

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

11 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 949 879

21 N° d'enregistrement national : 09 04209

51 Int Cl⁸ : G 06 F 13/16 (2006.01), G 06 F 13/40, 15/173

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 04.09.09.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la demande : 11.03.11 Bulletin 11/10.

56 Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du présent fascicule*

60 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

71 Demandeur(s) : KALRAY — FR.

72 Inventeur(s) : HARRAND MICHEL.

73 Titulaire(s) : KALRAY.

74 Mandataire(s) : CABINET HECKE.

54 NOEUDS D'ENTREE/SORTIE D'UN RESEAU SUR PUCE TORIQUE.

57 La présente invention concerne un réseau maillé torique comprenant une matrice de routeurs d'infrastructure (RTR) dont chacun est relié à deux autres routeurs appartenant à une même rangée et à deux autres routeurs appartenant à une même colonne. Il comprend en outre des routeurs d'entrée/sortie (IOR) dont chacun est relié à deux autres routeurs appartenant, soit à une même rangée, soit à une même colonne. Les routeurs d'entrée/sortie sont ainsi des routeurs à trois voies.

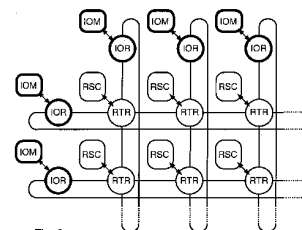
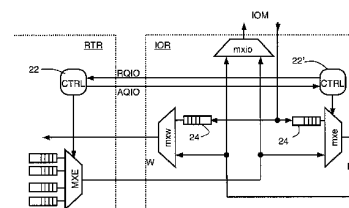


Fig. 3



FR 2 949 879 - A1



NOEUDS D'ENTREE/SORTIE DE RESEAU SUR PUCE

Domaine technique de l'invention

L'invention concerne une topologie de réseau sur puce (« Network on Chip » ou NoC), et plus particulièrement un agencement de points d'entrée/sortie dans un réseau maillé.

État de la technique

La figure 1 représente un exemple de réseau sur puce de topologie matricielle (ou maillée), tel que décrit dans le brevet Européen EP1701274.

10 Ce réseau comprend une pluralité de bus disposés en rangées (bus horizontaux Bh) et en colonnes (bus verticaux Bv). A chaque intersection entre un bus horizontal et un bus vertical est disposé un routeur RTR permettant de faire une connexion point à point entre chaque segment de bus (horizontal et vertical) qui lui arrive. En outre, chaque routeur RTR est relié à une ressource
15 locale RSC, qui peut être productrice ou consommatrice de données.

Ce genre de réseau est destiné à faire communiquer n'importe quelle ressource RSC avec n'importe quelle autre ressource. Une communication peut emprunter plusieurs routeurs qui se chargent d'acheminer les données vers la destination finale.

20 Pour limiter le nombre de nœuds que peut emprunter une communication, le réseau est de préférence torique. Comme cela est représenté, les routeurs se trouvant sur un bord de la matrice sont reliés aux routeurs se trouvant au bord opposé de la matrice. En outre, cela permet d'utiliser la même structure de routeur, au bord comme au centre.

25 La figure 2 représente schématiquement un routeur utilisable dans ce contexte. Le routeur gère cinq voies, à savoir les quatre directions correspondant aux segments de bus, dénommées Nord (N), Sud (S), Est (E) et Ouest (W), et une voie L correspondant à la ressource locale.

A chaque direction de sortie du routeur est associé un multiplexeur MX à quatre
30 entrées. Ces quatre entrées correspondent aux entrées du routeur qui ne sont

pas associées à la direction du multiplexeur. Par exemple, le multiplexeur MXN de la sortie Nord reçoit les entrées L, S, E et W du routeur. En d'autres termes, le routeur interdit qu'un paquet entrant par une direction ne ressorte par la même direction.

- 5 En outre, chaque entrée de multiplexeur est précédée d'une queue (FIFO) 20 destinée à stocker les données en attente de sortie.

Un automate 22 assure un arbitrage et commande les sélections opérées par les multiplexeurs et l'écriture des données entrant par les cinq voies dans les queues 20.

- 10 Une application envisagée d'un réseau du type de la figure 1 est la mise en œuvre de calculs parallèles. Dans ce cas, chaque ressource RSC est une grappe de processeurs. Un tel réseau doit alors être associé à des périphériques d'entrée/sortie permettant au moins de fournir les données sur lesquelles doivent s'opérer les calculs, et d'extraire les résultats des calculs.
- 15 Une solution immédiate est d'utiliser certaines des ressources RSC pour effectuer les opérations d'entrée/sortie requises, de préférence des ressources se trouvant en bord de matrice afin de faciliter leur connexion à des bornes de contact vers l'extérieur de la puce.

- Cette solution, à taille de matrice constante, pénalise la puissance de calcul du
- 20 réseau. Un certain nombre de grappes de processeurs se voient remplacées par des modules d'entrée/sortie dont les besoins en calcul sont très inférieurs à ceux que peut satisfaire une grappe de processeurs, mais dont la spécificité, notamment le fait de présenter des connexions vers l'extérieur de la puce, fait que leurs fonctions ne peuvent pas être remplies, même en temps partagé, par
 - 25 une grappe de processeurs.

- Ainsi, si la matrice est dimensionnée pour fournir une puissance de calcul donnée, les modules d'entrée/sortie devront être rajoutés au réseau. Selon les choix opérés par l'homme du métier, ce rajout peut augmenter la latence du réseau de manière significative et/ou augmenter inutilement la surface occupée
- 30 par le réseau sur une puce.

Résumé de l'invention

On souhaite donc pouvoir rajouter, dans un réseau sur puce à grappes de processeurs, des modules d'entrée/sortie sans augmenter la latence du réseau, ni augmenter inutilement la surface de la puce.

- 5 Pour satisfaire ce besoin, on prévoit notamment un réseau maillé torique comprenant une matrice de routeurs d'infrastructure dont chacun est relié à deux autres routeurs appartenant à une même rangée et à deux autres routeurs appartenant à une même colonne. Il comprend en outre des routeurs d'entrée/sortie dont chacun est relié à deux autres routeurs appartenant, soit à
- 10 une même rangée, soit à une même colonne. Les routeurs d'entrée/sortie sont ainsi des routeurs à trois voies, alors que les routeurs d'infrastructure sont des routeurs à cinq voies.

Description sommaire des dessins

- D'autres avantages et caractéristiques ressortiront plus clairement de la description qui va suivre de modes particuliers de réalisation donnés à titre
- 15 d'exemples non limitatifs et illustrés à l'aide des dessins annexés, dans lesquels :

- la figure 1 représente schématiquement un réseau sur puce classique de topologie torique ;
- 20 - la figure 2 représente schématiquement la structure d'un routeur d'un réseau de la figure 1 ;
- la figure 3 représente schématiquement un mode de réalisation de réseau torique dans lequel des modules d'entrée/sortie sont insérés de manière optimisée ;
- 25 - la figure 4 représente un mode de réalisation de routeur spécifique utilisé pour les modules d'entrée/sortie ; et
- la figure 5 représente schématiquement une optimisation supplémentaire du réseau de la figure 3.

Description d'un mode de réalisation préféré de l'invention

Une solution envisageable pour ajouter des modules d'entrée/sortie à une matrice donnée consiste à rajouter deux colonnes et deux rangées de routeurs en périphérie de la matrice, auxquels on relie les modules d'entrée/sortie. On passe alors d'une matrice de routeurs $n \times n$ à une matrice $(n+2) \times (n+2)$, ce qui est susceptible d'augmenter le nombre de nœuds empruntés par les communications, et donc la latence du réseau.

Une autre solution pourrait consister à utiliser des routeurs périphériques à six voies, la sixième voie servant à relier un module d'entrée/sortie. Cette solution a l'inconvénient que les routeurs périphériques seront plus grands en surface que les routeurs internes, ce qui pose des problèmes de placement/routage des routeurs sur la puce. Pour des raisons de simplification de la conception, on préférera que tous les routeurs soient identiques, à six voies. Dans ce cas les routeurs internes auront des fonctions inutilisées qui occuperont inutilement de la surface.

A titre indicatif, un routeur à six voies comporterait, par rapport à celui de la figure 2, un multiplexeur de plus, et chaque multiplexeur aurait cinq entrées, avec les mémoires FIFO correspondantes.

La figure 3 illustre une solution permettant de limiter ces inconvénients. On retrouve le réseau matriciel torique de la figure 1. On a inséré, en périphérie de la matrice, des routeurs à trois voies IOR, que l'on désignera par « routeur d'entrée/sortie ». Deux des voies de chacun de ces routeurs IOR servent à assurer la continuité de la rangée ou colonne dans laquelle le routeur se trouve. La troisième voie sert à relier un module d'entrée/sortie IOM. Contrairement aux routeurs internes RTR, que l'on appellera « routeurs d'infrastructure », les routeurs IOR disposés dans les rangées ne sont pas reliés à des routeurs de la même colonne. De même, les routeurs IOR disposés dans les colonnes ne sont pas reliés à des routeurs de la même rangée.

Dans l'hypothèse où la matrice initiale a une dimension de $n \times n$, l'ajout des routeurs IOR selon la figure 3 porterait la dimension de la matrice à $(n+2) \times (n+2)$. Si les routeurs d'entrée/sortie IOR ont le même fonctionnement que les routeurs d'infrastructure RTR, le réseau de la figure 3 est susceptible d'avoir une latence plus grande que celui de la figure 1. Néanmoins, comme les

routeurs IOR opèrent sur seulement trois voies, la latence qu'ils introduisent est inférieure à la latence qu'introduiraient des routeurs à cinq voies.

La figure 4 représente schématiquement un mode de réalisation de routeurs assurant que les routeurs d'entrée/sortie IOR n'introduisent aucune latence. On a représenté une portion Est d'un routeur d'infrastructure RTR, notamment son multiplexeur MXE et son circuit de commande 22, reliée à un routeur d'entrée/sortie IOR, représenté en totalité.

Le routeur IOR, étant à trois voies, comporte trois multiplexeurs à deux entrées. Un multiplexeur Ouest mxw reçoit sur une première entrée des données provenant du module d'entrée/sortie IOM, et sur une deuxième entrée les données provenant d'un routeur non représenté placé à l'Est. Un multiplexeur Est mxe reçoit sur une première entrée des données provenant du module d'entrée/sortie IOM, et sur une deuxième entrée les données provenant du multiplexeur Est MXE du routeur RTR représenté.

Les données provenant du module d'entrée/sortie IOM arrivent aux entrées correspondantes des multiplexeurs mxw et mxe par l'intermédiaire de queues FIFO 24.

Par contre, comme cela est représenté, toutes les autres entrées des multiplexeurs du routeur IOR sont dépourvues de queues FIFO. De cette manière, des données traversant le routeur IOR ne subissent aucune latence.

La description suivante de la coopération entre un routeur RTR et un routeur IOR est faite en faisant allusion aux éléments représentés à la figure 4, c'est-à-dire une liaison entre un routeur IOR avec un routeur RTR placé à l'Ouest. Le fonctionnement est similaire pour les autres combinaisons possibles dans un réseau.

Afin d'assurer qu'aucune donnée ne soit perdue du fait de l'absence de queues FIFO à la traversée du routeur IOR, les circuits de commande CTRL des routeurs IOR et RTR interagissent de manière que la combinaison des multiplexeurs MXE et mxe représentés se comporte comme un seul multiplexeur à cinq canaux munis de queues FIFO. Ces cinq canaux sont constitués par les quatre entrées du multiplexeur MXE et l'entrée du multiplexeur mxe associée au module IOM.

Lorsque le module IOM n'a aucune donnée à fournir sur la sortie Est du routeur IOR, le multiplexeur mxe est positionné pour sélectionner la sortie du multiplexeur MXE du routeur RTR. Le multiplexeur MXE est commandé de manière classique et les données qu'il fournit sont transmises directement, sans
5 latence, sur la sortie Est du routeur IOR.

Lorsque le module IOM commence à fournir des données, elles s'empilent dans la queue 24 du multiplexeur mxe. Le circuit de commande 22' du routeur IOR active alors un signal de requête RQIO à l'attention du circuit de commande 22 du routeur RTR. Celui-ci passe alors dans un mode d'arbitrage sur cinq canaux
10 au lieu de quatre, le cinquième canal étant celui associé à la queue 24 du multiplexeur mxe.

Lorsque l'arbitre décide de servir le cinquième canal, le circuit de commande du routeur RTR active un signal d'acquiescement AQIO à destination du circuit de commande du routeur IOR. Ce dernier positionne le multiplexeur mxe pour
15 sortir une unité de données, par exemple un paquet, de la queue 24.

Tant que la queue 24 contient des données, le signal RQIO reste actif et le circuit de commande du routeur RTR reste en mode d'arbitrage sur cinq canaux. Le signal AQIO est activé paquet par paquet, à chaque fois que l'arbitre décide de servir le cinquième canal.

20 En principe, seuls les routeurs d'infrastructure RTR reliés à des routeurs d'entrée/sortie IOR sont prévus pour mettre en œuvre le mécanisme qui vient d'être décrit. Néanmoins, ce mécanisme impliquant de la logique occupant une surface négligeable, on pourra prévoir cette logique dans tous les routeurs d'infrastructure pour que tous ces routeurs soient identiques. On facilite ainsi la
25 conception des réseaux. Les routeurs qui n'utilisent pas la fonctionnalité auront leur entrée associée au signal RQIO câblée à un niveau logique inactif.

Dans un réseau torique tel que représenté en figure 3, on trouve deux routeurs IOR à la suite dans les liaisons entre les bords de la matrice. Ces routeurs IOR devraient donc se relayer les signaux RQIO et AQIO. Néanmoins, la figure 3
30 correspond à une représentation simplifiée pour des raisons de clarté. En pratique, on cherche à éviter des liaisons aussi longues que celles qui relieraient les bords.

La figure 5 représente un réseau matriciel torique dans lequel les longueurs des liaisons entre nœuds sont optimisées. La matrice est de dimension 4×4 , à titre d'exemple. Les routeurs d'infrastructure sont représentés en trait normal, et les routeurs d'entrée/sortie sont représentés en trait gras.

- 5 Les routeurs d'infrastructure sont reliés de manière entrelacée par rangées et colonnes, c'est-à-dire qu'un routeur de rang n , dans une colonne ou une rangée, est relié à un routeur de rang $n+2$ (les routeurs périphériques échappant à cette règle pour l'une de leurs liaisons). Les routeurs d'entrée/sortie viennent s'insérer dans les liaisons sortant des routeurs
- 10 d'infrastructure périphériques.

Avec cette configuration, toutes les liaisons entre routeurs ont une longueur de même ordre, et chaque routeur d'entrée/sortie se trouve entre deux routeurs d'infrastructure.

Revendications

1. Réseau maillé torique comprenant une matrice de routeurs d'infrastructure (RTR) dont chacun est relié à deux autres routeurs appartenant à une même rangée et à deux autres routeurs appartenant à une même colonne, caractérisé en ce qu'il comprend en outre des routeurs d'entrée/sortie (IOR) dont chacun est relié à deux autres routeurs appartenant, soit à une même rangée, soit à une même colonne.
5
2. Réseau maillé selon la revendication 1, caractérisé en ce que les routeurs d'entrée/sortie sont des routeurs à trois voies.
- 10 3. Réseau maillé selon la revendication 1, caractérisé en ce que :
 - chaque routeur d'entrée/sortie (IOR) comprend une queue (24) pour stocker des données provenant d'une entrée externe (IOM) à destination du réseau ; et
 - un routeur d'infrastructure (RTR) connecté pour envoyer des données sur un segment sur lequel se trouve un routeur d'entrée/sortie (IOR) comprend un arbitre (22) prévu pour gérer la queue (24) du routeur d'entrée/sortie en combinaison avec des queues (20) du routeur d'infrastructure.
15
- 20 4. Réseau maillé selon la revendication 3, caractérisé en ce que chaque routeur d'entrée/sortie (IOR) comprend un multiplexeur à deux entrées (mxe) dont une première entrée reçoit les données de la queue (24) du routeur d'entrée/sortie, et une deuxième entrée reçoit directement des données (MXE) envoyées par le routeur d'infrastructure se trouvant sur le même segment.
- 25 5. Réseau maillé selon la revendication 1, caractérisé en ce que les routeurs sont reliés de manière entrelacée par rangées et colonnes.

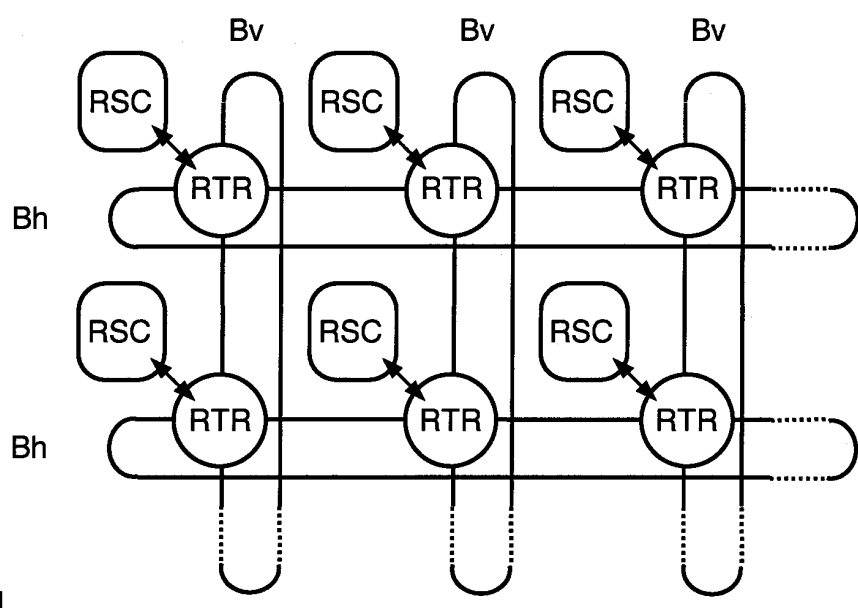


Fig. 1

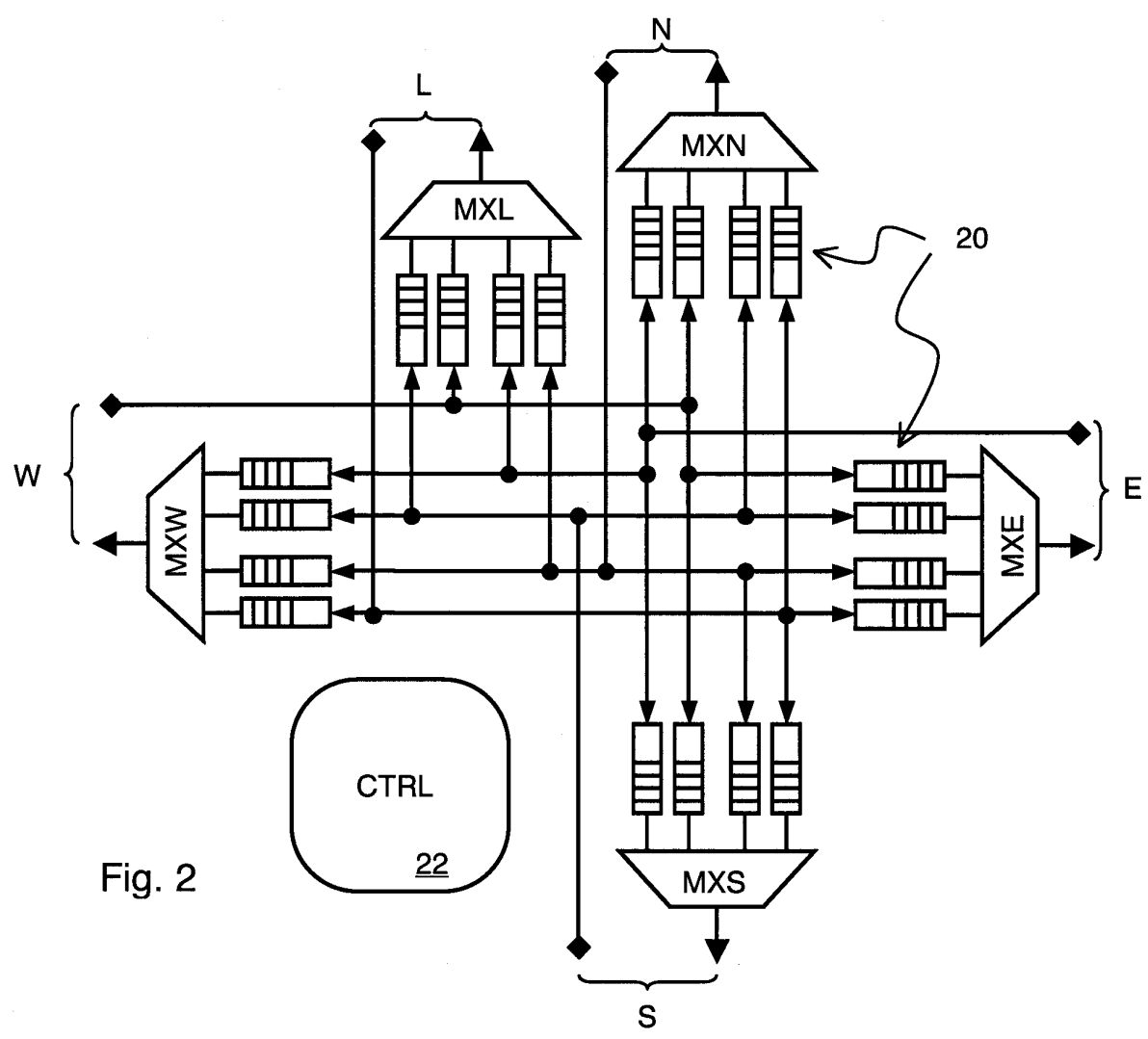


Fig. 2

2/3

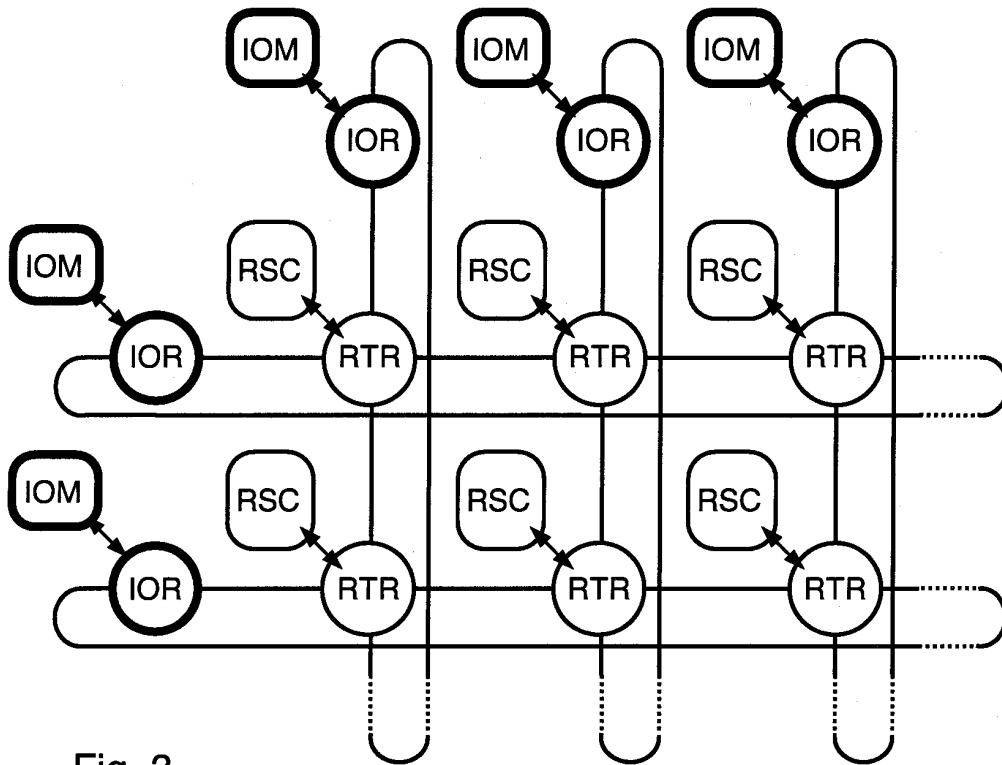


Fig. 3

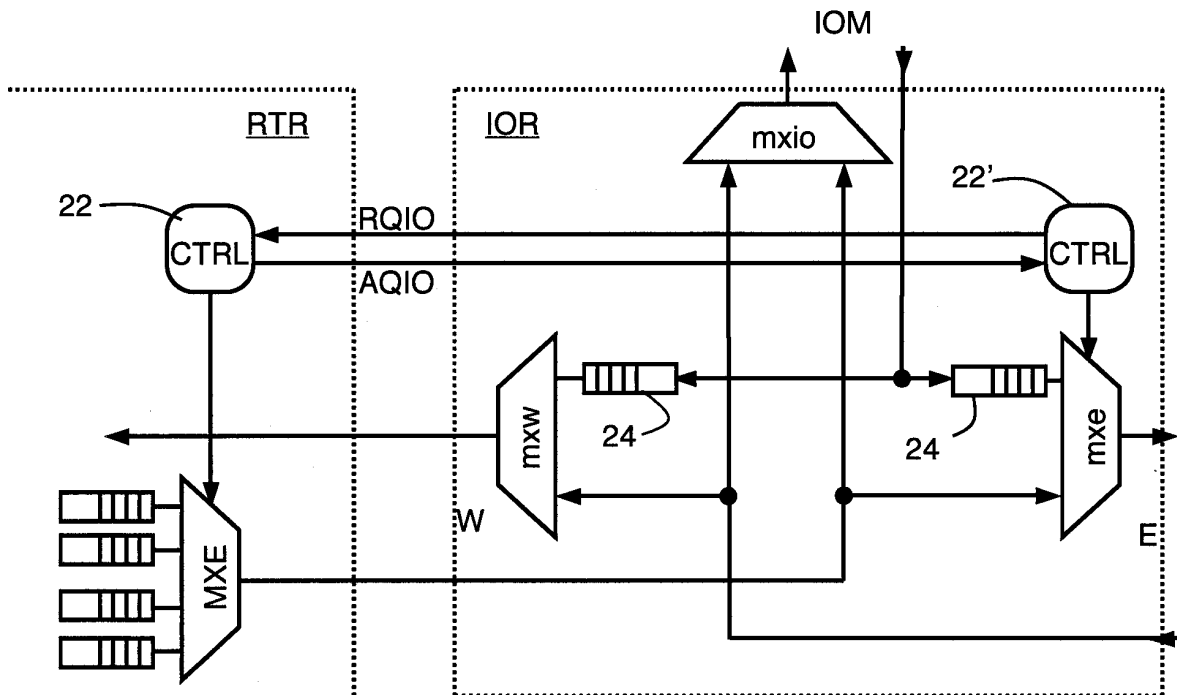


Fig. 4

3/3

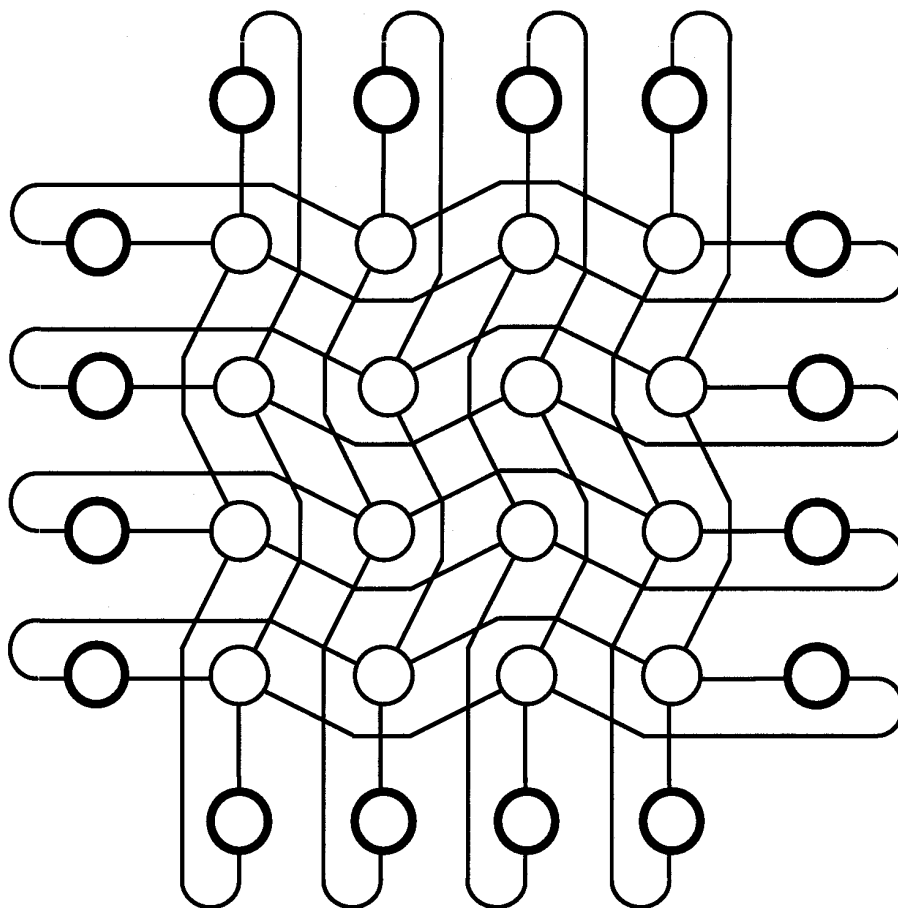


Fig. 5



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement
national

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

FA 726989
FR 0904209

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	US 5 689 647 A (MIURA HIROKI [JP]) 18 novembre 1997 (1997-11-18) * colonne 5, ligne 35 - colonne 6, ligne 14 * * abrégé; figure 1 * -----	1-5	G06F13/16 G06F13/40 G06F15/173
X	WO 89/03564 A1 (EASTMAN KODAK CO [US]) 20 avril 1989 (1989-04-20) * abrégé; figures 1-3 * -----	1-5	
A	US 2007/140280 A1 (RHIM SANG WOO [KR] ET AL) 21 juin 2007 (2007-06-21) * page 3, alinéa 43 - alinéa 48 * * abrégé; figure 4 * -----	1-5	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			G06F
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
1 juin 2010		Nguyen Xuan Hiep, C	
<p>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant</p>			

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0904209 FA 726989**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **01-06-2010**
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 5689647	A	18-11-1997	AUCUN	

WO 8903564	A1	20-04-1989	EP 0334943 A1	04-10-1989
			JP 3500585 T	07-02-1991
			US 4942517 A	17-07-1990

US 2007140280	A1	21-06-2007	AUCUN	



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement national

établi sur la base des dernières revendications déposées avant le commencement de la recherche

FA 726989
FR 0904209

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	US 5 689 647 A (MIURA HIROKI [JP]) 18 novembre 1997 (1997-11-18) * colonne 5, ligne 35 - colonne 6, ligne 14 * * abrégé; figure 1 * -----	1-5	G06F13/16 G06F13/40 G06F15/173
X	WO 89/03564 A1 (EASTMAN KODAK CO [US]) 20 avril 1989 (1989-04-20) * abrégé; figures 1-3 * -----	1-5	
A	US 2007/140280 A1 (RHIM SANG WOO [KR] ET AL) 21 juin 2007 (2007-06-21) * page 3, alinéa 43 - alinéa 48 * * abrégé; figure 4 * -----	1-5	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			G06F
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
1 juin 2010		Nguyen Xuan Hiep, C	
<p>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p>		<p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant</p>	

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0904209 FA 726989**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **01-06-2010**
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 5689647	A	18-11-1997	AUCUN	

WO 8903564	A1	20-04-1989	EP 0334943 A1	04-10-1989
			JP 3500585 T	07-02-1991
			US 4942517 A	17-07-1990

US 2007140280	A1	21-06-2007	AUCUN	
