

Principe et architecture des réseaux

Exercices

IUT de Villetaneuse — R&T 1^{re} année

Responsable du cours : Laure PETRUCCI

TD/TP : Giulio MANZONETTO, Laure PETRUCCI

Sujets conçus par : Étienne ANDRÉ, Giulio MANZONETTO et Laure PETRUCCI

15 novembre 2017

1 Exercices introductifs

Exercice 1.1 : Codage d'une image VGA

Soit une image VGA que l'on désire coder sous forme binaire. On rappelle qu'une image VGA mesure 640×480 pixels.

Question 1 : Combien d'octets sont nécessaires pour coder l'image en noir et blanc ?

Question 2 : On souhaite maintenant coder cette image avec 256 niveaux de gris. Combien d'octets sont nécessaires ?

Exercice 1.2 : Codage d'une feuille A4

Soit une feuille de papier A4. On désire coder l'image sur cette feuille avec une résolution de 600 points/pouce². On rappelle que $1\text{pouce} = 25,4\text{mm}$ et qu'une feuille A4 mesure 210 sur 297mm.

Question 1 : Combien d'octets sont nécessaires pour coder l'image en noir et blanc ?

Question 2 : On souhaite maintenant coder cette image avec 256 niveaux de gris. Combien d'octets sont nécessaires ?

Exercice 1.3 : Le berger et son Saint-Bernard

Un berger souhaite envoyer 160 Gio de vidéos de moutons à un de ses amis résidant en ville. Vu l'éloignement de sa demeure, l'installation d'une ligne de transmission filaire n'est pas envisageable. Une liaison par satellite est en revanche envisageable, mais avec un relativement faible débit. Par conséquent, le berger a entraîné son chien Saint-Bernard à transporter une boîte de clés USB à la place du petit tonneau de rhum. La capacité de chaque clé est de 32 Gio, et le chien court à la vitesse de 18 km/h. Le débit effectif de la connexion par satellite que le berger aurait pu installer est 2 Mio/s.



Question 1 : Combien de clés USB le berger doit attacher à son chien pour envoyer ses vidéos ?

Question 2 : Pouvez-vous aider le berger en lui indiquant la distance sur laquelle le Saint-Bernard est plus efficace que la ligne ?

Exercice 1.4 : Déménagement d'un centre de traitement de données

Une grande entreprise parisienne cherche à déménager son centre de traitement de données (*data center*) de Paris vers Brest, afin de faire des économies de climatisation. Afin de pouvoir assurer la continuité du service, le centre de traitement de données doit être d'abord dupliqué (les données de Paris ne seront effacées qu'une fois le centre de Brest opérationnel).

Le centre de Paris contient 10 000 disques de 8 Tio chacun ; il contient également 50 appareils de lecture et de copie, chacun permettant de copier un disque à la fois ; le débit effectif de la copie est de 4 Gb/s. Le centre dispose également d'une liaison externe avec un débit effectif de 100 Mio/s.



Le centre de Brest possède également 50 appareils de lecture et de copie, et une liaison externe, avec le même débit qu'à Paris.

Afin de procéder au déménagement, deux possibilités sont envisageables :

1. Copier tous les disques et les transporter en camion. Le trajet Paris-Brest dure 10 heures ;
2. Utiliser la ligne externe. Pour cela, il faut d'abord lire les données sur les disques, et il faut les recopier lors de la réception.

Laquelle de ces deux solutions est la meilleure ? Conclure.

Exercice 1.5 : Transmission par satellite

Pour transmettre des messages entre deux points A et B , on utilise un satellite géostationnaire S situé à $36\,000\text{km}$ de la terre. Les messages font $1\,518$ octets et le débit de la voie utilisée pour émettre les messages vers le satellite depuis A et B est de 10Mb/s .

Question 1 : Quel est le délai total d'acheminement d'un message de A vers B ?

Question 2 : On utilise une procédure dite *d'attente réponse* : A envoie un message vers B et attend que B acquitte ce message pour en envoyer un autre. La longueur du message d'acquittement est de 64 octets.

Calculer le taux d'utilisation de la voie, c'est-à-dire le rapport du nombre de *bits de message* effectivement transmis par unité de temps au débit nominal de la voie (c'est-à-dire 10Mb/s).

Question 3 : Au vu du résultat précédent, on décide de faire de l'anticipation c'est-à-dire que A peut envoyer k messages au maximum successivement, avant de recevoir l'acquittement du premier. Il y a toujours un message d'acquittement par message émis. Calculer la valeur de k qui maximise le débit utile.

2 Topologies

Exercice 2.1 : Architecture physique

On considère N nœuds de réseau connectés selon l'une des topologies suivantes :

1. en étoile,
2. en arbre,
3. en anneau,
4. en interconnexion complète.

Dans chacun des cas, calculer le nombre de liaisons nécessaires.

Exercice 2.2 : Architectures physique et logique

Proposer un schéma pour :

1. définir une architecture logique en bus sur une architecture physique en étoile ;
2. définir une architecture logique en anneau sur une architecture physique en étoile.

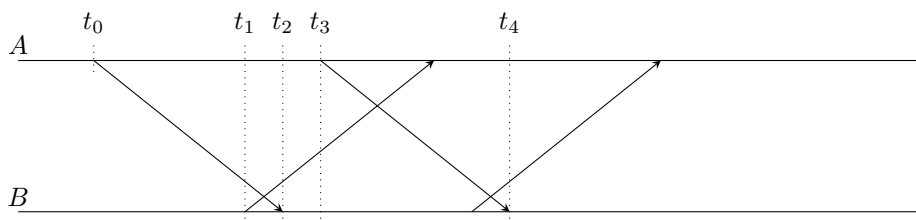
Exercice 2.3 : Temps d'acheminement

On considère une architecture physique en bus, logique en bus. Deux stations sur ce bus, A et B , sont distantes de 2500 m . Le débit est 10 Mb/s . Au temps t_0 , A décide d'émettre une trame de 64 octets .

Question 1 : Calculer le temps d'acheminement de cette trame jusqu'à B , sachant que la vitesse de propagation des signaux est $200\,000\text{ km/s}$.

Question 2 : Au temps $t = t_0 + 10\ \mu\text{s}$, B décide d'émettre à son tour une trame. Cela pose-t-il un problème ?

Question 3 : Le schéma suivant représente les transmissions de messages par A et B . À quoi correspondent les temps t_1 , $t_2 - t_0$, $t_3 - t_0$, $t_4 - t_2$, $t_4 - t_3$ et $t_4 - t_0$?



Exercice 2.4 : Délais d'acheminement

On considère un réseau de N stations dont l'architecture logique est en anneau et l'architecture physique en étoile. Soit L la distance séparant chaque station du nœud central. La vitesse de propagation des signaux électriques est V . Le débit de la ligne exprimé en b/s est D .

Question 1 : Exprimer le temps de propagation des signaux entre deux stations les plus éloignées possible sur ce réseau. On négligera les retards subis lors de la traversée des équipements.

Question 2 : On suppose que les différents nœuds du réseau, ainsi que le nœud central, attendent d'avoir entièrement reçu un message avant de l'analyser. Si le message ne leur est pas destiné, ils le retransmettent. Exprimer le délai total d'acheminement d'un message de taille n bits entre deux stations les plus éloignées possibles.

Question 3 : On suppose maintenant que le nœud central du réseau ré-émet immédiatement le message qu'il reçoit vers la station suivante. La traversée du nœud central induit un retard τ_c . Chaque station, lors de la réception d'un message, analyse seulement l'entête (c'est-à-dire le début) du message pour savoir s'il leur est destiné. Si ce n'est pas le cas, la station retransmet le message immédiatement. Ceci induit un retard τ_s .

Exprimer le délai total d'acheminement d'un message de taille n bits entre deux stations les plus éloignées possibles.

3 Services

Exercice 3.1 : Tante Jeanne

Vous invitez votre tante Jeanne par téléphone à venir prendre le thé. En supposant qu'elle reconnaît votre voix et qu'aucune formule de politesse n'est nécessaire, le dialogue se passe de la façon suivante :

1. composer le numéro de tante Jeanne ;
2. le téléphone de tante Jeanne sonne ;
3. tante Jeanne décroche le téléphone ;
4. vous entendez que tante Jeanne décroche ;
5. vous l'invitez à prendre le thé ;
6. elle entend votre invitation ;
7. elle dit qu'elle serait ravie de venir ;
8. vous entendez sa réponse ;
9. vous raccrochez le téléphone ;
10. elle entend que la communication est coupée.

Question 1 : Le téléphone peut être considéré comme une couche de niveau N qui offre des services de niveau N à des entités de niveau $N + 1$ (vous-même et votre tante Jeanne). Identifier en termes de SDU (*Service Data Units*) les interactions qui passent à travers l'interface $N/N + 1$. Pour chacune de ces interactions, déterminer le type du service (demande, indication, réponse, confirmation), et sa nature (connexion, déconnexion, données). On précisera également ce qui est confirmé et ce qui ne l'est pas.

Question 2 : Représenter la suite des interactions sur un chronogramme faisant apparaître les différentes entités mises en jeu.

Exercice 3.2 :

Une entité A veut communiquer avec une entité B. Le niveau $N + 2$ de A souhaite acheminer une donnée X et pour cela demande un service en mode connecté à sa couche de niveau $N + 1$. Celle-ci utilise les services offerts par la couche N en mode connecté. Les services offerts par la couche $N - 1$ sont en mode non connecté.

Détailler les appels aux primitives de service qui traversent les interfaces $N + 2/N + 1$, $N + 1/N$, $N/N - 1$ du côté de l'entité A et aussi du côté de l'entité B. Schématiser leur enchaînement dans le temps.

4 TCP/IP

Exercice 4.1 : Protocoles

Question 1 : Dessiner le modèle TCP/IP en positionnant au bon niveau les protocoles IP, TCP, UDP, Ethernet, Token Ring, HTTP, FTP, SMTP, DNS, POP3.

Question 2 : Quels sont les principaux services fournis par les protocoles IP, ARP, RARP, TCP et UDP ?

Question 3 : Quelle est la taille minimale d'une trame Ethernet ?

Question 4 : Quelle est la taille minimale de l'en-tête d'un paquet IP ?

Exercice 4.2 : Adresses MAC

Question 1 : Pour chacune des adresses suivantes, préciser s'il s'agit d'une adresse MAC valide et quel est le code du constructeur le cas échéant.

1. 00:04:02:3F:78
2. 00:03:F7:4B:10:23:4B
3. 00:02:B3:A4:56:2F
4. 00:03:B6:37:E5:G3
5. 00:02:B9:3F:E4:23
6. FF:FF:FF:FF:FF:FF

Exercice 4.3 : Adresses IP et classes

Question 1 : Quel est le format d'une adresse IPv4 ? Comment reconnaît-on sa classe ?

Question 2 : Pour chacune des adresses suivantes, préciser s'il s'agit d'une adresse IP valide, quelle est sa classe et calculer si possible le masque correspondant.

1. 130.43.192.75
2. 240.0.0.0
3. 247.45.2.256
4. 222.231.25.255
5. 255.255.255.255
6. 120.2.34.64

Exercice 4.4 : Analyse de trames

Soit la trace hexadécimale de la trame Ethernet suivante capturée par un ordinateur.

```

00 18 DE F3 C7 D6 00 18 DF 5D 15 25 08 00 45 00
00 54 00 00 40 00 0D 01 45 03 C2 42 52 16 C2 42
52 0B 08 00 FA 09 16 12 00 01 C4 B9 76 52 BD D3
04 00 08 09 0A 0B 0C 0D 0E 0F 10 11 12 13 14 15
16 17 18 19 1A 1B 1C 1D 1E 1F 20 21 22 23 24 25
26 27 28 29 2A 2B 2C 2D 2E 2F 30 31 32 33 34 35
36 37 EF 45 59 4A

```

Le préambule et le délimiteur de début de trame (SFD) ont déjà été retirés. Chaque ligne comporte 16 mots de 2 caractères hexadécimaux et représente donc $16 \times 2 \times 4$ bits = 16 octets. Cet exercice se propose d'analyser cette trame.

Question 1 : Quelles sont les adresses MAC source et destination de la trame ? À qui cette trame est-elle destinée ? Quel est le code du constructeur de la carte réseau émettrice ? Quel est le numéro attribué par le constructeur à cette carte ?

Question 2 : Est-ce une trame Ethernet I ou Ethernet II ?

Question 3 : Que contient le champ de données ?

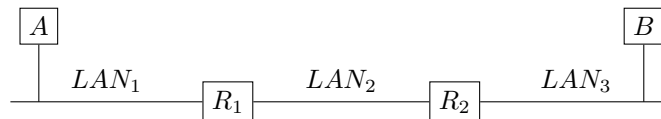
Question 4 : Cette trame contient-elle des octets de bourrage ? Si oui, combien ?

Question 5 : Donner (sous forme hexadécimale) la valeur du champ FCS.

Question 6 : Faire l'analyse détaillée du PDU encapsulé dans cette trame.

Exercice 4.5 : Fragmentation et assemblage

On considère trois réseaux locaux liés en séquence par deux routeurs.



La taille maximale d'un paquet sur le premier réseau est de 5 000 octets, sur le second 2 000 octets, et 1 000 octets sur le troisième. Une machine *A* connectée au premier réseau envoie un paquet à une machine *B* connectée au troisième réseau. Donner les paquets circulant sur les trois réseaux sous la forme :

(@IP source, @IP destination, identification, DF, MF, offset, taille, TTL)

La machine *A* envoie initialement le paquet (A,B,1234,0,0,0,4000,250).

Exercice 4.6 : Ping

On considère un réseau local Ethernet 10BaseT sur lequel sont connectées deux stations *A* et *B*. On exécute sur la station *A* la commande `ping -c2 @B` où `@B` est l'adresse IP de la station *B*. La commande `ping` envoie un paquet à la station destinataire qui le renvoie à la station émettrice. On suppose que le paquet IP qui encapsule le paquet ICMP a une taille de 84 octets, PCI compris. Ensuite, la commande `ping` envoie un second paquet ICMP après la réception de la réponse au premier.

Question 1 : Donner le chronogramme des trames échangées sur le réseau lors de l'exécution de la commande `ping`.

Question 2 : Calculer le temps d'exécution de la commande, en négligeant le temps de propagation.

5 La couche transport

Question 1 : Que représente le numéro de port dans une connexion TCP ?

Question 2 : Quelles informations caractérisent un connexion TCP reliant deux applications ?

Question 3 : Quelle est la taille d'une trame Ethernet qui encapsule un paquet UDP dont le champ de données contient la chaîne de caractères "Hello" ?

Question 4 : Que représente le champ numéro de séquence dans l'entête TCP et quelle est sa valeur initiale ?

Question 5 : Indiquer la signification de chacun des drapeaux de l'entête TCP.

Question 6 : Quelle est la taille maximale des données de bourrage dans une trame Ethernet encapsulant un paquet TCP ?

Question 7 : Soit une connexion TCP reliant deux applications *A* et *B*. Comment *A* peut-elle demander à *B* de suspendre l'envoi de données suite à la saturation de sa mémoire ?

Question 8 : Soit une connexion TCP reliant deux applications *A* et *B*. *A* envoie à *B* trois paquets de 30 octets chacun. Donner le chronogramme des paquets échangés entre *A* et *B* depuis la demande d'ouverture de connexion jusqu'à sa fermeture.

Question 9 : Soit une connexion TCP reliant deux applications *A* et *B*, et permettant d'envoyer des segments TCP de 800 octets au maximum. *A* envoie à *B* trois segments de tailles respectives 750, 350 et 10 octets. Le premier segment est perdu par le réseau. Donner le chronogramme d'échange des paquets TCP sur cette connexion.

6 Détection et correction d'erreurs

Exercice 6.1 : Codes à contrôle de parité

On souhaite transmettre le message $M = \text{« Bonjour »}$. Les codes ASCII des caractères sont (en hexadécimal) :

B	j	n	o	r	u
42	6A	6E	6F	72	75

Question 1 : Quel est le message transmis en utilisant un VRC pair ?

Question 2 : Quel est le message transmis en utilisant un VRC impair ?

Question 3 : Quel est le message transmis en utilisant un LRC pair ?

Question 4 : Quel est le message transmis en utilisant un LRC impair ?

Question 5 : Quel est le message transmis en utilisant un VRC+LRC pair ?

Exercice 6.2 : Code de Hamming

Soit C le code correcteur d'erreur suivant. Quels sont les mots du code ?

Message	Bits de contrôle	Mot du code
000	00	
001	11	
010	10	
011	01	
100	11	
101	10	
110	01	
111	00	

Question 1 : Quelle est la distance de Hamming de ce code ?

Question 2 : Combien d'erreurs peut-il détecter ? corriger ?

Question 3 : On reçoit le message $m = 10110$. Quel était le message envoyé ?

Question 4 : On reçoit le message $m = 11101$. Quel était le message envoyé ?

Question 5 : On reçoit le message $m = 00001$. Quel était le message envoyé ?

Exercice 6.3 : Code polynomial

Une entité A utilise un code de polynôme générateur $G(x) = x^5 \oplus x^3 \oplus x \oplus 1$ pour transmettre le message $M = 10110010$ à une entité B .

Question 1 : Quel est le message M' transmis par A ?

Question 2 : L'entité A reçoit un message $m' = 1100001111001$ (qui n'a aucune relation avec le message M' de la question précédente). Ce message est-il correct ?

Question 3 : Le code utilisé permet-il de détecter les erreurs simples ?

Question 4 : Le code utilisé permet-il de détecter les erreurs en nombre impair ?

Question 5 : Le code utilisé permet-il de détecter les erreurs doubles ?

7 Révision I

Exercice 7.1 : Codage d'une feuille A4

On achète un appareil photo numérique, qui permet de prendre des photos imprimables sous la forme d'une feuille A4 avec une résolution de 300 points/pouce². On rappelle que 1 pouce = 25,4 mm et qu'une feuille A4 mesure 210 sur 297 mm.

Question 1 : Quelle est la taille en pixels d'une telle photo ?

Question 2 : Combien d'octets sont nécessaires pour coder l'image en noir et blanc ?

Question 3 : On souhaite maintenant coder cette image avec 256 niveaux de gris. Combien d'octets sont nécessaires ?

Question 4 : Combien de Kio sont nécessaires pour coder la photo avec 16 777 216 couleurs ?

Exercice 7.2 : Dialogue avec la Lune

On cherche à dialoguer entre un centre spatial sur Terre (T) et des astronautes sur la Lune (L), située à 384 400 km de la Terre. Les messages font 2011 octets et le débit de la voie utilisée pour émettre les messages vers la Lune est de 1 Mb/s.

Question 1 : Quel est le délai total d'acheminement d'un message de la terre à la Lune ?

Question 2 : On utilise une procédure dite d'attente réponse : T envoie un message vers L et attend que L acquitte ce message pour en envoyer un autre. La longueur du message d'acquiescement est de 32 octets. Calculer le taux d'utilisation de la voie, c'est-à-dire le rapport du nombre de bits de message effectivement transmis par unité de temps au débit nominal de la voie.

Question 3 : Au vu du résultat précédent, on décide de faire de l'anticipation c'est-à-dire que T peut envoyer k messages au maximum successivement, avant de recevoir l'acquiescement du premier. Il y a toujours un message d'acquiescement par message émis. Calculer la valeur de k qui maximise le débit utile.

Exercice 7.3 : Services : déconnexion

Une entité A est en train d'envoyer un fichier à une entité B. Pour communiquer avec B, la couche de niveau $N + 2$ de A utilise une connexion de niveau $N + 1$, la couche de niveau $N + 1$ utilise une connexion de niveau N . Par contre, les services offerts par la couche $N - 1$ sont en mode non connecté.

On suppose que les entités se sont connectées, et A a envoyé un fichier à B. L'envoi du fichier est maintenant terminé, et A souhaite donc libérer les connexions. Détailler les appels aux primitives de service qui traversent les interfaces $N + 2/N + 1$, $N + 1/N$, $N/N - 1$ du côté de l'entité A et aussi du côté de l'entité B. Schématiser leur enchaînement dans le temps.

8 Révision II

Exercice 8.1 : Adresses MAC et IP

Question 1 : Pour chacune des adresses suivantes, préciser s'il s'agit d'une adresse MAC valide et quel est le code du constructeur le cas échéant.

1. 00:05:B7:A4:56:2F
2. 01:00:5E:B0:69:BB
3. 01:05:BG:B0:69:BB
4. 10:9A:DA:55:C0:5F
5. 01:00:0C:CC:CC:CC

Question 2 : Pour chacune des adresses suivantes, préciser s'il s'agit d'une adresse IPv4 valide, quelle est sa classe et calculer si possible le masque correspondant.

Adresse	Valide ?	Classe	Masque
194.254.173.5			
255.255.255.255			
192.250.17.3.5			
150.255.255.255			
1.2.3.4			

Exercice 8.2 : UDP

Question 1 : Donner la structure d'une trame Ethernet contenant un datagramme UDP. Il conviendra de détailler tous les champs des en-têtes et en-queues nécessaires.

Question 2 : Donner les valeurs de tous les champs d'en-têtes et en-queues dans la trame Ethernet suivante :

```
52 54 00 12 35 03 02 04 06 6b dd 92 08 00 45 00
00 38 15 1b 40 00 40 11 0d 89 0a 00 02 0f 0a 00
02 03 08 01 00 35 00 24 37 7f 94 26 01 00 00 01
00 00 00 00 00 00 06 67 6f 6f 67 6c 65 03 63 6f
6d 00 00 01 00 01 69 bf
```

Exercice 8.3 : Codes à contrôle de parité

On souhaite transmettre le message $M=Villeteuse$. Les codes ASCII des caractères sont (en hexadécimal) :

V	a	e	i	l	n	s	t	u
56	61	65	69	6C	6E	73	74	75

Question 1 : Quel est le message transmis en utilisant un VRC pair ?

Question 2 : Quel est le message transmis en utilisant un VRC impair ?

Question 3 : Quel est le message transmis en utilisant un LRC pair ?

Question 4 : Quel est le message transmis en utilisant un VRC+LRC pair ?

Exercice 8.4 : Code polynomial

On utilise un code de polynôme générateur $G(x) = x^4 \oplus x^3 \oplus x \oplus 1$ pour transmettre le message $M = 10100110$.

Question 1 : Quel est le message M' transmis ?

Question 2 : Le code utilisé permet-il de détecter les erreurs simples ?

Question 3 : Le code utilisé permet-il de détecter les erreurs en nombre impair ?

Question 4 : Le code utilisé permet-il de détecter les erreurs doubles ?