Partage de réseau d'accès avec un autre opérateur

Alexandre Blogowski[1], Mustapha Bouhtou[1], Philippe Chrétienne[2], Adam Ouorou[1], Fanny Pascual[2]

[1] Orange Labs, France Télécom, 38-40 rue du Général Leclerc, 92130 Issy-les-Moulineaux - France
{alexandre.blogowski,mustapha.bouhtou,adam.ouorou}@orange.com

[2] LIP 6, Université Pierre et Marie Curie, 2 place Jussieu, 75005 Paris - France
{philippe.chretienne,fanny.pascual}@lip6.fr

Mots-clés : *Théorie des jeux algorithmique, réseau d'accès, télécommunication, partage.*

1 Présentation du problème

Dans les pays en développement en particulier, la téléphonie mobile joue un rôle crucial pour mettre les services à la disposition d'une grande partie de la population. Néanmoins, il reste encore beaucoup à faire dans les zones rurales. Tout le problème vient du coût élevé des infrastructures de réseau, qui se traduit par une hausse des prix pratiqués par les opérateurs, lesquels cherchent à amortir leurs investissements. Le partage des infrastructures de services mobiles est une solution qui permet de faire baisser ce coût.

Dans l'article suivant, nous étudions le partage de réseau d'accès, par deux opérateurs, d'une infrastructure connue. Les opérateurs pouvant s'allier, étant néanmoins concurrents, c'est grâce à la théorie des jeux algorithmique [3] que nous modélisons le mieux ce problème de partage. Connaissant l'infrastructure existante du réseau, à savoir l'emplacement possible des différents sites (appelées aussi stations de base), on cherche à déterminer la stratégie optimale de déploiement pour un opérateur donné afin qu'il maximise son profit par rapport à une certaine fonction objectif. On s'intéresse donc, entre autres, aux questions "Dans quelles stations de base chaque opérateur investit il ?" et "Quel impact cela a t-il sur la solution globale ?". On tente alors de retourner des solutions de bonne qualité étant acceptées par chacun des opérateurs. Prouver l'existence d'un équilibre de Nash ainsi que mesurer la qualité de la solution trouvée (prix de la stabilité et/ou de l'anarchie (POS/POA) [1, 2]) sont quelques uns des axes étudiés dans ce papier.

2 Problèmes considérés

On considère deux opérateurs notés A et B, et m stations de base, chacune couvrant une population donnée. L'opérateur j a, pour chaque station de base i, deux stratégies possibles :

- soit il investit :
  - · si il investit seul, il aura alors un profit p_i^j ;
  - · si il investit avec l'autre opérateur, il aura alors un profit $p_i^{j'}$;
- soit il n'investit pas : il aura alors un profit égal à 0.

Dans un premier temps, nous avons considéré la fonction objectif qui consiste à maximiser la somme globale des profits, notée MaxSP :

$$\max \quad \sum_{i=1}^{m} \left[max \left(x_i^A \overline{x_i^B} p_i^A ; \overline{x_i^A} x_i^B p_i^B ; x_i^A x_i^B (p_i^{A'} + p_i^{B'}) ; 0 \right) \right]$$

où $x_i^j = 1$ si l'opérateur j investit sur la station de base i, 0 sinon.

A cette fonction objectif vient s'ajouter deux contraintes supplémentaires : une contrainte de couverture de la population (notée couv), et une contrainte de profit minimum pour l'opérateur (notée pmin). La contrainte de couverture est une contrainte imposée par la réglementation du pays : chaque opérateur doit couvrir un pourcentage donné de la population. Si l'opérateur j investit dans la station de base i, il couvrira toutes les personnes (abonnées ou non) présentes dans le périmètre de la station de base i.
On considère alors ces deux contraintes supplémentaires, toujours avec comme but pour chaque opérateur de maximiser ses profits par rapport à la fonction objectif initiale.

	Profits quelconques	Profits positifs ou nuls
Cas général	• MaxSP : - Problème facile	• MaxSP : - POS, POA non borné • MaxSP(couv) : - Problème NP-difficile
$p_i^{A'} + p_i^{B'}$ $\geq$ $\max(p_i^A, p_i^B)$	• MaxSP : - $\nexists$ EN $\Longleftrightarrow$ $\exists$ une station de base i tq. $p_i^A < 0 < p_i^{A'}$ et $p_i^{B'} < 0 < p_i^B$ - POS, POA non borné ou paramétrable sous certaines hypothèses • MaxSP(couv) : - Problème NP-difficile - $\forall i, p_i^{A'} < p_i^A < 0, p_i^B < 0$ et $p_i^{B'} > 0 \Longrightarrow \nexists$ EN	• MaxSP : - Un seul EN : toutes les stations de bases choisies - POA = POS = 1 • MaxSP(couv) : - Problème facile : la contrainte est toujours satisfaite - Un seul EN : toutes les stations de bases choisies - POA = POS = 1

TAB. 1 – Résumé des résultats pour le problème MaxSP

3 Résultats

Nous avons remarqué que certains problèmes étaient faciles alors que d'autres étaient NP-complet. Nous avons donc décidé de traiter séparément le cas où les profits sont quelconques et le cas où ils sont positifs ou nuls. De plus, à l'intérieur de ces deux cas, nous avons distingué deux sous cas : le cas général, et le cas où les profits engendrés par le co-investissement rapportent plus que le meilleur profit des opérateurs seuls : $p_i^{A'} + p_i^{B'} \geq \max(p_i^A, p_i^B)$.

Pour chaque cas, nous avons étudié l'existence d'équilibres de Nash ainsi que la qualité des solutions trouvées (POS/POA). Certains des principaux résultats obtenus sont résumés dans le tableau 1.

4 Conclusions et perspectives

En traitant le problème de la somme des profits globaux, nous ne nous intéressons pas aux opérateurs individuellement. La solution trouvée peut "pénaliser" un opérateur plutôt qu'un autre. Dans un souci d'équité des opérateurs, et afin d'obtenir une solution stable ayant un bon coût social, nous considérerons, à l'avenir, les fonctions objectifs suivantes : maximiser la somme globale des profits avec contrainte de profit minimum pour chaque opérateur (notée MaxSP(pmin)) et maximiser le minimum des profits des opérateurs. De plus, des expérimentations sont lancées pour quantifier le gain induit par le problème MaxSP(pmin), avec des données générées et avec des données réelles.

Références

[1] E. Anshelevich, A. Dasgupta, J. Kleinberg, É. Tardos, T. Wexler, and T. Roughgarden. The price of stability for network design with fair cost allocation. In *Proceedings of 45th IEEE Symposium on Foundations of Computer Science (FOCS)*, pages 295–304, 2004.

[2] E. Koutsoupias and C.H. Papadimitriou. Worst-case equilibria. In *Proceedings of the 16th Symposium on Theoretical Aspects of Computer Science (STACS)*, volume 1563 of *LNCS*, pages 404–413. Springer, 1999.

[3] N. Nisan, T. Roughgarden, E. Tardos, and VV Vazirani. *Algorithmic Game Theory.* Cambridge University Press, New York USA, 2007.