Déploiement d'ordonnanceurs de processus spécifiques dans un système d'exploitation généraliste

Hervé Duchesne, Christophe Augier, Richard Urunuela

Déploiement d'ordonnanceurs de processus spécifiques dans un système d'exploitation généraliste

Hervé Duchesne — Christophe Augier — Richard Urunuela

Équipe OBASCO
École des Mines de Nantes
Département informatique
4 rue Alfred Kastler
F- 44307 Nantes cedex 3

{hduchesne,caugier,rurunuel}@emn.fr

RÉSUMÉ. *L'environnement Bossa permet la conception d'ordonnanceurs spécifiques offrant ainsi une gestion précise de la ressource processeur au sein d'un système d'exploitation généraliste. Toutefois, le déploiement conjoint d'une application et de son ordonnanceur suscite des problèmes liés à la réservation de la ressource processeur. Dans cet article, nous étudions les problèmes dus à ce type de déploiement et proposons quelques solutions. En particulier, nous proposons d'établir des contrats de qualité de service et des mécanismes de reconfiguration de la hiérarchie d'ordonnanceurs.*

ABSTRACT. *Bossa is a framework to develop new processes schedulers in commodity operating systems. Although Bossa enables fine-grained management of the processor through new scheduling policies, deploying an application with its own scheduler raises some problems. In this paper we study the problems caused when deploying an application and its scheduler and to adresse these, we propose to establish Quality of Service contracts and mechanisms to reconfigure the scheduler hierarchy.*

MOTS-CLÉS : *déploiement d'ordonnanceurs, gestion de ressources*

KEYWORDS: *scheduler deployment, resource management*

1. Introduction

Les applications multimédia sont de plus en plus prisées par les utilisateurs. Ces applications sont le plus souvent exécutées sur des systèmes d'exploitations généralistes et ont la particularité de devoir répondre à de fortes contraintes de qualité de service. Le respect de ces contraintes dans un système d'exploitation nécessite une gestion efficace de la ressource processeur par l'ordonnancement de processus. Cependant, dans les systèmes d'exploitation généralistes, les ordonnanceurs natifs ne sont pas en mesure de garantir, par exemple, le respect des contraintes temporelles nécéssaires à la bonne exécution de certaines applications multimédia [JEF 00, DEM 02]. Une solution à ce problème est de développer des ordonnanceurs spécifiques pour cette classe d'applications. Toutefois, le développement d'un nouvel ordonnanceur requiert une bonne connaissance des noyaux de systèmes d'exploitation et des langages de programmation bas niveau tels que le C ou l'assembleur. Peu de programmeurs possèdent ces deux expertises.

L'environnement Bossa a été développé pour faciliter la conception et l'intégration de nouveaux ordonnanceurs au sein d'un système d'exploitation généraliste [BAR 02, LAW 04b]. Bossa permet d'associer un ordonnanceur spécifique à chaque application ou ensemble d'applications partageant les mêmes besoins [LAW 04a]. Cependant, le déploiement conjoint d'une application et de son ordonnanceur suscite des problèmes liés à l'expression des besoins d'ordonnancement de l'application et du multiplexage de la ressource processeur entre les différents ordonnanceurs chargés. Pour adresser ces problèmes, nous proposons de mettre en place un protocole de déploiement d'ordonnanceurs. À cette fin, nous étudions sous quelles conditions l'intégration d'un ordonnanceur spécifique est requise et quelle est l'influence du déploiement d'un ordonnanceur sur le système.

La section 2 est une brève introduction aux concepts de l'environnement Bossa. La section 3 présente les problèmes engendrés par le déploiement d'une application avec son ordonnanceur. Quelques solutions à ces problèmes sont présentées en section 4. La section 5 conclut cet article et présente quelques perspectives.

2. L'environnement Bossa

L'environnement Bossa se situe dans le domaine des extensions de systèmes d'exploitation où l'on trouve des travaux comme SPIN [BER 95] ou Flux OSKit [FOR 97]. Aussi, Bossa permet de développer et d'intégrer facilement et de façon sûre des ordonnanceurs de processus dans un système d'exploitation.

L'environnement Bossa est organisé autour d'un langage dédié (*domain specific language* DSL) et d'un support d'exécution, comme le montre la Figure 1. Le DSL offre au programmeur des abstractions de haut niveau dédiées au domaine de l'ordonnancement et facilite ainsi l'implémentation de nouvelles politiques d'ordonnancement. Le support d'exécution fournit au système d'exploitation une interface facilitant

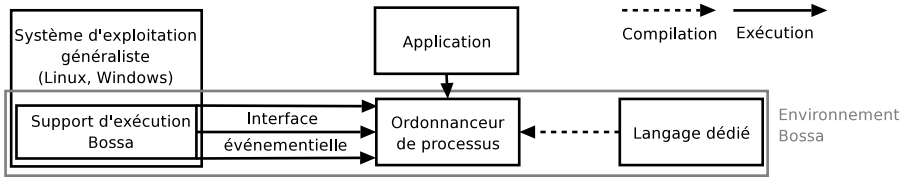

Figure 1 – Environnement Bossa

l'intégration de composants d'ordonnancement. Dès lors, chaque classe d'applications exécutées sur une même machine peut disposer de son ordonnanceur spécifique.

Toutefois, l'exécution simultanée d'ordonnanceurs au sein d'un même système soulève des problèmes de multiplexage de la ressource processeur. Aussi, pour gérer l'accès des différents ordonnanceurs à la ressource processeur, il peut s'avérer nécessaire de déployer une entité de régulation. Dans l'environnement Bossa, cette entité de régulation est implémentée sous la forme d'un ordonnanceur virtuel qui peut être vu comme un ordonnanceur d'ordonnanceurs [LAW 04a]. L'association d'un ordonnanceur virtuel et d'un ou plusieurs ordonnanceurs constitue une hiérarchie d'ordonnanceurs comme le montre la Figure 2. La construction d'une hiérarchie, dans l'environnement Bossa, se fait de façon explicite. Aussi, une application est en mesure de déployer son propre ordonnanceur via l'utilisation d'une bibliothèque de fonctions ad-hoc, comme le montre la Figure 2.

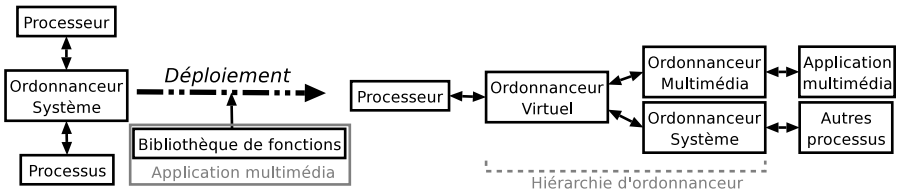

Figure 2 – Exemple du déploiement actuelle d'une application et son ordonnanceur dans l'environnement Bossa

3. Problèmes engendrés par le déploiement d'une application et de son ordonnanceur

Le modèle de déploiement d'une application et de son ordonnanceur dans l'environnement Bossa exhibe les limitations suivantes :

– les conditions d'exécution de l'application sont définies à priori par le programmeur sans tenir compte de l'environnement d'exécution,

– le système ne vérifie pas la pertinence du chargement d'un nouvel ordonnanceur, c'est-à-dire s'il n'existe pas déjà un ordonnanceur sur lequel l'application est en mesure de s'exécuter,

– le système ne vérifie pas lors du chargement d'un ordonnanceur que les garanties offertes initialement aux applications existantes sont encore respectées. En effet, l'exécution simultanée de plusieurs ordonnanceurs sur la même ressource processeur entraîne irrémédiablement des problèmes de partage.

Pour garantir le déploiement cohérent d'une application et son ordonnanceur avec l'environnement existant, le système doit offrir des mécanismes pour répondre aux limitations actuelles.

4. Solutions aux problèmes de déploiement

Nous introduisons les notions de classe d'applications et de services d'ordonnancements. Aussi, pour valider la pertinence du chargement d'un nouvel ordonnanceur, nous proposons de mettre en place un protocole de communication [DEM 02]. Dans ce protocole, une application peut spécifier la classe à laquelle elle appartient, ses besoins en matière d'ordonnancement ainsi que vérifier l'existance d'un service d'ordonnancement compatible dans la hiérarchie d'ordonnanceurs. Pour préserver les garanties d'ordonnancement lors du chargement d'un nouvel ordonnanceur dans une hiérarchie, nous proposons d'utiliser un algorithme de construction de hiérarchies. Pour expliciter ces solutions, nous décrivons tout d'abord une approche introduite par Regehr et Stankovic et proposons ensuite quelques extensions à ce modèle [REG 01].

4.1. *Approche de Regehr et Stankovic*

Regehr et Stankovic ont mis en place une caractérisation des services d'ordonnancement qui permet d'évaluer et de valider l'utilisation de la ressource processeur au sein d'une hiérarche d'ordonnanceurs. Aussi, Regehr et Stankovic proposent qu'un ordonnanceur établisse un contrat de qualité de service avec l'entité qu'il ordonnance (application ou ordonnanceur). Un contrat de service s'exprime selon la syntaxe `TYPE[param]`, où `TYPE` représente le service d'ordonnancement (ordonnanceurs temps réel, à proportion...) et `[param]` représente le quota de ressource processeur garanti par le contrat. La combinaison des différents contrats ébauche le squelette d'une hiérarchie, qui est ensuite construite par un algorithme spécifique.

Ce modèle de déploiement permet de résoudre partiellement i) le problème de négociation de l'intégration d'un ordonnanceur en offrant une classification des ordonnanceurs par type de service d'ordonnancement et ii) le problème de reconfiguration dynamique de la hiérarchie en proposant un algorithme de composition de hiérarchie d'ordonnanceurs.

4.2. *Extension des travaux de Regehr et Stankovic*

Le modèle de déploiement d'ordonnanceurs proposé par Regehr et Stankovic ne permet pas d'établir une demande de ressources au niveau global comme le montre la figure 3. Aussi, la ressource processeur concernée par ce contrat est limitée à la ressource disponible localement au niveau de l'ordonnanceur. De plus, ce modèle ne

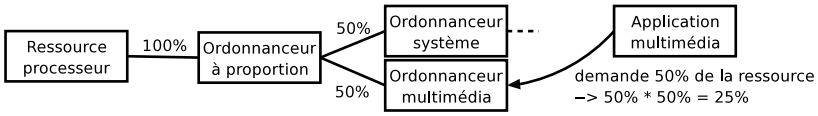

Figure 3 – Limitation de la ressource processeur au niveau local

répond pas aux problèmes de négociation de l'intégration d'un ordonnanceur spécifique. Enfin, l'algorithme de construction interrompt la réalisation de la hiérarchie s'il est impossible de respecter l'un des contrats. Par conséquent, nous proposons :

– de mettre en place un protocole pour autoriser ou non une application à charger son ordonnanceur. Ce protocole est le suivant : une application souhaitant s'exécuter doit exprimer ses besoins d'ordonnancement en utilisant le modèle sémantique défini par Regehr et Stankovic. Cette expression de besoins est alors utilisée par le système pour rechercher dans la hiérarchie s'il existe un service d'ordonnancement compatible. Dans le cas contraire, le système charge le composant d'ordonnancement spécifique à l'application,

– d'étendre l'algorithme de composition d'une hiérarchie d'ordonnanceurs utilisé par Regehr et Stankovic en remplaçant la condition d'arrêt de l'algorithme par une tentative de réallocation de la ressource processeur entre tous les ordonnanceurs présents. Cette extension permet au système d'essayer de répondre aux besoins exprimés par l'application.

Ces deux étapes du déploiement sont illustrées par la Figure 4.

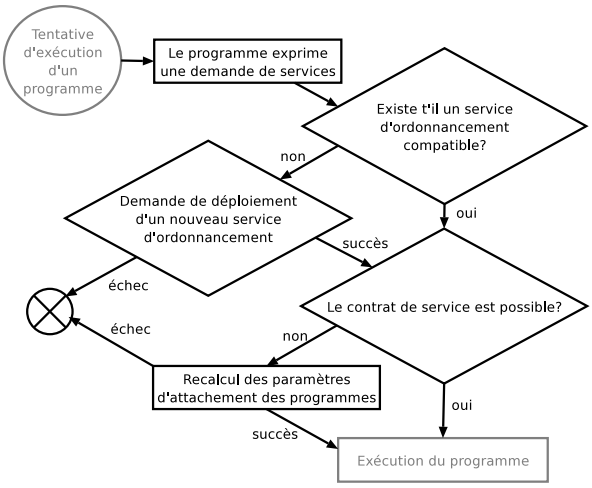

Figure 4 – Algorithme de déploiement d'un ordonnanceur

5. Conclusion

Dans cet article nous avons présenté le principe du déploiement d'une application avec son ordonnanceur dans un système d'exploitation généraliste et décrit les problèmes engendrés. Pour les problèmes non encore adressés par l'utilisation de l'environnement Bossa nous avons proposé i) de valider la pertinence du chargement d'un nouvel ordonnanceur et ii) de vérifier le maintien des contraintes d'ordonnancement lors du chargement d'un nouvel ordonnanceur dans la hiérarchie.

Nous souhaitons maintenant implémenter ces solutions dans l'environnement Bossa. De plus, nous nous proposons d'étudier les possibilités d'adaptabilité de l'application, afin qu'elle puisse revoir ses besoins d'ordonnancement si ceux-ci ne peuvent être satisfaits.

6. Bibliographie

[BAR 02] BARRETO L. P., MULLER G., « Bossa : a Language-based Approach to the Design of Real-time Schedulers », *Proceedings of the 10th International Conference on Real-Time Systems (RTS'2002)*, Paris, France, March 2002, p. 19-31.

[BER 95] BERSHAD B. N., SAVAGE S., PARDYAK P., SIRER E. G., FIUCZYNSKI M. E., BECKER D., CHAMBERS C., EGGERS S., « Extensibility, Safety and Performance in the SPIN Operating System », *Proceedings of the 15th ACM Symposium on Operating Systems Principles*, Copper Mountain Resort, CO, USA, december 1995, p. 267-283.

[DEM 02] DEMEURE I., « Une contribution à la conception et à la mise en oeuvre d'application sous contraintes de QoS temporelle, réparties, adaptables », *Habilitation à Diriger des Recherches*, Lille, France, december 2002.

[FOR 97] FORD B., BACK G., BENSON G., LEPREAU J., LIN A., SHIVERS O., « The Flux OSKit : A Substrate for Kernel and Language Research », *Symposium on Operating Systems Principles*, 1997, p. 38-51.

[JEF 00] JEFFAY K., LAMASTRA G., « A Comparative Study of the Realization of Rate-Based Computing Services in General Operating Systems », *Proceedings of the seventh IEEE International Conference on Real-Time Computing Systems and Application*, December 2000, p. 81-90.

[LAW 04a] LAWALL J. L., MULLER G., DUCHESNE H., « Language Design for Implementing Process Scheduling Hierarchies », *ACM SIGPLAN 2004 Symposium on Partial Evaluation and Program Manipulation - PEPM'04*, Verone, Italie, August 2004, p. 24-25.

[LAW 04b] LAWALL J., LE MEUR A.-F., MULLER G., « On Designing a Target-Independent DSL for Safe OS Process-Scheduling Components », *To appear in the Proceedings of the Third International Conference on Generative Programming and Component Engineering (GPCE'04)*, Vancouver, Canada, October 2004.

[REG 01] REGEHR J., STANKOVIC J. A., « A Framework for Composing Soft Real-Time Schedulers », *Proceedings of the 22nd IEEE Real-Time Systems Symposium (RTSS 2001)*, December 2001, p. 3-14.