

TRAVAUX DIRIGES - RESEAUX INFORMATIQUES

2. LA TRANSMISSION PHYSIQUE DES DONNEES

1. Le code Morse est le premier code développé. Le code se base sur les statistiques concernant les occurrences des caractères dans une langue déterminée. Quels sont les avantages et inconvénients du code Morse ?
(Ex. 'A' : .- 'B' : -... 'C' : -.-. 'D' : -.. 'E' : .)

Solution :

Samuel Morse (américain, 1791-1872) est l'inventeur du télégraphe électrique conçu en 1832 et breveté en 1840. L'alphabet Morse (1837) fait de traits et de points permet de représenter directement les caractères d'un alphabet sous forme électrique. L'objectif de la transmission est d'envoyer du texte.

L'avantage de ce code est de compresser le texte en se basant sur les statistiques d'occurrence des différents caractères de l'alphabet. Il appartient à la famille des codes statistiques (cf. Huffman).

Parmi les inconvénients on peut citer :

- le code de deux caractères qui se suivent donnent le code d'un autre caractère (ex. DE et B) ; c'est pourquoi une pause est nécessaire entre les caractères. Cela fait diminuer l'efficacité d'utilisation de la ligne.
- le codage statistique est lié au contenu de la transmission (langue) ; Qu'en est-il pour les langues slaves ? et les fichiers binaires ?

2. Le code Baudot est le premier code développé pour être utilisé par les machines. Chaque caractère est codé sur 5 bits. Ce code permet de représenter plus de 50 caractères. Comment cela est-il possible ? y-a-t-il un inconvénient à la technique utilisée ?

Solution :

Emile Baudot (français, 1845-1903), inventeur de la transmission automatique, allait mettre les bases d'un nouveau télégraphe utilisant deux alphabets pour un ensemble de combinaisons.

Avec 5 bits, on ne peut représenter que 32 caractères (2^5). Deux caractères spéciaux d'inversion permettent de basculer dans un alphabet ou dans un autre.

Son avantage est de coder plus d'informations. Son inconvénient est qu'un changement trop souvent d'alphabet fait baisser le débit.

3. Un terminal utilisant le code ASCII doit être connecté à un ordinateur utilisant le code EBCDIC. Quels sont les problèmes qui peuvent être rencontrés et comment les résoudre ?

Solution :

Les codes ASCII et EBCDIC ne codent pas l'information de la même façon. D'où la nécessité de transcodeur.

Il est à noter que selon le modèle de référence OSI, la représentation de l'information est un des services rendus par les entités de la couche présentation (couche 6).

4. A quoi sert un ETCD (DCE) ? Que désigne le circuit de données ?

Solution :

Un ETCD (Equipement de Terminaison du Circuit de Données) ou DCE (Data Circuit terminating Equipment) est un équipement permettant l'adaptation du signal au support de transmission. Exemple : un modem.

Le circuit de données désigne le support de transmission et les ETCD.

5. Quelles sont les différences entre une transmission parallèle et une transmission série ? Quelle est celle qui est la plus utilisée ?

Solution :

Dans une transmission parallèle, les bits représentant l'information caractère sont transmis en parallèle sur des supports distincts. Dans une transmission série, les bits sont transmis sur le même support. La transmission série est la plus

TRAVAUX DIRIGES - RESEAUX INFORMATIQUES

2. LA TRANSMISSION PHYSIQUE DES DONNEES

utilisée. En effet, la transmission parallèle, présente certains inconvénients : volume, coût, lien étroit avec la taille du caractère à transmettre et surtout problème de synchronisation entre les différents canaux du fait que les signaux ne se propagent pas à une vitesse constante mais subissent des fluctuations. Ces distorsions augmentent avec la distance et le débit.

6. Quelles sont les différences entre les communications simplex, half duplex et full duplex ?

Solution :

Les différences résident au niveau du sens de transmission : simplex (unidirectionnel), half duplex (bidirectionnel à l'alternat) et full duplex (bidirectionnel simultané). Si le nombre de fils de données nécessaires est identique pour les deux premiers : 2 fils (données + masse), dans le dernier cas, une liaison 4 fils est souvent utilisée (2 paires). Ceci n'est pas obligatoire si on utilise deux fréquences différentes (multiplexage fréquentiel).

7. Quelles sont les différences entre une transmission asynchrone et une transmission synchrone ?

Solution :

Dans une transmission asynchrone, l'unité de données de transmission est le caractère. Dans une transmission synchrone, c'est un bloc de caractères (paquet, trame).

Le début d'une transmission asynchrone est signalée par un état qui dure la durée d'un bit : Start, et à l'arrêt de la transmission le signal revient à l'état repos durant au moins un bit, un bit et demi ou deux bits : Stop. Le passage de l'état repos au Start permet la synchronisation des horloges émettrice et réceptrice pour la réception du caractère.

Dans la transmission synchrone, un caractère au début du bloc permet la synchronisation. Mais les horloges peuvent se déphaser durant le bloc. Il est alors nécessaire de resynchroniser. Différents moyens existent :

- Le pilotage des deux entités par la même horloge dont le signal est transmis sur un support distinct (cf. RS232);
- L'introduction de caractères riches en transition (SYN) pour une resynchronisation sur les instants significatifs (Transitions) (cf. le protocole BSC) ;
- Le codage électrique avec des transitions (Biphase) (cf. Ethernet) ;

D'autre part, on distingue :

- la transmission synchrone asynchronisé trame où le silence séparant deux trames est quelconque, ce qui implique une plus grande difficulté de synchronisation et par conséquent un préambule plus important ;
- la transmission synchrone synchronisé où durant l'intervalle séparant deux trames, on continue à envoyer des éléments de synchronisation.

8. Combien de fils sont nécessaires entre un ETTD et un ETCD pour transmettre les données à l'alternat en synchrone ?

Solution :

On considère que la transmission est en série. On a besoin de 2 fils pour l'alternat. Le problème que certains ETTD ne peuvent pas se retourner d'où 3 fils en considérant la masse commune. D'autre part, il est nécessaire de synchroniser. Si on utilise les signaux d'horloge, il nous faut un fil de plus.

9. Une source de données fournit des caractères ASCII sur 7 bits. Donner l'expression du débit maximum effectif des données pour une ligne ayant une capacité de B bps dans le cas suivants :

- a) La transmission est asynchrone, chaque caractère possède 2 bits de stop et un bit de parité.
- b) La transmission est synchrone, la trame contient 48 bits de contrôle et 128 bits d'informations. Le champ information est constitué de caractères ASCII de 8 bits (parité inclus).

Solution :

a) Un caractère = 1 bit start + 7 bits de données + 1 bit de parité + 2 bits stop = 11 bits dont 7 bits utiles.

D'où Débit efficace (utile) = $(7/11) \cdot B$ bps

b) Une trame = 48 bits de contrôle + 128 bits d'infos (parité inclus) = 176 bits.

Le champ info contient 16 caractères (128/8) donc il y a 16 bits de parité et 112 bits utiles.

TRAVAUX DIRIGES - RESEAUX INFORMATIQUES

2. LA TRANSMISSION PHYSIQUE DES DONNEES

D'où Débit efficace (utile) = $(112/128)*B$ bps = $(7/11)*B$ bps

En conclusion, les deux transmissions sont équivalentes du point de vue efficacité, la transmission synchrone commençant à être intéressante à partir d'une taille de 17 caractères.

10. Soit une transmission asynchrone (caractères ASCII 8 bits de données - 1 bit Stop) d'un signal bivalent ayant une rapidité de modulation de 1200 bauds. La source émettant en continu, quel est son débit binaire effectif ? Quelle est sa cadence de transfert en cps ?

Solution :

Le signal étant bivalent ($V=2$) alors le débit binaire sur le support est de 1200 bps. ($D=R*\log_2 V$).

Un caractère = 1 bit de START + 8 bits de données + 1 bit de stop = 10 bits dont 8 bits utiles.

Le débit effectif (efficace ou utile) = $(8/10)*1200 = 960$ bps

La cadence de transfert = $960/8 = 120$ cps

11. Soit une transmission synchrone. Supposons que nous disposons de 4 tensions distinctes pour coder l'information. La rapidité de modulation étant de 1200 bauds, quel est le débit binaire ?

Solution :

Un état (tension) représentera un dabit (2 bits). Il y a 4 dibits : 00, 01, 10, 11 représentés par 4 tensions du signal.

La rapidité de modulation étant de 1200 bauds (états par seconde), le signal transporte $(1200*2)$ 2400 bps.

(On peut utiliser $D=R*\log_2 V$)

12. Considérons une liaison point à point qui consiste en une transmission sur une ligne avec un seul amplificateur. La perte sur la première portion de la ligne est de 13 dB, le gain de l'amplificateur est de 30 dB et la perte sur la seconde portion de la ligne est de 40 dB.

1. Quel sera le gain (ou la perte) du signal à l'arrivée ?

2. Quel en sera sa puissance en dBW sachant que le signal d'origine avait une puissance de 1 mW ?

Solution :

On rappelle que le gain ou la perte $N = 10*\log_{10}(P_S/P_E)$ et que la $P_{(dBW)} = 10*\log_{10}(P_{(W)})$

D'autre part, pour travailler avec les log, se rappeler que : $\log_a(a^b) = b$

1. Le signal à l'arrivée a subi une perte de 23 dB (= -13+30-40).

2. $N = 10*\log_{10}(P_S/P_E) = 10*\log_{10}(P_S) - 10*\log_{10}(P_E) = P_{S(dBW)} - P_{E(dBW)}$

d'où $P_{S(dBW)} = N + P_{E(dBW)} = -23 + 10*\log_{10}(10^{-3}) = -53$ dBW

13. Un amplificateur a un gain de 30 dB. La tension de sortie est de 80 dBmV.

1. Donner la tension de sortie en Volts.

2. Donner la tension d'entrée en Volts.

Solution :

On rappelle que le gain ou la perte $N = 20*\log_{10}(U_S/U_E)$ et que la $U_{(dBmV)} = 20*\log_{10}(U_{(mV)})$

1. $U_{S(dBmV)} = 20*\log_{10}(U_{S(mV)}) = 80$ d'où $U_{S(mV)} = 10^4$ mV = 10 V

2. $N = 20*\log_{10}(U_S/U_E) = 20*\log_{10}(U_{S(mV)}) - 20*\log_{10}(U_{E(mV)}) = 30$ dB

$U_{S(dBmV)} - U_{E(dBmV)} = 30$ dB d'où $U_{E(dBmV)} = 50$ dBmV

d'où $U_{E(mV)} = 10^{5/2}$ mV = $10^{-1/2}$ V

TRAVAUX DIRIGES - RESEAUX INFORMATIQUES

2. LA TRANSMISSION PHYSIQUE DES DONNEES

14. Afin de transmettre une image de télévision en utilisant une ligne de transmission numérique, on découpe l'image à transmettre en une matrice de 500x480 éléments (pixel), chaque pixel peut prendre 1 parmi 16 valeurs d'intensité. Pour obtenir une vision correcte des images, on doit transmettre 30 images par seconde.

1. Calculer le débit binaire.
2. Le canal de transmission a une bande passante de 2,5 Mhz et le rapport signal-sur-bruit est de 30 dB. Quelle est la capacité de ce canal ? Conclure.
3. Quelle devrait-être la bande passante minimum de ce canal ?
4. Pour une image couleur, chaque pixel est la combinaison de 3 couleurs élémentaires (rouge, vert, bleu), chacune prenant 1 parmi x valeurs d'intensité. On veut transmettre des images couleurs à raison de 30 images par seconde avec le débit binaire du 1. Discuter comment les valeurs des autres paramètres doivent être modifiées.

Solution :

1. Pour coder 16 valeurs, il faut 4 bits par pixel.

$$D = 30 \times 500 \times 480 \times 4 = 28,8 \text{ Mbps}$$

2. On rappelle que $C = W \times \log_2((S/B)+1)$ et $(S/B)_{(dB)} = 10 \times \log_{10}(S/B)$

$$(S/B)_{(dB)} = 10 \times \log_{10}(S/B) = 30 \text{ dB d'où } (S/B) = 1000$$

$$C = 2,5 \times \log_2(1000+1) \approx 25 \text{ Mbps}$$

Le support n'a pas une capacité suffisante pour le débit de la source.

$$3. C \leq D \text{ d'où } W \times \log_2((S/B)+1) \leq 28,8 \text{ Mbps}$$

$$\text{d'où } W \leq 2,9 \text{ MHz}$$

$$4. D = \text{nb images/s} \times R_x \times R_y \times (B_r + B_v + B_b) = 28,8 \text{ Mbps}$$

Le débit dépend de 3 paramètres : la dynamique temporelle, la résolution spatiale (R_x et R_y) et la dynamique de l'image (nb de bits pour coder le rouge B_r , le vert B_v et le bleu B_b).

D'après l'énoncé, on conserve la dynamique temporelle à 30 images/s.

Si on conserve la résolution spatiale, on dispose de 4 bits pour coder la couleur. Ex. $B_r=2$, $B_v=1$, $B_b=1$. Mais l'image sera plus riche en niveaux de rouge. Il est possible aussi d'utiliser un bit pour augmenter la luminance et de coder les couleurs chacune sur 1 bit.

Si on veut coder chaque composante sur 2 bits donc 6 bits au total pour coder la couleur, il faut diminuer la résolution spatiale (ex. $R_x=R_y=400$) pour conserver le même débit.

En conclusion, il faut remarquer le lien entre les trois paramètres et le débit très important nécessaire pour véhiculer de la vidéo. Dans l'exercice, la dynamique de l'image n'est pas très importante. Si le codage devait être effectué avec 8 bits par composante (pour obtenir les 256 niveaux classique en traitement d'images), on aurait 24 bits par pixel et le débit serait à multiplier par 6. Des techniques de compression devraient donc être utilisées et des supports à large bande déployés. Sinon, c'est la qualité de service qui diminuera (cf. Visioconférence).

15. On veut transmettre un message sur une ligne téléphonique. Parmi les trois transformations suivantes et après avoir rappelé la technique utilisée, ses avantages et ses inconvénients, quelle est celle qui vous semble la plus adaptée ?

- a- NRZ (No Return to Zero)
- b- Biphase
- c- Modulation en double fréquence

Solution :

Dans l'exercice il s'agit d'une ligne analogique.

Par conséquent, les deux premiers codages qui sont des codages en bande de base sont à écarter et le troisième codage est le plus adapté.

Le codage NRZ (No Return To Zero) code les bits 1 et 0 avec deux tensions +V et -V. C'est un codage simple et qui évite le retour à 0 volts. Toutefois il est sensible aux désynchronisations et aux spectres de signaux contenant des fréquences extrêmes (BF ou HF). Pour régler le problème d'inversions de fils, le NRZ différentiel a été développé.

Le codage biphase (appelé aussi Manchester) code chaque bit avec deux états générant un front descendant pour le bit 1 et un front montant pour le bit 0. La synchronisation est très bonne et il est enlevé toute BF du signal. Toutefois le spectre de fréquences généré est doublé ce qui est inconvénient dans le cas des supports à bande passante limitée. Pour régler le problème d'inversions de fils, le biphase différentiel existe.

La modulation en fréquence utilise deux fréquences pour représenter les bits 1 et 0. Son avantage est l'adaptation au support de transmission. Son inconvénient majeur est la discrimination entre fréquences dans le cas de fortes distorsions.

TRAVAUX DIRIGES - RESEAUX INFORMATIQUES

2. LA TRANSMISSION PHYSIQUE DES DONNEES

16. Considérons un signal audio dont le spectre de fréquence s'étend entre 300 et 3000 Hz. Supposons qu'un échantillonnage à 7 kHz est utilisé pour générer un signal MIC.

1. Le signal est-il suréchantillonné ou sous-échantillonné ?
2. On veut transmettre le signal sur un support dont la bande passante est de 3 kHz et le rapport signal sur bruit de 30 dB. Combien de niveaux de quantification peut-on utiliser pour représenter le signal audio ?
3. Quel est le débit binaire obtenu ?

Solution :

1. Le signal est suréchantillonné. En effet, pour générer un signal MIC, il faut échantillonner à 2 fois la fréquence maximale (Shannon) donc à 6 kHz ($=2 \times 3000$).

2. La capacité du canal est $C = W \times \log_2((S/B)+1) = 3 \times \log_2(1000+1) \approx 30$ Kbps

Le débit généré doit être inférieur à 30 Kbps. Or le débit = nb échantillons/s * nb bits/échantillon.

On a 7000 échantillons/s, donc le nb bits/échantillon ($< 30000/7000$) = 4 bits/échantillon

On peut donc utiliser $2^4 = 16$ niveaux de quantification.

3. $D = 7000 \times 4 = 28$ Kbps

17. Qu'est ce qu'un multiplexeur ? Différents types de multiplexeurs ?

Solution :

Un multiplexeur est un équipement permettant de partager un support de transmission entre plusieurs communications.

On distingue :

- les multiplexeurs fréquentiels qui partagent la bande passante en affectant à chaque communication un canal de fréquences ;
- les multiplexeurs temporels qui partagent le temps d'utilisation de la ressource support ;

Le multiplexage temporel peut être :

- synchrone : le temps est découpé en intervalles de temps (IT) et réservés aux communications ; (ex. le RNIS).
- asynchrone : quand une entité veut émettre elle émet son paquet. Dans le cas de liaisons bipoints, des files d'attente peuvent se former si la ressource est occupée, tandis que dans les liaisons multipoints, des collisions peuvent se produire (ex. Ethernet). Des techniques de contrôle d'accès au média peuvent être développées.

Le principe majeur du multiplexage fréquentiel et du multiplexage temporel synchrone est la réservation de la ressource de transport ou d'une partie, ce qui assure l'écoulement du flux. L'inconvénient est la possibilité de gaspillage du à une non-utilisation de la ressource réservée.

Le multiplexage fréquentiel et temporel peuvent être combinés lorsque le canal de fréquences est partagé temporellement (ex. canaux satellites).

Le multiplexage fréquentiel est souvent appelé analogique et le multiplexage temporel appelé numérique.

Il faut enfin souligner que sur un réseau circule des données mais aussi de la signalisation.

18. Soit un multiplexeur temporel statique synchrone à 3 voies d'entrée. La voie A débite à 1200 bits/s, la voie B à 1200 bits/s et la voie C à x bits/s. Le débit sur le canal composite est de y bits/s.

On suppose que la voie A envoie des suites de 'A', la voie B des suites de 'B', la voie C des suites de 'C' et l'on constate que les suites de caractères qui passent sur la ligne sont toujours dans l'ordre 'ACBC'. Quels sont les valeurs de x et y en bits/s ? (Le multiplexeur dans ce cas ne rajoute aucun élément de contrôle supplémentaire).

Solution :

On remarque que la voie C génère deux fois plus de caractères que la voie A ou B. Donc $x = 2 \times 1200 = 2400$ bps

Le débit sur le canal composite doit permettre d'écouler les débits des différentes voies.

$y = \Sigma \text{débits} = 1200 + 1200 + 2400 = 4800$ bps

TRAVAUX DIRIGES - RESEAUX INFORMATIQUES

2. LA TRANSMISSION PHYSIQUE DES DONNEES

19. Soit un multiplexeur temporel statique qui prélève des échantillons caractère sur des lignes d'entrée à 100 bauds et envoie des trames sur une ligne de sortie à 4800 bits/s :

- un intervalle de trame est constitué d'un caractère ASCII 8 bits auquel est rajouté un bit qui indique le type d'information (0 si données, 1 si signalisation)
- un caractère SYN est mis en début de trame
- la transmission sur les lignes d'entrée du multiplexeur est réalisée par une transmission asynchrone 10 bits (1 bit de start, 1 bit de stop) et un code biphase.

Quel est le nombre maximum de voies en entrée du multiplexeur ?

Solution :

Une ligne d'entrée a les caractéristiques suivantes : asynchrone (1 bit Start + 8 bits + 1 bit Stop), biphase 100 bauds donc 50 bps ou 5 cps.

Une trame temporelle transporte un caractère de chaque voie donc pour transporter 5 cps il faut 5 trames temporelles/s.

Comme 4800 bps peuvent émis sur la voie composite, une trame temporelle peut donc transporter $4800/5 = 960$ bits.

Chaque IT comportant 9 bits, il y a donc $960/9 = 106$ IT dans une trame et 6 bits séparent deux trames.

Dans chaque trame, il y a un IT réservé pour la synchro donc 105 IT peuvent utilisés pour transporter les caractères de 105 voies.

On peut donc multiplexer 105 voies au maximum en entrée.

20. On veut multiplexer 10 lignes d'entrée sur une voie à haute vitesse en utilisant un multiplexeur temporel statique par caractères.

Cinq lignes d'entrée fournissent 50 bauds et cinq lignes 100 bauds. La transmission sur ces lignes est réalisée par une transmission asynchrone 10 bits (8bits + 2 bits start et stop) et un code NRZ.

La trame temporelle est envoyée sur une ligne de sortie à «y» bps. Un intervalle de trame (IT) est constitué d'un caractère sur 8 bits auquel est rajouté un bit qui indique le type d'information. Le premier IT est réservé pour un caractère de synchronisation.

Calculer le débit sur la ligne de sortie «y» nécessaire pour multiplexer les différentes voies.

(N.B. : On pourra affecter plusieurs IT de la même trame au même canal)

Solution :

Il faut raisonner sur 15 lignes d'entrée à 50 bps (NRZ à 50 bauds) ou 5 cps. Dans une trame on aura un IT pour une voie à 50 bauds et 2 IT pour une voie à 100 bauds.

Donc il y a 16 ITs dans une trame (en comptant l'IT de la synchro). D'où $16 \times 9 = 144$ bits/trame.

Comme il y a 5 trames temporelles/s, on a donc $144 \times 5 = 720$ bps. Evidemment comme les débits sont normalisés, le plus proche est 1200 bps.
