

Routage avec Partage de Charge dans un Réseau Téléphonique Commuté (RTC)

GHALLABI Sidi Mohamed Raid, NACERE Mohammed, ETTAYACH Sohaib
ENSEEIH

2 Rue Charles Camichel, 31000 Toulouse, France

Département Sciences du Numérique

Email: sidimohamedraid.ghallabi@etu.inp-n7.fr,

sohaib.ettayach@etu.inp-n7.fr,

mohammed.nacere@etu.inp-n7.fr

Résumé—Ce rapport présente une étude comparative des trois méthodes de routage dans un réseau téléphonique commuté (RTC) : routage statique, routage avec partage de charge, et routage adaptatif. L'objectif est de comparer les performances de ces méthodes en termes de probabilité de blocage d'appel. Une simulation numérique a été réalisée en Python pour évaluer les performances de chaque méthode. Les résultats montrent que le routage adaptatif offre les meilleures performances, mais avec une complexité accrue. Ce rapport décrit également les choix techniques, les outils utilisés, et les résultats obtenus.

Index Terms—Routage adaptatif, routage par partage de charge, routage statique, probabilité de blocage d'appel, réseau téléphonique commuté.

INTRODUCTION

Les réseaux de télécommunication modernes nécessitent des méthodes de routage efficaces pour garantir une qualité de service optimale. Ce rapport compare trois méthodes de routage : statique, avec partage de charge, et adaptative, en se concentrant sur leur impact sur la probabilité de blocage d'appel dans un réseau téléphonique commuté (RTC). Une simulation numérique a été réalisée pour évaluer les performances de chaque méthode.

I. REPRÉSENTATION DU RÉSEAU SÉMAPHORE

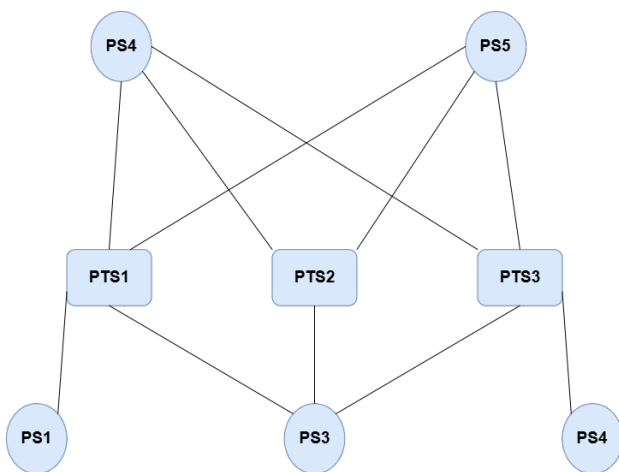


FIGURE 1. Représentation du réseau sémaphore

II. INFORMATION À DISPOSER POUR METTRE EN PLACE UN ALGORITHME DE ROUTAGE DES APPELS TÉLÉPHONIQUES À PARTAGE DE CHARGE ENTRE LES NŒUDS CA1 ET CTS1.

IMPLEMENTATION ET RISQUES ASSOCIÉS

La mise en place d'un algorithme de routage avec partage de charge nécessite de disposer des informations suivantes :

- **Topologie du réseau** : Connaissance des différents chemins disponibles pour envoyer les appels.
- **Capacité des liaisons** : Connaissance de la capacité de chaque lien pour éviter la saturation (limites physiques du réseau).

A. Implantation sur les nœuds CA1 et CTS1

- **CA1** : Trois chemins de longueur 2 pour atteindre CA3 (via CA2, CTS1, et CTS2). Les appels sont répartis équitablement : 1/3 vers CA2, 1/3 vers CTS1, et 1/3 vers CTS2.
- **CTS1** : Un chemin direct de longueur 1 vers CA3 et deux chemins de longueur 2 (via CTS2 et CA2). Les appels sont répartis comme suit : 1/2 directement vers CA3, 1/4 via CTS2, et 1/4 via CA2.

B. Risques associés

- **Congestion du réseau** : Saturation des liens, surtout sur les chemins de longueur supérieure à 1.
- **Création de boucles** : Risque de bouclage des appels, ce qui peut entraîner des problèmes de performances et de stabilité.
- **Temps de convergence** : Délai nécessaire pour que l'algorithme s'adapte aux changements de topologie du réseau.

III. ROUTAGE ADAPTATIF

Le routage adaptatif nécessite des informations en temps réel sur l'état du réseau, notamment :

- **Charge actuelle des liaisons** : Pour ajuster les routes en fonction de la congestion.
- **Chemins alternatifs** : Connaissance des routes disponibles en cas de saturation.

A. Risques associés

- **Incapacité à garantir la disponibilité** : L'état du réseau peut changer entre le moment où l'information est collectée et l'arrivée de la demande d'appel.
- **Incohérences dans les tables de routage** : Problèmes liés aux algorithmes distribués, qui peuvent entraîner des erreurs de routage.
- **Saturation des liens** : Si un lien choisi est saturé, il peut ne plus y avoir de chemin disponible.

IV. ROUTAGE POUR MESSAGES MTP-3

L'acheminement des messages MTP-3 entre les nœuds du réseau est mis en place selon le processus suivant :

- **Entre CA1 et CA2** : Les messages MTP-3 sont routés via PTS1, qui désencapsule le message, vérifie la table de routage, et réencapsule le message pour l'envoyer à CA2.
- **Entre CA1 et CTS1** : Le processus est similaire, avec PTS1 agissant comme un routeur intermédiaire.
- **Entre CA1 et CA3** : Le routage est plus complexe, car il nécessite de passer par un commutateur intermédiaire (PS4 ou PS5). Le message est routé via PTS1, puis vers PS4 ou PS5, et enfin vers CA3.

V. MÉCANISME DE TRANSFERT D'APPEL

Lorsqu'un utilisateur U2 transfère ses appels vers U3, le processus de routage et de signalisation se déroule comme suit :

- 1) **U1 initie l'appel** : Un message de signalisation est envoyé à CA1 via le protocole ISUP.
- 2) **CA1 utilise un algorithme de partage de charge** : Le message est routé vers CTS1, puis vers CA2.
- 3) **CA2 détecte le transfert d'appel** : Le message est redirigé vers U3 via les processus de signalisation appropriés.
- 4) **Établissement de la communication** : Une fois que U3 répond, la communication est établie entre U1 et U3.

VI. IMPLÉMENTATION

Dans ce projet, nous avons implémenté trois approches théoriques de routage dans un réseau téléphonique commuté : le routage statique, le routage avec partage de charge, et le routage adaptatif. Pour chacune de ces approches, des simulations numériques ont été réalisées afin d'évaluer leurs performances en mesurant la probabilité de blocage d'appels.

Routage Statique

Le routage statique repose sur des chemins fixes prédéfinis entre les nœuds. Cette méthode, bien que simple à implémenter (cf. fichier `routage_statique.py`), limite la flexibilité du réseau face aux variations de charge, ce qui peut conduire à un blocage plus élevé dans des scénarios de forte demande. Le code simule cette rigidité en assignant des routes fixes aux appels, vérifiant ensuite si les capacités des liens sur ces routes sont suffisantes.

Routage avec Partage de Charge

Le routage avec partage de charge s'inspire des techniques de répartition probabiliste. Cette méthode répartit les appels sur plusieurs chemins disponibles en fonction de poids prédéfinis, réduisant ainsi le risque de surcharge sur un seul lien. L'implémentation dans `routage_partage_de_charge.py` attribue des probabilités à différents chemins et sélectionne celui-ci en fonction des capacités disponibles, reflétant la théorie de la répartition équilibrée des charges.

Routage Adaptatif

La simulation du routage adaptatif a été réalisée à l'aide d'un script Python intitulé `routage_adaptatif.py`. Ce fichier implémente un modèle de réseau téléphonique où les appels sont générés de manière probabiliste selon un taux d'arrivée spécifié. Le réseau est représenté sous forme de graphe avec des nœuds interconnectés par des liens ayant des capacités limitées. Le script utilise la bibliothèque `networkx` pour calculer les chemins les plus courts entre les nœuds en fonction des ressources disponibles sur les liens. Chaque appel suit un processus de routage adaptatif, où les liens nécessaires sont vérifiés pour leur disponibilité avant d'être utilisés. Les appels bloqués, faute de ressources suffisantes, sont comptabilisés, et la probabilité de blocage est calculée en fin de simulation. Cette approche permet de modéliser le comportement d'un réseau en temps réel, tout en mettant en évidence les défis liés à la gestion dynamique des ressources.

RÉSULTATS ET COMPARAISON

La comparaison des probabilités de blocage pour ces trois méthodes, générée dans `main.py`, permet d'illustrer les avantages et limitations de chaque approche, confirmant les résultats théoriques sur l'impact de la flexibilité du routage sur la performance globale du réseau.

ANALYSE DES RÉSULTATS

Les résultats obtenus présentent la probabilité de blocage des appels pour les trois méthodes de routage :

```
Probabilité de blocage (adaptatif) : 0.0
Probabilité de blocage (routage partage de charge) : 0.16451269575794436
Probabilité de blocage (routage statique) : 0.4048490393412626
PS C:\Users\pc\Desktop\reseau_telecom>
```

FIGURE 2. Probabilité de blocage d'appel pour les trois méthodes de routage.

Routage Adaptatif (0.00)

L'absence de blocage est conforme aux attentes théoriques, car cette méthode calcule dynamiquement les chemins optimaux en fonction des ressources disponibles. En adaptant les routes en temps réel, elle évite les surcharges et assure un meilleur équilibre dans l'utilisation des liens. Ce comportement est logique dans un scénario où les capacités réseau sont suffisantes pour répondre à la demande globale.

Partage de Charge (0.16)

Une probabilité de blocage plus faible que celle du routage statique était attendue, car cette méthode répartit les appels sur plusieurs chemins. Cependant, elle utilise des poids prédéfinis pour la répartition, ce qui peut limiter sa capacité à réagir aux changements dynamiques dans les conditions du réseau. Cette probabilité de blocage raisonnable reflète un compromis entre flexibilité et simplicité.

Routage Statique (0.40)

Le blocage élevé observé est également cohérent avec la théorie. Les chemins fixes définis pour chaque communication ne tiennent pas compte des capacités ou des variations de trafic. Cela peut entraîner une saturation rapide de certains liens, causant un taux de rejet élevé.

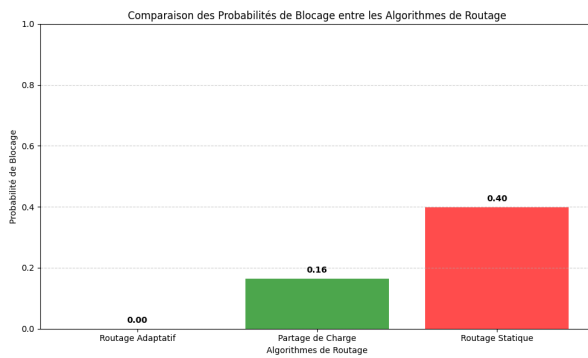


FIGURE 3. Probabilité de blocage d'appel pour les trois méthodes de routage.

CONCLUSION

Ce rapport a comparé les performances des trois méthodes de routage dans un réseau téléphonique commuté. Les résultats montrent que le routage adaptatif offre les meilleures performances en termes de probabilité de blocage d'appel, mais avec une complexité accrue. Le routage avec partage de charge est une alternative viable, offrant une amélioration significative par rapport au routage statique. Ces résultats peuvent être utilisés pour optimiser la conception et la mise en œuvre de réseaux de télécommunication plus efficaces et fiables.

RÉFÉRENCES

- [1] E. Chaput, *Réseaux de Télécommunications*, ENSEEIHT, 2024.