Universidade de Aveiro

Departamento de Electrónica, Telecomunicações e Informática

Mestrado Integrado Eng. Computadores e Telemática

47064 - Desempenho e Dimensionamento de Redes

Relatório
Impacto dos erros de transmissão no desempenho de uma rede

Autores :
Guilherme Cardoso 45726
Rui Oliveira 68779

Docente :
Amaro Sousa

Prática :
P2

Ano letivo 2016/2017
Aveiro, 6 de Abril de 2017

Conteúdo

1 Introdução

Este relatório encontra-se estruturado da mesma forma que o guião, seguindo a mesma numeração dos exercícios propostos.

2 Tarefa 1

2.1 Implementação

2.1.1 Alínea a)

```
p = [0 1 2];     % probability of 0, 1 and 2 errors
B = 800;         % packet size of 100 bytes

error_rates = [ 10^-7 10^-6 10^-5];

results = [];
format long

for i=0:1
    for j=1:3
        results(i+1,j) = binopdf(i, B, error_rates(j));
    end
end

results(3,:) = 1 - results(1,:) - results(2,:);

results
results = [];
```

Descrição: Parametro *p* define o número de erros, *error_rates* a probabilidade de um erro acontecer. O ciclo permite calcular a probabilidade de a probabilidade de um pacote de 100 bytes (800 bits) ser recebido com *p* erros.

2.1.2 Alínea b)

```

for j=1:3
    results(j) = 1;
    for k=0:1
        results(j) = (0.90 * (results(j) - binopdf(k, 1500*8, error_rates(j)))) + (0.10 * (results(j) -binopdf(k, 64*8, error_rates(j))));
    end
end

```

```
results
results = [];
```

Descrição:Para este exercício é pedido para determinar a probabilidade de pacotes descartados considerando que 10% do pacote ocupa 64 bytes e 90% ocupa 1500 bytes. Tal como na alínea anterior, foi utilizada a variável aleatória binomial disponibilizada pelo Matlab.

2.1.3 Alínea c)

```

p = 0.02;

for j=1:3
    results(j) = 0;
    for i=0:1000
        n = (64 +i)* 8;
        geo_value = p*(1-p).^i;
        results(j) = results(j) + (1- binopdf(0,n, error_rates(j)) - binopdf
    (1,n, error_rates(j))) * geo_value;
    end
end
results
results=[];
```

Descrição: Permite determinar a probabilidade de pacotes descartados considerando um pacote de dimensão de 64 bytes somado a uma a variável aleatória geométrica com p = 0.02.

2.1.4 Alínea d)

```
for j=1:3
    results(j) = (0.90 * (1- binopdf(0, 1500*8 -28*8, error_rates(j)))) +
    (0.10 * (1- binopdf(0, 64*8 - 28*8, error_rates(j))));
end
fprintf('1d, rep 1b')
results
results = [];

p = 0.02;

for j=1:3
    results(j) = 0;
    for i=0:1000
        n = (64-28 +i)* 8;
        geo_value = p*(1-p).^i;
        results(j) = results(j) +  (1-binopdf(0,n, error_rates(j))) *
    geo_value;
    end
end
fprintf('1d, rep 1c')
```

```
results
results=[];
```

Descrição: Pretende-se calcular se um pacote sendo descartado tendo em conta duas estratégias: a de usar menos bytes para controlo e permitir apenas detetar o erro ou usar mais bytes e poder recuperar até um erro.

2.2 Análise dos resultados

2.2.1 Alínea a)

	10^{-7}	10^{-6}	10^{-5}
p(no errors)	9.9992e-01	9.9920e-01	9.9203e-01
p(1 error)	7.9994e-05	7.9936e-04	7.9363e-03
p(2 or more erros)	3.1958e-09	3.1943e-07	3.1790e-05

2.2.2 Alínea b)

	10^{-7}	10^{-6}	10^{-5}
Packet discard rate	6.48E-07	6.43E-05	5.99E-03

2.2.3 Alínea c)

	10^{-7}	10^{-6}	10^{-5}
Pdr	$4.86*10^{-9}$	$4.86*10^{-7}$	$6.77*10^{-3}$

2.2.4 Alínea d), para alínea b

	10^{-7}	10^{-6}	10^{-5}
Packet discard rate	0.001062096222133	0.010565041960477	0.100269629429771

2.2.5 Alínea d), para alínea c

	10^{-7}	10^{-6}	10^{-5}
Packet discard rate	6.80E-05	6.80E-04	6.77E-03

2.2.6 Alínea e)

Podemos concluir que a estratégia de ter um código de 32 bytes com recuperação de erros diminui a taxa de pacotes descartados. Apesar do volume de dados ser maior (mais 28 bytes para ser possível a recuperação). Provavelmente esta estratégia é a mais adequada, pois embora o volume de dados transmitidos o número de pacotes retransmitidos diminui.

3 Tarefa 2

3.1 Implementação

3.1.1 Alínea a)

```

pAll = [0.99, 0.999, 0.9999, 0.99999];

%pF1E = (pEF1*pF1) / (pEF1*pF1 + pEF2*pF2)

results = [];
format long

for i=1:size(pAll,2)
    pEF1 = 0.0001;
    pEF2 = 0.5;
    pF1 = pAll(i);
    pF2 = 1-pAll(i);

    results(i,1) = (pEF1*pF1) / (pEF1*pF1 + pEF2*pF2);
    results(i,2) = (pEF2*pF2) / (pEF1*pF1 + pEF2*pF2);
end
results
```

Descrição: Dada a probabilidade *pAll* de estar no estado de interferência, qual a probabilidade de receber um frame de controlo com erros.

3.1.2 Alínea b)

```

results = [];
for n=2:5
    for i=1:size(pAll,2)
        pEF1 = 0.0001^n;
        pEF2 = 0.5^n;
        pF1 = pAll(i);
        pF2 = 1 - pAll(i);

        results(i,n-1) = (pEF1*pF1) / (pEF1*pF1 + pEF2*pF2);
    end
end
results
results = [];
```

Descrição: Dada a probabilidade *pAll* de estar no estado de interferência pretende-se calcular a probabilidade de ocorrer falsos positivos para diferentes valores de *frames* de controlo.

3.1.3 Alínea c)

```
results = [];
for n=2:5
    for i=1:size(pAll,2)
        pEF1 = 1- 0.0001^n;
        pEF2 = 1- 0.5^n;
        pF1 = pAll(i);
        pF2 = 1 - pAll(i);

        results(i,n-1) = (pEF2*pF2) / (pEF1*pF1 + pEF2*pF2);
    end
end
results
results = [];
```

Descrição: Dada a probabilidade *pAll* de estar no estado de interferência pretende-se calcular a probabilidade de ocorrer falsos negativos para diferentes valores de *frames* de controlo.

3.2 Análise dos resultados

3.2.1 Alínea a)

	p(normal)	p(interference)
p= 99%	1.94E-02	9.81E-01
p=99.9%	1.67E-01	8.33E-01
p=99.99%	6.67E-01	3.33E-01
p=99.999%	9.52E-01	4.76E-02

3.2.2 Alínea b)

	Probability of false positives			
	n=2	n=3	n=4	n=5
p= 99%	3.98E-03	7.92E-10	1.58E-13	0.00E+00
p=99.9%	4.00E-05	7.99E-09	1.60E-12	0.00E+00
p=99.99%	4.00E-04	8.00E-08	1.60E-11	3.00E-15
p=99.999%	3.98E-03	8.00E-07	1.60E-10	3.20E-14

3.2.3 Alínea c)

	Probability of false positives			
	n=2	n=3	n=4	n=5
p= 99%	7.52E-03	8.76E-03	9.38E-03	9.69E-03
p=99.9%	7.50E-04	8.75E-04	9.38E-04	9.69E-04
p=99.99%	7.50E-05	8.75E-05	9.38E-05	9.69E-05
p=99.999%	7.50E-06	8.75E-06	9.38E-06	9.69E-06

3.2.4 Alínea d)

No caso da alínea b), quando maior a probabilidade do sistema estar no estado normal (>99%) maior será a probabilidade da ocorrência de falsos positivos. Por outro lado, quanto maior o valor de n (*consecutive control frames*) observa-se uma diminuição do valor da probabilidade de falsos positivos bastante acentuada.

Na alinea c), quando maior a probabilidade do sistema estar no estado normal (> 99%) menor será a probabilidade da ocorrência de falsos negativos.

Por sua vez o número de *control frames* para falsos positivos tem pouca influência na probabilidade de haver falsos negativos.

O facto da diferença das ordens de grandeza deve-se ao facto da probabilidade de receber um *control frame* com erro ser diferente em cada um dos modos.

O facto do do número de *control frames* ter um maior ou menor impacto nos falsos positivos deve-se à probabilidade de receber um *control frame* com erro no modo normal.

Por outro lado, quanto maior o número de *control frames* no estado de interferência mais dilui a probabilidade de receber todos os frames com erros, aumentando o número de falsos negativos.

3.2.5 Alínea e)

O número ideial de *control frames* é 2, pois permite:

- Ter o menor número de frames trocados
- Ter o menor impacto nos falsos negativos, que é a probabilidade com menor ordem de grandeza (portanto mais provável), pelo que é mais importante tentar reduzir a probabilidade de falsos negativos que positivos.

3.2.6 Alínea f)

Tendo em consideração um valor de p até 99.999% para 2 frames de controlo trocados já é maior que 0.1% para falsos positivos. Assim, n cumpre o requisito de ter uma probabilidade de falsos positivos e negativos inferior a 0.1%

4 Tarefa 3

4.1 Implementação

4.1.1 Alínea a)

Por extrapolação da formula *Birth-dead Markov chain* presente no enunciado, chegámos às seguintes formulas para a probabilidade de cada estado.

- Probabilidade para o estado 0:

$$P_0 = \frac{1}{1+\frac{\lambda 0}{\mu 1}+\frac{\lambda 0\lambda 1}{\mu 1\mu 2}+\frac{\lambda 0\lambda 1\lambda 2}{\mu 1\mu 2\mu 3}+\frac{\lambda 0\lambda 1\lambda 2\lambda 3}{\mu 1\mu 2\mu 3\mu 4}}$$

- Probabilidade para o estado 1:

$$P_1 = \frac{\lambda 0}{\mu 1} * P_0$$

- Probabilidade para o estado 2:

$$P_2 = \frac{\lambda 0\lambda 1}{\mu 1\mu 2} * P_0$$

- Probabilidade para o estado 3:

$$P_3 = \frac{\lambda 0\lambda 1\lambda 2}{\mu 1\mu 2\mu 3} * P_0$$

- Probabilidade para o estado 4:

$$P_4 = \frac{\lambda 0\lambda 1\lambda 2\lambda 3}{\mu 1\mu 2\mu 3\mu 4} * P_0$$

O método seguinte permite calcular a *birth-dead Markov* para qualquer estado e respetivas taxas de nascimento e morte.

```
function pi = markov_func(n,br,dr)

pi = 0;

for i=1:size(br,2)
        pi = pi + (prod(br(1:i))/prod(dr(1:i)));
end

```

```
if n == 0
    pi = 1/(1+pi);
else
    pi = 1/(1+pi);
    pi = pi * (prod(br(1:n))/prod(dr(1:n)));
end
end
```

O excerto de código seguinte permite calcular a probabilidade de estar em cada um dos 5 estados.

```
states = [0 1 2 3 4];
bers = [ 10^-5 10^-4 10^-3 10^-2 10^-1];
br = [1 5 5 10]; % birthrate
dr = [100 50 50 20];% deathrate

for i=1:size(states,2)
   st = states(i);
   fprintf('%d : %d \n',st,markov_func(st,br,dr)*100);
end
```

4.1.2 Alínea b)

Para calcular a taxa de erro do link é necessário multiplicar a probabilidade de estar em cada um dos estado pelo respetivo erro desse mesmo estado. O resultado pretendido é calculado através da seguinte formula.

$$biterror = P0*10^{-5} + P1*10^{-4} + P2*10^{-3} + P3*10^{-2} + P4*10^{-1}$$

Recorrendo ao método `markov_func()` anteriormente descrito, implementámos a formula em matlab do seguinte modo.

```
states = [0 1 2 3 4];
bers = [ 10^-5 10^-4 10^-3 10^-2 10^-1];
br = [1 5 5 10]; % birthrate
dr = [100 50 50 20];% deathrate

biterror=0;
for i=1:size(states,2)
   st = states(i);
   biterror = biterror + markov_func(st,br,dr)*bers(i);
end
```

4.1.3 Alínea c)

- Duração do estado 0:

$$duration0 = \frac{1}{\lambda 0} \times 60$$

- Duração do estado 1:

$$duration1 = \frac{1}{\lambda 1 \mu 1} \times 60$$

- Duração do estado 2:

$$duration2 = \frac{1}{\lambda 2 \mu 2} \times 60$$

- Duração do estado 3:

$$duration3 = \frac{1}{\lambda 3 \mu 3} \times 60$$

- Duração do estado 4:

$$duration4 = \frac{1}{\mu 4} \times 60$$

O excerto de código seguinte corresponde ao inverso da formula de chegada (portanto de saída) dividir por 60 para transformar os dados em horas que temos para minutos.

```
br0 = 1;
br1 = 5;
br2 = 5;
br3 = 10;

ded1 = 100;
ded2 = 50;
ded3 = 50;
ded4 = 20;

duration0 = (1/br0)*60
duration1 = (1/(br1+ded1))*60
duration2 = (1/(br2+ded2))*60
duration3 = (1/(br3+ded3))*60
duration4 = (1/ded4)*60
```

4.1.4 Alínea d)

Neste alínea pretende-se determinar a probabilidade do link estar no estado de interferência, ou seja, em que a taxa de erro de bit é igual a 10^{-2} ou superior. Através da observação do enunciado conclui-se que a taxa de erro de bit é superior ou igual a 10^{-2} para os estados 3 e 4. A probabilidade do link estar no estado de interferência corresponde à soma probabilidade de estar em cada um dos estados anteriormente referidos i.e. P(interferencia) = P(estado4) + P(estado5). O excerto seguinte calcula isso mesmo.

```
fprintf('task 3d \n');

%Pinterferencia = P(state3) + P(state4)
Pinterferencia = 0;

for i=4:size(states,2)
    Pinterferencia = Pinterferencia + markov_func(states(i),br,dr);
end

interferencia_per = Pinterferencia *100
```

4.2 Análise dos resultados

4.2.1 Alínea a)

A percentagem de tempo em que o link está em cada um dos cinco estados é:

- **Estado 0**: 98.8973 %
- **Estado 1**: 0.9890 %
- **Estado 2**: 0.0989 %
- **Estado 3**: 0.0099 %
- **Estado 4**: 0.0049 %

4.2.2 Alínea b)

A taxa média de erro (bits) do link é $1.7802 * 10^{-05}$

4.2.3 Alínea c)

O tempo médio (em minutos) em que o link está em cada um dos cinco estados é:

- **Estado 0**: 60 min
- **Estado 1**: 0.5714 min = 0.34 segundos
- **Estado 2**: 1.0909 min = 1.05 segundos
- **Estado 3**: 1 min
- **Estado 4**: 3 min

4.2.4 Alínea d)

A probabilidade de o link estar no estado de interferência (i.e quando a taxa de erro de bit é 10^{-2} ou superior) é **0.014834594273847**%

5 Referências

- Guia prático disponível na página elearning da disciplina
- Slide teóricos disponível na página elearning da disciplina
- Documentação matlab `https://www.mathworks.com/help/matlab/`