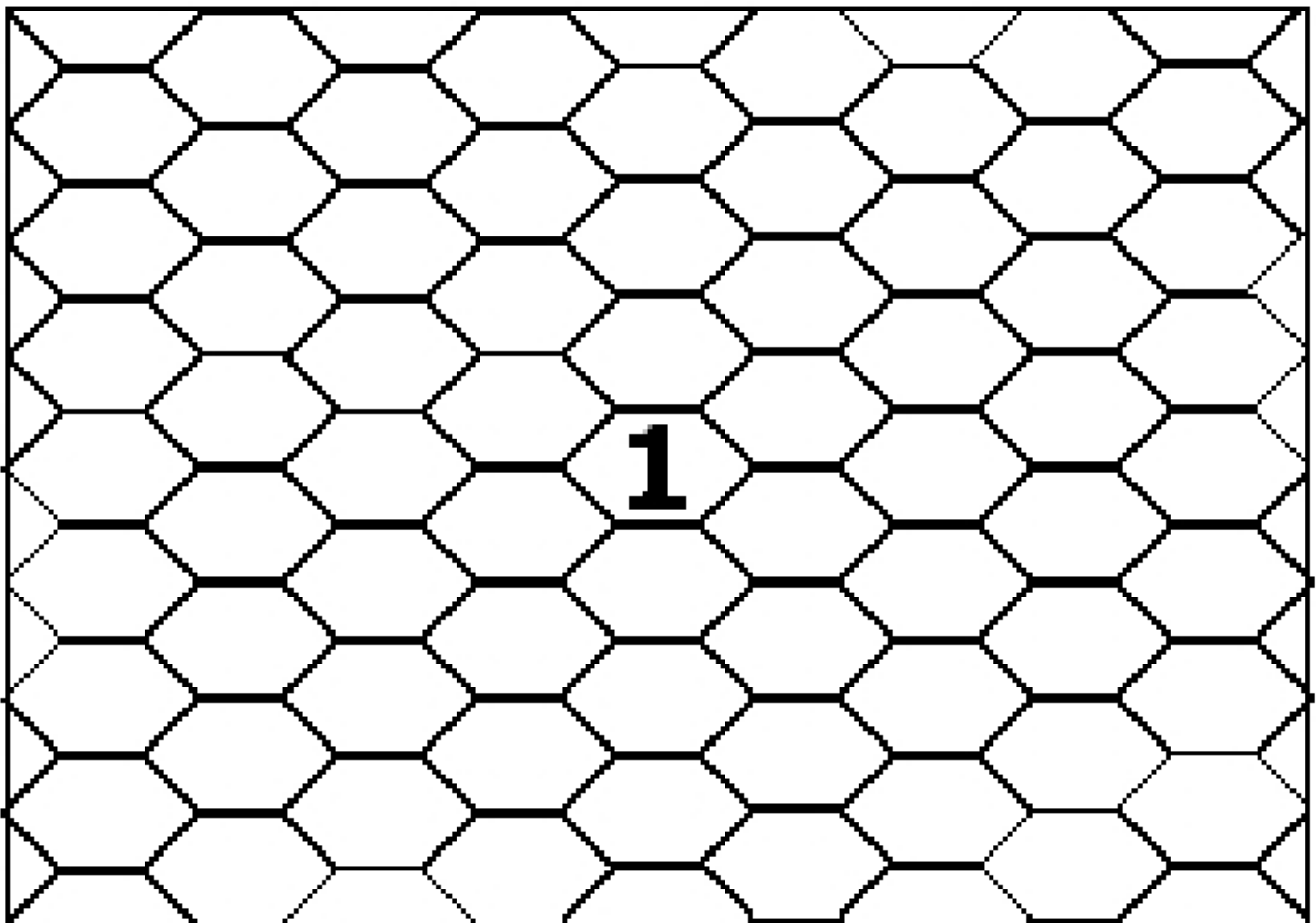


Lista de Exercícios 01 – Telefonia Celular

Bloco A – Questões básicas retiradas de (GOMES e MACHADO, 2011) e (BERGAMO, 2014)

- 1) Se um total de 33 MHz de largura de banda é alocado para um sistema de telefonia celular FDD (*frequency division duplex*) utiliza dois canais simplex de 25 kHz para prover serviço completo de voz e controle do canal, encontre o número de canais disponíveis por célula se um sistema utiliza:
 - (a) Reuso de 4 células
 - (b) Reuso de 7 células
 - (c) Reuso de 12 células

- 2) Para um reuso igual a 7 determine as células co-canais para a célula 1 da Figura a seguir.



- 3) Se 20 MHz do espectro total é locado para um sistema celular duplex e cada canal simplex tem 25 kHz de largura de banda, determine:
- (a) O número de canais duplex.
 - (b) O número total de canais por célula se o fator de reuso for 4.
 - (c) O número de clusters se a área a ser coberta pelo sistema é de 800 km² e o raio de uma célula é de 2,5 km.

$$A_{hexagono} = \frac{3\sqrt{3}}{2} R_c^2$$

- 4) (RAPPAPORT, 2002 – Q3.4) Se 20 MHz de um espectro total é alocado para um sistema de comunicação celular duplex e cada canal simplex possui uma banda RF de 25 kHz, encontre:
- (a) O número total de canais duplex.
 - (b) O número total de canais por célula, se for adotado um reuso de $N = 4$.
- 5) Se uma razão sinal/interferência de 15 dB é necessária para um desempenho satisfatório do canal de comunicação entre rádio-base e móvel, qual o tamanho do cluster (N) que deveria ser adotado? Considere os cálculos para valores de $n = 3$ e $n = 4$. Assuma 6 células co-canais na primeira camada e todas estão à mesma distância do usuário móvel.
- 6) Um sistema de telefonia celular usa clusters de tamanho 7 com células hexagonais de 470 metros de raio. O sistema opera com 660 canais, 30 dos quais são designados para controle e o restante são canais de voz. Estima-se uma densidade de 9000 usuários por km² e cada usuário realiza em média uma chamada por hora, sendo que cada chamada dura 1 minuto. **Determine a probabilidade de um usuário experimentar um atraso maior do que 20 segundos, pois o sistema adota o método de filas de espera.**
- 7) Assuma que cada usuário de uma ERB faz em média 3 chamadas por hora, cada chamada durando em média 5 minutos:
- (a) Qual a intensidade de tráfego por usuário?
 - (b) Determine o número de usuários que poderiam usar o sistema com 1% de bloqueio, se a troncalização é de um canal por célula.
 - (c) E se há 5 canais/célula para 1% de bloqueio?
 - (d) Se o número de usuários que você encontrou, no item anterior, repentinamente dobrou, qual a nova probabilidade de bloqueio para esse sistema (com 5 canais troncalizados)?

- 8) Uma cidade tem uma área de 1300 km^2 e é coberta por um sistema celular que utiliza um padrão de reuso de células igual a 7. Cada célula tem um raio de 4 km e a cidade utiliza uma alocação de 40 MHz do espectro, com uma largura de banda *full duplex* de 60 KHz. Assuma GoS de 2% para um sistema Erlang B. Se o tráfego por usuário é igual a 0,03 Erlangs, determine:
- (a) O número de células na área de serviço;
 - (b) O número de canais por célula;
 - (c) A intensidade de tráfego em cada célula;
 - (d) O tráfego máximo transportado;
 - (e) O número de usuários que podem ser servidos a um GoS de 2%;
 - (f) O número de usuários móveis por canal considerando o reuso de canais;
 - (g) O número máximo teórico de usuários que podem ser servidos ao mesmo tempo pelo sistema.
- 9) Considere um sistema em que o tempo médio de duração de uma chamada é de 2 minutos e a probabilidade de bloqueio é de 1%. Assuma que cada assinante faz uma chamada por hora, em média. Há um total de 395 canais e os clusters são compostos por 7 células. As chamadas bloqueadas são eliminadas do sistema. Determine a intensidade de tráfego e o número de usuários para:
- (a) Sistema sem setorização;
 - (b) Sistema com setorização de 120° ;
 - (c) Sistema com setorização de 60° .
 - (d) Verifique a eficiência para cada uma das configurações dos itens anteriores.
- 10) Um provedor de serviços de telefonia celular decide usar um sistema digital TDMA que pode tolerar uma razão sinal-interferência (SIR) de 15 dB, no pior caso. Encontre o valor de N para:
- (a) emprego de antenas omnidirecionais;
 - (b) setorização de 120° ;
 - (c) setorização de 60° .

- 11)** Em relação ao exercício anterior **(10)**, considerando um total de 189 canais a serem empregados no sistema,
- (a)** Qual o número de canais por célula para cada um dos três casos?
 - (b)** Qual a intensidade de tráfego em Erlangs para uma probabilidade de bloqueio de 1%? A setorização deve ser usada?

Faça uma análise da situação. Assuma o expoente de perda de percurso igual a 4 e considere a eficiência de troncalização.

- 12)** Usando o conceito de eficiência de troncalização, compare os resultados dos problema **(9)** em relação aos problemas **(10)-(11)**, e determine quando a setorização é vantajosa.

- 13)** Assinale a resposta correta.

12.1) Um Cluster é ...

- [a] uma determinada região contendo todos canais do sistema uma única vez
- [b] um grupo de pessoas ao redor de uma ERB
- [c] um grupo canais de uma ERB que se repetem a uma distância coerente
- [d] todas as células adjacentes de uma mesma CCC
- [e] uma região administrada por uma única CCC

12.2) O Padrão de Reuso (ou Celular) representa ...

- [a] a quantidade de subgrupos em que o espectro disponível é dividido
- [b] a quantidade de ERBs controladas por uma única CCC
- [c] a morfologia das células do sistema (circular, hexagonal, elíptica, ...)
- [d] o número de reuso de canais que pode ser feito por uma CCC
- [e] o número de setores que uma ERB pode ter

12.3) O processo de Roaming inicia-se...

- [a] sempre que a Estação Móvel recebe o sinal da ERB de outra operadora
- [b] quando o registro local não identifica a ERB em uso
- [c] quando a CCC identifica uma Estação Móvel de outra CCC
- [d] quando uma ERB identifica uma Estação Móvel de outro sistema

12.4) Grau de Serviço (GoS) é definido como ...

- [a] a tecnologia utilizada (AMPS/TDMA/CDMA/GSM, ...)
- [b] a probabilidade de bloqueio de chamadas
- [c] o número de assinantes atendidos por unidade de tempo
- [d] o número de chamadas finalizadas na Hora de Maior Movimento
- [e] a média do tráfego atendido em 60 min. [Erlang]

12.5) Pode-se dizer que quatro (4) Erlangs representam ...

- [a] 4 canais ocupados por 1 hora seguida na HMM
- [b] 4% de ocupação dos canais do sistema
- [c] 4 chamadas por segundo
- [d] 4 minutos de duração média de uma chamada
- [e] 4 pesquisadores alemães

12.6) Células Setorizadas (120°) são células que...

- [a] utilizam três subgrupos das frequências de uma ERB
- [b] utilizam apenas três antenas na sua torre
- [c] utilizam antenas diretivas na transmissão e omnidirecional na recepção
- [d] utilizam três subgrupos de frequência de um Cluster
- [e] se dividem fisicamente em três novas ERBs

14) Assinale V (verdadeira) para as sentenças abaixo e F (falso) para as incorretas, que devem ser justificadas.

() O reuso de frequência é feito dividindo-se todo o espectro disponível em grupos de frequências. Estes grupos são utilizados em células separadas entre si o suficiente para não haver interferência. As células que contêm o mesmo grupo de canais são denominadas células adjacentes.

() Quando os telefones celulares móveis estão saindo da área de cobertura na sua região e entrando na de outra célula de outra operadora, diz-se que o móvel está no processo de *roaming*.

() A capacidade de tráfego decresce e a qualidade da transmissão aumenta e medida que a relação D/R diminui.

() Quando a ERB transmite canal direto a CCC tem que responder no link reverso.

() Em um sistema que tem um único cluster a interferência co-canal é mais nociva ao sinal.

() O link reverso possui a faixa de frequência maior que o link direto por transmitir com menor potência o sinal.

Bloco B – Questões “difíceis” retiradas diretamente de (RAPPAPORT, 2002)

- 15)** (RAPPAPORT, 2002 – Q3.17) Um sistema celular com tamanho de cluster $N = 7$ é operado com 660 canais, 30 dos quais são designados como canais de controle, para que haja cerca de 90 canais de voz disponíveis por célula. Se há uma densidade de usuários potencial de 9000 usuários/km² no sistema, e cada usuário realiza uma média de uma ligação por hora e cada ligação dura um minuto nas horas de pico, determine a probabilidade de um usuário experimentar um atraso maior do que 20 segundos se todas as ligações estão em fila.
- 16)** (RAPPAPORT, 2002 – Q3.18) Mostre que se $n = 4$, uma célula pode ser dividida em 4 pequenas células, cada uma com metade do raio $1/16$ da potência de transmissão da célula original. Se medições extensivas mostrarem que o expoente de perda de potência é 3, como a potência do transmissor deve ser alterada a fim de dividir a célula em quatro células menores? Qual o impacto disso na geometria celular? Explique sua resposta e providencie ilustrações mostrando como novas células se encaixariam dentro das macrocélulas originais. Por simplicidade, use antenas omnidirecionais.
- 17)** (RAPPAPORT, 2002 – Q3.19) Usando a tabela de alocação de canais do sistema AMPS para portadoras A e B (Tabela 3.2 de RAPPAPORT, 2002), projete um esquema de alocação de canais para uma portadora do lado B com reuso $N = 4$ e três setores por célula. Inclua um esquema de alocação para 21 canais de controle.
- 18)** (RAPPAPORT, 2002 – Q3.27) O sistema AMPS/USA aloca 50 MHz do espectro na faixa de 800 MHz e oferece 832 canais. Desses, 42 canais são utilizados como canais de controle. A frequência do canal direto é exatamente 45 MHz maior que a frequência do canal de link reverso.
- (a)** O AMPS é um sistema simplex, half-duplex ou duplex? Qual é a banda para cada canal e como ela é distribuída entre as estações rádio-base e os assinantes?
 - (b)** Assuma que uma ERB transmita informações de controle no canal 352, operando a 880.560 MHz. Qual é a frequência de transmissão de uma unidade de um assinante no canal 352?
 - (c)** As portadoras dos lados A e B desse sistema celular dividem os canais do sistema AMPs igualmente. Encontre o número de canais de voz e o número de canais de controle para cada portadora.
 - (d)** Suponha que você é o engenheiro chefe de uma operadora celular utilizando reuso de $N = 4$. Proponha uma estratégia de atribuição de canais para uma distribuição de usuários uniforme através do seu sistema celular. Especificamente assumo que cada célula possui três canais de controle (uso de setorização de 120°) e especifique o número de canais de voz que você atribuiria para cada canal de controle no seu sistema.

- (e) Para um sistema celular hexagonal ideal, o qual possui cobertura idêntica para cada célula, qual é a distância entre centros de duas células co-canais mais próximas para um reuso de $N = 7$? E para $N = 4$?

19) (RAPPAPORT, 2002 – Q3.10) Um total de banda de $B = 25$ MHz é alocado para um sistema telefônico celular FDD que usa dois canais simplex de 30 kHz para prover canais de voz full duplex e canais de controle. Assuma que cada telefone celular gera 0.1 Erlang de tráfego. Assuma o uso do modelo Erlang B.

- (a) Encontre o número de canais em cada célula para um sistema com reuso $N = 4$.
- (b) Se cada célula oferecer uma capacidade de 90% de agendamento perfeito, encontre o número máximo de usuários que pode ser suportado por célula onde antenas omnidirecionais são utilizadas em cada ERB.
- (c) Qual é a probabilidade de bloqueio do sistema em (b) quando o número máximo de usuários estão ativos?
- (d) Se cada nova célula utiliza uma setorização de 120° em vez de antenas omnidirecionais para cada ERB, qual é o novo número total de usuários suportados por célula para a mesma probabilidade de bloqueio em (c)?
- (e) Se cada célula cobre 5 km^2 , quantos assinantes podem ser suportados em uma área urbana de $50 \text{ km} \times 50 \text{ km}$ para o caso de antenas omnidirecionais em cada ERB?
- (f) Se cada célula cobre 5 km^2 , quantos assinantes podem ser suportados em uma área urbana de $50 \text{ km} \times 50 \text{ km}$ para o caso de antenas com setorização de 120° .

20) (RAPPAPORT, 2002 – Q3.11) Para um sistema $N = 7$ com $\text{Pr}[\text{bloqueio}] = 1\%$ e duração média de ligações de 2 minutos, encontre a perda da capacidade de tráfego devido a troncalização para 57 canais quando o sistema migrar de antenas omnidirecionais para antenas setorizadas com 60° . (Assuma que ligações bloqueadas são liberadas e a taxa de ligação média por usuário é $\lambda = 1$ por hora).

21) (RAPPAPORT, 2002 – Q3.13) Uma certa área é coberta por um sistema celular com 84 células e tamanho de cluster N . Um total de 300 canais de voz está disponível no sistema. Usuários são distribuídos uniformemente sobre a área coberta pelo sistema celular, e o tráfego oferecido por usuário é 0.04 Erlang. Assuma que as ligações bloqueadas são liberadas e a probabilidade de bloqueio designada é $P_b = 1\%$.

- (a) Determine o tráfego máximo conduzido por célula se o tamanho de cluster $N = 4$ é utilizado. Repita para tamanhos de cluster $N = 7$ e $N = 12$.
- (b) Determine o número máximo de usuários que podem ser atendidos por um sistema com probabilidade de bloqueio de 1% e tamanho de cluster $N = 4$. Repita para tamanhos de cluster $N = 7$ e $N = 12$.

- 22)** (RAPPAPORT, 2002 – Q3.14) O tráfego oferecido em um sistema de comunicação celular pode ser especificado pela duração média de ligações H (*holding time*) e pela taxa de requisições de ligação λ . As quantidades H e λ representação de maneira justa o tráfego oferecido em uma célula particular se assumirmos que as estações móveis não atravessem os limites das células. Descreva quantitativamente os efeitos de estações móveis que atravessam os limites das células tanto na duração média de ligações H quanto na taxa de requisição de ligações λ .
- 23)** (RAPPAPORT, 2002 – Q3.15) Exercícios de teoria de filas (troncalização):
- (a)** Qual é a capacidade máxima do sistema (total e por canal) em Erlangs quando oferecida uma probabilidade de bloqueio de 2% com 4 canais, 20 canais e 40 canais?
 - (b)** Quantos usuários podem ser suportados com 40 canais a uma taxa de bloqueio de 2%? Assuma $H = 105$ s e $\lambda = 1$ ligação por hora.
 - (c)** Usando a intensidade de tráfego calculada em (a), encontre a GoS em um sistema de atraso de ligação perdida para o caso de atrasos maiores do que 20 segundos. Assuma $H = 105$ s e determine o GoS para quatro canais, 20 canais e 40 canais.
 - (d)** Comparando os resultados em (a) e (c), um sistema de atraso de ligação perdida com 20 segundos de fila tem melhor ou pior desempenho que um sistema que libera ligações bloqueadas?

24) (RAPPAPORT, 2002 – Q3.6) Você foi solicitado para determinar a razão sinal-para-interferência (SIR) no link direto de um sistema celular, quando o móvel está localizado na borda da sua célula de serviço. Assuma que todas as células possuem o mesmo raio e que as estações rádio-base (ERBs) possuem a mesma potência e estão localizadas no centro de cada célula. Assuma também que cada célula transmite um sinal independente, tal que a potência de sinais interferidores possa ser somada. Defina um anel de células como o conjunto de células co-canais que estão mais ou menos (mas não exatamente) à mesma distância da estação móvel na célula de serviço considerada. Este problema explora o impacto do tamanho do cluster (ou seja, distância de reuso de frequências), o número de anéis utilizados no cálculo da SIR e o efeito do expoente de propagação sobre a SIR .

- (a) Qual é a distância média (em termos de R_c) entre a estação móvel na borda da célula de serviço e o primeiro anel de células co-canais? (Essas células são chamadas os “vizinhos mais próximos”). Quantas células estão localizadas no primeiro anel? Resolva para o caso de tamanhos de cluster $N = 1$, $N = 3$, $N = 4$, $N = 7$ e $N = 12$. Como essa distância média se compara com o valor de $D = QR_c$ (onde $Q = \sqrt{3N}$)?
- (b) Qual é a distância média (em termos de R_c) entre o móvel e a borda da célula de serviço e o segundo e terceiro anel de células co-canais para os casos de tamanhos de cluster $N = 1$, $N = 3$, $N = 4$, $N = 7$ e $N = 12$?
- (c) Determine a SIR do link direto para os seguintes projetos de reuso de frequência: $N = 1$, $N = 3$, $N = 4$, $N = 7$ e $N = 12$. Assuma que o expoente de propagação é $n = 4$, e avalie a contribuição da SIR devido a apenas o primeiro anel interferidor, e então adicione os anéis externos de células co-canais (segundo e terceiro). Indique o número de anéis no qual há uma diminuição para a interferência no móvel.
- (d) Repita o item (c), mas agora considere uma linha de visada direta com expoente $n = 2$. Note o grande impacto que o expoente de perdas de propagação possui na SIR . O que você pode dizer sobre os valores do tamanho do cluster, expoente de perdas e SIR resultantes? Como isso impacta o projeto prático de sistemas sem fio?