Information, Calcul et Communication (partie théorique)

Introduction à la deuxième partie du cours

Olivier Lévêque

EPFL, Sections de génie civil et science des matériaux

1er novembre 2019

Introduction

Supposons que votre meilleur(e) ami(e) habite en Nouvelle-Zélande.

Avec un groupe d'amis, vous désirez lui jouer un sketch pour son anniversaire.

Il est désormais possible d'accomplir cette tâche en quelques minutes seulement.

Que se passe-t-il exactement lors d'une telle opération?

1. A l'aide de votre smartphone, vous enregistrez une vidéo amusante.

   - Ce faisant, un signal analogique est converti en sa représentation numérique au moyen d'un algorithme sophistiqué.
   - De plus, un algorithme de correction d'erreurs est utilisé pour stocker le fichier dans la mémoire.

2. Vous téléchargez ensuite cette vidéo sur votre réseau social préféré, non sans en avoir réduit la taille au préalable, au moyen d'un algorithme de compression, pour que le téléchargement ne dure pas des heures.

- Lors du téléchargement, deux autres algorithmes de correction d'erreurs sont utilisés pour protéger la transmission des données a) jusqu'à votre borne wifi, b) sur internet.
- Si vous ne désirez pas que d'autres gens puissent profiter de votre sketch, un algorithme de cryptage est utilisé par le réseau social pour empêcher d'autres utilisateurs de visionner la vidéo.
- Votre vidéo est ensuite découpée en paquets, puis distribuée à travers le réseau par un algorithme de routage avant d'arriver à bon port.

3. Puis votre ami(e) découvre cette vidéo sur son fil d'actualité.

- Un ou deux algorithmes de correction d'erreurs sont à nouveau utilisés ici. . .
- . . . ainsi qu'un algorithme de décryptage,
- et le signal est finalement reconstruit à partir des données numériques.

Introduction

En bref:

Dans nos gestes quotidiens, nous utilisons, souvent sans nous en rendre compte, un grand nombre d'algorithmes sophistiqués.

Ceci a, pour le meilleur ou pour le pire, considérablement changé notre manière de communiquer, de voyager, de voir le monde...

Quelques contributions fondamentales, remontant pour certaines à plus d'une cinquantaine d'années, ont permis la réalisation de ces moyens de communication modernes.

Objectif principal de cette seconde partie:

Comprendre quelques-unes de ces contributions fondamentales !

Plan de la seconde partie du cours

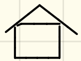
1. Représentation binaire et échantillonnage
2. Reconstruction de signaux
3. Compression de données
4. Correction d'erreurs
5. Cryptographie et sécurité
6. Réseaux de communication

Représentation de l'information

Il existe des dizaines de façons de représenter une certaine information...

Exemple :

maison, Haus, casa, house,

–– –– ·– ·· ··· –– –– –– –·, , 家

77 65 73 83 79 78 (code ASCII décimal)

4D 41 49 53 4F 4E (code ASCII hexadécimal)

01001101 01000001 ... (code ASCII binaire)

En informatique, on fait le choix de représenter l'information en code binaire, c'est-à-dire avec deux symboles seulement : 0 & 1. Pourquoi ?

- facile à représenter dans un circuit électrique : le courant passe (1) ou ne passe pas (0)
  (plus facile en tout cas que de représenter les 10 chiffres de 0 à 9 avec différentes valeurs de courant)

- n'utiliser qu'un seul symbole (1) ??? pas du tout économe en place ! ($M = 1111111111111$
  13^e lettre de l'alphabet)

Représentation binaire des nombres entiers positifs

Ecrivons un nombre au hasard : 1'984

Ceci est déjà une représentation : la représentation décimale (dont nous avons tellement l'habitude que nous en oublions que c'est une représentation) :

$$1'984 = 1'000 + 900 + 80 + 4$$

$$= \underline{\underline{1}} \cdot 10^3 + \underline{\underline{9}} \cdot 10^2 + \underline{\underline{8}} \cdot 10^1 + \underline{\underline{4}} \cdot 10^0$$

D'autres avant nous auraient écrit (et aussi trouvé plus naturel) : MCMLXXXIV

Représentation binaire de 1'984 :

$$1'984 = 1'024 + 512 + 256 + 128 + 64$$

$$= \underline{\underline{1}} \cdot 2^{10} + \underline{\underline{1}} \cdot 2^{9} + \underline{\underline{1}} \cdot 2^{8} + \underline{\underline{1}} \cdot 2^{7} + \underline{\underline{1}} \cdot 2^{6} + \underline{\underline{0}} \cdot 2^{5}$$
$$+ \underline{\underline{0}} \cdot 2^{4} + \underline{\underline{0}} \cdot 2^{3} + \underline{\underline{0}} \cdot 2^{2} + \underline{\underline{0}} \cdot 2^{1} + \underline{\underline{0}} \cdot 2^{0}$$

$$= 11111000000 \text{ en binaire}$$

En général : $N = \sum_{i=0}^{m-1} c_i \cdot 10^i$ m chiffres $c_i \in \{0, \ldots, 9\}$

$= \sum_{j=0}^{n-1} b_j \cdot 2^j$ n bits $b_j \in \{0, 1\}$

Notez que $n \simeq \log_2 N \geq m \simeq \log_{10}(N)$

Combien de nombres entiers différents peut-on représenter avec n bits ? <u>Réponse</u> : 2^n Et lesquels ?

Les nombres de 0 à $2^n - 1$ (et donc <u>pas</u> 2^n lui-même)

(000000) (111111)

<u>En général</u>, avec n bits, on peut représenter tous les éléments différents d'un ensemble de 2^n éléments.

<u>Exemple</u> :

$$S \text{ sous-ensemble de } \{1 \dots n\} \Longleftrightarrow (x_1, \dots, x_n) \in \{0,1\}^n$$

$$i \in S \Longleftrightarrow x_i = 1$$

<u>Réciproquement</u>, pour représenter tous les nombres de 0 à N-1, on n'a besoin que de $\lceil \log_2 N \rceil$ bits. ($\lceil x \rceil$ = partie entière supérieure de x)