

Image Cover Sheet

CLASSIFICATION

UNCLASSIFIED

SYSTEM NUMBER

149643

**TITLE**LES STRATEGIES DE RESOLUTION DE CONFLITS UTILISEES AVEC UNE RESTRICTION DE TYPE
TEMPOREL

AN: 95-00581

System Number:**Patron Number:****Requester:****Notes:****DSIS Use only:****Deliver to:** NL

Les stratégies de résolution de conflits utilisées avec une restriction de type temporel

Micheline Bélanger¹

Centre de recherche pour la défense, Valcartier
2459, boul. Pie-XI nord (C.P. 8800)
Courcellette (Québec)
G0A 1R0

#149643

Résumé

Les systèmes experts basés sur les règles de production répètent itérativement trois étapes principales lors de leur exécution. Ces trois étapes sont: l'appariement de la mémoire de production avec la mémoire de données, la sélection de la règle à exécuter et l'exécution de la règle choisie. Le travail décrit ici se limite à la phase de sélection de règles réalisée par l'utilisation de stratégies de résolution de conflits.

Le but de ce travail est de cerner la ou les techniques de résolution de conflits qui est(sont) la(les) plus souhaitable(s) dans les applications comportant une restriction de type temporel. Plusieurs des stratégies utilisées habituellement dans les systèmes experts (e.g. le degré de priorité associé aux règles, le degré de complexité associé aux règles, l'âge des faits contenus dans les règles de l'ensemble de conflits, etc) ont été étudiées dans un contexte où les résultats doivent être obtenus à l'intérieur d'un temps t , déterminé à l'avance. Les avantages et les inconvénients de chacune des stratégies ont été répertoriés afin de prendre conscience des possibilités de chacune.

Les résultats obtenus de ces diverses études permettent de définir une stratégie de résolution de conflits propice aux applications ayant une contrainte temporelle à respecter. Par la suite, une combinaison de techniques de résolution de conflits a également été étudiée toujours dans un contexte comportant une contrainte de type temporel.

Introduction

Plusieurs systèmes experts sont basés sur les règles de production. Ce genre de système est formé d'un ensemble de règles localisé dans la mémoire de production ainsi que d'un ensemble de faits localisé dans une base de données appelée la mémoire de données. Le moteur d'inférence du système expert exécute en cycle trois opérations sur ces deux mémoires (voir la figure 1). Premièrement, il vérifie quelles sont les règles de la mémoire de production dont les conditions sont satisfaites par les faits contenus dans la mémoire de données. L'appariement de la mémoire de production avec la mémoire de données permet l'obtention d'un ensemble de règles appelé l'ensemble de conflits. Deuxièmement, le

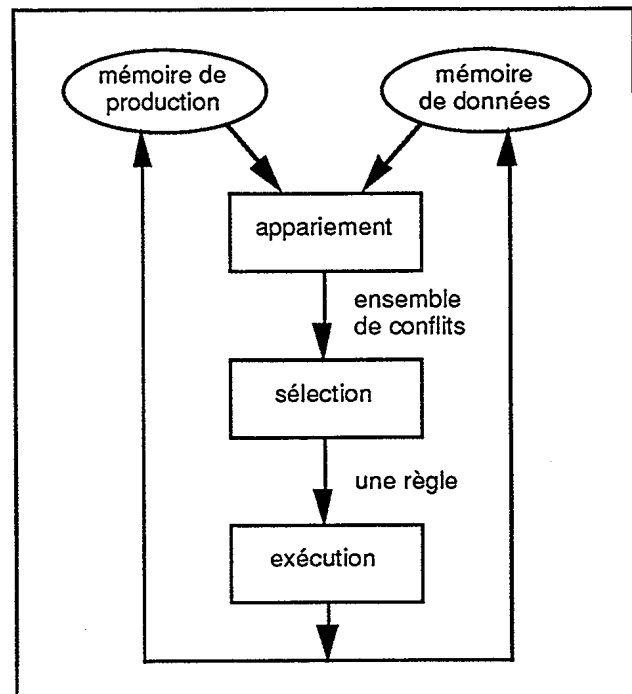


FIGURE 1: cycle d'exécution

¹ Téléphone: (418) 844-4379
e-mail: belanger@jupiter.drev.dnd.ca

moteur d'inférence fait la sélection de la règle à exécuter parmi les règles de cet ensemble en utilisant des techniques appelées stratégies de résolution de conflits. Finalement, il exécute la règle choisie. L'exécution d'une règle peut entraîner des modifications de la mémoire de production aussi bien que de la mémoire de données. Ces trois opérations sont donc répétées aussi longtemps qu'il y a des règles actives dans l'ensemble de conflits.

Le lien entre la mémoire de production et la mémoire de données peut être représenté par un arbre de connaissances appelé l'espace de recherche du système expert. La figure 2 présente un arbre de recherche contenant les faits A et B ainsi que les trois règles:

R1: SI A ALORS C
 R2: SI B ALORS E
 R3: SI B ET C ALORS F

Les noeuds de l'arbre représentent les faits courants alors que les branches représentent les règles applicables. Les règles peuvent être exécutées selon différentes séquences. Ainsi, si le but du système expert de la figure 2 est de savoir si le fait F existe, il est plus rapide d'utiliser le parcours R1-R3 que les parcours R2-R1-R3 ou R1-R2-R3.

Dans plusieurs systèmes à caractère militaire, le temps de réponse est un des facteurs critiques de succès. Dans un tel contexte, les systèmes sont soumis à une contrainte de type temporel où le temps d'obtention de certaines réponses est limité. La restriction de type temporel est une des caractéristiques des systèmes experts en temps réel [Référence 1].

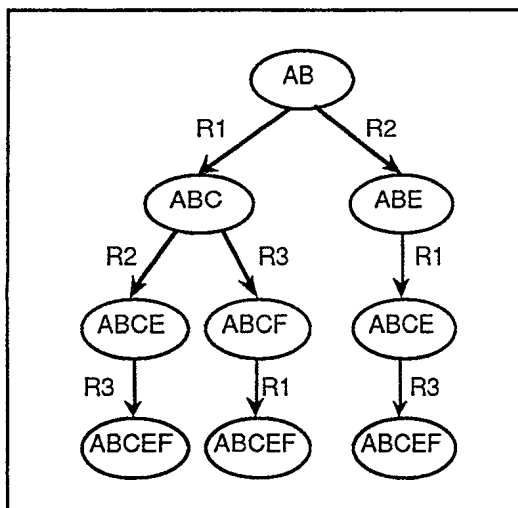


FIGURE 2: espace de recherche

Lorsqu'il est question de diminuer le temps de réponse d'un système expert, trois avenues sont habituellement considérées:

- 1) la réduction du temps nécessaire pour l'appariement des règles;
- 2) la réduction du temps nécessaire pour la sélection de la règle à exécuter; ou
- 3) la réduction du temps nécessaire pour l'exécution d'une règle.

La réduction du temps de sélection de la règle à exécuter s'avère un choix discutable dans le contexte qui nous intéresse. En utilisant une méthode de sélection plus rapide, il existe un risque que le choix ainsi fait soit moins approprié pour le problème à traiter en priorité. De plus, si le système expert doit atteindre simultanément plusieurs buts, la règle choisie peut ne pas être directement impliquée dans le processus de résolution qui nécessite une réponse à l'intérieur d'un temps limité.

Une façon d'éviter ce problème consiste à améliorer la phase de sélection de la règle à exécuter. Si, en ayant une meilleure phase de sélection, le moteur d'inférence réduit le nombre de cycle du système expert avant l'obtention de la solution désirée (parcours plus rapide), il devrait en résulter une réduction de temps de réponse. Il faut donc être en mesure d'éviter que le système expert perde un temps précieux à exécuter des raisonnements qui ne sont pas absolument nécessaire à l'obtention des réponses devant respecter des contraintes de temps. Dans cette optique, il devient acceptable de prendre plus de temps pour choisir une règle, puisque cela implique de ne pas faire de raisonnements qui pourraient être exécutés en second lieu.

L'idée de base consiste donc à exécuter en premier les règles impliquées dans le processus d'obtention de réponse le plus restreint dans le temps. Par la suite, le moteur d'inférence peut exécuter les autres règles de l'ensemble de conflits dont les contraintes de temps sont plus larges.

Les stratégies de résolution de conflits

Une des fonctions du moteur d'inférence d'un système expert est de choisir dans l'ensemble de conflits la prochaine règle qui sera exécutée. Pour ce faire, le moteur d'inférence utilise une stratégie de résolution de conflits. Il existe plusieurs de ces stratégies. Cette section décrit les stratégies de résolution de conflits que l'on retrouve habituellement dans les systèmes experts [Référence 2].

Le degré de priorité associé aux règles

Dans cette stratégie de résolution de conflits, le programmeur associe un degré de priorité à chacune des règles de la base de connaissances. Lors de la phase de sélection, le moteur d'inférence choisit, parmi toutes les règles de l'ensemble de conflits, celle qui a le degré de priorité le plus élevé. Par exemple, les degrés de priorité peuvent être représentés par des entiers échelonnés de -100 à +100, où la valeur +100 est la priorité la plus élevée et -100 la moins élevée.

Cette stratégie est, sans contredit, très importante puisqu'elle permet au programmeur d'indiquer un ordre de priorité d'exécution des règles. Grâce à cette stratégie, le moteur d'inférence choisit les règles qui sont les plus importantes à exécuter en premier. Cette stratégie met l'emphase sur les règles et non pas sur les faits contenus dans les règles. Il est néanmoins possible au programmeur de donner un degré de priorité en fonction du type de faits contenus dans la règle. Par contre, lorsque la même règle est activée plus d'une fois mais avec des faits différents, ou lorsque plus d'une règle a le même degré de priorité, cette stratégie ne permet pas de désigner la règle qui devrait être exécutée en premier.

Le degré de complexité associé aux règles

Le degré de complexité associé aux règles représente le nombre de clauses du côté gauche de la règle. Pour certains moteurs d'inférence de systèmes experts, il peut également représenter le nombre de prédicats de chacune des clauses. Il y a deux techniques reliées au degré de complexité associé aux règles: soit le moteur d'inférence choisira, parmi les règles de l'ensemble de conflits, la règle qui possède le plus haut degré de complexité; soit il choisira la règle qui possède le plus bas degré de complexité.

La stratégie du degré de complexité associé aux règles exploite l'idée que plus une règle a de clauses, plus elle est spécifique, ou vice versa. Cette stratégie n'apporte rien d'avantageux puisque leur fondement est tout-à-fait arbitraire. Le nombre de clauses que possède une règle ne donne aucune indication contenant l'ordre dans lequel devraient être exécutées les règles ou devraient être traités les faits. L'utilisation de cette stratégie apparaît donc sans valeur significative.

L'âge des règles de l'ensemble de conflits

L'âge d'une règle de l'ensemble de conflits correspond au temps écoulé depuis que la règle a été placée dans l'ensemble de conflits jusqu'au moment présent. Il y a deux différentes techniques reliées à l'âge des règles de l'ensemble de conflits. Soit le moteur d'inférence, lors de la phase de sélection, choisit la plus vieille règle de l'ensemble de conflits, soit il choisit la plus jeune règle.

Dans le premier cas, on considère que plus une règle est vieille, plus il est important de l'exécuter en premier. Dans le second cas, l'idée qu'une règle activée récemment est plus importante qu'une règle activée plus tôt est exploitée. L'idée peut être intéressante dans certaines situations où il est toujours plus importants de travailler sur les raisonnements les plus récents.

Le problème avec ces stratégies est qu'il n'y a aucune référence sur l'importance devant être accordée à la nature de la règle même ainsi qu'aux faits qu'elle contient.

L'âge des faits contenus dans les règles de l'ensemble de conflits

Dans cette stratégie, le moteur d'inférence tient compte de l'âge des faits contenus dans les règles de l'ensemble de conflits. L'âge des faits est calculé à partir de leur création. Il y a donc essentiellement deux techniques reliées à l'âge de faits contenus dans les règles de l'ensemble de conflits. Le moteur d'inférence, lors de la phase de sélection, peut choisir la règle de l'ensemble de conflits contenant les plus vieux faits. Cette stratégie implique que plus un fait est vieux plus il est important. Le moteur d'inférence peut également choisir la règle de l'ensemble de conflits contenant les faits les plus jeunes. Cette dernière stratégie implique que les faits les plus récents sont plus importants que les plus vieux.

L'utilisation de l'âge des faits contenus dans les règles permet de diriger le raisonnement du système expert en fonction de l'importance qu'ont les faits entre eux. Par contre, il n'est nullement question de l'importance que peuvent avoir les règles entre elles.

Le hasard

Dans cette stratégie, on laisse le hasard choisir la prochaine règle qui sera exécutée. Parfois, le meilleur choix est fait, parfois le pire. Il n'y a aucune référence à l'importance rattachée aux règles ou aux faits.

La première règle

Dans cette stratégie, le moteur d'inférence choisit la première règle de l'ensemble de conflits. Cette stratégie est celle qui prend le moins de temps à s'exécuter. Elle peut être considérée équivalente au hasard puisqu'il n'y a aucune notion de direction dans le choix des règles.

Les combinaisons de stratégies

Il arrive fréquemment qu'une seule stratégie de résolution de conflits ne soit pas suffisante, i.e. que la stratégie utilisée sélectionne plus d'une règle. Par exemple, plus d'une règle peuvent avoir le même degré de priorité ou le même âge des faits. Dans ces circonstances, il faut appliquer une seconde stratégie de résolution de conflits sur ce sous-ensemble de règles. Il est même possible qu'une troisième stratégie soit nécessaire.

La seconde et la troisième stratégies doivent, tout comme la première, être choisies en fonction des besoins de l'application.

Application type

L'application qui nous intéresse concerne l'identification des pistes (traduction libre de "tracks") détectées par un système radar. Supposons un système expert qui reçoit les pistes d'avions détectées par les gens d'une section de surveillance et qui a comme mission de les identifier à l'intérieur d'un laps de temps précis. Le système expert donne à l'opérateur l'identification de chaque piste et dans le cas contraire, l'avertit qu'une piste ne peut être identifiée à l'intérieur du laps de temps permis. Notre système expert est un système ouvert sur le monde extérieur puisqu'il reçoit les pistes d'un autre système.

Les informations concernant les pistes sont composées du nom de la piste, de l'heure de sa détection, de sa position au moment présent ainsi que de sa vitesse et de son altitude. Le système expert reçoit les nouvelles détections et les nouvelles positions des pistes déjà détectées à intervalle régulier. Le système expert doit donc être en mesure de faire le suivi d'une piste qui se déplace. Pour ce faire, il a besoin de conserver un historique pour chaque piste. Il doit également faire une distinction entre le traitement d'une nouvelle piste et le traitement d'une piste déjà dans le système. Le système expert doit donc traiter simultanément plusieurs informations de

type piste, et ce à l'intérieur du délai fixé à l'avance qui s'applique à chacune des pistes. Certaines des informations reçues portent sur de nouvelles pistes alors que d'autres sont des mises-à-jour des pistes existantes.

**Une stratégie adaptée
à une restriction de type temporel**

Dans l'application qui nous intéresse, il serait inapproprié d'utiliser un système expert conventionnel dans lequel les pistes d'avion seraient identifiées successivement. Dans ce genre de système, puisque les informations relatives à une piste sont reçues à intervalle régulier, toutes les autres pistes détectées devraient attendre que la piste traitée soit complètement identifiée avant de commencer l'identification d'une autre piste. Ce genre de système est inacceptable du fait qu'il est possible que des pistes n'aient pas la chance d'être identifiées avant l'expiration de leur délai d'identification. De plus, il serait sans intérêt de limiter le système expert à identifier une seule piste alors qu'il aurait du temps disponible pour en traiter plusieurs.

Étant donné que toutes les informations pour identifier les pistes sont obtenues sur un intervalle de temps, le système expert doit pouvoir garder un historique de chacune des pistes qui ont été détectées et qui n'ont pas encore été identifiées. Il va de soit que le système expert doit pouvoir mener de front l'identification de plusieurs pistes. Le problème qui apparaît à ce stade est de déterminer quand et comment le système expert doit traiter chacune des pistes. Regardons donc le problème plus en profondeur.

Chacune des pistes reçues par le système expert doit être identifiée à l'intérieur d'un temps fixe. On peut donc penser que les pistes les plus vieilles devraient être traitées en premier puisqu'il reste moins de temps pour identifier ces pistes que celles plus récentes. La stratégie de l'âge des faits contenus dans les règles de l'ensemble de conflits semble, à premier abord, applicable. Lors de l'utilisation de cette stratégie, le moteur d'inférence choisira toujours les règles dont les faits sont les plus vieux donc les plus vieilles pistes. Jusqu'ici tout semble parfait. Les problèmes arrivent lorsque pour identifier une vieille piste, on infère de nouveaux faits lesquels permettront éventuellement d'identifier la piste. Puisque ces nouveaux faits sont récents, ou si vous préférez moins vieux que d'autres pistes, le moteur d'inférence arrêtera

d'essayer d'identifier notre première piste, laquelle est maintenant représentée par de nouveaux faits. Le système expert s'attaquera à d'autres pistes qui sont plus jeunes que la vieille piste initiale mais plus vieilles que les faits inférés. La stratégie reliée à l'âge des faits contenus dans les règles de l'ensemble de conflits n'est donc pas tout-à-fait approprié. La stratégie de l'âge des règles de l'ensemble de conflits est elle aussi soumise aux même problème.

Le principe d'utiliser l'âge des faits contenus dans les règles de l'ensemble conflits est approprié lorsqu'on choisit les pistes qui doivent être identifiées en premier. Il faudrait que tout nouveau fait impliqué dans le processus d'identification d'une telle piste soit considéré avec la même priorité que la dite piste. On peut donc concevoir un degré de priorité qui serait associé à chacun des faits. Ce degré de priorité serait fonction de la piste à identifier et serait partagé par tous les faits impliqués dans le processus d'identification de cette même piste. Le degré de priorité associé aux faits serait la première stratégie à appliquer lors de la sélection de la règle à exécuter. Ainsi, toutes les règles impliquées dans le processus d'identification d'une même piste d'avion auraient le même degré de priorité des faits. Ces règles, par le fait même, seront traitées en fonction du degré plus ou moins élevé de leur priorité de faits. Toutes les autres règles ayant un degré de priorité moindre seront traitées lorsqu'il n'y aura pas de degré de priorité de faits qui leur seront supérieur dans l'ensemble de conflits.

Une combinaison de stratégies adaptée à une restriction de type temporel

Nous venons donc de définir la première stratégie de résolution de conflits à utiliser avec une restriction de type temporel. Cette stratégie n'est cependant pas suffisante dans le cas où l'ensemble de conflit contient plus d'une règle traitant des faits ayant un même degré de priorité. Par exemple, plusieurs règles différentes peuvent s'appliquer aux même faits dans le but de vérifier des aspects différents de l'historique d'une piste. Dans ce cas, nous avons besoin d'une deuxième stratégie. Étant donné que la première stratégie veille à ce que les données prioritaires soient traitées en premier, nous pouvons concevoir qu'il serait adéquat d'utiliser une stratégie permettant de tenir compte de l'importance des règles lors du déroulement d'un raisonnement. Ainsi la stratégie du degré de priorité associé aux règles semble tout indiqué pour devenir la seconde stratégie.

Comme la combinaison de ces deux stratégies ne donne pas l'assurance que seulement une règle sera choisie dans la phase de sélection, une troisième stratégie doit être ajoutée. La troisième stratégie sera celle du "hasard" afin d'avoir la certitude qu'une seule règle soit sélectionnée.

Conclusion

Selon le type d'application qui nous intéressait, une nouvelle stratégie de résolution de conflits, appelée le "degré de priorité associé aux faits", a été définie. La caractéristique principale de cette stratégie est de veiller à ce que, pour certaines données dont le temps de traitement est limité, le traitement associé aux plus vieilles données est exécuté avant celui associé aux plus jeunes. Par exemple, l'identification des vieilles pistes sera exécutée en priorité puisque pour ces dernières, il reste moins de temps de traitement disponible.

La combinaison de stratégies proposée pour l'application de l'identification des pistes permet de tenir compte de plusieurs aspects de résolution de ce problème. Premièrement, la stratégie du "degré de priorité associé aux faits" permet de tenir compte de l'importance des faits. Ainsi le traitement des faits les plus prioritaires sera toujours effectué en premier lieu. Deuxièmement, la stratégie du "degré de priorité associé aux règles" permet de tenir compte de l'importance des règles. Ainsi, lors de l'identification d'une piste, les aspects les plus critiques seront vérifiés en premier. Et troisièmement, la stratégie du hasard permet de faire la sélection d'une seule règle lorsque plus d'une règle a été sélectionnée par les deux autres stratégies.

En bref, la stratégie de résolution de conflits du "degré de priorité associé aux faits" permet d'abord et avant tout de traiter les faits selon l'importance qu'on doit leur accorder. Cette stratégie peut être utilisée dans toute application où certains types de faits doivent être traités à l'intérieur d'un temps donné. Par contre, la combinaison de stratégies proposée ne résoud pas tous les problèmes occasionnés par une contrainte temporelle. Aussi, un aspect qui pourrait faire l'objet d'investigations futures est la gestion du manque de temps d'exécution.

Références

1. M. Bélanger, "Real-Time Expert Systems", *DREV M - 3130193*, avril 1993, SANS CLASSIFICATION.

2. A. C. Stylianou, G. R. Madey et R. D. Smith, "Selection Criteria for Expert System Shells: A Socio-Technical Framework", *Communications of the ACM*, vol. 35, n° 10, p. 30-48, octobre 1992.