

TD 1 : RTP

1. RTT

Rappels

Deux champs permettent le calcul du RTT dans RTP/RTCP : le champ LSR (*last sender report*), et le champ DLSR (*delay since last sender report*). Tous les deux se trouvent dans le paquet RR (*receiver report*) et ont un rapport avec le temps d'envoi d'un paquet SR (*sender report*) de l'émetteur. Ces champs, de 32 bits chacun, indiquent le temps en unités de $1/65536$ de secondes. C'est-à-dire que les deux premiers octets du champ indiquent un nombre de secondes, et les deux derniers octets indiquent une fraction d'une seconde. Ils sont calibrés à « l'horloge murale ».

Exercices

Soit une session multicast avec un émetteur E, et des récepteurs R1, R2, ...

1.1 E envoie un paquet RTCP avec, comme estampille temporelle dans son SR, la valeur qui correspond au 10 novembre 1995 à 11h33 et 25,125 secondes UTC, c'est-à-dire :

NTP secondes : 0xb44d:b705

NTP fraction : 0x2000:0000

Le récepteur R5 reçoit ce paquet, et enregistre le temps de son « horloge murale ». Son horloge murale indique qu'il est le 10 novembre 1995 à 11h33 et 25,250 secondes UTC, c'est-à-dire :

NTP secondes : 0xb44d:b705

NTP fraction : 0x4000:0000

Combien de temps fallait-il pour que le paquet RTCP aille de E à R5 ?

1.2 Le récepteur R3 reçoit ce même paquet SR, et enregistre lui aussi le temps de son « horloge murale ». Son horloge murale indique qu'il est le 10 novembre 1995 à 11h33 et 24,750 secondes UTC, c'est-à-dire :

NTP secondes : 0xb44d:b704

NTP fraction : 0x6000:0000

Combien de temps fallait-il pour que le paquet RTCP aille de E à R3 ?

1.3 Que constatez-vous à propos des délais unidirectionnels ?

1.4 Le récepteur R4 reçoit ce même paquet SR. Un peu plus tard, il envoie un paquet RR. Quelle valeur est-ce qu'il doit mettre dans le champs LSR ?

1.5 Ce paquet de R4 arrive à l'émetteur E, qui enregistre le temps, sur son horloge murale, de l'arrivée. Son horloge murale indique qu'il est le 10 novembre 1995 à 11h33 et 36,500 secondes UTC, c'est-à-dire :

NTP secondes : 0xb44d:b710

NTP fraction : 0x8000:0000

Quel est le temps d'aller-retour entre l'émetteur E et le récepteur R4 ?

1.6 L'horloge murale de R4, lors de l'arrivée du SR indique qu'il est le 10 novembre 1995 à 11h33 et 26,125 secondes UTC. Au temps de l'envoi du RR, l'horloge murale indique que le temps est le 10 novembre 1995 à 11h33 et 31,375 secondes UTC. Quelle valeur (en hexadécimal) est-ce que R4 va mettre dans le champs DLSR de son paquet RR ? Qu'est-ce que cette information ajoute à notre calcul du RTT ?

2. Pertes

Exercices

2.1 Quel champ dans l'en-tête RTP permet la détection de pertes de paquets ?

2.2 Quelle est la réponse RTCP pour un récepteur qui subit des pertes ?

2.3 Comment est-ce que l'émetteur répond aux pertes ? Précisez pour les couches RTP et application.

2.4 Soit un émetteur qui constate qu'il y a des pertes au récepteur. Comparez la réponse d'un émetteur RTP à la réponse d'un émetteur TCP. Pourquoi il y a-t-il une différence ?

3. FEC

Exemple

Voici les données dans quatre petits paquets :

paquet 1 : 0110 1010
paquet 2 : 1101 0110
paquet 3 : 0010 1011
paquet 4 : 1111 0101

Un paquet de réparation FEC (*forward error correction* en anglais) consiste en le même nombre de bits qu'un paquet originel. Le paquet de réparation est construit bit par bit. La valeur du bit dans une position est le bit de parité pour les bits dans les même positions dans les paquets d'origine.

Rappel : bits de parité

Les bits de parité sont générés par l'application répétée de l'opération logique d'ou exclusif, XOR (*exclusive-or* en anglais) :

XOR(0,0) = 0
XOR(0,1) = 1
XOR(1,0) = 1

$$\text{XOR}(1,1) = 0$$

Si le résultat d'un XOR est zéro, ça veut dire que le nombre d'uns est pair, et si le résultat est un, ça indique que le nombre d'uns est impair. Prenons le cas du bit le moins significatif dans chaque paquet en haut. On applique l'XOR sur les bits du paquet 1 et du paquet 2, sur le résultat de cette opération et le bit du paquet 3, et sur ce résultat et le bit du paquet 4 :

$$\text{XOR}(0,0) = 0$$

$$\text{XOR}(0,1) = 1$$

$$\text{XOR}(1,1) = 0$$

Exercices

3.1 Générer le paquet FEC pour les paquets 1 à 4.

3.2 Parmi les quatre paquets originaux et le paquet FEC, quels paquets est-ce qu'on doit recevoir pour pouvoir reconstituer les paquets originaux ? Comment est-ce qu'on reconstitue les paquets perdus ?

Rappel : dénombrement

Le nombre de parties contenant r éléments distincts choisis parmi n éléments est :

$$N = \binom{n}{r} = \frac{n!}{r!(n-r)!}$$

3.3 Soit la probabilité de perte d'un paquet et de 1 sur 5. L'émetteur envoie quatre paquets et un paquet FEC. Quelle est la probabilité que le récepteur va pouvoir reconstituer les quatre paquets originaux ?

4. Gigue

Rappels

Le calcul de la gigue se fait en fonction des différences de délais. Soit des paquets RTP i et j . L'estampille temporelle du paquet i est t_{Si} et le temps de réception du paquet i est t_{Ri} . La différence des délais entre i et j est $D = |(t_{Rj} - t_{Sj}) - (t_{Ri} - t_{Si})|$. La valeur de la gigue, J , est mise à jour dans la manière suivante : $J' = J + (D - J) / 16$.

Exercices

4.1 Soit 16 la valeur de la gigue à un moment donné. Calculez la gigue après la réception de chacun des paquets suivants :

i	t_{Si}	t_{Ri}	D	J
0	1000	900	-	16

<i>i</i>	<i>t_{Si}</i>	<i>t_{Ri}</i>	<i>D</i>	<i>J</i>
1	1040	924		
2	1080	972		
3	1120	1004,5		
4	1160	1037,5		
5	1200	1086		

4.2 Quelle est la moyenne des valeurs *D* ? Commentez la différence entre la moyenne et la valeur finale de *J*.