Office de la Propriété Intellectuelle du Canada
Un organisme d'Industrie Canada

Canadian Intellectual Property Office
An agency of Industry Canada

CA 2437627 C 2010/07/20

(11)(21) 2 437 627

(12) BREVET CANADIEN
CANADIAN PATENT

(13) C

(86) Date de dépôt PCT/PCT Filing Date: 2002/02/01
(87) Date publication PCT/PCT Publication Date: 2002/08/08
(45) Date de délivrance/Issue Date: 2010/07/20
(85) Entrée phase nationale/National Entry: 2003/08/01
(86) N° demande PCT/PCT Application No.: FR 2002/000398
(87) N° publication PCT/PCT Publication No.: 2002/061579
(30) Priorité/Priority: 2001/02/01 (FR01/01378)

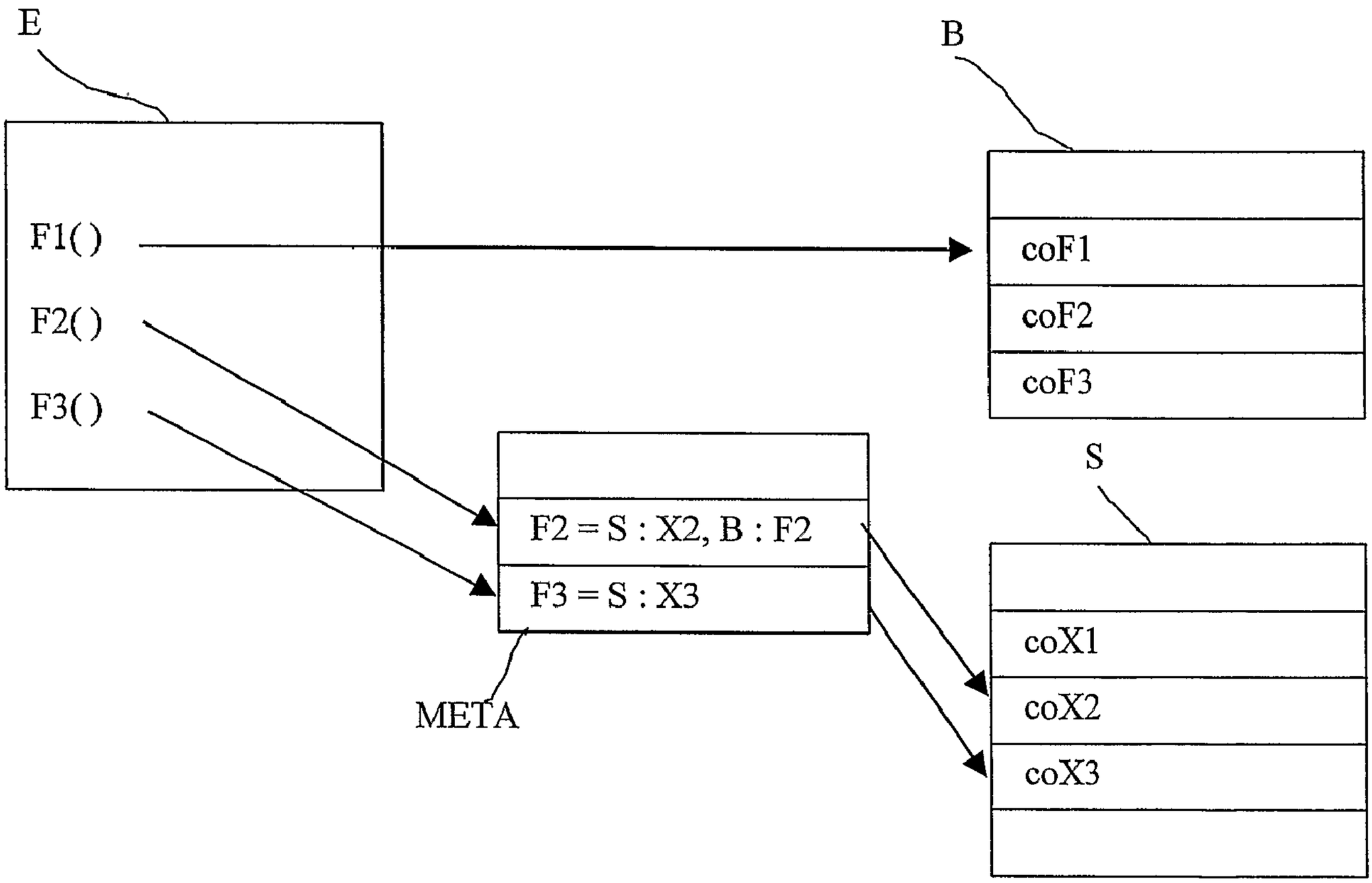
(51) Cl.Int./Int.Cl. *G06F 9/445* (2006.01),
G06F 9/42 (2006.01)

(72) Inventeur/Inventor:
VERTES, MARC PHILIPPE, FR

(73) Propriétaire/Owner:
INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION, US

(74) Agent: WANG, PETER

(54) Titre : PROCEDE ET SYSTEME POUR GERER DES EXECUTABLES A BIBLIOTHEQUES PARTAGEES
(54) Title: METHOD AND SYSTEM FOR MANAGING SHARED-LIBRARY EXECUTABLES



(57) Abrégé/Abstract:
L'invention concerne un procédé et un système pour modifier de manière non intrusive un fichier exécutable E comprenant des références (F1, F2, et F3) à des fonctions disposées dans au moins une bibliothèque partagée B au sein d'un ordinateur. Selon l'invention on crée au moins deux nouveaux fichiers, un ficher META comprenant quelques références non résolues (F2, F3) dans le fichier exécutable E et un fichier de services comprenant de nouvelles fonctions ou services (X2, X3) à insérer dans le fichier exécutable E. La phase d'édition de liens affecte en priorité au fichier META puis à la bibliothèque partagée B les références non

CA 2437627 C 2010/07/20

(11)(21) 2 437 627

(13) C

(57) Abrégé(suite)/Abstract(continued):
résolues. Lorsque ces références sont répertorier dans le fichier META, alors on établit, pour cette référence, un lien entre de la bibliothèque partagée B. Dans le fichier META on a ensuite la possibilité d'associer à cette référence une ou plusieurs fonctions stockées partagée B. L'invention permet l'extension incrémentale et non intrusive des systèmes d'exploitation. Il n'es plus nécessaire d'effectuer des modifications au cœur du noyau pour modifier le comportement du système.

ABREGE

Procédé et système pour gérer des exécutables à bibliothèques partagées.

L'invention concerne un procédé et un système pour modifier de manière non intrusive un fichier exécutable E comprenant des références (F1, F2 et F3) à des fonctions disposées dans au moins une bibliothèque partagée B au sein d'un ordinateur. Selon l'invention on crée au moins deux nouveaux fichiers, un fichier META comprenant quelques références non résolues (F2, F3) dans le fichier exécutable E et un fichier de services comprenant de nouvelles fonctions ou services (X2, X3) à insérer dans le fichier exécutable E. La phase d'édition de liens affecte en priorité au fichier META puis à la bibliothèque partagée B les références non résolues. Lorsque ces références sont répertorier dans le fichier META, alors on établit, pour cette référence, un lien entre le fichier exécutable E et le fichier META à la place de la bibliothèque partagée B. Dans le fichier META on a ensuite la possibilité d'associer à cette référence une ou plusieurs fonctions stockées dans le fichier de service S et/ou dans la bibliothèque partagée B. L'invention permet l'extension incrémentale et non intrusive des systèmes d'exploitation. Il n'est plus nécessaire d'effectuer des modifications au cœur du noyau pour modifier le comportement du système.

Voir figure 2

"Procédé et système pour gérer des exécutables à bibliothèques partagées."

La présente invention concerne un procédé et un système pour gérer des fichiers exécutables utilisant des bibliothèques partagées.

D'une façon générale, pour éviter des fichiers exécutables de grande capacité, on rassemble dans un fichier distinct l'ensemble de fonctions communes à ces fichiers exécutables. Ce fichier distinct ou bibliothèque partagée est habituellement intégré dans des systèmes d'exploitation. Ainsi, les codes objets définissant une fonction ne sont plus intégrés dans des fichiers exécutables, seule la référence à cette fonction est indiquée dans les fichiers exécutables.

Un fichier exécutable utilisant au moins une bibliothèque partagée, ou fichier exécutable dynamique, fait donc appel à des fonctions d'usage commun contenues dans la bibliothèque partagée. Si l'on désire modifier même une partie mineure du fichier exécutable, on est obligé d'effectuer la modification sur l'ensemble du code source du fichier exécutable, puis de réaliser à nouveau une phase de compilation de ce code source. Cependant, le code source d'un fichier exécutable n'est pas toujours disponible.

Le but de l'invention est de permettre une modification dynamique du comportement d'un fichier exécutable dynamique de manière non intrusive, c'est à dire sans modification physique du fichier d'exécutable et d'éventuelles bibliothèques partagées.

La présente invention a également pour but d'étendre, de manière dynamique et non intrusive, les capacités des fichiers exécutables existants durant leur exécution.

On atteint les objectifs ci-avant avec un procédé pour modifier de manière non intrusive un fichier exécutable comprenant des références à des fonctions disposées dans au moins une bibliothèque partagée au sein d'un ordinateur. Selon l'invention, pour une référence dans le fichier exécutable faisant appel à une fonction donnée de la bibliothèque partagée, on accède à un fichier de référence servant de relais entre le fichier exécutable et l'endroit où est effectivement disposée ladite fonction donnée, ce fichier de référence comportant l'adresse de cette fonction donnée, on remplace cette adresse par une nouvelle adresse pointant vers une autre fonction de sorte qu'au cours de l'exécution du fichier exécutable, l'appel à ladite fonction donnée, permet l'exécution de cette autre fonction.

L'invention est telle qu'on agit sur un fichier de référence comportant des adresses des fonctions de façon à modifier ces adresses et fournir ainsi au fichier exécutable, un nouveau code objet sans changer le fichier exécutable.

Selon un premier mode de mise en œuvre de l'invention:

- au lancement du fichier exécutable, on pré-charge un fichier de référence comprenant une pluralité de références à des fonctions nouvelles disposées dans un fichier de services,

- lors de la phase d'édition dynamique de liens pendant le lancement du fichier exécutable, pour chaque référence non résolue comprise dans le fichier exécutable, on affecte en priorité ladite référence au fichier de référence dans la mesure où cette référence est définie dans ce fichier de référence, sinon on affecte cette référence à la bibliothèque partagée,

- au cours de l'exécution du fichier exécutable, l'appel à une fonction référencée dans le fichier de référence, permet l'exécution d'une fonction nouvelle

disposée dans le fichier de service au lieu de l'exécution de la fonction réellement appelée, le chemin d'accès à cette fonction nouvelle étant définie dans le fichier de référence.

Une référence est considérée non résolue lorsque le code objet de la fonction à laquelle elle renvoie n'est pas inclus dans le fichier exécutable.

Un fichier de services est un fichier renfermant de nouveaux services ou fonctions que l'on souhaite adjoindre au fichier exécutable. Le fichier de références comprend une partie des références présentes dans le fichier exécutable. D'une façon conventionnelle, ces références ont pour but l'exécution des fonctions de la bibliothèque partagée. Mais avec le procédé selon l'invention, avant de faire le lien entre chaque référence du fichier exécutable et une fonction correspondante dans la bibliothèque partagée, on vérifie d'abord si cette fonction est référencée dans le fichier de références. Dans l'affirmatif, on dit que le fichier de références a intercepté cette fonction correspondante et on réalise alors un lien entre cette référence et le fichier des références. Dans le cas contraire, c'est-à-dire la fonction n'est pas référencée dans le fichier de références, on effectue de façon conventionnelle un lien dynamique entre le fichier exécutable et la fonction correspondante dans la bibliothèque partagée.

Lorsqu'une fonction est interceptée, le fichier de référence comprend une référence à cette fonction, et on associe une ou plusieurs fonctions nouvelles à cette référence. En d'autres termes, à chaque référence du fichier de références est associé un chemin d'accès vers une nouvelle fonction. Cette nouvelle fonction peut être une fonction (ou service) présente dans le fichier de services. Par ailleurs, le chemin d'accès défini dans le fichier de référence peut en outre permettre l'exécution

d'une fonction de la bibliothèque partagée. Le fait d'intercepter une fonction permet donc de substituer cette fonction originale soit par de nouvelles fonctions, soit par une combinaison de fonctions comprenant ou non la fonction originale stockée dans la bibliothèque partagée.

Dans un mode particulier de réalisation, lors du premier appel à une fonction référencée dans le fichier de référence, on effectue une nouvelle phase d'édition dynamique de liens entre les références comprises dans le fichier de référence et des fonctions en relation avec ces références. On peut effectuer cette nouvelle phase d'édition dynamique de liens en utilisant des routines de manipulation de bibliothèques partagées.

Avantageusement, on peut donc gérer le fichier de référence et le fichier de services en tant que des bibliothèques partagées.

Selon un mode de mise en œuvre de l'invention, au cours de l'exécution du fichier exécutable, on contrôle et modifie les chemins d'accès dans le fichier de référence au moyen d'un canal de commande.

On peut également utiliser le canal de commande pour contrôler les fonctions comprises dans le fichier de services.

Les fichiers exécutables sont désormais mutables, sans qu'il soit nécessaire de les régénérer. Des services peuvent être insérés, supprimés, ou modifiés en cours d'exécution.

Le fichier de référence se sert des fonctions d'édition dynamique de liens du système d'exploitation de l'ordinateur pour modifier les fichiers exécutables et activer ou désactiver des services.

Selon l'état de la technique, le processus d'édition dynamique de liens est normalement activée uniquement au chargement du fichier exécutable, avant son lancement. Avec le procédé selon l'invention, ce processus est

accessible pendant toute la durée d'exécution du fichier exécutable.

On dit que le fichier de références est réentrant car une même fonction peut être altérée par plusieurs services, l'ordre d'exécution de ces services étant défini par ce fichier de références.

Selon un autre aspect de l'invention, il est proposé un système pour modifier de manière non intrusive un fichier exécutable comprenant des références à des fonctions disposées dans au moins une bibliothèque partagée au sein d'un ordinateur. Avantageusement, ce système comprend :

- un fichier de services comportant une pluralité de fonctions destinées à être insérées de façon dynamique dans le fichier exécutable lors d'une phase d'exécution de ce fichier exécutable,
- un fichier de référence comportant une pluralité de références à des fonctions localisées dans ledit fichier de services et dans la bibliothèque partagée, et
- des moyens de commande pour contrôler et commander le fichier de services et le fichier de référence.

Selon un second mode de mise en œuvre de l'invention, on désire gérer une bibliothèque partagée dotée d'une pseudo-fonction locale capable de simuler la présence d'une fonction dans la bibliothèque partagée, cette pseudo-fonction pointant en fait une adresse disposée dans une table de relocation. Certaines étapes du procédé sont mises en œuvre par un module de gestion. Pour ce faire, le fichier de référence consiste en la table de relocation, et après le chargement du module de gestion :

- on détermine, au sein du fichier exécutable, la liste des objets dynamiques ainsi que leurs adresses respectives de chargement; pour chaque objet dynamique, la liste des fonctions externes importées ainsi que la liste des fonctions exportées; et

- on modifie, en cours d'exécution du fichier exécutable, dans la table de relocation, l'adresse d'une fonction donnée de sorte que le prochain appel à cette fonction donnée permet l'exécution d'une fonction correspondant à la nouvelle adresse.

Ce second mode permet d'agir sur une table d'adresses préexistantes. En effet les bibliothèques partagées comportant des fonctions exportées sont dotées de table de relocation et dans l'art antérieur, ces tables sont statiques. En modifiant la table de relocation, on modifie le graphe d'appel.

Avantageusement, on peut mémoriser l'ensemble des modifications subies par la table de relocation de façon à rendre le processus des modifications réversible.

De préférence, le module de gestion étant doté d'un langage de commande, on peut modifier de façon dynamique la table de relocation.

Pour charger le module de gestion dans le fichier exécutable, on peut pré-charger le module de gestion sous forme de bibliothèque partagée au démarrage du fichier exécutable. Autrement, on peut aussi interrompre le fichier exécutable en cours d'exécution au moyen d'un module de supervision, ce module de supervision étant externe au fichier exécutable et apte à commander le module de gestion; insérer un point d'arrêt dans le fichier exécutable à l'instruction courante; et charger le module de gestion dans le fichier exécutable. Le module de gestion est traité comme une bibliothèque partagée.

Selon une caractéristique avantageuse de l'invention, on transmet au module de gestion des commandes de modification de la table de relocation au moyen du module de supervision qui est doté de moyen d'appel du module de gestion.

Avec ce second mode, les nouvelles fonctions peuvent ne pas être prédéterminées. Elles peuvent se trouver

prédéfinies dans un fichier de service ou être crée alors que le fichier exécutable est en cours d'exécution.

Selon l'invention, on peut retirer le module de gestion du fichier exécutable en cours d'exécution à l'aide de moyens de libération contenus dans le module de supervision.

Selon un troisième mode de mise en œuvre dans lequel le système d'exploitation de l'ordinateur charge à la volée en cours d'exécution une nouvelle bibliothèque partagée comportant des fonctions exportées, les adresses de ces fonctions exportées étant stockées dans des variables locales arbitraires du fichier exécutable, on interpose le fichier de référence entre les variables locales et les fonctions exportées susceptibles d'être appelées par le fichier exécutable, le fichier de référence comportant par défaut les adresses de ces fonctions exportées. Le fichier de référence est tel qu'il peut être modifié au moyen d'un module de gestion. Ce fichier de référence est donc placé à un endroit accessible par le module de gestion contrairement aux variables locales.

D'autres avantages et caractéristiques de l'invention apparaîtront à l'examen de la description détaillée d'un mode de mise en œuvre nullement limitatif, et des dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 est un schéma simplifié illustrant l'organisation physique d'un fichier exécutable utilisant une bibliothèque partagée selon l'art antérieur;

- la figure 2 est un schéma simplifié illustrant l'organisation physique d'un fichier exécutable utilisant plusieurs bibliothèques partagées selon la présente invention;

- la figure 3 est un organigramme comprenant différentes étapes d'un procédé selon l'invention;

- la figure 4 est un schéma simplifié illustrant l'organisation physique d'un fichier exécutable utilisant une bibliothèque partagée dotée d'un moyen de re-direction vers des fonctions exportées;

- la figure 5 reprend les éléments de la figure 4 dans le cas où il y a eu remplacement d'une fonction exportée selon le second mode de mise en œuvre de la présente invention; et

- la figure 6 est un schéma simplifié illustrant un troisième mode de mise en œuvre de l'invention dans le cas d'une bibliothèque partagée chargée en cours d'exécution par le système d'exploitation de l'ordinateur.

Sur la figure 1 est représentée une organisation physique d'un fichier exécutable dynamique E utilisant une bibliothèque partagée B selon l'art antérieur. Le fichier exécutable E est un programme sous forme de code objet dans lequel sont spécifiés des symboles F1, F2 et F3. Ces symboles sont des références à des fonctions F1, F2 et F3 d'usage commun dont les codes objets coF1, coF2 et coF3 sont stockés dans la bibliothèque partagée B. Cette bibliothèque est un fichier séparé non concaténé au programme E. Avant l'exécution des premières instructions codées dans le programme E, une phase de résolution des références aux symboles est effectuée à chaque chargement en mémoire du programme E par un programme d'amorçage (ou bootloader en langue anglaise). Cette phase de résolution des références fait partie d'une phase d'édition de liens qui a pour but de lier chaque référence Fi du programme E à son code objet stocké dans la bibliothèque B.

La figure 2 illustre un système selon l'invention dans lequel on retrouve les éléments de la figure 1. La figure 3 décrit différentes étapes d'un procédé selon l'invention.

On va maintenant décrire un mode de mise en œuvre de l'invention en référence aux figures 2 et 3.

On voit sur la figure 2, deux nouveaux fichiers par rapport à la figure 1. On distingue un fichier de références META qui est une bibliothèque partagée spécifique comportant les références F2 et F3. On distingue également le fichier de services S qui est une bibliothèque partagée spécifique comportant des codes objets coX1, coX2 et coX3 des nouvelles fonctions ou services X1, X2 et X3. On désire modifier l'exécution du programme E en intégrant quelques nouvelles fonctions Xi sans pour cela modifier physiquement le fichier exécutable E et la bibliothèque B.

Dans le fichier META, à chaque référence est associée une équation telle que :

F2 = S : X2, B : F2

et

F3 = S : X3

L'équation associée à F2 signifie que l'on remplace l'exécution de la fonction F2 par l'exécution de la fonction X2 stockée dans le fichier S puis par l'exécution de la fonction F2 stockée dans la bibliothèque partagée B.

L'équation associée à F3 signifie que l'on remplace l'exécution de la fonction F3 par l'exécution de la fonction X3 stockée dans le fichier S.

Lors du lancement du programme E à l'étape 1, le système d'exploitation dans lequel opère l'invention est instruit de pré-charger le fichier META à l'étape 2 avant exécution des premières instructions codées dans E. Par exemple, ceci est obtenu sur le système LINUX en positionnant la variable d'environnement "LD_PRELOAD".

Ensuite à l'étape 3 débute la phase d'édition dynamique de liens qui est effectuée par le programme d'amorçage (bootloader). On considère à l'étape 4 toutes les fonctions dont le code objet n'est pas inclus dans le

fichier E, c'est-à-dire que le fichier E ne comprend que leurs références ou symboles, on dit alors que les symboles sont non résolus. Sur la figure 2, ces références sont F1, F2 et F3. Elles sont affectées en priorité à META de telle sorte qu'à l'étape 5 on vérifie d'abord si elles sont répertoriées dans le fichier META. Seules les références F2 et F3 sont répertoriées dans le fichier META. Dans ce cas, on édite à l'étape 7 un lien ente les références F1 et F2 du fichier exécutable E et les références F1 et F2 du fichier de références META. Par contre si une fonction n'est pas référencée dans le fichier META telle que la fonction F1, on édite à l'étape 6 un lien entre la référence F1 du fichier exécutable E et le code objet coF1 de la fonction F1, ce code objet coF1 étant stocké dans la bibliothèque partagée B.

Une fois la phase d'édition de liens terminée à l'étape 8, on débute réellement l'exécution du fichier E à l'étape 9. Lors de l'exécution de E, l'initialisation du fichier META est déclenchée par le premier appel à l'une des fonctions interceptées, en l'occurrence la fonction F2 à l'étape 10. Cette initialisation consiste à compléter la phase d'édition de liens des étapes comprises entre 3 et 8. Pour ce faire, on utilise les mêmes routines de manipulation des bibliothèques partagées que celles utilisées par le programme d'amorçage. Pour les deux fonctions F1 et F2, sont résolues :

- la référence de chaque fonction dans META vers le service à insérer; Sur la figure 2, F2 dans le fichier META doit pointer sur X2 dans le fichier de services S; F3 dans le fichier META doit pointer sur X3 dans le fichier de services S; En l'absence d'un service à insérer, la fonction est redirigée vers sa bibliothèque d'origine B;
- éventuellement, dans le fichier de services S, la ou les références vers des fonctions pré requises; Sur la figure 2 par exemple, la fonction x2 dans S rappelle la

fonction F2 dans B; Cette action est très importante car elle permet d'établir un chaînage des services, et aussi de pouvoir développer des services incrémentaux.

Cette phase d'initialisation est réalisée aux étapes 11 et 14. Suite à cette initialisation de META, le graphe d'appel entre les fonctions est désormais établi, de sorte qu'on exécute ensuite la fonction X2 à l'étape 12 puis la fonction F2 à l'étape 13.

La capacité de pouvoir redéfinir le graphe d'appel des fonctions est mise en oeuvre au lancement du programme E, de manière à insérer des services sous forme de bibliothèque partagée, mais on peut aussi activer ces services tout au long de l'exécution de ce programme E, notamment au moyen d'un canal de commande dans le fichier META. L'ouverture de ce canal de commande peut être déclenchée suivant de multiples stratégies : à l'interception de fonctions dans META, sur signal, etc.

A titre d'exemple, on peut utiliser le fichier META pour spécifier un appel système de la façon suivante :

```
"
extern int open(const char *pathname, int flags, mode_t mode)
{
if (traceon && tracefile)
   fprintf(tracefile, "trace%s: %d: open(\"%s\", %o, %o)\n",
         INDEX, pid, pathname, flags, mode);
Return((*meta_open)(pathname, flags, mode));}
"
```

Dans l'exemple ci-dessus, la ligne en gras désigne l'appel à la fonction "open" sous-jacente. La variable "meta_open" est un pointeur sur la fonction originale, ou une routine implémentant un autre service de manière identique. Cette fonction, par exemple X2 définie dans S, peut être chargée par META pour une pluralité de fichiers exécutables, sans qu'il y ait besoin de les modifier.

Le fichier META est indépendant des programmes modifiés aussi bien que des services réalisés. Chaque

service, sous forme de bibliothèque partagée, fournit au fichier META les données suivantes :

- la liste des fonctions que le fichier META doit intercepter, avec la correspondance de la fonction interne à appeler, par exemple sur la figure 2, l'appel de la fonction F2 dans E doit déclencher la fonction X2 dans S;
- la liste des fonctions externes (donc pouvant être interceptées) pré-requises pour la mise en oeuvre du service, c'est cette information qui permet au fichier META de réaliser le chaînage entre services et fonctions;
- la définition de chacune des fonctions de substitution à activer lors de l'interception, ainsi que des fonctions nouvelles variées; et
- la liste des fonctions nouvelles exportées par le service, dont peuvent se servir les services sous-jacents; par exemple, META exporte des fonctions d'ouverture du canal de commandes de manière à ce que les autres services puissent les utiliser sans avoir à les ré-implémenter.

La présente invention apporte une méthode alternative pour aborder simplement des problèmes généraux, tels que la tolérance aux pannes des applications, la migration des applications, le contrôle externe des entrées-sorties. Elle permet de rendre les fichiers exécutables mutables de façon non intrusive. Ainsi, dans un fichier exécutable dans un système selon l'invention, les fonctions mutables sont celles qui sont définies dans des bibliothèques partagées chargeables dynamiquement, que ce soient des appels systèmes, ou d'autres types de fonctions (mathématiques, ...).

Le procédé selon l'invention se sert des fonctions d'édition de liens dynamique du système d'exploitation afin de manipuler de façon non intrusive des fichiers exécutables et activer/désactiver des services, eux-mêmes sous forme de bibliothèques partagées. Les fonctions d'édition dynamique de liens sont avantageusement

accessibles durant toute l'exécution du fichier exécutable. Enfin, le fichier de référence META est réentrant puisque une même fonction peut être altérée par plusieurs services. On peut par ailleurs envisager la conception de plusieurs fichiers de références de type META et plusieurs fichiers de services S.

Sur la figure 4, on retrouve le fichier exécutable E. La bibliothèque B2 est telle qu'elle ne renferme pas le code objet de la fonction F3, elle renferme plutôt une application ou pseudo-fonction dite "Stub" permettant de simuler la présence de cette fonction F3 vis à vis du fichier exécutable E. En réalité, l'application "Stub" pointe sur une adresse TR(2) localisée dans une table de relocation TR, qui pointe à son tour sur une adresse M(2) dans un emplacement M là où se trouve effectivement le code objet coF3 de la fonction F3. Ce qui est remarquable c'est que la table de relocation TR est accessible par tout module externe au fichier exécutable. L'invention utilise un module de gestion MG qui est un agent ou une application dotée d'une intelligence pour modifier les adresses contenues dans la table de relocation. Sur la figure 5, via le module de gestion MG, on remplace dans la table de relocation l'adresse M(2) par l'adresse M(3). Entre temps, on a disposé dans M(3) un code objet coX4 d'une nouvelle fonction X4. Ainsi lorsque le fichier exécutable appel la fonction F3, c'est le code objet coX4 de la fonction X4 qui sera traité. Le module de gestion comprend également des moyens pour mémoriser ce remplacement de sorte qu'il est possible de revenir sur l'état initiale, c'est à dire M(2) dans la table de relocation TR.

Le module de gestion est accompagné d'un module de supervision qui permet de recevoir des commandes venant d'un utilisateur, les interpréter en langage

compréhensible par le module de gestion, puis activer ces commandes.

En d'autres termes, dans le second mode de mise en œuvre de l'invention, on considère un fichier exécutable ou un programme dans lequel est invoquée une fonction dont la définition est stockée dans une bibliothèque partagée externe. Pour toute fonction externe à un objet dynamique (programme ou bibliothèque partagée) dont l'utilisation par l'objet dynamique est explicite, il existe une pseudo-fonction locale à l'objet (appelée "stub"), générée lors de la phase préliminaire d'édition de liens par le programme d'édition de liens (LD sous LINUX). Pour la bibliothèque partagée, le but du "stub" est de masquer le fait que le code objet de la fonction est en réalité non locale à la bibliothèque. Qui plus est, ce code objet peut être situé à une adresse inconnue au moment de la génération de la bibliothèque partagée. A l'exécution du programme, cette pseudo-fonction invoque le véritable code objet en établissant un chemin d'accès jusqu'à ce code objet. Ce chemin d'accès est établi au moment de l'édition de liens dynamiques et consiste à stocker l'adresse du code objet dans une zone appelée table de relocation, située dans le segment DATA de l'objet dynamique. Avantageusement, ce segment DATA est modifiable.

Le second mode de mise en œuvre du procédé consiste à pouvoir modifier l'adresse d'une fonction externe dans la table de relocation de la bibliothèque partagée, lors d'une phase ultérieure à l'édition de liens dynamique, et ce de manière arbitraire au cours de l'exécution du programme. Pour ce faire, on substitue la définition d'une fonction par une autre. Une propriété intéressante de ce procédé est qu'il permet de modifier la référence à une fonction même lorsque le programme a été interrompu durant l'exécution. En effet, les fonctions elles-mêmes n'étant pas modifiées, mais uniquement leur adresse d'indirection,

l'occurrence précédente de la fonction termine son déroulement normalement, la modification n'étant prise en compte qu'à la prochaine invocation de la fonction.

Le module de gestion selon l'invention comporte notamment les fonctions suivantes :

- une fonction d'introspection capable de déterminer une fois chargée dans un programme:
  - la liste des objets dynamiques de ce programme (exécutable partiel et bibliothèques partagées) ainsi que leurs adresses respectives de chargement,
  - pour chaque objet dynamique, la liste des fonctions externes importées, c'est-à-dire pour lesquelles il existe une entrée dans la table de relocation susceptible d'être modifiée ultérieurement,
  - pour chaque objet dynamique, la liste des fonctions exportées, c'est-à-dire dont l'adresse de définition apparaît éventuellement dans une table de relocation d'un autre objet dynamique du même programme,
- une fonction de modification de la table de relocation, capable d'une part d'effectuer la modification d'adresse d'une fonction externe à la bibliothèque, et d'autre part de mémoriser les mises à jour successives afin de pouvoir éventuellement les annuler, et obtenir une réversibilité complète du système,
- une fonction de chargement du module, consistant en l'insertion d'un canal de commande permettant son chargement depuis un module de supervision, puis son activation, selon les méthodes suivantes :
  - soit au démarrage du programme, par un pré-chargement du module de gestion lui-même sous forme de bibliothèque partagée,

- soit au cours de l'exécution du programme, par interruption du programme, insertion d'un point d'arrêt dans le programme à l'instruction courante via le système d'exploitation, et la mise en oeuvre du chargement du module de gestion.

- une fonction de libération du module, permettant au module de se retirer du programme en cours d'exécution.

D'autre part, il existe, pour les programmes dynamiques, une autre possibilité d'invoquer des fonctions externes : le programme peut accéder au cours de son exécution à des fonctions fournies par le système d'exploitation permettant de charger à la volée (en cours d'exécution) une nouvelle bibliothèque partagée (fonction "DLOPEN" sous LINUX), puis d'accéder aux fonctions exportées par cette bibliothèque en obtenant leurs adresses (fonction "DLSYM" sous LINUX) et en stockant celles-ci directement dans des variables locales arbitraires et non plus dans une table de relocation comme décrit précédemment. A priori, ces variables locales sont inconnues et inaccessibles depuis un module externe.

Sur la figure 6, on voit une bibliothèque partagée B3 qui est une bibliothèque chargée par le système d'exploitation. Selon l'art antérieur, les adresses des fonctions exportées sont normalement disposées dans des variables locales VL et ces variables locales ne sont pas disponibles.

Selon l'invention, on considère une application (fonction "DLSYM" sous LINUX) du système d'exploitation, cette application permet normalement d'accéder à l'adresse M(2) du code objet de la fonction exportée F3 de la bibliothèque partagée B3. On modifie alors cette application de manière à ce qu'elle retourne non plus l'adresse M(2) du code objet de la de la fonction F3, mais l'adresse d'une table d'interposition I générée par le module de gestion MG. Cette table d'interposition (à

l'adresse correspondant à F3) pointe par défaut sur le code objet coF3 de la fonction exportée F3 dans M. L'avantage est que la table d'interposition est modifiable via le module de gestion MG.

Le procédé selon l'invention s'applique à une application cible, pour laquelle on désire pouvoir modifier dynamiquement le fonctionnement. Dans ces second et troisième mode, ce procédé fait notamment intervenir les éléments suivants pour sa mise en œuvre :

-un module de gestion sous forme de bibliothèque partagée, doté d'un langage de commande permettant le changement dynamique du graphe d'appel des fonctions. Ces commandes peuvent par exemple être : "remplacer fonction1 définie dans bibliothèque 1 par fonction2 définie dans bibliothèque2"; "annuler le remplacement" ; "lister les fonctions remplacées" ; "lister les nouvelles fonctions" ; ... Suite à une commande de remplacement par exemple, tout appel de fonction1 se traduira par l'invocation de fonction2 en lieu et place de fonction1. Ces modifications sont persistantes jusqu'à la fin du programme. Elles ne sont pas définitives de sorte qu'un programme se relance dans sa configuration par défaut.

-un module de supervision sous forme de programme externe permettant de :

- charger le module de gestion dans un programme en cours d'exécution par insertion d'un point d'arrêt et invocation de la fonction de chargement du module de gestion sous forme d'une bibliothèque partagée : "dlopen("mg.so")" sous LINUX; la technique mise en oeuvre est similaire à celle utilisée par les débogueurs;
- dialoguer avec le programme (fichier exécutable) via un canal de commande afin de manipuler le graphe d'appel de ce programme; les commandes

peuvent être activées par une interface graphique, ou par ligne de commande, ou bien par des fonctions embarquées dans tous autres programmes;

-en dehors de la capacité de modification du graphe d'appel, le programme externe n'est pas obligatoire au bon fonctionnement de l'application.

A titre d'exemples non limitatifs, la présente invention peut être mise en œuvre dans les applications suivantes :

Instrumentation dynamique et de manière réversible des systèmes d'informations déployés et opérationnels, par insertion de sondes de mesure de performance, lors de campagne de tests. Ces opérations sont en principe impossible avec les techniques actuelles d'instrumentations, qui sont irréversibles, et dont le coût d'opération n'est pas compatible avec le déploiement opérationnel.

Maintenance évolutive et correctrice sur des programmes en cours de fonctionnement, en remplaçant dynamiquement une fonction par une nouvelle version corrigeant des bugs, ou introduisant de nouvelles fonctionnalités. Les techniques actuelles nécessitent aujourd'hui l'arrêt complet, le remplacement et le redémarrage des programmes.

Implémentation des fonctionnalités systèmes de manière non intrusive à la fois pour les applications et pour le système d'exploitation, par exemple en substituant les fonctions systèmes capable de rediriger les traitements sur une autre machine en cas de panne. Les techniques actuelles ne permettent pas ces évolutions sans toucher au cœur du système, ou sans réécrire des applications spécifiques.

Intégration des applications hétérogènes de manière non intrusive, en développant des connecteurs et des

filtres de conversion. et en étant capable de les insérer de manière opportune sans réécrire l'application, par substitution sur les interfaces existantes.

Bien sûr, l'invention n'est pas limitée aux exemples qui viennent d'être décrits et de nombreux aménagements peuvent être apportés à ces exemples sans sortir du cadre de l'invention.

REVENDICATIONS

1. Procédé pour modifier de manière non intrusive l'exécution d'un fichier exécutable comprenant des symboles référençant des fonctions disposées dans des bibliothèques partagées au sein d'un ordinateur, caractérisé en ce que le procédé comprend :

- au lancement du fichier exécutable, pré-charger (2) un fichier relais associant des chemins d'accès respectifs vers au moins une fonction de substitution à certains desdits symboles du fichier exécutable,

- exécuter une étape d'édition dynamique de liens (3) comprenant, pour chaque symbole contenu dans le fichier exécutable, l'affectation dudit symbole au fichier relais (5,7) si le symbole est défini dans le fichier relais, et sinon, si le symbole référence une fonction disposée dans une bibliothèque partagée, l'affectation du symbole à ladite bibliothèque partagée (5,6), et

- au cours de l'exécution du fichier exécutable (9), en réponse à l'appel d'une fonction donnée référencée par un desdits symboles dans le fichier exécutable, exécuter les fonctions de substitution associées au symbole dans le fichier relais (12, 13), si le symbole a été affecté au fichier relais, et sinon ladite fonction donnée si le symbole a été affecté à la bibliothèque partagée.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le fichier relais (META) est manipulé en tant que bibliothèque partagée.

3. Procédé selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que l'étape d'affectation dudit symbole au fichier relais comprend l'édition d'un lien entre le fichier exécutable et le fichier relais pour ledit symbole (7).

4. Procédé selon la revendication1, 2 ou 3, caractérisé en ce que chaque chemin d'accès associé à un symbole dans le fichier relais définit une combinaison ordonnée de fonctions de substitution, et en ce que l'étape d'exécution des fonctions de substitution (12,

13) est mise en œuvre conformément à la combinaison ordonnée définie par le chemin d'accès associé.

5. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que certaines des fonctions de substitution de ladite combinaison sont localisées dans des bibliothèques partagées (13).

6. Procédé selon la revendication 1, 2, 3, 4 ou 5, caractérisé en ce que certaines au moins des fonctions de substitution sont disposées dans des fichiers de service.

7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que les fichiers de service sont manipulés en tant que bibliothèques partagées.

8. Procédé selon la revendication 1, 2, 3, 4, 5, 6 ou 7, caractérisé en ce qu'il comprend, au cours de l'exécution du fichier exécutable, l'initialisation préalable du fichier relais (11, 14) au premier appel d'une fonction, référence par un symbole qui a été affecté au fichier relais.

9. Procédé selon la revendication 8, caractérisé en ce que ladite étape d'initialisation comprend une phase d'édition dynamique de liens (11, 14) comprenant l'édition de liens entre chaque symbole qui a été affecté au fichier relais et lesdites fonctions de substitution associées au symbole dans le fichier relais.

10. Procédé selon la revendication 9, caractérisé en ce que la phase d'édition dynamique de liens (11, 14) met en œuvre des routines de manipulation de bibliothèques partagées.

11. Procédé selon la revendication 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 ou 10, caractérisé en ce que les chemins d'accès définis dans le fichier relais sont contrôlables et modifiables au moyen d'un canal de commande.

12. Procédé selon la revendication 11, caractérisé en ce que le canal de commande est en outre utilisé pour contrôler les fonctions de substitution associées aux symboles dans le fichier relais.

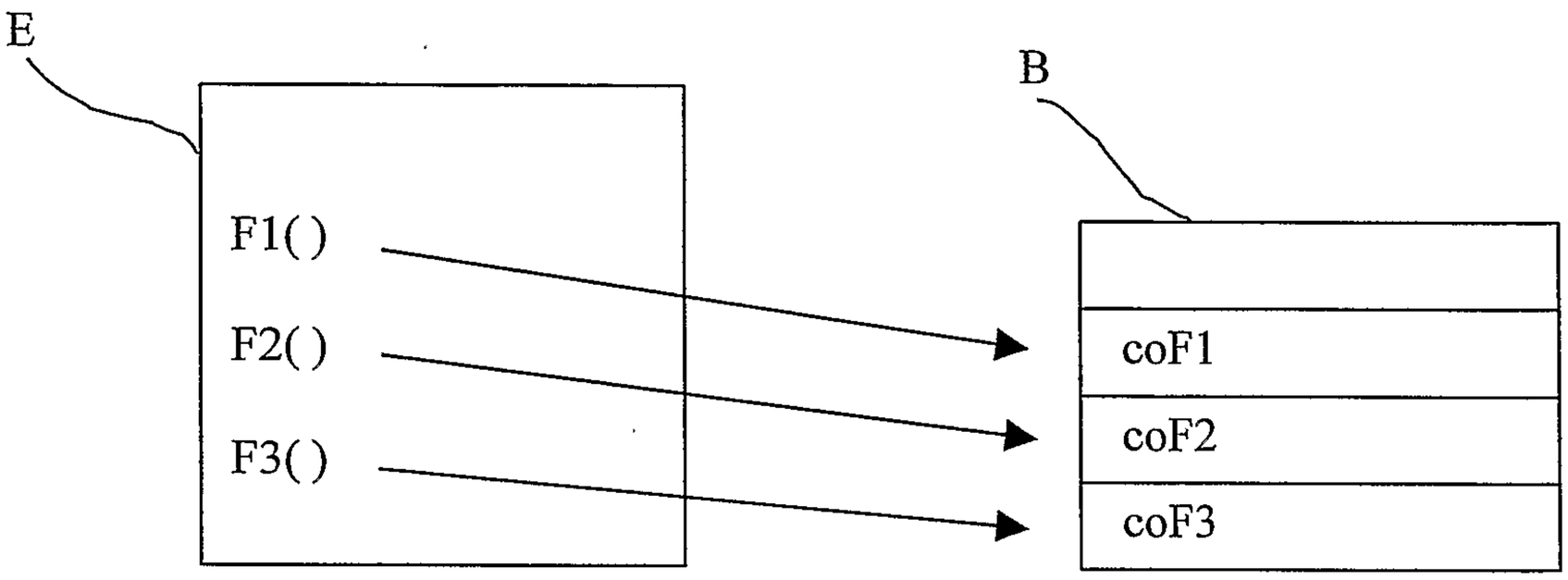


FIGURE 1

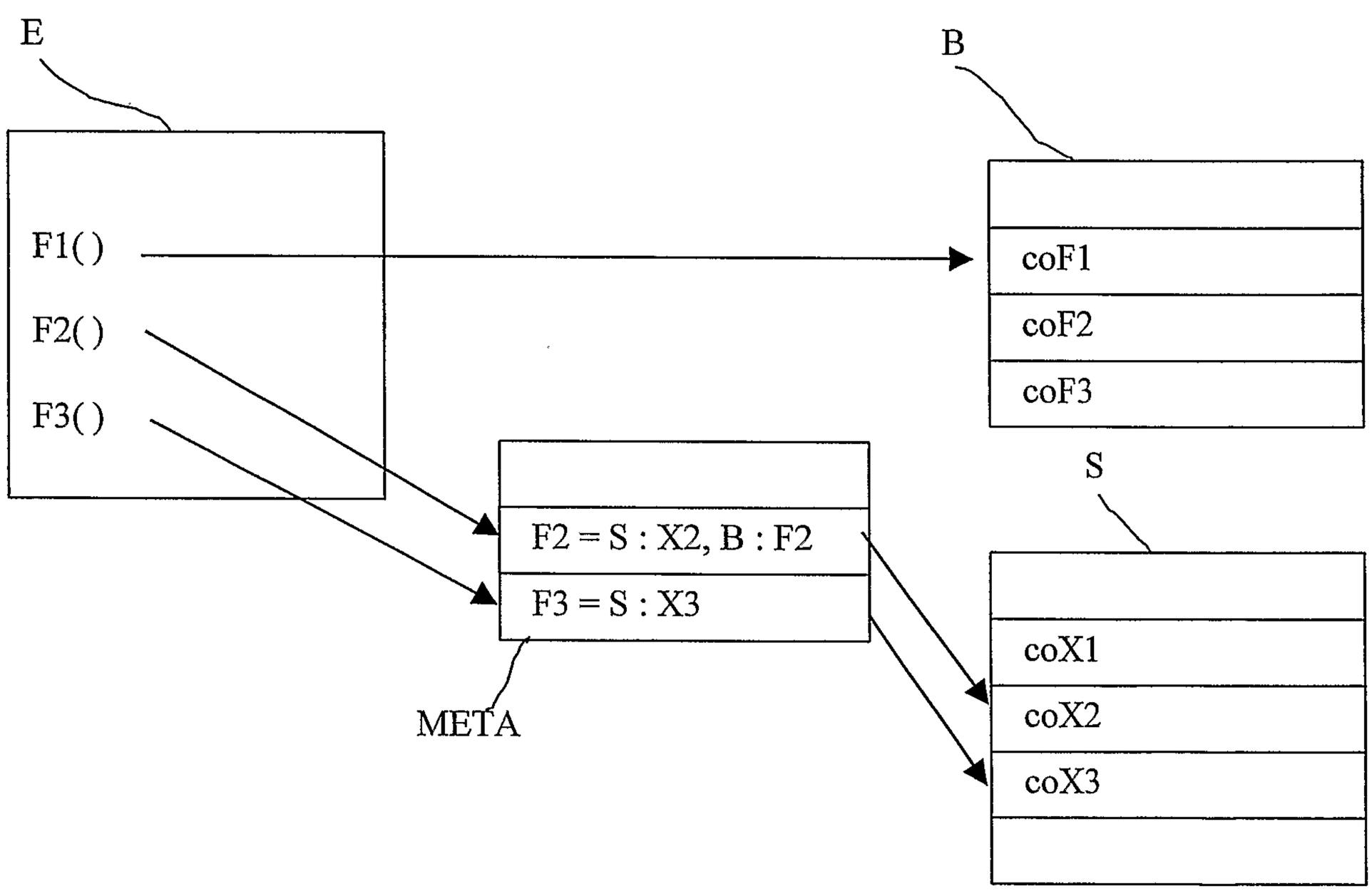


FIGURE 2

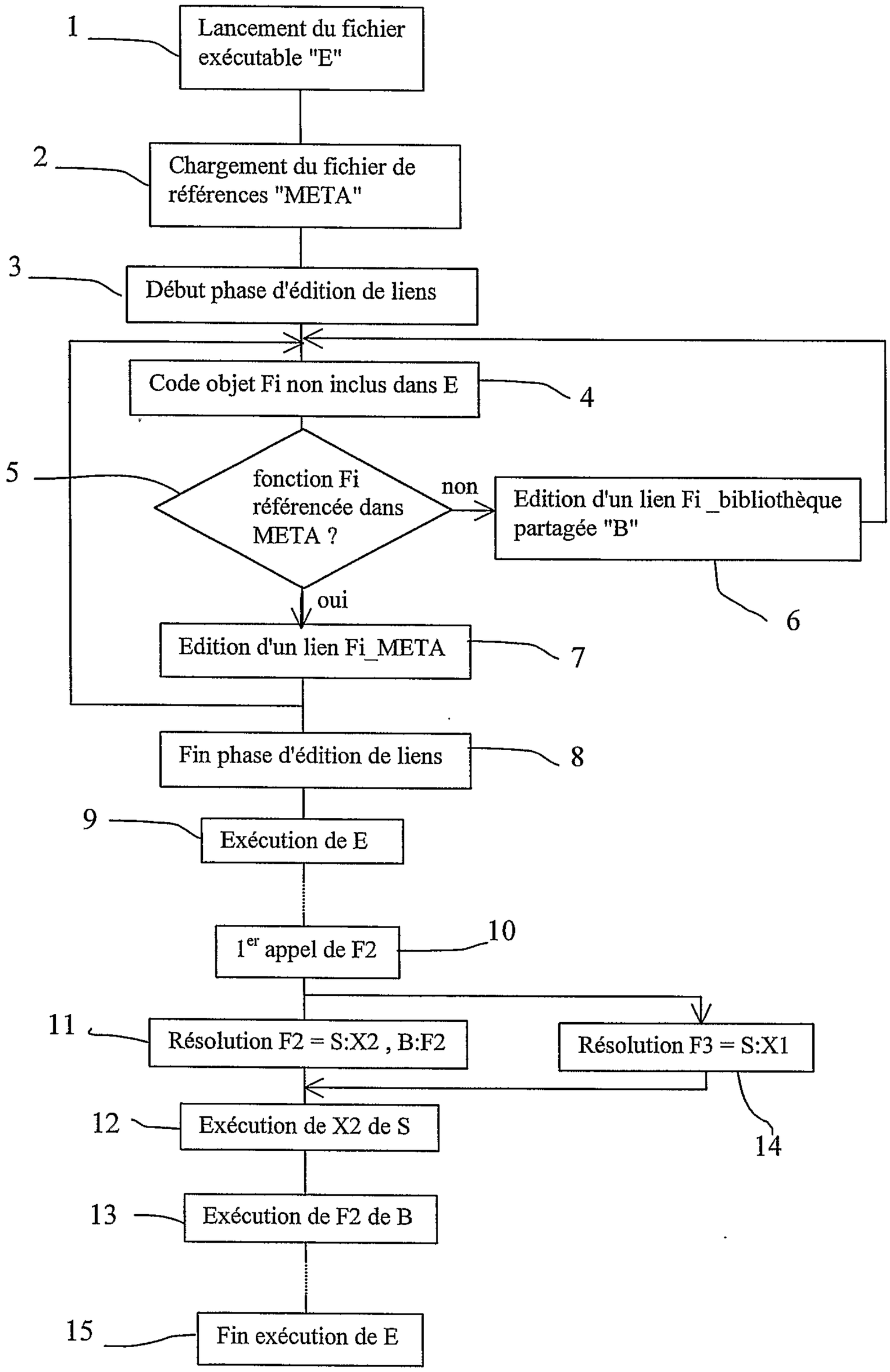

1
Lancement du fichier exécutable "E"
2
Chargement du fichier de références "META"
3
Début phase d'édition de liens
Code objet Fi non inclus dans E
4
5
fonction Fi référencée dans META ?
non
Edition d'un lien Fi _bibliothèque partagée "B"
6
oui
Edition d'un lien Fi_META
7
Fin phase d'édition de liens
8
9
Exécution de E
1er appel de F2
10
11
Résolution F2 = S:X2 , B:F2
Résolution F3 = S:X1
12
Exécution de X2 de S
14
13
Exécution de F2 de B
15
Fin exécution de E

FIGURE 3

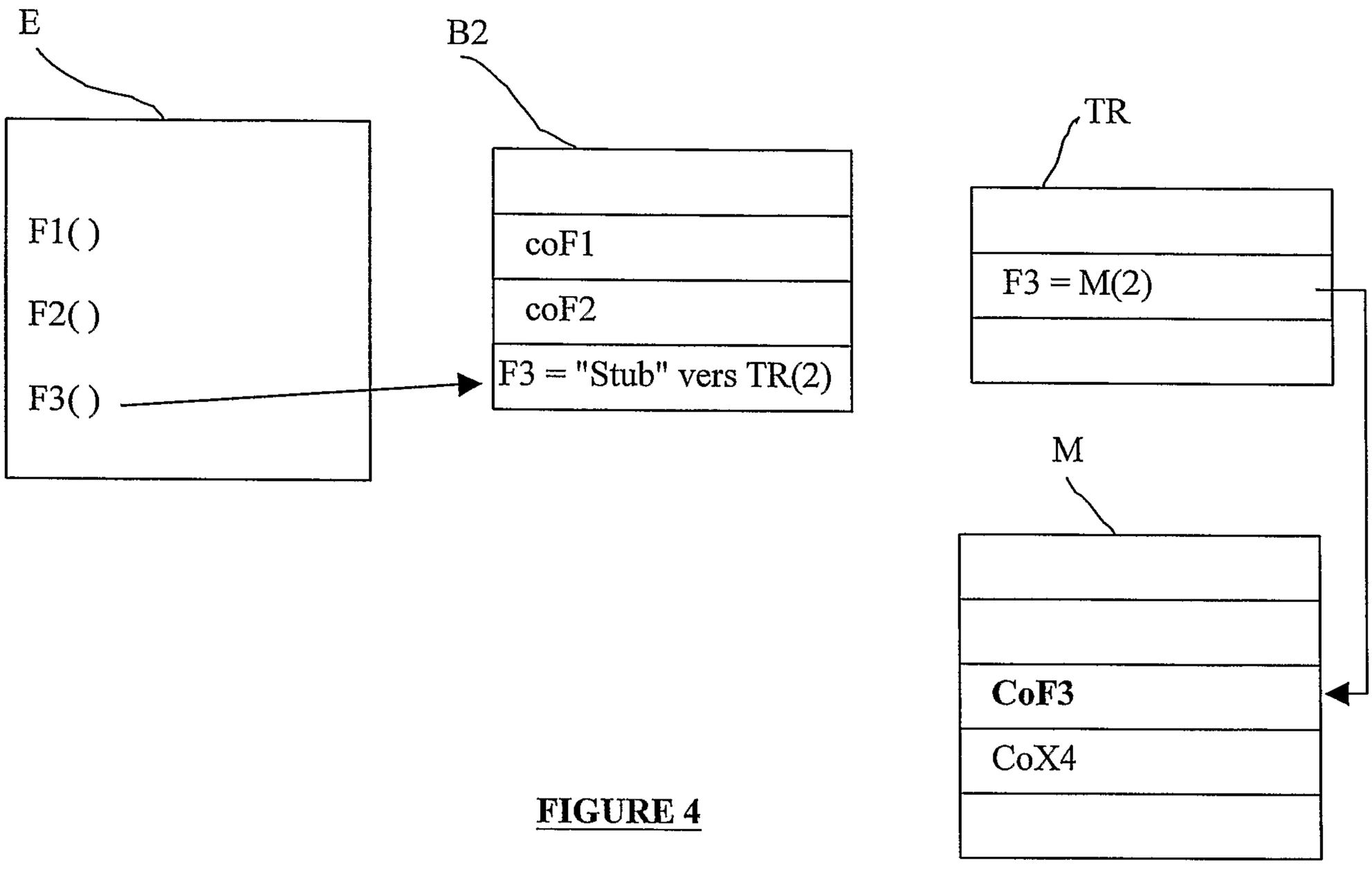


FIGURE 4

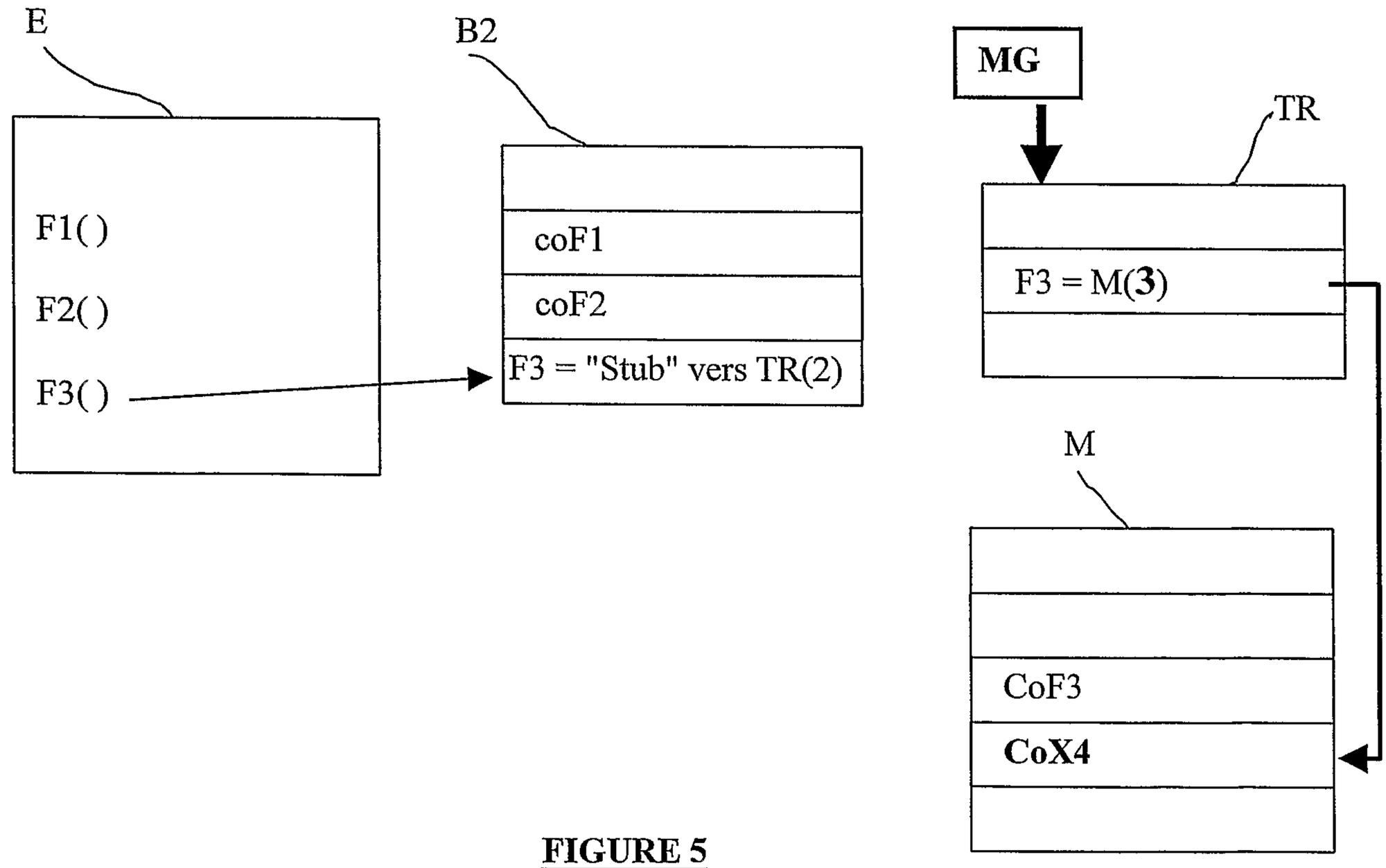


FIGURE 5

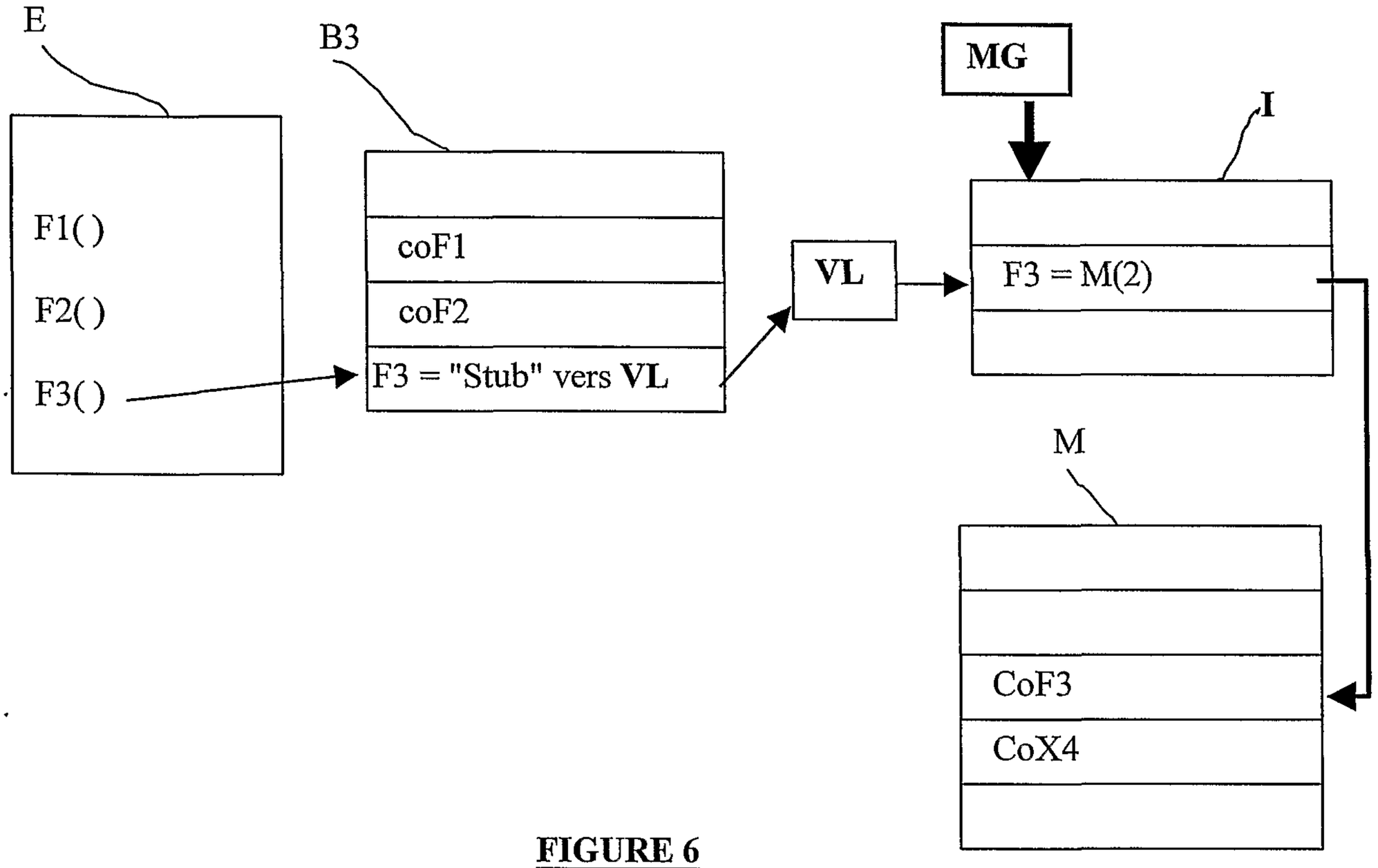
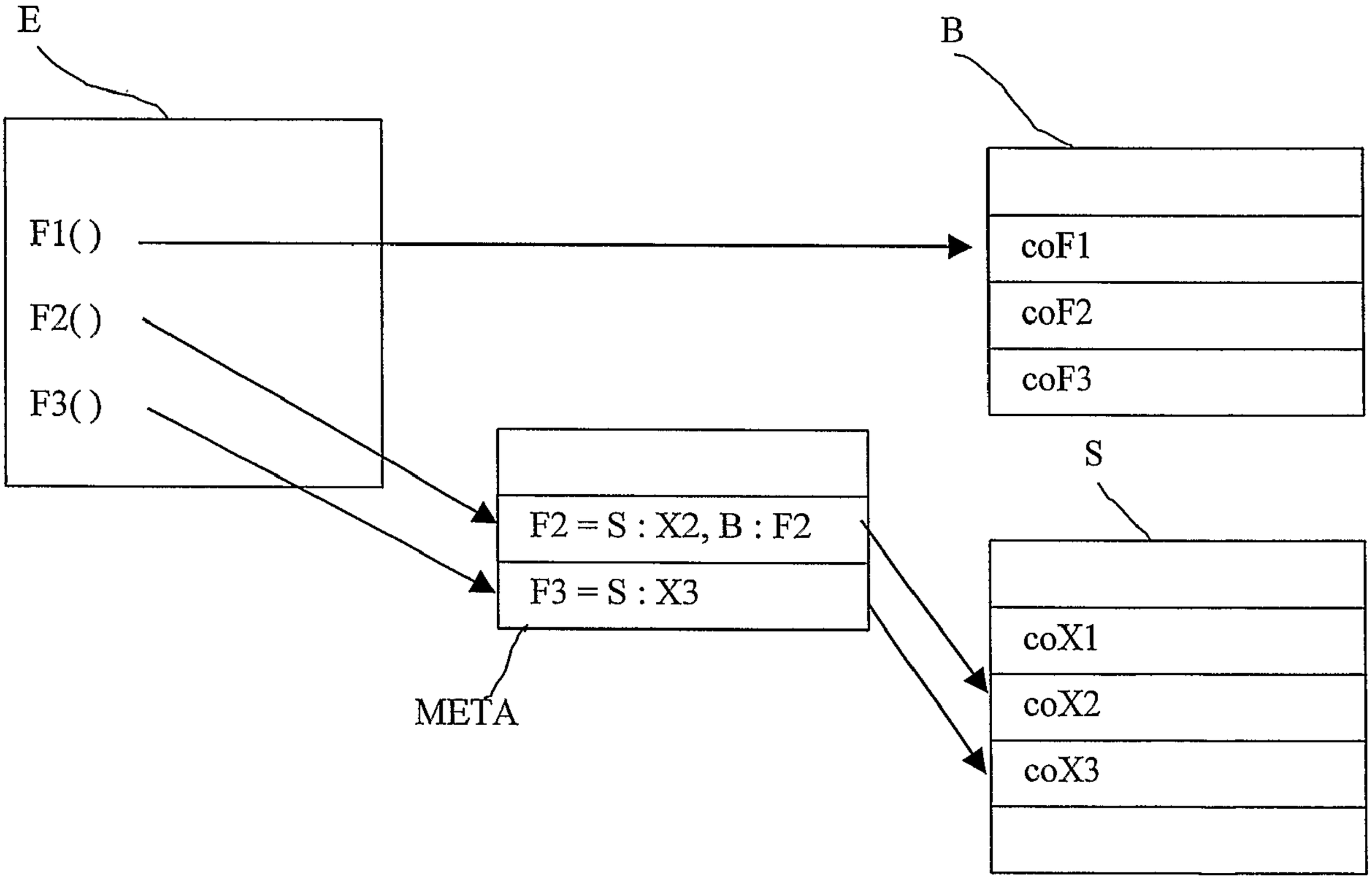


FIGURE 6


E
F1( )
F2( )
F3( )
B
coF1
coF2
coF3
F2 = S : X2, B : F2
F3 = S : X3
META
S
coX1
coX2
coX3