



Institut de Recherche  
en Informatique de Toulouse

Institut de Recherche en Informatique de Toulouse

Optimisation du placement de calcul pour l'application  
des usagers vulnérables de la route (VRU) sous les canaux  
Rician Fading, dans un contexte de véhicules connectés

**Élaboré par : Rhayoute Abdelmalek**

*Encadré par : Zoghlami Chaima*

# Sommaire

- 1 Modèle de calcul :
  - Calcul local :
  - Calcul dans le serveur EDGE cloud
  - Calcul dans le serveur EDGE cloud :
  - Conclusion :
- 2 Le problème :

# Plan de l'exposé

1

## Modèle de calcul :

- Calcul local :
- Calcul dans le serveur EDGE cloud
- Calcul dans le serveur EDGE cloud :
- Conclusion :

2

## Le problème :

Nous considérons un serveur Edge cloud unique ayant des coordonnées cartésiennes  $s \triangleq (x, y)$ ,  $I$  utilisateurs finals (Véhicules, passagers, cyclistes ...) de coordonnées  $u_i \triangleq (x_i, y_i)$   $i \in \mathbb{I} = \{1, 2, \dots, I\}$  et  $J$  MEC serveurs de coordonnées  $u_j \triangleq (x_j, y_j)$   $j \in \mathbb{J} = \{1, 2, \dots, J\}$  [5].

Chaque dispositif local est connecté au serveur MEC par une liaison sans fil, et chaque serveur MEC peut être connecté au serveur EDGE cloud par une liaison filaire. On suppose qu'il existe  $T$  time slots et que chaque intervalle de time slot est  $\tau$ , et que chaque dispositif génère une tâche de calcul de taille fixe (bits) dans chaque tranche de temps  $t \in \mathbb{T} = \{1, 2, \dots, T\}$

Au  $t$ -ième time slot, on peut choisir de traiter la tâche localement, par l'intermédiaire du MEC ou des serveurs Edge Cloud, ou même de ne pas la traiter. Dans ce système, la tâche de calcul ne peut choisir qu'un seul des modes de traitement. C'est-à-dire :

$$\begin{cases} X_{i,l}^t + X_{i,m}^t + X_{i,c}^t + X_{i,d}^t = 1, i \in \mathbb{I}, t \in \mathbb{T} \\ X_{i,l}^t, X_{i,m}^t, X_{i,c}^t, X_{i,d}^t = \{0, 1\}, i \in \mathbb{I}, t \in \mathbb{T} \end{cases} \quad (1)$$

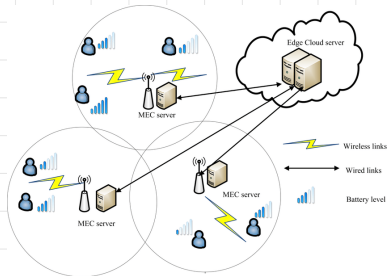


FIGURE – Architecture du MEC

Ici, on confond les véhicules, les passagers et les cyclistes. On suppose également que ces utilisateurs finaux sont conscients de l'environnement qui les entoure. Cela signifie qu'ils disposent des données nécessaires pour effectuer l'évaluation des risques et le traitement de génération d'alertes. Une distinction est faite entre les véhicules et les smartphones utilisés par les passagers et les cyclistes à des fins énergétiques, car l'énergie des voitures est très suffisante.

On définit, donc,  $\mathcal{V}$  : l'ensemble des véhicules et  $\mathcal{S}$  : l'ensemble des smartphones.

$$\mathcal{U} = \mathcal{V} \cup \mathcal{S}$$

## La consommation en temps :

Le premier mode de traitement est que la tâche est sélectionnée pour être traitée localement. Le retard généré est uniquement le temps de traitement du dispositif local.

$$\begin{cases} T_{i,l}^t = \frac{D_i^t C}{f_i^t}, i \in \mathbb{I}, t \in \mathbb{T} \\ 0 \leq f_i^t \leq f_l^{\max} \end{cases} \quad (2)$$

$D_i^t$  : La taille de la tâche générée par le end user  $i$ .

$C$  : Nombre de cycles CPU (Processeur) nécessaires pour traiter un bit de données.

$f_i^t$  : fréquence de CPU de  $i$ .

$f_l^{\max}$  : maximum des fréquences de  $\mathbb{I}$ .

## La consommation en energie :

$$E_{i,l}^t = \begin{cases} 0 & \text{si } i \in \mathbb{V} \\ kD_i^t C(f_i^t)^2, i \in \mathbb{I}, t \in \mathbb{T} & \text{si } i \in \mathbb{S}. \end{cases} \quad (3)$$

$k$  : le coefficient de capacité effective.

Soit  $\lambda_{i,j} \in \{0, 1\}$  dénote la variable d'association entre MEC serveur  $j$  et le end user  $i$  où  $\lambda_{i,j} = 1$  indique que le end user  $i$  est desservie par MEC serveur  $j$  et  $\lambda_{i,j} = 0$  indique le contraire.

Donc :

$$\sum_{j=1}^{\mathbb{J}} \lambda_{i,j} = 1, i \in \mathbb{I}, j \in \mathbb{J}, t \in \mathbb{T} \quad (4)$$



La tâche générée localement est transférée au serveur MEC par le biais de la liaison sans fil. En supposant que les largeurs de bande des canaux sans fil sont distribuées de manière égale et qu'elles n'interfèrent pas entre eux, on obtient le taux maximum possible de la transmission par canal ( $r_{i,j}$  : capacité) selon la formule de Shannon Hartley :

$$\begin{cases} r_{i,j}^t = B \log_2 \left( 1 + \frac{h_{i,j}^t p_i^t}{\sigma^2} \right), i \in \mathbb{I}, j \in \mathbb{J}, t \in \mathbb{T} \\ 0 \leq p_i^t \leq p_{\max}, i \in \mathbb{I}, t \in \mathbb{T} \end{cases} \quad (5)$$

$B$  : channel bandwidth

$p_i^t$  : transmit power

$\sigma^2$  : noise power

$h_{i,j}^t$  : channel gain

$$h_{i,j}^t = \gamma_{i,j}^t g_0 (d_0/d_{i,j}^t)^\alpha$$

$\gamma_{i,j}^t$  : fading power gain

$g_0$  : loss constant

$d_0$  : relative distance

## La consommation en temps :

$$T_{i,j}^t = D_i^t / r_{i,j}^t + D_i^t C / f_{\text{mec}} , i \in \mathbb{I}, j \in \mathbb{J}, t \in \mathbb{T} \quad (6)$$

$f_{\text{mec}}$  : La fréquence du serveur MEC. C'est le temps coûté lors de la transmission de la tâche au serveur MEC, et le temps de traitement du le serveur MEC

## La consommation en énergie :

Puisque le déchargement des tâches vers le serveur MEC via la liaison sans fil nécessite l'énergie du dispositif mobile local, la consommation d'énergie ne prend en compte que la puissance d'émission du dispositif local, et la consommation énergétique du deuxième scénario de traitement est exprimée comme suit .

$$E_{i,j}^t = \begin{cases} 0 & \text{si } i \in \mathbb{V} \\ p_i^t \frac{D_i^t}{r_{i,j}^t}, i \in \mathbb{I}, j \in \mathbb{J}, t \in \mathbb{T}, t \in \mathbb{T} & \text{si } i \in \mathbb{S}. \end{cases} \quad (7)$$

## La consommation en temps :

$$T_{i,c}^t = D_i^t / r_{i,j}^t + H D_i^t / r_{mc}^t + \frac{D_i^t C}{f_c}, i \in \mathbb{I}, j \in \mathbb{J}, t \in \mathbb{T} \quad (8)$$

$H$  : Nombre de liaisons filaires entre le serveur MEC et le serveur cloud.

$r_{mc}$  : Taux de transmission du canal entre le serveur MEC et l'EDGE cloud.

## La consommation en énergie :

Comme pour le mode de traitement MEC, lorsque  $X_{i,c}^t = 1$ , la tâche doit décider par quel serveur MEC télécharger les données vers le serveur EDGE cloud, définissant ainsi  $g_{i,j}^t = \{0, 1\}$ . En outre,  $g_{i,j}^t$  doit satisfaire aux critères suivants :

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{j=1}^{\mathbb{J}} g_{i,j}^t = 1, i \in \mathbb{I}, j \in \mathbb{J}, t \in \mathbb{T} \\ \sum_{i=1}^{\mathbb{I}} g_{i,j}^t \leq H, j \in \mathbb{J}, t \in \mathbb{T} \end{array} \right. \quad (9)$$

$$E_{i,c}^t = E_{i,j}^t = \begin{cases} 0 & \text{si } i \in \mathbb{V} \\ p_i^t \frac{D_{i,j}^t}{r_{i,j}^t}, i \in \mathbb{I}, j \in \mathbb{J}, t \in \mathbb{T} & \text{si } i \in \mathbb{S}. \end{cases} \quad (10)$$

**Latence :**

$$\left\{ \begin{array}{l} T_{i,all}^t = X_{i,l}^t T_{i,l}^t + \sum_{j=1}^{\mathbb{J}} \lambda_{i,j}^t T_{i,j}^t + X_{i,c}^t T_{i,c}^t, i \in \mathbb{I}, j \in \mathbb{J}, t \in \mathbb{T} \\ 0 \leq T_{i,all}^t \leq \tau \end{array} \right. \quad (11)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} U_j^t \triangleq \sum_{i=1}^{\mathbb{I}} \frac{D_i^t \lambda_{i,j}^t C}{f_{mec} \tau}, j \in \mathbb{J}, t \in \mathbb{T} \\ U_j^t \leq 1, j \in \mathbb{J}, t \in \mathbb{T} \end{array} \right. \quad (12)$$

$\tau$  : Temps de réponse maximum possible.

$U_j^t$  : l'utilisation de CPU du serveur MEC j.

On définit les variables suivantes :

$$A_i^t \triangleq [X_i^t, f_i^t, p_i^t, \lambda_i^t, g_i^t], i \in \mathbb{I}, t \in \mathbb{T}$$

$$\mathbf{X}_i^t \triangleq [X_{i,l}^t, X_{i,m}^t, X_{i,c}^t, X_{i,d}^t], i \in \mathbb{I}, t \in \mathbb{T}$$

$$\lambda_i^t \triangleq [\lambda_{i,1}^t, \lambda_{i,2}^t, \dots, \lambda_{i,j}^t], i \in \mathbb{I}, j \in \mathbb{J}, t \in \mathbb{T}$$

$$g_i^t \triangleq [g_{i,1}^t, g_{i,2}^t, \dots, g_{i,j}^t], i \in \mathbb{I}, j \in \mathbb{J}, t \in \mathbb{T}$$

Le problème est donc :

$$P1 : \begin{cases} \min_{A^t} \sum_{i=1}^{\mathbb{I}} T_{i, \text{all}}^t + \Phi \{X_{i,d}^t = 1\}, t \in \mathbb{T} \\ st : (1)(2)(4)(5)(9)(11)(12) \end{cases}$$

$\Phi$  : fonction de pénalisation.

### *Exemple : Fonction indicatrice*

Si l'on est familier avec les fonctions pouvant prendre la valeur  $+\infty$ , on comprendra aisément qu'une fonction de pénalisation naturelle pour  $X_{i,d}^t$  est :

$$\Phi : \mathbb{R} \rightarrow \cup\{+\infty\} : x \mapsto \Phi(x) = \begin{cases} 0 & \text{si } x = 0 \\ +\infty & \text{si } x = 1. \end{cases}$$

On adapte cette fonction à notre contexte. Pour nous, l'infini est  $\tau$ .

$$\Phi : \mathbb{R} \rightarrow : x \mapsto \Phi(x) = \begin{cases} 0 & \text{si } x = 0 \\ \tau & \text{si } x = 1. \end{cases}$$



## Énergie :

$$\left\{ \begin{array}{l} E_{i, \text{all}}^t = X_{i,l}^t E_{i,l}^t + \sum_{j=1}^{\mathbb{J}} \lambda_{i,j}^t E_{i,j}^t + X_{i,c}^t E_{i,c}^t, i \in \mathbb{I}, j \in \mathbb{J}, t \in \mathbb{T} \\ E_{i, \text{all}}^t \leq b_i^t \leq E_{\max} \\ b_i^{t+1} = b_i^t - E_{i, \text{all}}^t + e_i^t \\ 0 \leq e_i^t \leq E_{i,H}^t \end{array} \right. \quad (13)$$

$b_i^t$  : Niveau de batterie le pendant t-ème time slot de l'appareil local i.

$E_{\max}$  : Maximum d'énergie d'un appareil local i.

$e_i^t$  : L'énergie chargée pendant le t-ème time slot de l'appareil local i.

$E_{i,H}^t$  : Maximum d'énergie chargée pendant le t-ème time slot de l'appareil local i.

# Plan de l'exposé

1 Modèle de calcul :

2 Le problème :

Dans cette partie, on doit tenir en compte l'énergie des appareils locaux (téléphones) dans le problème de minimisation globale. L'idée est de faire une combinaison homogène entre l'énergie et la latence, donc le problème de minimisation devient :

$$P2 : \begin{cases} \min_{A^t} \sum_{i=1}^{\mathbb{I}} \frac{T_{i, \text{all}}^t + \Phi \{X_{i,d}^t = 1\}}{\tau} + \gamma \frac{E_{i, \text{all}}}{E_{\max}}, t \in \mathbb{T} \\ st : (1)(2)(4)(5)(9)(11)(12)(13) \end{cases}$$

$\gamma$  : Un paramètre d'étalonnage à définir.

Si  $\gamma = 0$ , on ne prend pas en compte l'énergie.

Sinon  $\gamma > 0$ , l'importance de l'énergie dépend de  $\gamma$ .

Cette approche globale permet une bonne répartition des ressources, contrairement à une approche partielle qui ne tient pas compte des autres usagers de la route.

**Algorithme de résolution :**