Travaux Dirigés de réseau n°1

Cours d'architecture des réseaux

—Maîtrise d'informatique—

Notions élémentaires de codage utilisées en transmission

Les exercices suivants permettent de travailler quelques notions élémentaires de codage.

▸ **Exercice 1.** *(Transmission téléphonique) L'objectif de l'exercice est de calculer le débit théorique maximal d'une ligne téléphonique. Les électroniciens expriment en décibels (db) la part de bruit dans un signal reçu (rapport S/B). Les décibels sont une unité logarithmique: quand S/B croit exponentiellement, S/B en décibel croit linéairement). Cette conversion d'un rapport sans unité en décibel est réalisée en appliquant la formule $(S/B)_{db} = 10\log_{10}(S/B)_{bits/s}$.*

Sachant que dans le cas d'une ligne téléphonique $S/B = 30db$ quelle est la part du bruit dans le signal reçu ?

Nyquist puis Shanon ont étudiés dans la première moitié du siècle le débit de transmission des supports bruités. La formule $D_{bits/s} = F_{Hz}\log_2(1+S/B)$ donne le débit binaire maximal d'un canal bruité. F y désigne la bande passante utilisable dans le canal. Les fréquences audibles par un être humain varient de 20 à 20000Hz. Cependant dans une transmission téléphonique seules les fréquences allant de 300 à 3400Hz sont conservées. Calculez le débit maximal théorique d'une ligne téléphonique, et comparez avec le débit de votre modem préféré. Expliquez.

1 Transmission au niveau de la couche physique (modèle OSI).

▸ **Exercice 2.** *On veut faire communiquer deux machines électroniques par l'intermédiaire d'un fil électrique. On dispose pour cela d'un peu de matériel: des composants pouvant fournir une tension de plus ou moins T volts, et une horloge de fréquence f. Les deux machines doivent s'envoyer des suites binaires. Proposer des codages de ces suites en fonction des propriétés du canal et du matériel fourni.*

Dans la vie réelle les composants électronique ne peuvent fournir une tension donnée que pendant un temps limité (court). Quels sont les problèmes que ça pose pour le codage ? Comment les résoudre ?

Un autre problème apparaît dans la vraie vie: les horloges n'ont pas toutes exactement la même fréquence. Quels sont les problèmes que cela pose pour le codage ? Comment les résoudre ?

2 Transmission au niveau de la couche liaison de données (modèle OSI).

▸ **Exercice 3.** *On suppose que le canal est toujours dans l'état qui code un 1 ou un 0 (il n'est jamais au repos). Deux machines utilisent ce canal pour communiquer de manière discontinue. On a besoin pour cela de délimiter le début et la fin d'une suite de 0 et de 1 qui servent effectivement à la comunication entre les deux machines: ce sont les* trames, *de longueurs variables. On suppose, au niveau de la couche liaison de données, qu'on ne sait transmettre que des caractères codés en ASCII étendu (8 bits). On suppose aussi (et cela n'est pas le cas en pratique en général) que la délimitation des trames est à la charge de la couche liaison de données. La longueur des trames exprimée en bits est donc toujours un multiple de 8. Une solution pour délimiter les trames consiste à choisir dans le code ASCII étendu deux caractères délimitant respectivement le début et la fin de la trame. Ces caractères sont respectivement symboliquement notés STX (start of text) et ETX (end of text).*

Prenons par exemple STX='A' et ETX='B'. Comment transmettre la suite de caractères ASCII étendus $RTYTRYRTRERT$? Quel est le problème avec la suite $FGHADSFGBSDF$? Proposez une solution. Que pensez-vous du coût (rapport du nombre de caractères utiles sur le nombre de caractères transmis) de la transmission de la suite $ABABABABABAB$?

▸ **Exercice 4.** *On suppose maintenant que l'unité de transmission au niveau de la couche liaison de données n'est plus le caractère mais le bit. La longueur d'une trame en bits n'est donc plus nécessairement un multiple de 8. La suite de bits indiquant le début d'une trame est* 0111110 *et celui indiquant la fin d'une trame* 1000001. *Comment transmettre la suite* 00000111111110000011 *sachant qu'on s'interdit l'utilisation de suites spéciales de bits autre que celles indiquant le début et la fin de la trame ?*

3 Traitement des erreurs de transmission.

On s'intéresse maintenant à des principes permettant la détection, et éventuellement la correction, d'erreurs de transmission.

▸ **Exercice 5.** *L'ensemble de mots* $\{1, 00, 01, 10\}$ *est-il un code ?*

▸ **Exercice 6.** *Question identique pour* $\{00, 01, 11, 101, 1001, 1000\}$ *et* $\{0000, 0011, 1100, 1111\}$. *Quelle est la distance de Hamming de ce dernier ?*

Dans les exercices suivants on suppose qu'on dispose d'un canal bruité dont on sait que sur n bits transmis k au plus peuvent être mal transmis (valeur échangée) à cause du bruit sur le canal.

▸ **Exercice 7.** *Donner une méthode permettant au récepteur de détecter si exactement une erreur s'est produite pendant la transmission. Quel est la distance de Hamming de votre code ? Que se passe t-il s'il y a plus d'une erreur ?*

▸ **Exercice 8.** *Les erreurs proviennent de perturbations du canal et sont rarement isolées. Les erreurs surviennent donc par* rafales. *Une* rafale *d'erreur de longueur k est une suite de k bits dont certains peuvent éventuellement être faux. Donner une méthode utilisant les bits de parité pour transmettre des suites de n bits avec possibilité de detecter des rafales de k erreurs.*

▸ **Exercice 9.** *Quelle doit être la distance de Hamming minimale d'un code détecteur de k erreurs ?*

▸ **Exercice 10.** *On utilise pour une transmission avec detection d'erreur un CRC (Code de Redondance Cyclique) de polynôme générateur $x^4 + x + 1$. L'émetteur veut émettre la suite* 1101011011. *Quelle suite va effectivement être mise dans le canal ?*

▸ **Exercice 11.** *Dans le cas de l'exercice précédent, le récepteur reçoit la suite* 11010110111110. *Une erreur de transmission s'est-elle produite ? Si non retrouver la suite d'origine.*

▸ **Exercice 12.** *Même chose avec la suite* 10010110111110.

▸ **Exercice 13.** *Prouvez que si la factorisation d'un CRC en facteur non divisibles comporte $x + 1$ alors le CRC detecte un nombre impair d'erreurs.*

▸ **Exercice 14.** *Lorsqu'une erreur survient au cours de la transmission d'une suite de bits, si la transmision utilise un code dit correcteur, le destinataire a la possibilité de corriger lui-même l'erreur sans redemander retransmission de la suite à l'emetteur. Donner des exemples d'applications où on préférera l'utilisation des codes correcteurs aux codes detecteurs. En donner d'autres où on préferera celle des codes détecteurs aux codes correcteurs.*

▸ **Exercice 15.** *Trouvez un code permettant de corriger une erreur de transmission d'un groupe de bits disposés en matrice. On pensera à utiliser des bits de parité.*

▸ **Exercice 16.** *Quelle doit être la distance de Hamming minimale d'un code correcteur de k erreurs ? Discutez les propriétés de détection d'erreur d'un tel code.*

▸ **Exercice 17.** *Écrire dans votre langage de programmation préféré (Java) une méthode répondant à la question suivante: on veut transmettre dans un canal bruité des suites de m bits, en utilisant un code permettant de corriger k erreurs. Combien de bits supplémentaires doit-on utiliser ?*

▸ **Exercice 18.** *Combien faut-il ajouter de bits de contrôle pour transmettre 7 bits d'information utile avec une capacité de correction de 1 bit ?*

▸ **Exercice 19.** *On utilise un code correcteur de Hamming $7 + 4$ (on transmet 7 bits utiles avec 4 bits de contrôle) pour transmettre 1100001. Le code utilisé fixe les positions des bits de contrôle aux puissances de 2 de telle manière que le bit de contrôle à la position 2^i soit un bit de parité pour les bits d'information utile aux positions de la forme $\sum_{j=0}^{k} 2^j b_j$ avec $b_i = 1$. Quelle est la suite effectivement transmise ?*

Retrouver l'information d'origine correspondant à une réception de 10101001001.