

Compte-Rendu de Cours : Contrôle et Calcul de Délais

Module ITQoS - Cours 6

Basé sur le support de Naceur Malouch (LIP6)

Septembre 2024

1 Contexte et Objectifs

L'objectif principal de ce cours est de définir des méthodes permettant de garantir la Qualité de Service (QoS) de bout en bout. Le problème central réside dans la nécessité de relier les **paramètres du trafic entrant** aux **paramètres du réseau** (chemin emprunté) afin de calculer un délai précis [cite : 16-18].

Le document distingue trois approches pour le calcul de ces délais

- Calcul de moyennes.
- **Calcul de bornes déterministes** (objet principal de ce cours).
- Calcul de bornes stochastiques.

2 Les Bornes Déterministes

Cette méthode est cruciale pour supporter les services de type *Premium* nécessitant des garanties strictes (où le délai doit être inférieur à un seuil D). Elle requiert une description déterministe à la fois du trafic et de la topologie du réseau.

Les règles de calcul établies visent à :

- Simplifier et automatiser l'évaluation des délais.
- S'appliquer à une topologie générale.
- Rester valides face aux évolutions technologiques (nouvelles sources de trafic, nouvelles technologies de transmission, algorithmes d'ordonnancement, etc.) [cite : 44-50].

3 Règles de Calcul Fondamentales

Le cours détaille quatre concepts clés pour la modélisation :

3.1 L'Agrégation

Elle consiste à sommer plusieurs courbes d'arrivée. Pour des flux définis par des seaux percés (*Leaky Buckets*) avec une rafale b et un taux r , le flux agrégé possède [cite : 60-68] :

- Un taux cumulé : $r_{total} = r_1 + r_2$
- Une rafale cumulée : $b_{total} = b_1 + b_2$

3.2 La Concaténation

Elle modélise la traversée de plusieurs nœuds successifs. Le taux de service garanti sur le chemin entier est limité par le goulot d'étranglement (le minimum des taux). La latence totale est calculée ainsi [cite : 82-97] :

$$\text{Latence Totale} = \sum_i T_i - \frac{M}{\min(R_i)}$$

où T_i est la latence de chaque nœud, M la taille des paquets, et R_i le taux de service du nœud i .

3.3 Délai Maximal et Buffer Maximal

- **Délai Maximal** : Il correspond graphiquement à la **distance horizontale** maximale entre la courbe d'arrivée (trafic) et la courbe de service.
- **Buffer Maximal** : Il correspond graphiquement à la **distance verticale** maximale entre ces deux mêmes courbes.

4 Exemples d'Application et Focus WFQ

Le cours applique ces règles à différents scénarios (FIFO, GPS, WFQ). Une attention particulière est portée au modèle **Weighted Fair Queuing (WFQ)**.

Pour un flux traversant m routeurs utilisant l'ordonnancement WFQ, avec un modèle discret (taille de paquet maximale L_{\max}), la borne de délai D_i^{WFQ} est donnée par la formule suivante :

$$D_i^{WFQ} = \frac{\sigma_i + (m-1)L_{\max}}{g_i} + \sum_{l=1}^m \frac{L_{\max}}{C_l} + \text{propdelay} \quad (1)$$

Légende :

- σ_i : Rafale du flux i .
- g_i : Taux garanti pour le flux.
- m : Nombre de sauts (routeurs).
- L_{\max} : Taille maximale des paquets.
- C_l : Capacité du lien l .
- propdelay : Délai de propagation physique.