



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 91102336.4

[51] Int.Cl⁵

G06F 15/20

[43] 公开日 1991年11月6日

[22] 申请日 91.4.12

[30] 优先权

[32] 90.4.12 [33] JP [31] 096924/90

[71] 申请人 株式会社日立制作所

地址 日本东京都

[72] 发明人 福井千寻 渡部悌 工藤博元

天野雅彦 原田泰志

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利代理部

代理人 邹光新

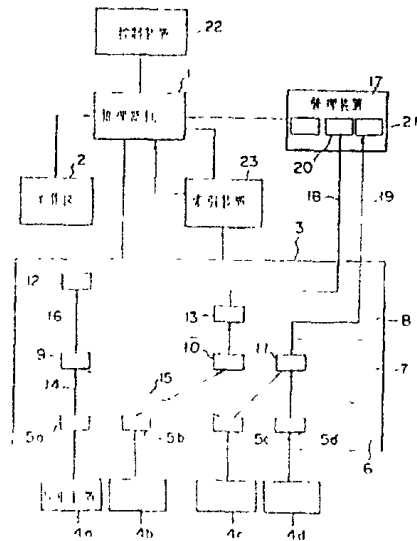
G06F 15/40

说明书页数: 38 附图页数: 28

[54] 发明名称 专家系统开发支撑系统及专家系统

[57] 摘要

一种在帧系统中有大量知识描述层的专家系统。每个描述层由多个帧组成;所提供的最低的知识描述层的帧与一个知识处理目标系统相关联。当参考下层的帧进行推理时,则确定了上面的知识描述层的帧的内容。这种确定是通过更新帧的槽的内容来启动和执行的。



<39>

权 利 要 求 书

1. 用于支持一个专家系统的开发的一种专家系统开发支持系统，所述的专家系统处理由多个元素构成的目标系统的知识，该专家系统开发支持系统包括：

用于提供一个知识库的装置，该装置包括：

(a) 一个含有单元知识元素的集合的单元知识元素描述层，在每个单元知识元素中描述了目标系统的一个元素的知识；以及

(b) 一个或多个设置在所述单元知识元素描述层之上作为一个或多个上层的综合知识元素描述层，每一层包括了综合知识元素的集合并以摘要或综合的方式重新组织各低层的每个元素知识。

2. 一种处理含有一个知识库的目标系统的知识的专家系统，包括：

(a) 一个含有单元知识元素的集合的单元知识元素描述层，在每个单元知识元素中描述了目标系统的一个元素的知识；以及

(b) 一个或多个设置在所述单元知识元素描述层之上作为一个或多个上层的综合知识元素描述层，每一层包括了综合知识元素的集合并以摘要或综合的方式重新组织各低层的每个元素的知识。

3. 根据权利要求2的一种专家系统进一步包括完成一个反映过程的后台装置，以响应根据目标系统变化事件或根据直接指令对所述单元知识元素或所述的综合知识元素的状态进行的更新，从而在整个知识库中作为后台过程反映更新的单元知识元素和更新的综合知识元素的状态的变化。

4 . 根据权利要 3 的一种专家系统，其中所述单元反映过程是通过所述单元知识元素或所述综合知识元素中所描述的一个路由，在各上级层的所述综合知识元素中相断重新组织知识和存储重组的知识的知识的过程。

5 . 根据权利要求 2 的一种专家系统，其中所述单元知识元素和各个所述综合知识元素各自由一个帧组成，每一个所述的单元知识元素是一个具有一个或多个槽的实例帧，在每个槽中存储了所述目标系统的一个元素的状态值。

6 . 根据权利要求 3 的一个专家系统，其中所述单元知识元素和所述综合知识元素各由一个帧组成，所述单元知识元素是一个具有一个或多个槽的实例帧，每个存储槽中存储作为状态值的用于检测目标系统一个或多个元素的一个或多个值的传感器输出值，所述反映过程是各个所述帧中描述的一个特征过程。

7 . 根据权利要求 2 的一个专家系统进一步包括根据所述知识库中知识完成推理工作的推理机。

8 . 根据权利要求 7 的一个专家系统，其中所述知识库包括一个后台处理装置，它执行一个根据后台过程在整个知识库中反映各个所述单元知识元素和各所述综合知识元素的状态变化的反映过程，从而根据目标系统变化事件或直接指令响应各个所述单元知识元素和综合知识元素的状态的更新，所述推理机以由输入指令直接启动的前台过程的方式进行所述的推理。

9 . 一个处理目标系统知识的专家系统包括

(a) 用于存储由帧表达的知识的知识库，每一帧具有一个

或多个槽，每个槽中描述了作为槽值的知识；以及

(b) 一个索引装置包括：

(i) 根据帧中依据槽值的所述的槽的类型的用于管理所述帧的管理装置，

(ii) 当一个后台过程更新槽值时，根据该槽值更新的内容重新组织所述管理装置的管理内容的重新组织装置，以及

(iii) 根据指定的槽类型和指定的关于槽值的信息用于检索所述帧集合的检索装置，在这些帧中存贮在指定的槽的类型的所述的槽值是与指定的信息有关的。

10. 根据权利要求9的一种专家系统，其中所述管理装置可以根据帧中槽的类型，以槽值的一个评价函数得到的值可以管理所述知识库中的所述帧，所述检索装置根据指定槽的种类和一个评价值来检索一个帧的集合，所述的帧的集合存储所述槽值，根据存储在指定类型的槽中的所述评价函数提供一个指定的评价值。

11. 根据权利要求9的一个专家系统，其中所述知识库存储推理规则，且所述专家系统进一步包括一个完成推理工作的推理机，该推理机使用用于匹配过程中检索具有与执行该推理所需条件相匹配的槽值的帧的所述索引装置。

12. 根据权利要求9的一个专家系统，其中所述知识库包括推理规则，所述推理规则包括一个具有一个或多个所定义的指令的指令部分和具有一个或多个条件子句和定义用所述的一个或多个指令上选择要执行指令的条件，同时进一步包括执行通过使

用所述索引装置来选择的指令的推理机，如果在所述条件部分中定义了特定帧的槽的内容的条件的话，则条件匹配过程检索具有与所述条件相匹配的槽值的帧。

13. 根据权利要求12的一个专家系统，其中，如果所述槽值被所述推理机执行的所述的指令所更新的话，则所述重新组织装置根据更新的内容重新组织所述管理装置的管理内容。

14. 根据权利要求9的一种专家系统，其中所述的知识库包括：

(a) 包括一个实例帧的集合的一个单元知识元素描述层，该实例帧具有一个或多个槽，每个槽中存有作为槽值的所述系统的一个元素值；

(b) 包括一个具有所述槽的综合知识元素帧的集合的一个或多个综合知识元素描述层，在每个槽中，低层的知识作为所述的槽值以摘要或综合的方式重新组成，所述一个或多个综合知识元素描述层按排为所述单元知识元素描述层上面的层。

15. 根据权利要求6的一个专家系统，进一步包括用于显示作为窗口图形显示的所述目标系统状态的显示装置，所述知识库具有一个或多个各自对应于被显示图形的帧，并且每帧有一些槽，一个槽用来指定对应的图形的显示窗口，另一个槽用来指定对应图形显示方式。

16. 根据权利要求9的一个专家系统，其中所述目标系统是一个电力系统，并且专家系统具有实例帧作为所述的帧，每个所述的实例帧对应所述电力系统的各元素。

17. 用于支持一个专家系统的开发的一种专家系统开发支持系统，所述专家系统处理一个目标系统的知识，该专家系统开发支持系统包括，提供综合帧的装置，在综合帧中描述了一个综合知识元素，并且综合知识元素根据作为所述目标系统的一个或多个元素的知识而从供给各实例帧的知识中以综合或摘要形式存储了重新组成的知识。

18. 用于支持一个目标系统的专家系统处理知识的开发的一种专家系统开发支持方法，它提供了综合帧，在这些帧中，重新组成的综合知识元素的综合或摘要的形式从供给的每个实例帧的知识中作为所述的目标系统的一个或几个元素的知识来加以描述的。

19. 一种用于处理一个目标系统的知识处理方法包括：

(a) 在一个知识库中，提供一个或多个实例帧，在这些实例帧中描述所述目标系统的一个或多个元素的知识，以及综合帧，在这些摘要帧中，根据知识处理目的重新组成的综合知识元素，以综合或摘要的形式，从供给的每个实例帧的知识中，作为所述的目标系统的一个或几个元素的知识来加以描述的。

(b) 作为响应所述实例帧状态更新的一个后台过程，根据所述实例帧状态的更新来更新所述摘要帧；以及

(c) 执行推理，这一工作由推理机在需要使用所述的摘要帧。

专家系统开发支撑系统及专家系统

本发明涉及一种专家系统，更具体地涉及用于处理与大型人工系统相关的知识的一种专家系统。

对于在一个知识库中存储人类专家的知识并作出与人类专家所作的相似的判断的专家系统已经提出过多种多样的方法。

当前，最流行的推理方法是一种所谓的生成系统（production system）。而另一方面则通常采用帧来表示知识。

在某些这种生成系统中，所用的方法是实行正向推理。在其它生成系统中，所用的方法则是实行反向推理。

用于实行正向推理的生成系统是一种模拟人的认识与动作周期的系统。

即，这种生成系统识别当前的状态然后确定下一步动作的内容。

附图中的图 2 的示出这种生成系统的一般结构。

如图 2 所示，该生成系统一般包括一个知识库 201 和一台推理机 202。在知识库 201 中包括多条规则 203，多个知识表示，多个帧 204，以及一个工作区 205。

规则 203 包含一个条件项，它包括用于识别存储在帧 204 或工作区 205 中的状态的条件指令，以及一个说明所要执行的动作的指令项。

使用这些规则，推理机重复三个步骤，即匹配过程 206，

矛盾判定 2 0 7 与动作 2 0 8，以执行一次推理。

推理机 2 0 2 中的匹配过程 2 0 6 是检索具有与存储在工作区 2 0 3 或帧 2 0 5 中的当前状态相匹配的条件指令以及将匹配规则与状态值汇集成一个集合作为一个矛盾集合 2 0 9 的步骤。矛盾判定 2 0 7 是从所得到的矛盾集合 2 0 9 中选择一条要执行的规则的步骤。动作 2 0 8 是根据所选择的规则的指令项的说明执行诸如更新工作区或帧的内容的步骤。

表示知识的帧是用于系统地与层次地表示与一个知识处理目标相关的信息的帧。

图 3 示出了其中的与一个电路的元件相关的知识是层次地以帧表示的一个例子。

在图 3 中，具有最高级的帧 3 0 1 定义了级的属性为电器元件。

在示出的例子中，电器元件的帧定义该电器元件级有两个槽，即制造公司名 3 0 2 及生产日期。

此外，在这一帧 3 0 1 前面的较低级帧 3 0 4，3 0 5，3 0 6 定义更具体类别项目的级，诸如电阻器 3 0 4，线圈 3 0 5 及电容器 3 0 6。

电阻器 3 0 4 的帧定义这一级的寄存器既具有作为存储电阻器的类型的槽的电阻器 3 0 7 的类型且具有作为存储电阻器的电阻值的槽的电阻值槽 3 0 8。

从而实际地表示有关个别元件的实例帧 3 0 9，3 1 0 如下所述：

实例帧 3 0 9 的元件 R 1 以电阻器作为级，从而具有电阻器的类型与电阻值，这些是在电阻器级中定义的槽。

在实例帧 3 0 9 中的元件 R 1 的电阻器级 3 0 4 是隶属于电器元件 3 0 1 的较低的级，从而也继承具有两个槽（即定义在电器元件级中的制造公司 3 0 2 与生产日期 3 0 3 ）的电器元件 3 0 1 的属性。

然后将一个公司的实际名字及其它信息存储在各自的槽中表示有关一个个别电器元件的信息。

这些帧是存储在系统地存储上述数据的一个数据库中并且能够存储一个专用于这些帧的过程进程。

图 4 示出了由一个称作 `demon`（特征）的函数与一个称作 `method`（方法）的函数存储的专用于该帧的一个过程进程的例子。

在图 4 中，在帧 `fr1` 中定义 3 槽 `S11` 与 `S12` 并各自以值 10 和 5 存储。

在槽 `S11` 中，具有字符“`when-changed`”（“变化时”）的过程 `func1` 定义为一个 `demon`，而在槽 `S12` 中，具有字符“`when-asked`”（“提问时”）的过程 `Func2` 定义为一个 `demon`。

字符“`when-asked`”表示当存储在该槽中的槽值从外部引用时被启动，而字符“`when-changed`”表示槽值被更新启动。

所以，当槽 `S11` 的值被更新时，过程 `func1` 以槽 `S11`

的值作为一个变量被启动。

也在图 4 中，`func 3` 是一个称作 `method` (方法) 的过程，它是一个只在帧 `fr 1` 中有效的过程。

方法 `func 3` 是通过给出作为一个外部源向该帧 `fr 1` 传递信息的方法 “`func 3`” 的名字来启动的。

执行过所定义的过程之后，方法 `func 3` 返回执行结果的值作为对发送信息的帧或规则的一个答复。

如上所述，一个生成系统是一个简单但非常一般的技术。由于帧能够系统地表示知识，当前在专家系统中是广为采用的。

然而传统的生成系统与帧是假定为应用于一个实际上大型的工厂或者一个人工的大型系统，诸如一个电力网，通过网络或者连输网中的，所以达不到实用的推理速度。

这些问题现在将一个一个一个地更详细地说明。

(1) 称作匹配过程的条件判断所需的时间增加

生成系统的一个推理周期是简单的且能用于通的目的。假定这一推理周期是渐进地在一台计算机上实现时，用于判断条件的计算量随帧的数目的增加而成指数地增加。

相应地，迄今已提出了用于提高生成系统的条件判断率的各种算法。

一种典型的算法便是 RETE 算法。最近，例如，公布了一种改进 RETE 算法的 TREAT 算法。

在 Forgy, c. l: RETE, 一种用于多槽式/匹配问题多目标模式的快速算法, 人工知识, 卷 19, 17-37 页

中讨论了RETE看法在M r i a n k e r , D . P : T R E A T , 用于人工知能生成系统中的一种更好的匹配算法, A A A I - 8 7 , 4 2 - 4 7 页中讨论了T R E A T 算法。

此外, 这些算法在日本推理处理学会学报上一篇文章中进行了说明(第29卷第5号467页)。

简言之, 条件判断算法, 包括RETE算法, 的一个特点是通过事先对规则进行分析以提供具有共同条件从句的一组规则, 构成一个称作“RETE网络”或“规则网络”的一个数据流图并共同地使用该流图用于计算个别的条件从句, 来减少条件判断的次数。这种条件判断算法的另一个特性是在计算条件判断的中间结果时采用只重新计算受到前面的执行步骤影响的部分并现将该部分与前面的推理周期以前所保单的中间结果中未改变的中间结果相结合。

这一RETE算法的推进观在将结合图5中所示的一条简单规则进行描述。

在图5中, 在前面附加?的一个项表示一个变量, 而在前面附加@的一个项表示指定的槽中的一个值。一个箭头指示一个要代替的值。在规则中的条件码中的?FR1与?FR2为分别表示帧 的名字的变量, 而?V是要被槽“v a l v e”(“值”)的值所代替的一个变量。所以, 规则1表示规则: 如果存在一帧?FR1而其中的级为C1, 槽“l i m i t”(槽类型标识号)的值为10, 且如果存在一个其中的级为C2的帧?FR2, 槽‘l i m i t’的值为20, 且槽‘v a l u e’的值大于?V

(即, 大于? FR 1的@value), 则执行指令部分。

规则2 表示下述规则: 如果存在一个其中的级为C 1的帧? FR 1, 槽“limit”(槽类型标识号)的值为1 0, 并且如果存在一个其中的级为C 2的帧? FR 2, 槽“limit”的值为2 0, 且槽“value”的值小于? V(即小于? FR 1的@value), 则执行指令部分。

且, 存在帧{ f 1 1, f 1 2, f 1 3, f 1 4, f 2 1, f 2 2, f 2 3, f 2 4, }如图5中所示{ f 1 1, f 1 2, f 1 3, f 1 4 }。如属于级C 1, 且{ f 2 1, f 2 2, f 2 3, f 2 4 }属于级C 2。

图如作为一个规则网络示出了图5中的规则的条件部分。

现在将结合图6对RETE算法进行描述。在规则网络中, 其中要进行判断的独立的条件的从句的部分用一个节点表示。

在图6中, 6 0 1指定为一个作为入口的路由节点, 一个要被判断的帧由这一节点流入该规则网络; 6 0 2是一个判断帧的级是否为C 1的节点。以及6 0 3是一个判断帧的级是后为C 2的节点。

6 0 4指定为一个, 判断槽“limit”的值是否为1 0的节点, 以及6 0 5指定为一个判断槽“limit”的值是否为2 0的节点。

6 0 6指定为一个判断是否? FR 1的槽“value”的值小于? FR 2的槽“value”的值的节点; 以及6 0 7指定为一个判断否? FR 1的槽“value”的值大于或等于?

FR 2的槽“value”的值的节点。

节点602至605称作“内部节点”（“intranodes”）而节点606与607则称作“中间节点”（“internodes”）

将要判断的一个帧的集合{f11, f12, f13, f14, f21, f22, f23, f24}从路由节点601流入规则网络；与在各节点上的条件判断相匹配的帧存储在该节点中并由一条支路传输到下一个节点。

608指定为与节点601的条件判断相匹配的一组帧；609指定为与节点603的条件判断相匹配的一组帧；610指定为与节点604的条件判断相匹配的一组帧；以及611指定为节点605的条件判断相匹配的一组帧。

中间节点606组合了通过内部节点604, 605的条件判断的帧，以判断与规则1的条件相匹配的一组帧。节点606上的算术运算是通过一个连接运算以得两个帧集合的组合，运算的结果由612指示。

612所示的第一组帧(f11, f21)示出f11与规则1的第一条件子句的帧名?FR1相匹配，而f21与规则1的第二条件子句的帧名?FR2相匹配，而规则1的条件部分被它们的组合所满足。

在各节点上所存储的一组帧中，存储在内部节点上的帧称作“ α 存储器”，而存储在中间节点上的帧则称作“ β ”存储器。

现在假定帧f12, f23, f24的槽值由采用一条规则如图7中所示地变化。

在这一情况下，在 RETE 算法中，更新后的帧被从规则网络中的 α 存储器与 β 存储器中删除掉，此时则使被进一步更新的帧从路由节点流入规则网络；以进行重新计算并重建中间存储器（ α 存储器与 β 存储器）。

图 8 示出了完成这一重建工作后的各节点的改变了的中间存储器。

由于在前一周期的中间结果被规则执行显著地改变的这种应用领域中，重建这一中间存储器所需的计算量是增加着的，RETE 算法不足以显示其效率。

为了从 α 存储器与 β 存储器中删除被更新的帧，必须得到帧所存储的节点。这一点通常可以通过使该帧保持其原来的值流经规则网络而从所到达的节点的存储器中删除有关该帧的数据来实现。然后，使赋于更新后的值的帧流入网络中。

在中间存储器的重建工作中，被更新的帧的数目越多，计算量将明显地增加得越多。部分地由于一个实用的大型工厂或者一个诸如电力，通信或连输网络的人工大型系统是包含大量部件的系统，以及部分地由于对应于属于一个级的各种标准化部件种类的大量实例帧的存在，如果在每一个推理周期中更新了由大量的帧所表示的同一标准的部件，必然地会由于重建中间存储器的处理时间的增加而会增加推理时间。

为了这一目的，提出了 TREAT 算法。这一算法并不维护 β 存储器而只维护作为中间存储器的 α 存储器使得在每一个推理周期的一个动态连接算术运算得以优化以导致存储器管理率的改

进。通常，由于在实际时间中在推理中执行一条规则所引起的状态值的更新很大，所以TREAT算法是被认为适合于实时处理的一种高速条件判断算法。

然而，假定在一个大型人工系统中采用了TREAT算法，将 α 存储器作为中间存储器管理增加了重建这一中间存储器所需的计算量，从而推理时间的增加依然是不可避免的。

由于该中间存储器，这些算法具有大量的帧，从而不适用于大量的帧的数据要被更新的系统。

现在将参照一个实际推理过程来加以说明，具有大量的帧的一个大型人工系统及在每一个推理过程大量的帧的数据被更新的特征。

图9示出了对一个电力系统中各种设备的电源路线。901指定为一个电源；902，一个开关；以及903，904，905为接受电源的设备。一台设备904经由另一台设备903接受电力。

对于各设备，有必要定义如图9中所示的帧，这样增加了帧的数目。

在各帧中，名为“voltage”（电压”）的槽表示该设备是否接受电力的状态。名为“supply”（“供应”）的槽表示从该设备进一步将电力供应给它们的一组设备。

在这一情况中，推理过程所要确定的是，将要考虑当开关902失灵时哪一台设备将会停止工作。

用规则来实现这样一种推理过程，作出判断电力故障的规则

将如“如果槽 ‘v o l t a g e’ 的值为 ‘N i l’ (‘零’) 并且如果存储在槽 ‘s u p p l y’ 中的帧的槽 ‘v o l t a g e’ 的值为 ‘p r e s e n t’ (‘存在’), 则用 ‘N i l’ 替换该帧的槽 ‘v o l t a g e’ ”。

上述方法也可用于; 在这一情况中, 假定为该槽 ‘v o l t a g e’ 定义了个具有称作 ‘w h e n - c h a n g e d’ 的字符的 d e m o n , 并且值 ‘N i l’ 替换了槽 ‘v o l t a g e’ 则发送请求用值 ‘N i l’ 替换存储在槽 ‘s u p p l y’ 中的每一帧的槽 ‘v o l t a g e’ 的信息。

从而在推理过程中, 大量的帧的槽 ‘v o l t a g e’ 被相继更新。

判断电力故障的推理过程是在给定有关目标系统的构造较少信息与知识的情况下, 识别该目标系统的状态。如上所述, 在一个大型人工系统中, 有许多帧。并且大量的帧的数据被单个的推理过程所更新。

(2) 状态识别所需时间的增加

用在一个实际人工系统的一个专家系统中, 不论其目的如何, 总有一个掌握这样一个实际人工系统的状态的步骤。在一个实用系统中。每时每刻其状态是变化着的; 在进行一次恰当的推理中, 从这种变动中引起知识的更新是不可避免的;

在一个传统的专家系统中, 如果根据一条指令等从外部启动一次推理, 一台推理首先取得外部状态值, 然后使用这些外部数据作出对状况的判别机, 这时为原来的目的作出一次推理。否则,

如果在推理执行中存必要去掌握状况时，则要对外部状态值进行检索及识别。

根据，例如“基于广义规则判别故障部分的专家系统”，日本电机工程师学会，1988，PE-88-26，所公开的技术，在一个电力系统中执行一次故障部分的推理过程中，先检验各断路器的状态以确定前一步的状态。从而通过推理得到与识别各断路器所保护的部分。

所以，在一个存在大量状况需要掌握的大型系统中，判别状况要占用一个不能容许的长时间。

(3) 由于根据组合视点的知识的复杂性带来的推理机的高负荷。

在用于一个实际大型系统的专家系统中，随着推理目的的复杂化，即使对于相似的目标系统，相同的知识表述式也不能永远使用，因而需要各种知识表达式。这一问题现在将结合图10进行说明。

图10(a)是一个电路图(系统图)，它示出一个电力系统包括一个变电所A，一个变电所B，以及连接这两个变电所A，B的一条输电线C。在各变电所A，B中有一对母线a，b。在各对母线a，b与输电线C之间没有开关LS1-LS4与断路器CB1-CB2，连同用作电流测量设备的电流变流器CT1-CT4。

为了作出在这一系统中的一个故障判别的推理，各设备必须表示成如图10(b)中的帧。

为了对作出用于在这一系统中的改变与设备的连接的状态的系统损伤的计划进行推理，又不需要任何测量设备，以至于各个设备需要表示成如图 10 (C) 的帧。

此外，为了进行电力流的计算，即，计算电力的分配，另需要关作为节点的母线及关输电线的知识，如图 10 (d) 所示。

在前面的例子中。知识表示方法适用于各种目的。在一个实际的专家系统中，通常这些目的是综合提出的。

在这一情况中，为此如果知识表示与实例帧是为每一目的定义的话系统越大，帧的数目的以及用于判定一个生成系统的条件的步骤的计算量的增加也越大，从而导致推理时间的增加。

同时，如果各种不同目的是由少量的实例帧来完成的，则规则变得复杂且数量增加使得达到目的以前要进行的推理步骤的数目增加。

如上面所讨论的，在一个应用于实际大型系统的专家系统中，由于复杂的知识，推理机将承受高负荷，从而增加推理时间。

在一个实用系统中，像图 10 的开关 LS 1，LS 2 等的状态这些目标数据是频繁地更新的。在这一情况下，不但需要更新存储被更新的状态值的槽值。而且也需要更新所有相关的状态值使得不致出现任何矛盾。这是个严重的问题，尤其是对于采用实时处理的一个专家系统而言；然而，在一个生成系统中，还不知道解决这一问题的能够满足要求的方法。

因此，当应用在一个实际大型系统时，传统生成系统将而随推理时间的增加。

在诸如电力系统或通信系统这样的公用系统中，推理时间的增加意味着在出现故障时恢复时间的增加，这是一个严重的问题。

所以，本发明的一个目的是提供一个专家系统，它即使应用在一个大型系统时也能以减少专家系统中的推理机的负荷来使高速推理成为可能。

根据本发明的第一方面，提供了处理一个目标系统的知识的一个专家系统，包括一个知识库，它包含在每个元素中描述目标系统的一个元素的知识的一组单元知识元素的一个单元知识元素描述层；以及一个或多个配置在上述单元知识元素描述层之上的作为一个或多个上层的概括知识元素描述层，每一层包括一组概括的知识元素，在各元素中相对低层中的知识是以抽象或概括方式重组的。

从而，关于一个知识处理目标系统的知识是根据处理目的以抽象或概括的描述提供的，提供一个容易使用的知识库。

此外，一个知识元素属性所属的层对于该知识库的用户可以是可见的也可以是隐蔽的。如果是可见的，有可能一层一层地提供知识，从而使得对该知识库的使用更为方便。

由于知识库中概括的知识元素形式的知识是可以使用的，专家系统中的推理机所执行的只需要简单的推理规则，从而实现了高速推理。

根据本发明的第二方面，提供一个专家系统，包括：

(a) 用于存储用帧表示的知识的一个知识库，各帧具有一个或多个槽，在各槽中知识表示为一个槽值；以及

(b) 一个索引装置包括

(i) 用于根据帧中所述槽的种类按照槽值管理所述帧的管理装置，

(i i) 根据槽值更新的内容对所述管理装置的管理内容进行重新组织的重新组织装置，作为更新槽值的一种背景处理，以及

(i i i) 从一个指定的槽的类型中及关于槽值的指定信息中检索一组所述帧的检索装置，在这些帧中，与指定的信息相关的所述槽值是存储在所指定类型的槽中的。

由于这些装置，有可能方便地按照槽来进行推理。

由于前述重新组织装置根据更新的内容重新组织管理装置的管理内容，作为由更新槽值启动的一个背景处理，从而可以执行高速推理。

图 1 是示出根据本发明的一个第一实施的例子的一个方框图；

图 2 是示出一个传统的专家系统的一个方框图；

图 3 是示出帧的结构图；

图 4 示出在一个帧中所的典型方法与典型槽；

图 5 示出典型规则与帧；

图 6 是示出根据 R E T E 算法的一个规则网络的结构图；

图 7 示出由于执行规则所致帧的改变；

图 8 是展示由于执行规则所致的中间存储器的改变的一个规则网络的图；

图 9 示出帧的改变的典型影响；

图 10 (a) 至 10 (d) 示出对应于一个电力系统中的推

理目的的各种知识表示；

图 1 1 为示出一个槽值索引装置的结构图；

图 1 2 示出帧典型定义；

图 1 3 为示出索引装置的详细结构的图；

图 1 4 为示出具有特殊评价标准的索引装置的结构图；

图 1 5 为示出索引装置的结构图，其中按照元素的集合表示槽值；

图 1 6 是示出使用索引装置的一个推理装置的框图；

图 1 7 是示出根据本发明的一个第二实施例的专家系统的框图；

图 1 8 是示出用于第二实施例中的一条规则的结构图；

图 1 9 是示出根据第三实施例的专家系统的专家的框图；

图 2 0 是一个系统的框架图，一个电力流计算过程是为这一系统执行的；

图 2 1 示出表示构成一个系统的设备的帧的结构，一个电力流计算过程是为该系统执行的；

图 2 2 是示出电力流计算过程经过组合过程后的系统的图；

图 2 3 示出用于找出提交给组合过程的母线的一条规则；

图 2 4 示出组合过程后的帧；

图 2 5 示出可以概括的用于定位一台变流器的规则；

图 2 6 是示出根据第四实施例的一个专家系统的框图；

图 2 7 是示出一个详细的层的图，在其中各种设备是以设备级来定义的；

图 2 8 是示出一个详细的层的图，在其中各种设备是按照功能与互相连接来表示的；

图 2 9 是示出变流器级的一个详细的层的图；

图 3 0 是示出根据一个第五实施例的一个交互式电力系统分析系统典型显示屏幕的框图；

图 3 1 与 3 2 是示出表示一个电力系统的典型显示幕的图；

图 3 3 是示出在屏幕上的图形及一帧的坐标关系的图；以及

图 3 4 示出第五实施例的专家系统的操作方式。

当本发明在一个知识以许多数据帧表示的专家系统中实施时，本发明的原理将是特别有用的。

首先，描述一下专家系统中的知识处理方法。

知识处理方法有三个主要特征，归纳入如下：

(1) 本系统具有二种操作模式，即前台处理和后台处理。在本说明书中，“后台处理”这一术语是指帧中的槽值因（比方说）外部事件的变化和显式指令而更新时开始的一种事件—引发—型推理过程，而“前台处理”这一术语是指当给出显式的目标请求时因要求而开始的一种指令—引发—型推理过程。

在本实施例中，当外部状态值变化时，在推理期间通过执行形势判断推理轻推理器的负荷，这样就能实现高速推理。

在后台处理的推理过程中，如果判定某个事件已发生，就能开始前台处理，因为该事件就是一个触发信号。

(2) 在知识库中提供了帧索引装置，对于具有相同的标识名的槽的一组帧而言，索引装置将根据帧槽值来存贮这些帧。

推理机装有一个条件判断装置，该装置在条件判断步骤中用于计算规则中的条件部分的各个条件子名的判断值，作为对索引装置的查询。

换句话说，条件判断不是由占有中间存贮器的规则网络完成的，而是使用可以很容易重新构成的索引装置来完成判断的，这是因为帧是按每种帧槽的顺序来排列的。

另外，当各帧的状态发生变化时，各帧的判断和存贮已由后台处理预先更新，因此，在实际推理中就能高速进行条件判断。

在大的系统中，存贮在表示系统的组成单元的帧的具体槽中的槽值是离散的。并且其中槽值的种类的数量相对较少，所以上述这种构成就特别有效。

举个例子来说，根据“基于普通规则判别故障部分的专家系统”日本电子工程师学会，PE-88-26所揭示的在故障部分推理期间不工作的断路器由条件制断逐个进行重新组织。而在本实施例的索引装置中，部分地由于在具体的断路器对应的帧中提供了表示工作/不工作的槽的原因，同时部分地也由于各个帧是（比方说）按槽值加以管理的原因，推理机不必为每个槽值都进行这样的条件判断。

（3）在一个帧系统中，每个均由一组帧构成的一个或多个概括的知识元素描述层是按层次结构排列的，每个描述层存贮着概括的知识单元数据，其中较低层中的在贮知识可以根据目的以概括或者抽象方式重新组成。最低层为一单元知识元素描述层，包括一组存贮构成逐家系统要达到的目标的元素的数据的实例帧。

概括知识元素描述层中的各帧是根据这些帧所用来达到的目的来定义的。一般来说，在一个用于特定目标的专家系统中，推理中所使用的根据的、抽象的知识表达式是有限的。基于这个目的，在后台处理国可以预先把知识进行概括或者抽象。这样，在预定的有规律的处理中，不进行任何推理上可以快速执行概括或者抽象工作。

最底层存贮着与期望使用专家系统的目标系统的实际状态值相对应的存贮数据的单元知识元素。这一层的上面的一层表示依次从该单元知识元素层中的知识中得到的抽象状态值。

这样，对应于各种推理过程中的各种观点级别的知识荷分层次地加以存贮，这样就总能减少推理机的负载，实现推理效率的增高。

此外，通过把帧分配层，推理机的规则可以把帧局限为条件判断的目标。也就是说，由于规则能指定由最听判断的区域，因此有可能进一步减轻推理机的负荷。

另外，例如，这个概括知识元素描述层中的帧的更新可以在后台方式下执行。

下面来描述根据本发明的第一个实施例的专家系统。

图 1 中，参考数字 1 表示一个推理机，通常可由一台计算机来实现，2 表示一个工作区，3 表示具有层次结构的帧系统，4 a 至 4 d 表示提与构成一个目标系统的外部设置有关的信息的装置，5 a 至 5 d 是表示这些设置的知识的实例帧，6 为在帧系统 3 中的最底层次的知识描述层，帧系统 3 可以设置成一个专家系

统开发支持系统，加一个域的外壳。由该帧系统提供的每一帧都作为一个知识库存贮在计算机的存贮器中。

7 和 8 分别表示一个定义在最底层 6 之上的一个知识描述层并且它存贮最底层 6 的状态值的概括知识。

图 1 中只示出了二个层次 7 和 8。实际层层面貌皇芳秭殮≠具体例子的限制。

9 至 13 表示定义在较上面层次中的帧。帧系统 3 中的帧之间的箭头表示着参考下面层次中的帧的状态来确定上面层次中的帧的状态值的推理过程。举个例子来说，箭头 14、15 表示帧 9 的状态值是分别由帧 5 a、5 c 的状态值来确定的。箭头 16 则表示帧 12 的状态是由帧 9 的状态确定的。

这些箭头所指示的推理过程可以通过在前台处理中对规则的条件部分中的条件进行判断的结果来执行，或者可以通过在后台处理中改变槽值而从特征开始的一种方法来执行。

17 表示一个用于管理系统状态以及存贮表示当帧系统 3 中的一帧呈现出一个特殊状态时发生某事件的装置。箭头 18，19 表示了事件发生的方式，当帧 13 呈一种指定的状态时，表示该事件的标志 20 通过过程 18 存入管理装置 17 中。标志 21 是帧 11 变化时由过程 19 存贮到管理装置 17 中的。

由推理机，在前台方式不执行的推理由用不管现与土层装置的接口的控制装置 22 发出的指令或类似信息所启动的，或者当一个特定的标志存入管理装置 17 中时也启动这种推理。

图 1 中的 14 至 16 表示后台方式下的推理，特别示出了概

括帧 9，10 和 12 的更新。这些更新通过如更新的概括帧 9 的特征或者由帧 4 a，4 b 所更新的实例帧 5 a，5 b 的特征，即数据的更新来实例的。通过使用一个目标帧系统来实现更新工作，就能灵活地适应专家系统的变化，另外，扩展性能与维护性能也极佳。

23 表示一个根据槽值进行索引装置。当推理机 1 执行条件判断步骤和检索符号某一具体的槽的条件的帧时，索引装置 23 就被该推理机 1 所调用。

另外，即使当该帧的槽值更新时，索引装置也将被启动，以便进行索引信息的更新。

图 11 示意性地示出了索引装置 23。

图 11 所示，索引装置 23 包括一个槽的名字表 1101，一个槽值评价方法表 1102，一个槽值表 1103 和帧的集合数据 1104。

图 12 中示出了一个典型的帧，图 13 中示出了与槽的类型为 S1 的槽（该槽称作 S1 槽）相连接的索引装置 23 的一部分。

现在，要获得满足条件“S1 = 2”的那些帧。

首先，从槽的名字表中检索帧槽 S1 的指针。该指针在槽值评价方法表 1102 指出一个与槽 S1 对应的表。通过由推理机指定的必要的槽值（这里只有有称为槽值）评价种类，选择指示“VALUE（值）”的指针。

从这个指针，可以参考关于槽 S1 的槽值的槽值表 1103

的一个表。

现在，因为要定位一个“ $S_1 = 2$ ”的帧，因此，在槽值表中要定位的关键字值为2。在与关键字的值为2有关的存贮指针中，可以看出要定位的帧是在帧的集合表1104中的帧的集合{ f_2, f_3 }。

槽值表中的“ALL(全部)”表示定义 S_1 的所有的帧，而“NULL(空)”则表示槽值还没有被定义的那些帧。

有了这种结构，也能很容易地检索其它的槽的条件。

例如，如果条件是“ $S_1 \neq 2$ ”，则从“ $S_1 = 2$ ”的{ f_2, f_3 }和ALL的{ f_1, \dots, f_7 }之间的差可以得到{ $f_1, f_4, f_5, f_5, f_7, \}$ 。同样，从“ALL”和所有的帧的集合1110之间的差。可以得到“ S_1 没有定义的帧”的条件，象{ f_8, f_9 }。*

另外，例如通过对帧的集合进行诸如逻辑“与”或者逻辑“或”等算术运算还可以得到“ $S_1 = 5$ ，或者 $S_1 = 8$ ”的多值条件。在这种情况下，得到的是与各值对应的下列帧的集合

$$S_1 = 5 : \{ f_6 \}$$

$$S_2 = 8 : \{ f_7 \}$$

的“或”操作的结果，即{ f_6, f_7 }。

如果条件为“ $S_1 > 0$ ”，通过对“ $S_1 = 2$ 或5或 S_8 ”的或运算，得到{ f_2, f_3, f_6, f_7 }这一集合，在具有 S_1 的最大值的帧”的条件下，可以检索槽值表的最大值。

下面更详细地描述槽值评价方法表1102。

如果条件为“ $S_1 > 0$ ”，则有许多其值 $S_1 > 0$ 的槽，有时同样的条件在推理过程中被多次重复使用。因此，人们希望对 S_1 的值使用不同的评价标准，而不是简单的槽值评价。

这样，就需要有与各个评价标准对应的多个槽值表。槽值评价方法表1102是这样的一个表，即从中能选出查询所需的槽值表。

在“ $S_1 > 0$ ”的情况下，通过提供与 S_1 的值的符号相对应的槽值1120，可以很容易地检索出满足如 $S > 0$ 和 $S < 0$ 等条件的帧。

下面讲述一个槽值为复数的情况，作为关于单个槽值的多种评价准则的例子，下面是复数 $a + bi$ 的评价准则：

- (1) 值 (a, b)
- (2) 实部 a
- (3) 虚部 b
- (4) 相位 $\arctan(b/a)$
- (5) 距离 $(a + b)$

图14中示出了根据所有上述提到的评价准则用于图12的帧中的槽 S_2 的具有槽值表的检索装置。

从槽的名字表1101中可以检索 S_2 的槽值评价方法1402。要想得到的帧的集合可以从与选定的评价方法对应的槽值表1403中得到。

图14中，各个槽值表是冗余的。例如值的每个格式均可从二个表‘实’表和‘虚’表中查出。如果值的实数部分值和虚数

部分的值已预先按照实际的值排序，则‘实’表可以省略。

槽值评价方法和槽值表怎样构成，这是在考虑了检索效果和存贮器和余量的基础上由用户选定或者系统自动判别的。

上面的对复数的思考方式可以扩展到一般的矢量值。

下面描述当槽值为一集合时的索引装置的结构。

图 1 5 中示出了一个索引装置，其中的 S 3 为一集合的值。一个集合中的值可以简单地为该集合中的所有元素的任意组合。图 1 2 中的帧的槽值表与图 1 5 中的表 1 5 0 4 类似。

如果这个集合值只有少量组合（以下称之为组合值），则这种组合值表不会有什么问题。一般情况下，对于 n 个元素就会有 n 个组合值，因此，在许多元素的情况下这种制表技术是不行的。一般对组合值很难设定排序标准。

为了检索集合值，确定了一个元素 1 5 0 5 和一个数量表 1 5 0 6。在元素表 1 5 0 5 中，各个元素值是评价准则，在数量表 1 5 0 7 中，集合元素的数量是评价准则。从这二个表可以很容易对下列槽的条件进行检索。

(1) $a \in S 3$

(具有包括 a 的 S 3 的帧)

从元素表 1 5 0 5 的 a 中可以很清楚地注意到结果应为 { f 1 , f 5 , f 7 , f 9 }。

(2) $a , b \in S 3$

(具有包括 a , b 的 S 3 的帧)

从元素表 1 5 0 5 中 a 和 b 之和可以清楚地看到结果应为

{ f 5 , f 7 , f 9 }。

(3) S 3 = { a , b }

(其集合为 { a , b } 的帧)

从上面 (2) 中得到的帧集合和数量表 1 5 0 6 中 2 的帧集合的“或”，可以得到 { f 5 , f 7 , f 9 } \cap { f 2 , f 8 , f 9 } = { f 9 }

(4) S 3 = 空集

从数量表 1 5 0 6 的 0 处，可以得到 { f 3 }。

下面结合附图 1 6 来描述推理周期中条件判断步骤中索引装置 2 3 的使用方式。

图 1 6 中，1 6 0 1 表示一个用于存贮在知识库中的规则的条件部分的装置。

规则中的条件部分 1 6 0 1 作为条件指令行 1 6 0 2 来存贮，并由条件部分执行装置 1 6 0 3 来执行。

各个条件指令行 1 6 0 2 是用于执行在规则的条件部分中所定义的条件判断的指令行。它们的算法可以用中间语言来描述，由解释程序或者经编译的机器语言来执行。

条件部分执行装置 1 6 0 3 参考索引装置 2 3 来执行存贮在条件部分 1 6 0 1 中的这个条件指令行，并把结果存贮在规则 and 帧的不相容集 1 6 0 4 中。

从不相容集 1 6 0 4 中选择一个待执行的示例之后，推理机 1 从指令部分 1 6 0 5 中选出一个合适的指令行 1 6 0 6 并加以执行。与条件指令行 1 6 0 2 一样，指令行 1 6 0 6 可以为中间

语言或者是经编译的机器语言。

指令行 1 6 0 6 对帧系统 3 中指定的槽值进行更新。

帧系统 3 对一个槽值及其对应的特征处理和方法进行更新，并把更新后的信息传送到索引装置 2 3 中。

帧系统 3 中的 1 6 0 7 是被指令行 1 6 0 6 更新的帧，1 6 0 8 是一个具槽值被帧 1 6 0 7 中的方法所更新的帧。1 6 0 9 和 1 6 1 0 则分别表示把更新信息通知给索引装置 2 3。

本实施例具有下列优点：

(1) 由于帧系统中的知识表示可以以层次结构来表示一个目标的知识组成，推理过程中所需的状态抽象可以系统地加以定义。

由于与实际设备对应的实例帧处于众多帧的最底层中，因此在以外部信号源输入数据之前不需要任何处理，从而减轻了推理机的负荷。

(2) 由于存在着两类处理（即前台处理和后台处理），因此，随着目标系统的状态改变而发生的知识库的可调整性的维护过程可以和给定目的的推理过程分离开来，这样可使推理规则的定义简化。另外，由于在目标状态发生变化时推理库的调整由后台处理来完成，因此当前台处理的推理开始时，对目标状态的识别过程已经完成。也就是说，推理机的负荷被减轻了，所以推理可在高速前台处理中完成。

(3) 由于对条件的判断可由不占网络中的规则的暂时存贮器的索引装置来完成，即使在具有许多同一级的实例帧的大型系

统中也可以容易地实现高速判断。也就是说，对帧的管理的更新可以通过根据被更新的槽的种类来更新索引装置中的槽表的方式来实现。并见更新槽值表要比利新组织规则网络的暂时有贮器容易执行。

(4) 在人工的大系统中，由于作为每层中的帧的槽值存贮在槽中的状态值是有限的，因此，根据槽值来检索存贮状态值的帧的索引装置可以高速度地对连接多个条件子句的规则的条件部分进行判断。

下面结合图 1 7 和 1 8 描述根据第二个实施例的专家系统。

在第一个实施例中，描述了只使用槽值的索引装置来进行条件判断的推理装置。在第二个实施例中，部分帧沿用常规的规则网络，其余的帧的条件判断则用索引装置来完成。

图 1 7 中，帧系统 3 中包括索引装置 2 3 和规则网络管理装置 1 7 0 1。

帧集合 1 7 0 2 处于索引装置 2 3 的管理之下，帧集合 1 7 0 3 处于规则网络管理装置 1 7 0 1 的管理之下，而帧集合 1 7 0 4 则处于这二个装置 2 3，1 7 0 1 的共同管理之下。

规则网络管理装置 1 7 0 1 管理着常规的规则网络，其中帧 1 7 0 3 以暂时存贮器中的数据的形式被存贮。在本实施例中，所有的常规规则均由构成规则网络的规则网络管理装置 1 7 0 1 来管理。

定义在知识库中的帧的类型有二种（如集合帧 1 7 0 2 和集合帧 1 7 0 3）是适宜的。

帧 1702 主要用在后台方式下的推理中，当目标系统的状态一改变，槽值就开始被更新。帧 1703 是那些被普通规则网络的规则的条件部分所参考的帧。

如图 18 所示，在本实施例中使用的规则的条件部分 1801 中，提供了只有帧集合 1703 中的帧才被描述这样一个条件。在规则的指令部分 1802 中，可以描述帧 1702 和 1703 的操作。

在这种情况下，赋予索引装置的检索条件可以用作规则的执行过程。例如，在规则中定义了这样的执行过程，即“得到所有槽的值为 A 的帧，然后给所有这些帧发出信息”，赋予索引装置的指令将是读“得到所有槽的值为 A 的帧”。

下面描述本实施例的工作情况。如果目标系统的状态改变，则表示目标系统的组成元素实例帧中的槽值将在后台方式的推理过程中更新，然后是帧集合 1702 中上层中的帧被更新。由于帧集合 1702 的部分帧集合 1704 也属于帧集合 1703，因此，当部分帧集合 1704 中的帧被更新时，处于规则网络管理装置管理下的规则网络的暂时的存贮器也被更新。

当前台方式下的推理开始时，推理机通过使用规则网络管理装置 1701 的规则网络，进行不相容鉴别而得到一个不相容的集合，然后再执行所选择的规则。如果在规则的指令部分中存在帧集合 1702 的运算，则规则网络的暂时存贮器将被更新。如果帧集合 1703 有运算，即以信息的形式执行推理过程。如果帧 1704 在对帧 1703 的处理的派生不被更新，则暂时存贮

器也将被刷新。

本实施例具有下面优越的结果：

1 . 由于被修改的帧相对来说很少，并可看成来自保持在规则网络的暂时存储器中的许多规则的条件部分，具有这动特征的帧的推理可以以前台操作方式高速地执行。

2 . 由于频繁地更新帧，并运用于通过层次结构的帧系统来管理的后台操作方式，识别目标系统的状态的推理能的高速执行。

3 . 因为从规则网络的暂时存储器中能够消除频繁修理的帧，采取利用规则网络的条件算法的判断特征的高速推理可以执行。

现在将结合图 1 9 描述应用在用于完成功率流计算的系统上的专家系统的第三个实施例。

在图 1 9 中，标号 1 是推理机；标号 2 3 是索引装置；标号 1 9 0 1 是功率流计算装置。

目标电系统的基本系统数据 6 定义在帧系统的低层。

这里假定称为系统的功率流计算。

如果将适于功率流计算的表示给予在上层里的系统数据 6 ，则功率流计算装置 1 9 0 1 将根据这个系统数据执行一种处理，并返回结果。

如果系统数据 7 还未被定义，或者如果基本数据 6 的状态被改变了，则必须对上层的基本数据 7 重新定义。

图 1 9 的结构能够将表示的系统数据给予帧系统 3 ，而该表示可由功率流计算装置 1 9 0 1 ，推理机 1 和索引装置 2 3 进行处理。

图 2 0 是表示一个目标电系统的略图，对此执行一个功率流计算过程。

图 2 1 示出了构成图 2 0 的目标系统的装置的帧表示。

现在在功率流计算所需要的系统数据比自图 2 0 给出时已预先简化了。

在该系统中，把母线“B B和功率传输线”进行电连接，它们都涉同一电压级，考虑到电路计算实际上必须把它们表示为一个单节点。

另外，由于把两个变化器 1 T r 和 2 T r 用于并联操作，实际上必须把 1 T r 和 2 T r 表示为一个单节点，这种实际上将多个装置放到一块的操作叫做“组合”。

图 2 2 表示组合成这样的表示后的图 2 0 的系统。以便采用功率流计算装置 1 9 0 1。

图 2 3 表示作为组合标准的定位母线的规则。

满足第一条条件 2 3 0 1 的装置类的条件的母线可以从索引装置 2 3 得到。

通过集合的余集来获得第二条条件，该槽的“连接”并不是空的，即“元素的数目是 0”的集合的互余集位。

如果将这一规则用在图 2 0 的系统中，第一条条件是 { B 0 , B 1 , B 2 , B 3 } 第二条条件是 { B 1 , B 2 , C 1 } ，满足图 2 3 的规则的条件将是这两个条件的逻辑与得到的 { B 1 , B 2 } 。当用这样获得的帧作为标准而跟踪到相同电压的帧时，这种母线的组合将终止。

组合之后，将节点名字置为一个槽的“节点”作为与同一节点相联装置的帧的标志。

可将不是组合目标的母线本身作为一个单节点。

图 2 4 表示置为槽的“节点”之后的帧，变压器的槽“电源一侧装置”和“负载一侧装置”的节点名称而改变。

现在将讨论作为组合的下一步，并联变压器的组合。

由于变化器 1 T r 和 2 T r 在组合之后连接到同一节点，所以必须把它们相加。

如果注意到变化器 1 T r，那么 2 T r 是一个相加的目标，而 3 T r 不是一个目标。

图 2 5 表示用于检索可相加的并联变压器的规则，如果变压器 1 T r 是一个目标，从槽值得到电源一侧装置和负载一侧装置，并联变压器可由索引装置、根据这些值、从第二条件来确定。因此，将并联变压器放到一起是可能的。从上述过程，请求功率流计算装置的系统数据 7 表达式的结构被完成了。

该第三实施例具有下面的优越结果。

如果没有索引装置，那么为了同图 2 3 的规则匹配的帧检索就要随着帧数目的增加而增加。作为构成被控制的实际目标电力系统的数据的帧的数目是成百上千的，很难达到实时在线控制。

由于检索帧的系数不受帧的数目的影响，在实施例设有索引装置，它既适用于电力系统的控制又适用于大规模数据系统的控制。

现在将描述第四个实施例，在这里系统的服务中断是由采用

专家系统的层间信息传送的推理来识别的。

图 2 6 中的标号 3 表示一个具有多层的帧系统。

该帧系统 3 代表电力系统。2 6 0 1 是代表由电力传输的分方站和信息构成的系统的一层；2 6 0 2 是表示装置和相互连接的功能的系统的一层；2 6 0 3 是表示由装置构成的系统的一层；2 6 0 4 是输入/输出装置，用于存取帧系统的内容。

如果目标系统的装置的状态更新时，通过输入/输出装置 2 6 0 4 更新了层 2 6 0 3 的装置的状态，那么层间的信息传送将开始执行一个推理。

现在将描述用于抓住因系统故障的服务中断的状态的这种推理。

图 2 7 是表示层 2 6 0 3 的详图，其中将装置等的装置级来加以定义。在图 2 7 中，2 7 1 1、2 7 1 3、2 7 1 6 和 2 7 1 8 是处于闭合状态的开关；而 2 7 1 2、2 7 1 4、2 7 1 5 和 2 7 2 7 是断开状态的开关。

当由于母线 2 7 2 2 的故障而改变装置的状态时，CB（断路器）2 7 0 3、CB 2 7 0 1 和 CB 2 7 0 6 进入跳闸状态，所谓跳闸状态就是来自断电器的指令将断路器断开的状态。

与功率传输线 2 7 3 2 有关的电压信息变为零。将信息的这个变化传送到上层 2 6 0 2。

图 2 8 是上层 2 6 0 2 的详图，当给出 CB 2 7 0 3 的状态已变为跳闸状态的通知时，功率的传输线 2 8 0 2 和母线 2 8 1 2 之间的连接变为断路状态。

同样，CB 2 7 0 1 的跳闸信息将母线 2 8 1 1 和母线 2 9 1 2 之间的连接变为 断开状态，CB 2 7 0 6 的跳闸信息将母线 2 8 1 2 与电力传输线 2 8 0 4 之间的连接也变为为开状态。

把电力传输线 2 7 3 2 的电压信息传送给上层 2 6 0 2 的电力传输线定义 2 8 0 4，在电力传输线定义 2 8 0 4 中的信息也被更新为“无电压”。将这些层里的状态变化传输到更上层 2 6 0 1 中。

图 2 9 是表示叫做分站级层的最上层 2 6 0 1 的详图。

通过更新层 2 6 0 2 中的状态也更新了层 2 6 0 1 中信息。

将层 2 6 0 2 里母线 2 8 1 2 的连接的变化信息传送给分站

2 9 0 1，去设置层 2 6 0 1 里分站 2 9 0 1 中的状态变化信息。

将来自电力传输线 2 8 0 4 的电压信息传送到电力输线 2 9 1 2。

从而将电力传输线 2 9 1 2 变到一个不能供电的状态。根据上述的信息，其中状态的变化信息已置入的分站 2 9 0 1 将被估计为故障的原因。

此外，由于电力传输线 2 9 1 2 处于不能供电的状态，可以即刻得出结论，分站 2 9 0 3 完全停止了。部分地由于在电力传输线 2 9 1 1 和分站 2 9 0 2 中无状态变化信息，且部分地由于电源供电正常。则可以得出仍保持正常状态的结论。因此不必判断分站 2 9 1 2 是否停止了供电，应知道，只需检查分站 2 9 0 1 就能掌握详细的系统状态。

然后，将下面的指令的层 2 6 0 1 发给层 2 6 0 2 一个指令是将分站 2 9 0 1 下的层 2 6 0 2 的指令的状态作出详细的决定

的指令。另一个指令是分站 2 9 0 3 下的所有装置都停止供电的指令。

根据这些指令，从层 2 6 0 2 中母线 2 8 1 1 和母线 2 8 1 2 的连接状态判断“电压”，因为这里有接收了电源所以认为母线 2 8 1 1 是处于“充电”的。因为无来自任何地方的电源所以认为母线 2 8 1 2 是停止供电了。可以即刻判断与分站 2 9 0 3 相连的母线 2 8 1 4 和负载 2 8 2 2 停止供电了。

进一步，将上述的信息从层 2 6 0 2 传输给装置做层 2 6 0 1 上，从而确定了每个装置的电压状态。

第四实施例具有下面的优越结果：

(1) 因为在目标系统中的信息是由层间信息传输而自动概括或提取，所以可以高效率处理目标电力系统的大量数据。

(2) 第二个优越的结果是改善了数据的积木性。可以根据各个数据本身获取的信息来处理各个层的每个数据。所以很容易修改和扩展系统数据。

(3) 第三个优越的结果是可以容易地了解系统的结构，每个层的数据表示和指令的传输与掌握人的系统很相似，所以很容易很直观地了解。

(4) 第四个优越结果是系统具有可并行性。假设由计算机来实现该系统，因为每一层和数据单元的操作是高度独立的，所以很容易使它们与各自的计算处理单元对应。因为并行处理，可得到高度的处理能力。

现在描述第五个实施例，此中将本发明的专家系统用到规划

一电力系统的装置的损伤计划的交互系统上。

在图 3 0 中，标号 3 0 0 0 表示在本实施例中所用的计算机；标号 3 0 0 1 是显示器。

标号 3 0 0 2 是用于控制整个计算机 3 0 0 0 的控制装置；标号 3 0 0 3 是用于管理与人信息的输入/输出的接口管理装置；标号 3 0 0 4 是推理机；标号 3 0 0 5 是一帧系统；标号 3 0 0 6 用于执行与目标电力系统的信息的输入/输出的接口管理装置；标号 3 0 0 7 是一分析程序库，其中有控制装置 3 0 0 2 或推理机所用的各种数值的计算程序。

在帧系统 3 0 0 5 中，有对于目标电力系统的结构分层构造的帧。3 0 0 8 是一个代表系统组成的层；3 0 0 9 是表示在分站和电站中母线连接的一层；3 0 1 0 是一个表示单个装置的组成的层。

此外，通过显示器 3 0 0 1 上的多个窗口 3 0 1 1 a，3 0 1 2 a 和 3 0 1 3 a 来指示这些层的状态。

图 3 1 表示典型的显示屏 3 0 1 1 a —— 3 0 1 3 a。在窗口 3 0 1 1 a 中，电站 A 和分站 B，C 代表一个部分系统。标号 3 1 0 1 是将分站 B 和 C 相互连接的电力传输线；标号 3 0 1 2 代表在分站 C 中的母线。

在窗口 3 0 1 2 a 中，代表分站 C 中实际母线的连线 3 0 1 2 的状态，母线 3 1 0 3 —— 3 1 0 6 通过开关 3 1 0 8 —— 3 1 1 0 互相连接。

因为开关 3 1 0 8 —— 3 1 1 0 都是闭合的，在电路的计算

中可把总线 3 1 0 3—3 1 0 6 看作单个母线（节点），如窗口 3 0 1 1 a 中的母线 3 1 0 2 所示。开关 3 1 1 1—3 1 1 3 将各个电力传输线与对应的母线相连。

3 0 1 3 表示最底层的显示窗口，其中显示实际装置的状态的及与它的连接。窗口 3 0 1 2 a 的开关 3 1 0 7 是由窗口 3 0 1 3 中的开关 3 1 1 4、断路器 3 1 1 5 和开关 3 1 1 6 表示的。此外，开关 3 1 1 1 由窗口 3 0 1 3 a 中的开关 3 1 1 7，断路器 3 1 1 8，开关 3 1 1 9 和开关 3 1 2 0 组成的。实际上将开关 3 1 1 1 分别经过开关 3 1 1 9 和 3 1 2 0 连接到母线 3 1 0 3 和 3 1 0 5 上。根据开关 3 1 1 9 和 3 1 2 0 的状态，可将电力传输线 3 1 0 1 显示在窗口 3 0 1 2 中，在某些时刻它连接到母线 3 1 0 3 上，而另一些时刻它连接到母线 3 1 0 5 上。

电力的传输线的这种连接依赖于在帧里的最低装置层 3 0 1 0 中的开关的状态。

因此，如果在装置层 3 0 1 0 里改变了开关的状态，则一定会把这种变化反映到上层的状态上。

例如，如图 3 2 的所示，当断路器 3 1 2 1、3 1 1 5 断开时，将开关 3 1 1 9 从闭合状态变到断开状态，而开关 3 1 2 0 却由断开状态变为闭合状态，表示各个装置的状态的显示也立刻改变，如图 3 2 的窗口 3 0 1 1 b 中所显示的那样。正如表示连接层 3 0 0 9 的窗口 3 0 1 2 b 中所显示的，电力传输线 3 1 0 1 连接的母线也必定从 3 1 0 3 变为 3 1 0 5，开关 3 1 0 7 和 3 1 0 9 的显示也一定从闭合状态变为断开状态。在系统图里所

示的窗口 3 0 1 1 b 中，有一个将母线分开为两个的显示。

现在将结合图 3 3 来描述用于提供上述功能的第五实施例中的知识表示及其操作的内容。

在该实施例中，表示在显示屏上所显示装置的图表对应于个帧。

在图 3 3 中，3 0 1 3 a 是在其中显示装置 3 0 1 0 的一个窗口；3 1 1 5 b 是一个对应于断路器 3 1 1 5 a 的帧。在帧 3 1 1 5 b 中，有定义的槽（视图）代表被显示的窗口“位置”表示在窗口中断路器 3 1 1 5 a 被显示的位置，“断开/闭合”（“open/close”）表示断开或闭合的状态，等等。

3 0 0 1 表示在 3 1 0 3 a 中的鼠标器的光标。通过用这个光标选择一个目标装置，并通过选择上托菜单 3 3 0 2 的一个功能菜单来开始在 3 0 1 3 a 中所显示的装置的操作。

例如，如果选择在菜单 3 3 0 2 中的“断开”，将指示断开/闭合状态为断开状态的信息传输到帧 3 1 1 5 b。通过这个消息，将槽“断开/闭合”的槽更新为“断开”。在这个槽中，通过属性“变化时”（“when-changed”）来确定特征 $f x ()$ ，并且 $f x ()$ 根据“断开/闭合”的状态改变在 3 0 1 3 a 中被显示的窗口 3 1 1 5 a 的显示。

图 3 4 表示这个系统的操作，在图 3 4 中，3 0 1 2 a 表示连接层的窗口；3 1 0 7 a 是一个连接层的开关；3 0 1 3 a 是一个装置的层的窗口；3 1 1 5 是一断路器；3 4 0 1 表示用于管理鼠标器的光标 3 3 0 1 的显示输入管理装置，识别由光标

3 3 0 1 选择的目标和由光标 3 3 0 1 选择的菜单以确定要执行的信息，并对该目标发佈信息。

正如上面结合图 3 3 所述的，当通过鼠标器选择了断路器 3 1 1 5 a，命令开关断开时，将命令开关断开的信息 3 4 0 2 传送给帧 3 1 1 5 b。当帧 3 1 1 5 b 接到该信息并执行了由该信息所定义的操作之后，将把图形 3 1 1 5 a 的显示从“闭合”改变为“断开”的请求送到显示器 3 0 0 1 的输出管理装置 3 4 0 3 中，使之执行图形的重画 3 4 0 4。

另外，帧 3 1 1 5 b 将帧 3 1 1 5 b 中的“断开/闭合”状态已变化的信息发送给噍噍档闹。常保保蠢竣 ⑤ 常保保叮夕後！ 3 1 0 7 b。3 0 7 b 表示连接层 3 0 0 9 的一个帧，它代表从装置层 3 1 1 4 b、3 1 1 5 b、3 1 1 6 b 中抽象出的一个开关。在帧 3 1 0 7 b 中，涉及属于 3 1 0 7 b 的装置 3 1 1 4 b、3 1 1 5 b、3 1 1 6 b 的信息，和当装置 3 1 1 4 b、3 1 1 5 b、3 1 1 6 b 中任一个断开时断开开关 3 1 7 0 b 的方法，这二者都被定义了，开关 3 1 0 7 b 将被断开，并将对输出管理装置 3 4 0 3 给出一个图形 3 1 0 7 a 的显示的状态将从“闭合”变为“断开”的信息。

如上所述，在本实施例中，当单个装置的状态改变时，抽象出的上层的状态自动地改变，并且显示也被改变。

该第五实施例具有下面的优越结果：

根据人对系统具有的各种观测点的别级，从总系统的表示到单个装置的表示的知识表达可被分层地显示在显示装置上。代表

帧系统中的单个装置和抽象的装置单元两者的帧分别对应于显示屏上被显示的图形。部分地因为单个帧的状态可被快速地显示在屏幕上，部分地因为数据变化在显示屏上能够可见地执行，可以实现的表示其错误极少。

由于当单个装置的状态改变时，该单个装置所属于的抽象帧的状态更新了，自动地维护了具体数据和它的抽象数据之间的可调性，使得能够实现帧系统的可调性的维护。

因为对应于单个帧的每一状态的图形元素是作为一个特征在每一帧中建立的，是与其它图形元素无关的，使之有可能简化图形管理，以便于功能的改变和校正。

如上所述，根据本发明使之能够提供一种专家系统，它能进行高速地推理，甚至在大型系统中也能如此。

说明书附图

图1

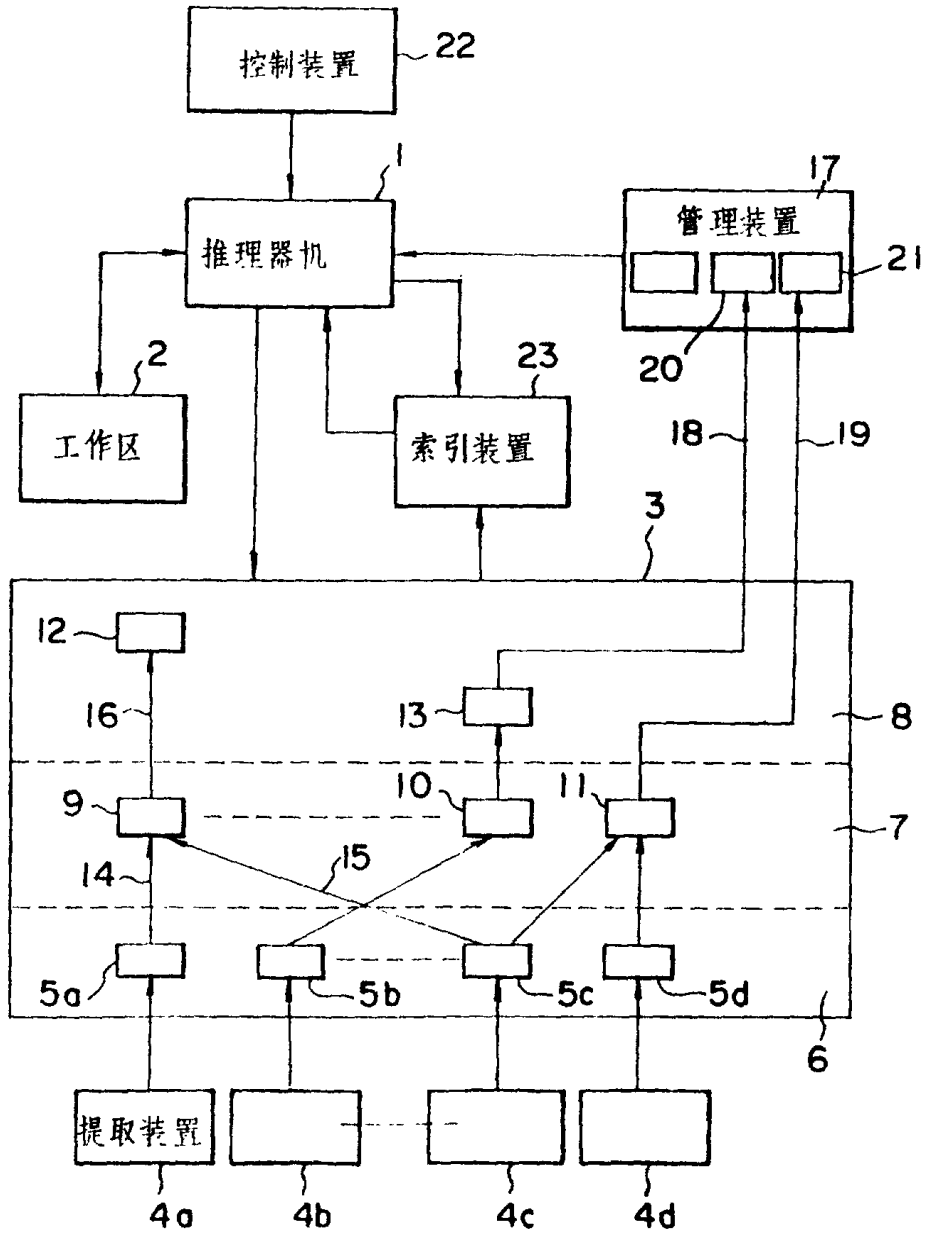


图2

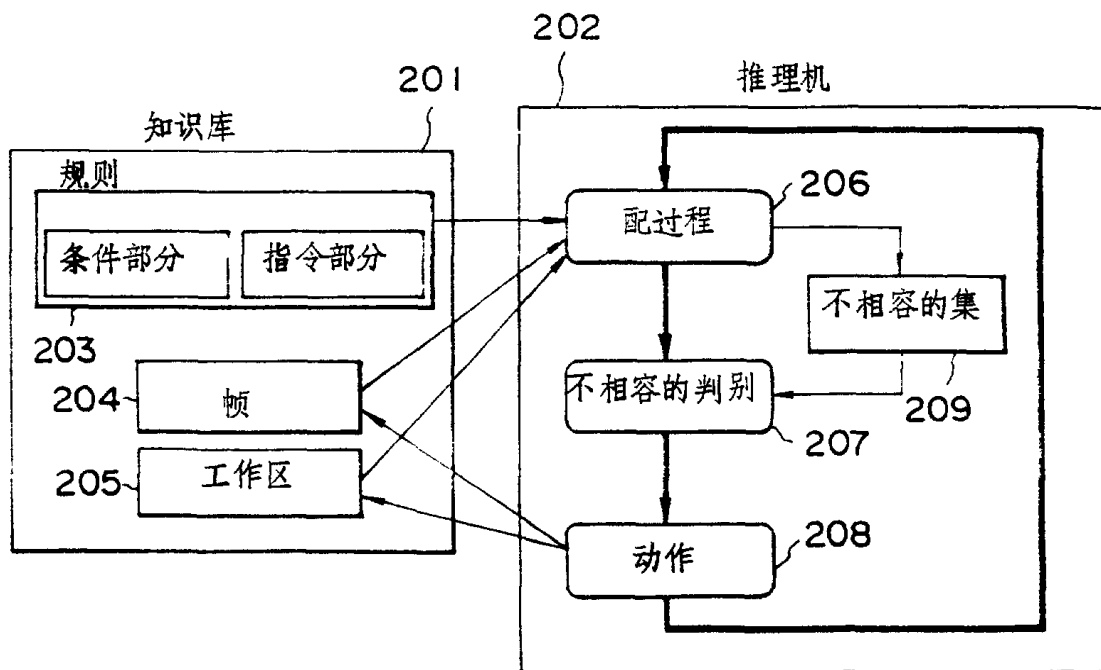


图3

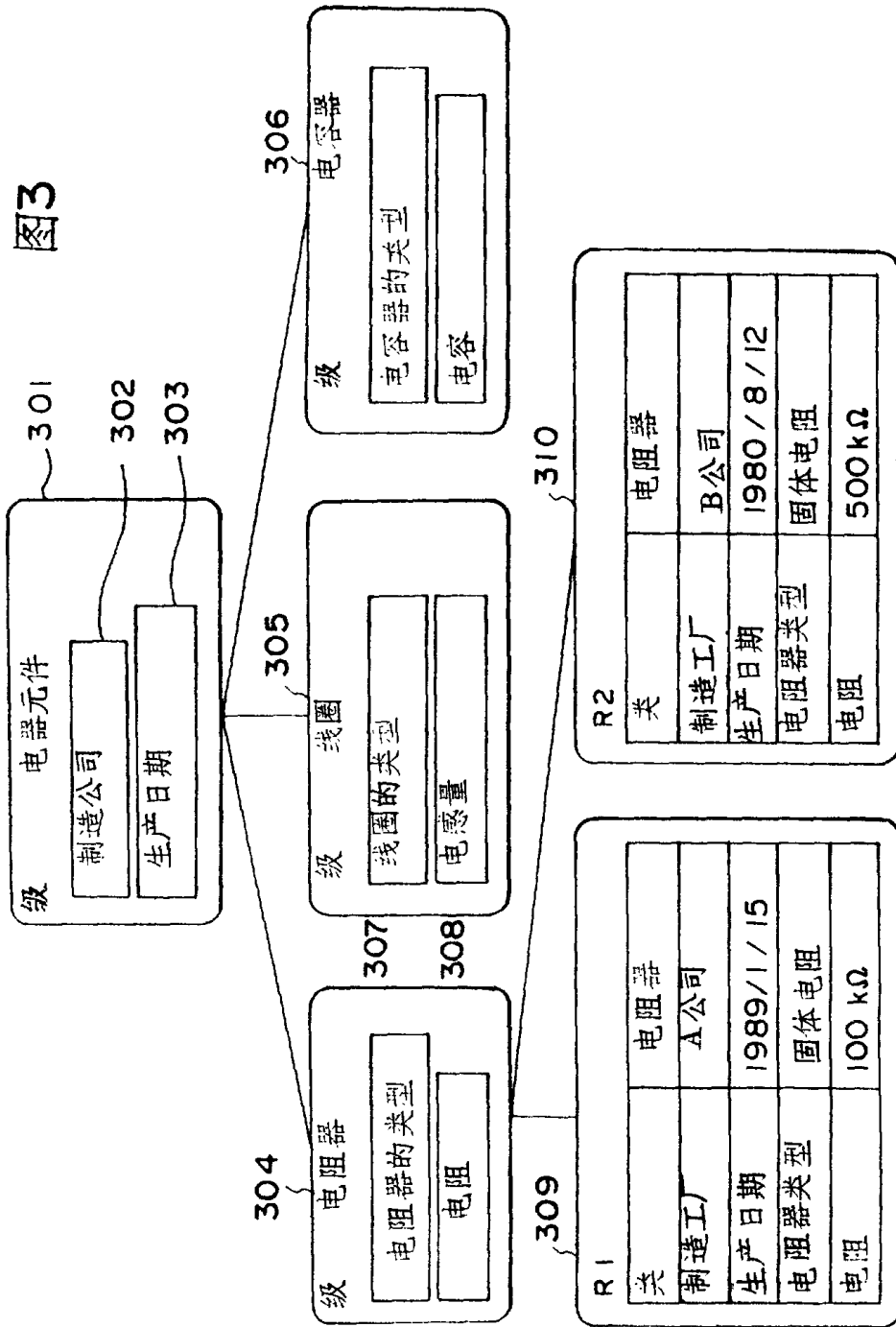


图4

```
( fr1
  超级系统
  S11 10 变化时      func1 (@ S11) )
  S12 5 提问时      func2 (@ S12) )

#方法
      3( )
  {
  }
  方法结束
#
)
```

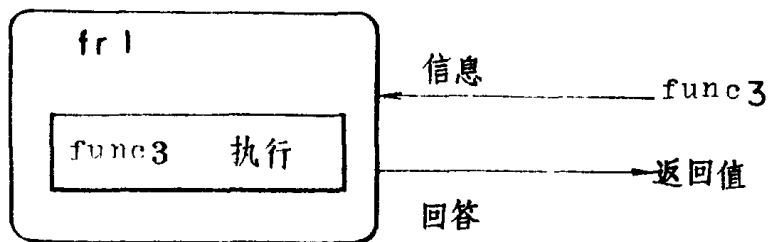


图5

(规则 1
如果
 (?FR1
 @级 = c1
 @槽 = 10
 @值 > ?v)
 (?FR2
 @ = c2
 @ = 20
 @ > ?v)
则 (...
)

(规则 2
如果
 (?FR1
 @级 = c1
 @槽 = 10
 @值 → ?v)
 (?FR2
 @ = c2
 @ = 20
 @ ≤ ?v)
则 (...
)

(f11
 级 c1
 槽 10
 值 15
)
(f12
 级 c1
 槽 10
 值 0
)
(f13
 级 c1
 槽 20
 值 15
)
(f14
 级 c1
 槽 15
 值 5
)

(f21
 级 c2
 槽 20
 值 30
)
(f22
 级 c2
 槽 20
 值 10
)
(f23
 级 c2
 槽 20
 值 5
)
(f24
 级 c2
 槽 5
 值 10
)

图6

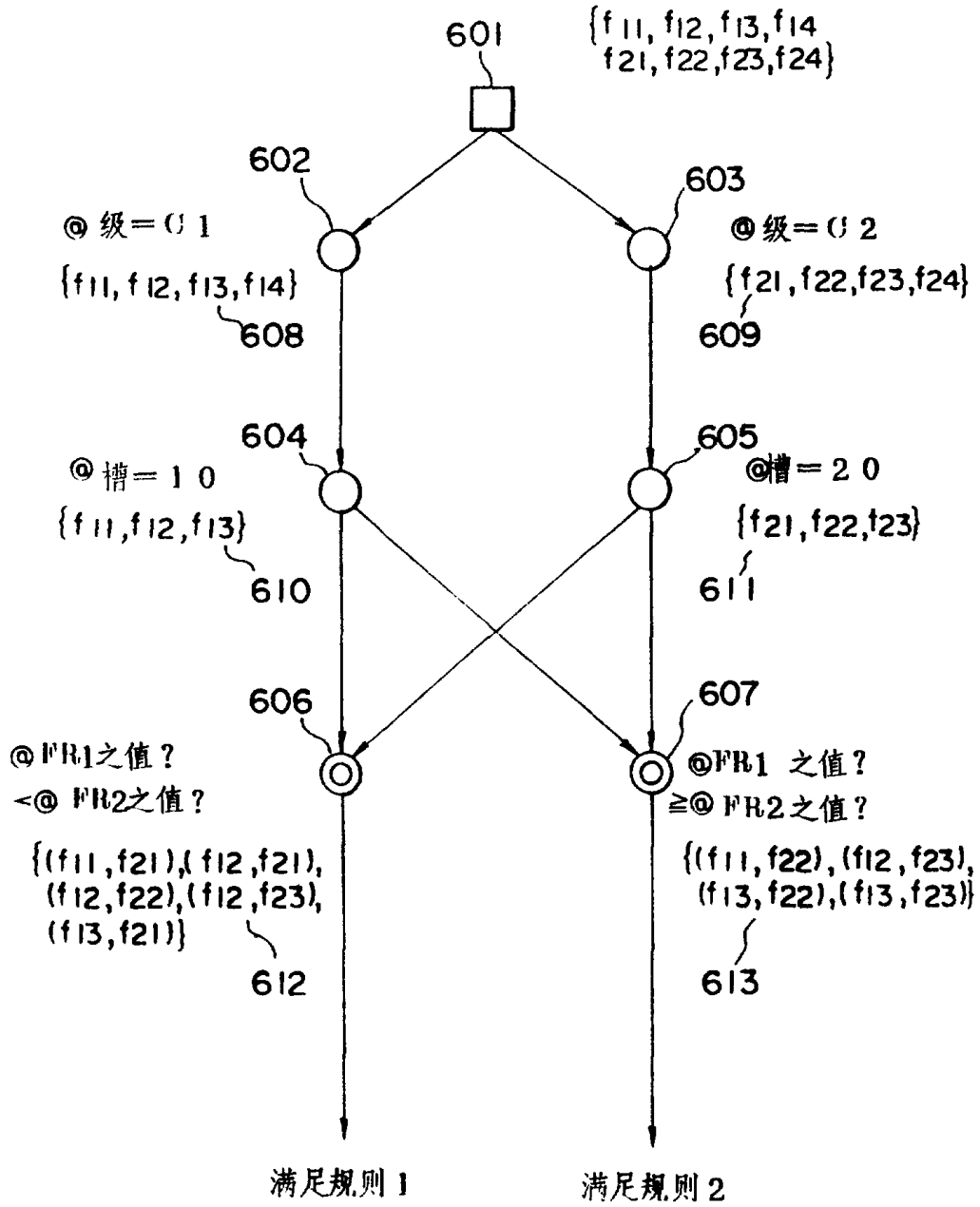


图7

(f12	级	c1	⇒	(f12	级	c1
	槽	10			槽	5
	值	0			值	100
))		
(f23	级	c2	⇒	(f23	级	c2
	槽	20			槽	6
	值	5			值	100
))		
(f24	级	c2	⇒	(f24	级	c2
	槽	5			槽	20
	值	10			值	10
))		

图8

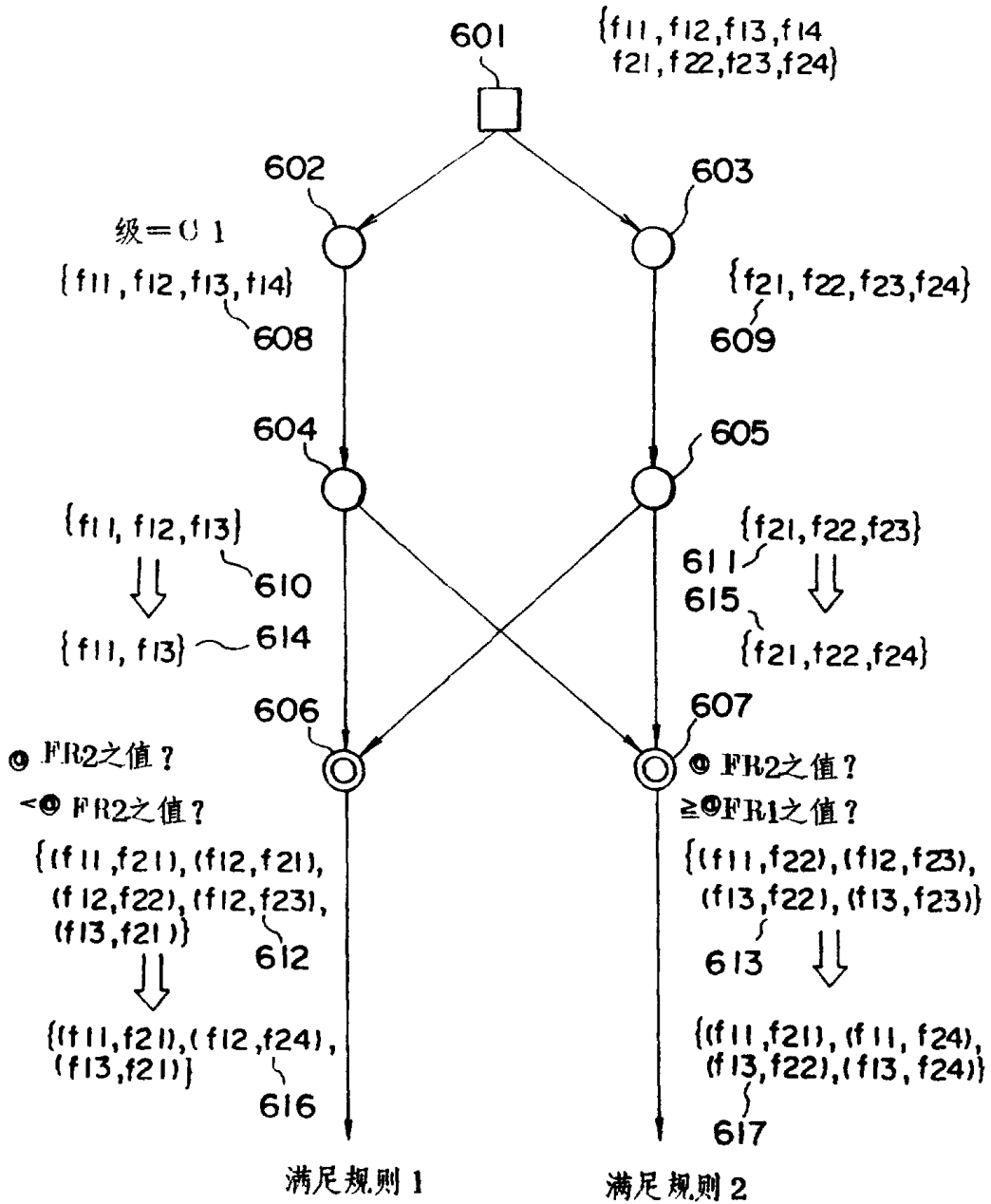
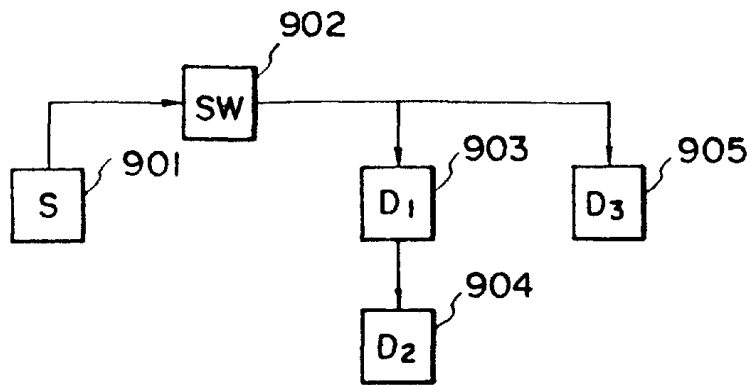


图9



(S 开关级
电压存在
供应 { Sw }
)

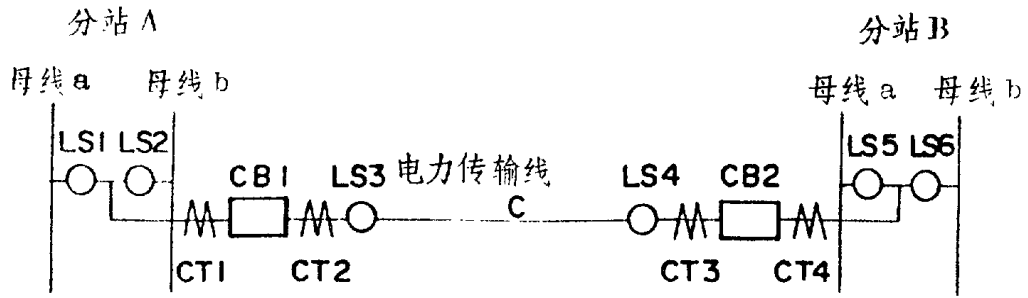
(Sw 开关级
电压存在
供应 { D1, D2 }
)

(D1 开关级
电压存在
供应 { D2 }
)

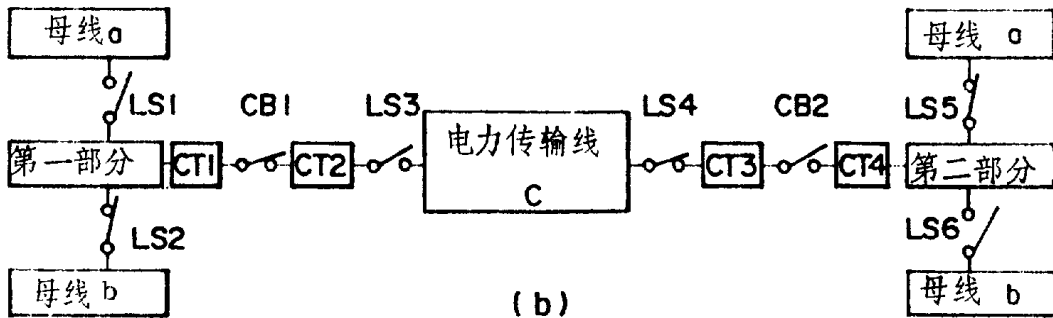
(D2 开关级
电压存在
供应 { }
)

(D3 开关级
电压存在
供应 { }
)

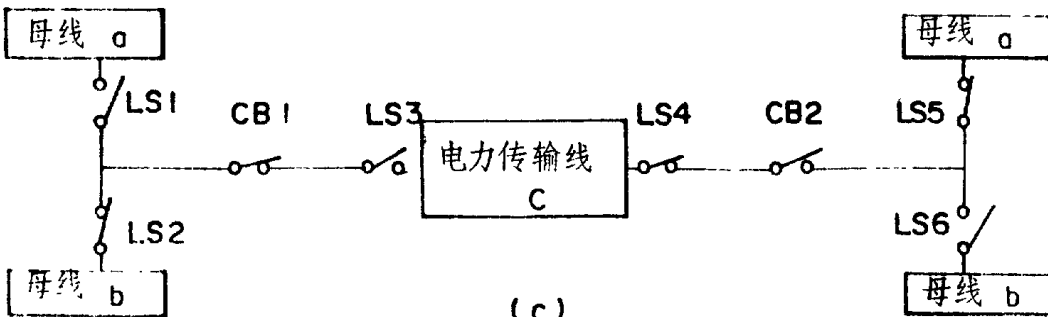
图10



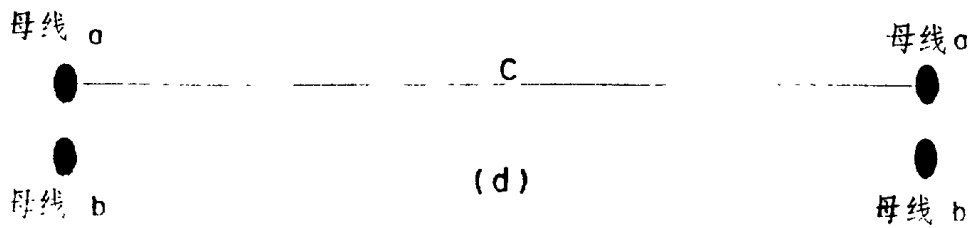
(a)



(b)



(c)



(d)

图11

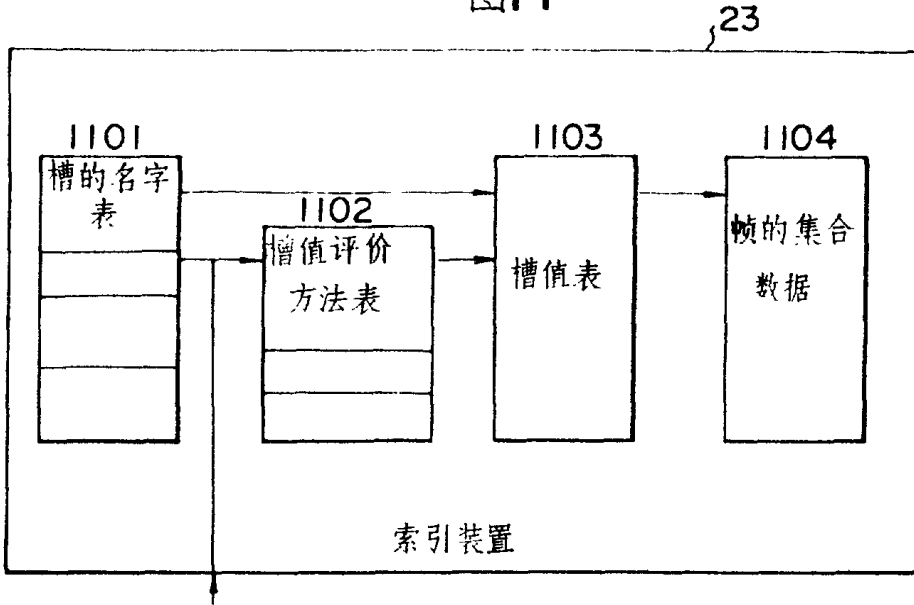


图12

<pre>(f1 S1 0 S2 0.0 S3 {a})</pre>	<pre>(f2 S1 2 S2 1.0 S3 {b,c})</pre>	<pre>(f3 S1 2 S2 0.8,0.6 S3 { })</pre>
<pre>(f4 S1 -1 S2 0.6,0.8 S3 {c})</pre>	<pre>(f5 S1 -3 S2 0.1 S3 {a,b,c})</pre>	<pre>(f6 S1 5 S2 4,3 S3 {b,c,d})</pre>
<pre>(f7 S1 8 S2 -0.6,-0.8 S3 {a,b,c,d})</pre>	<pre>(f8 S2 1,-1 S3 {b,c})</pre>	<pre>(f9 S2 -1,1 S3 {a,b})</pre>

图13

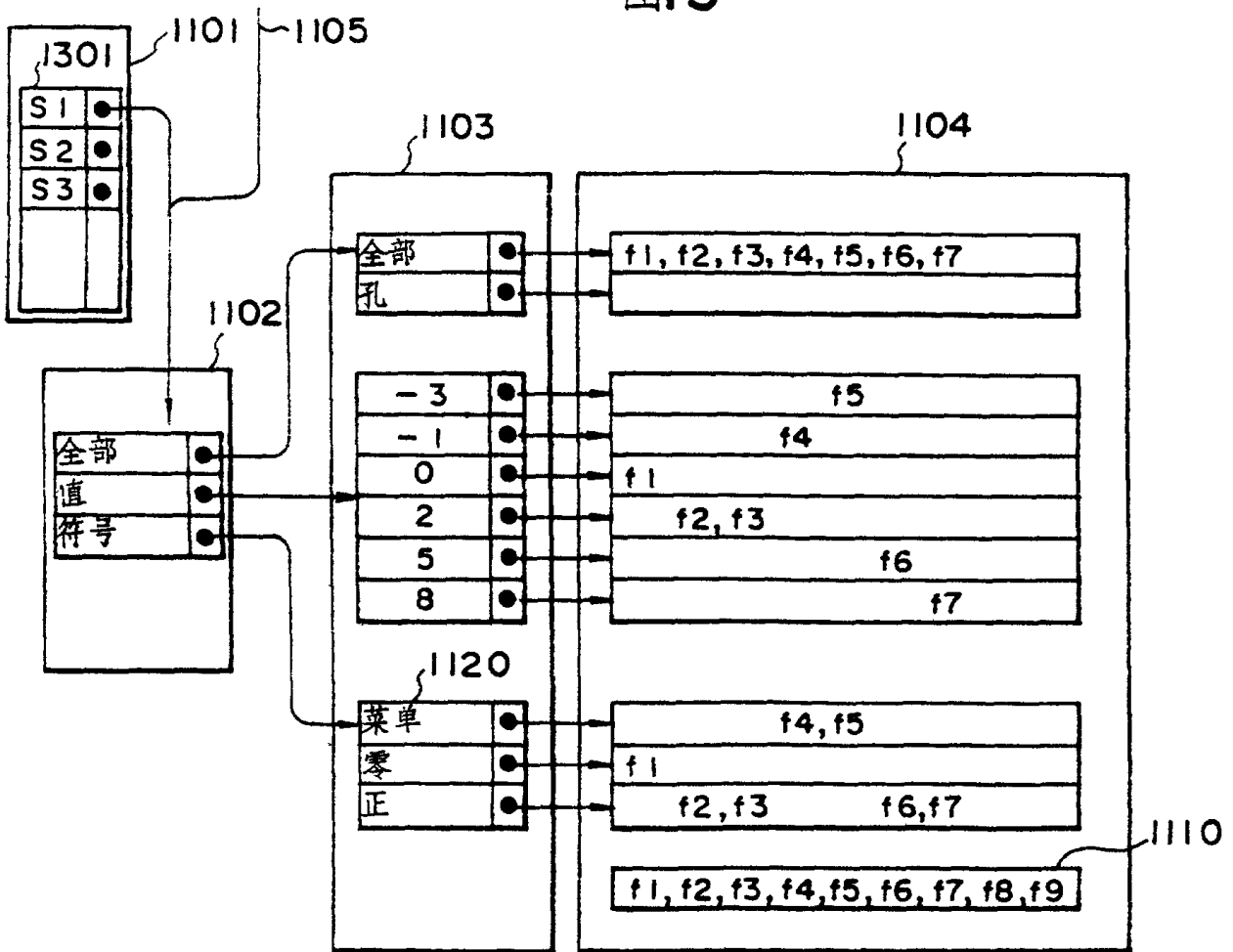


图14

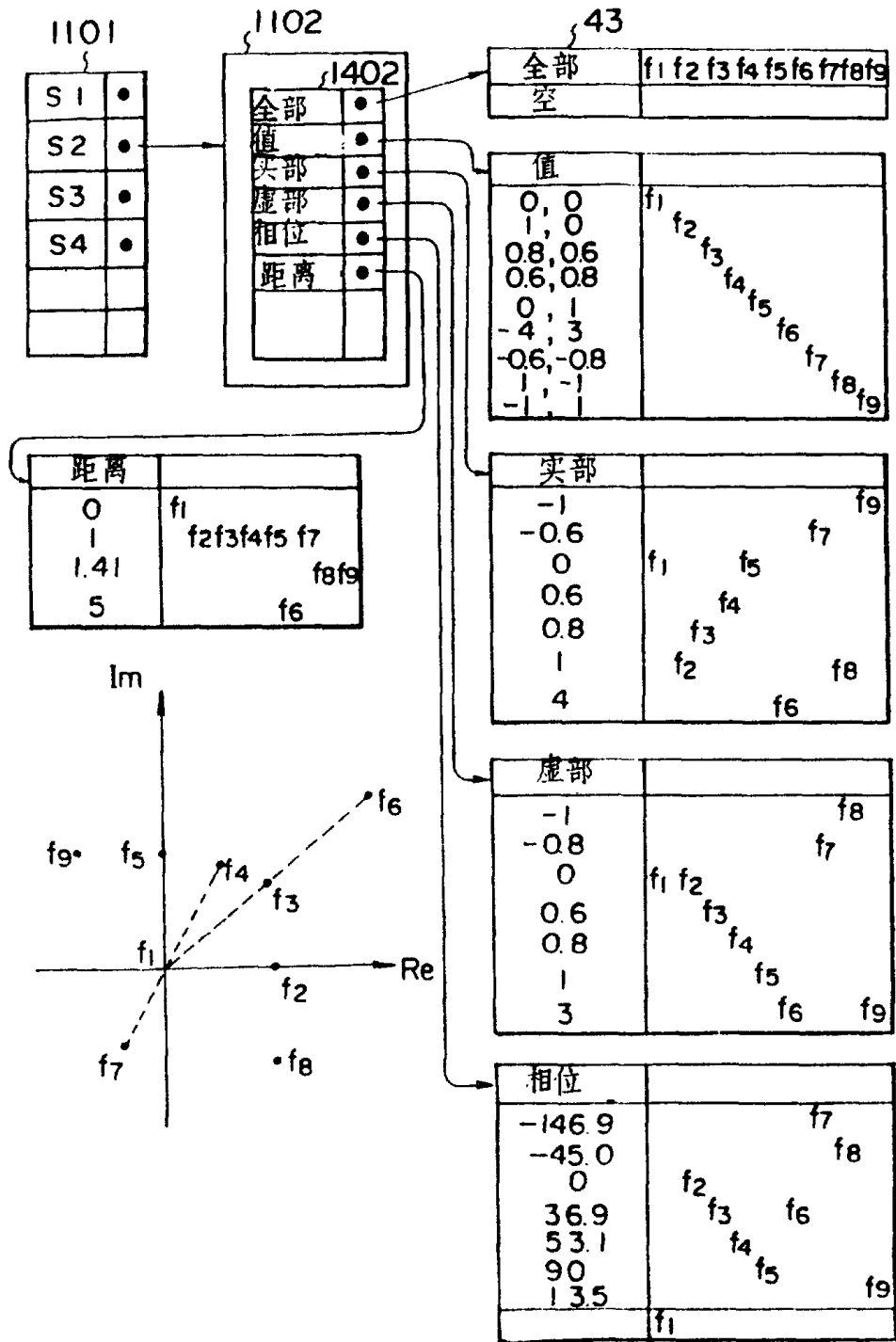


图15

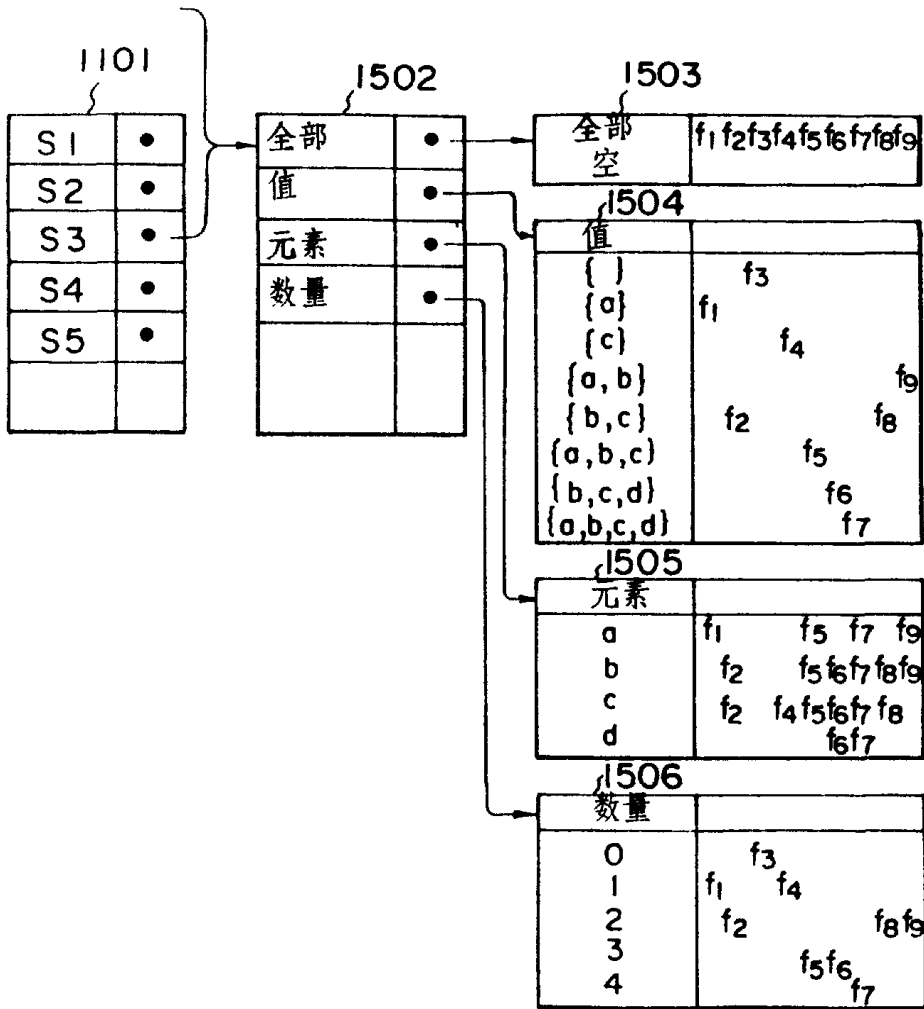


图16

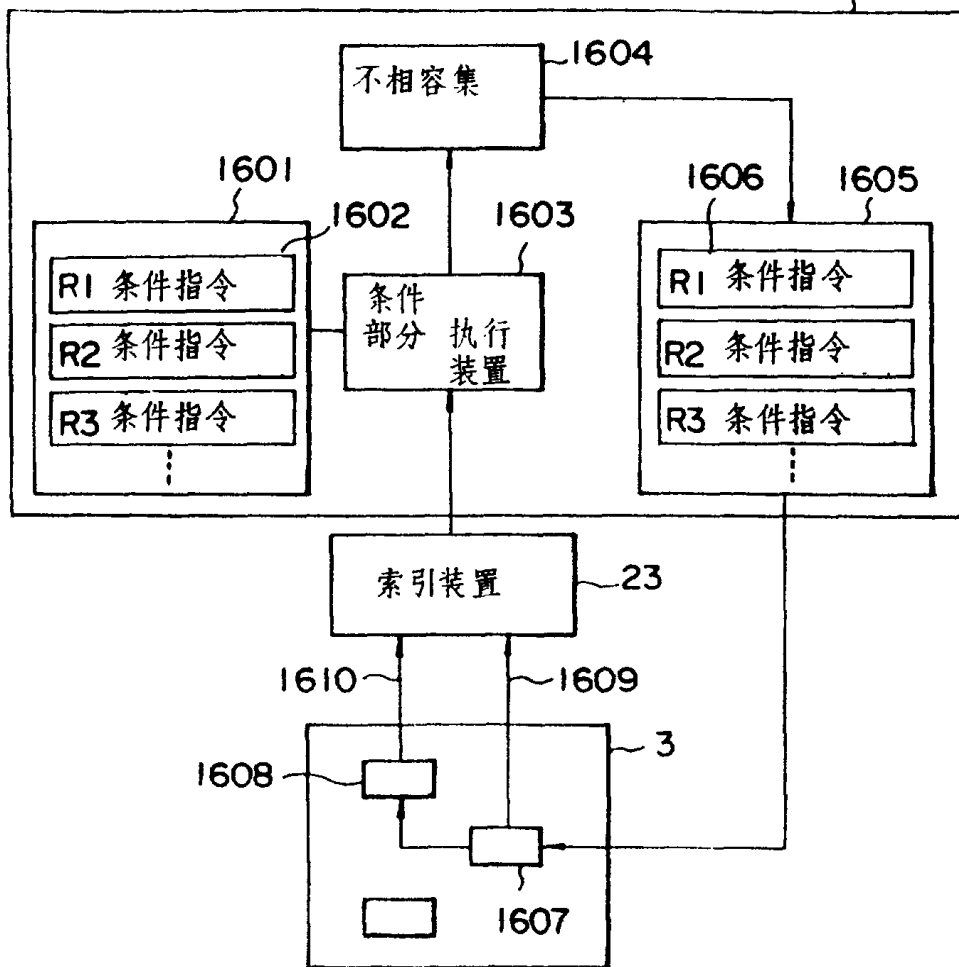


图17

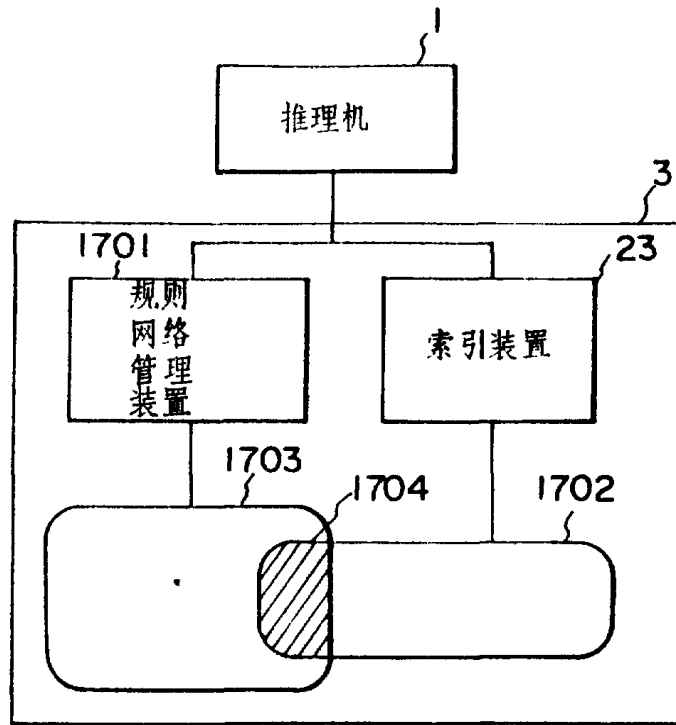


图18

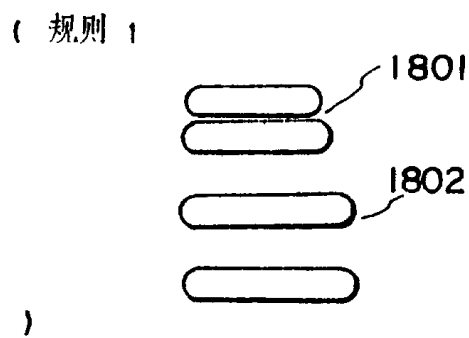


图9

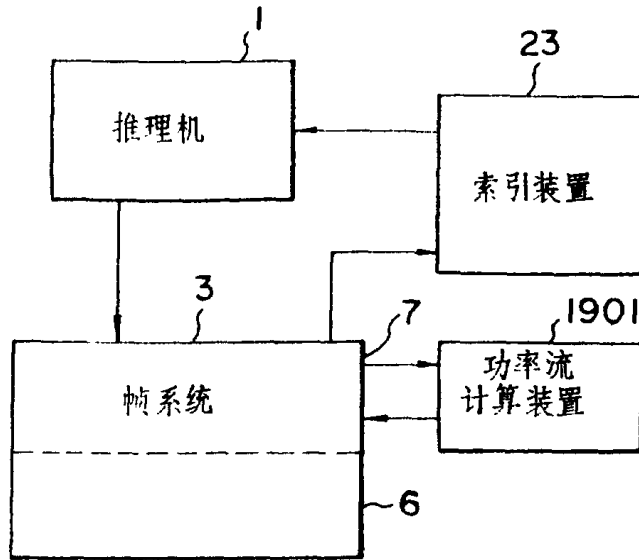


图20

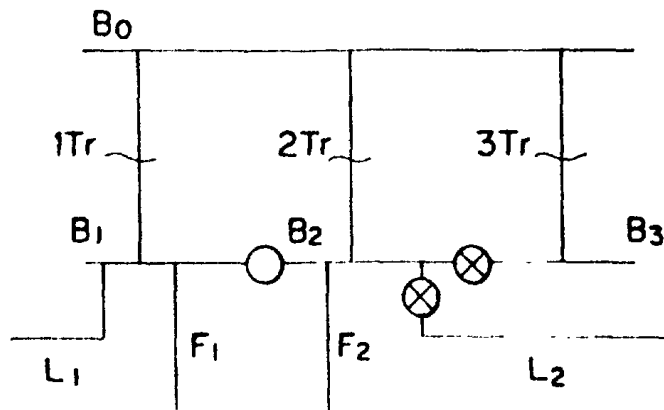


图21

(B ₀	种类	母线
	负载侧装置	{1Tr,2Tr,3Tr}
)		
(B ₁	种类	母线
	电源种类侧装置	{1Tr}
	负载一侧装置	{F ₁ }
	连接互相连接	{B ₂ }
		{L ₁ }
)		
(1Tr	种类	变压器
	电源一侧装置	B ₀
	负载一侧装置	B ₁
)		
(L ₁	种类	传输线
	连接	{B ₁ }
)		
(F ₁	种类	负载
	电源一侧装置	B ₁
)		

图22

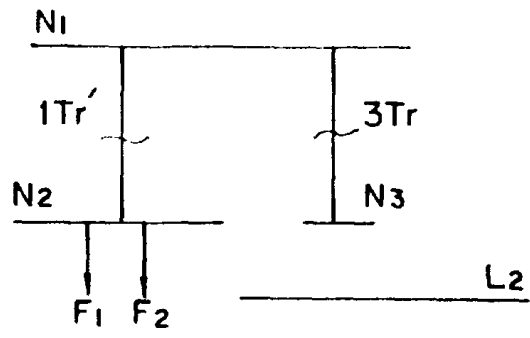


图23

(? 总线
种类 = 总线 ~ 2301
连接 { }
)

图24

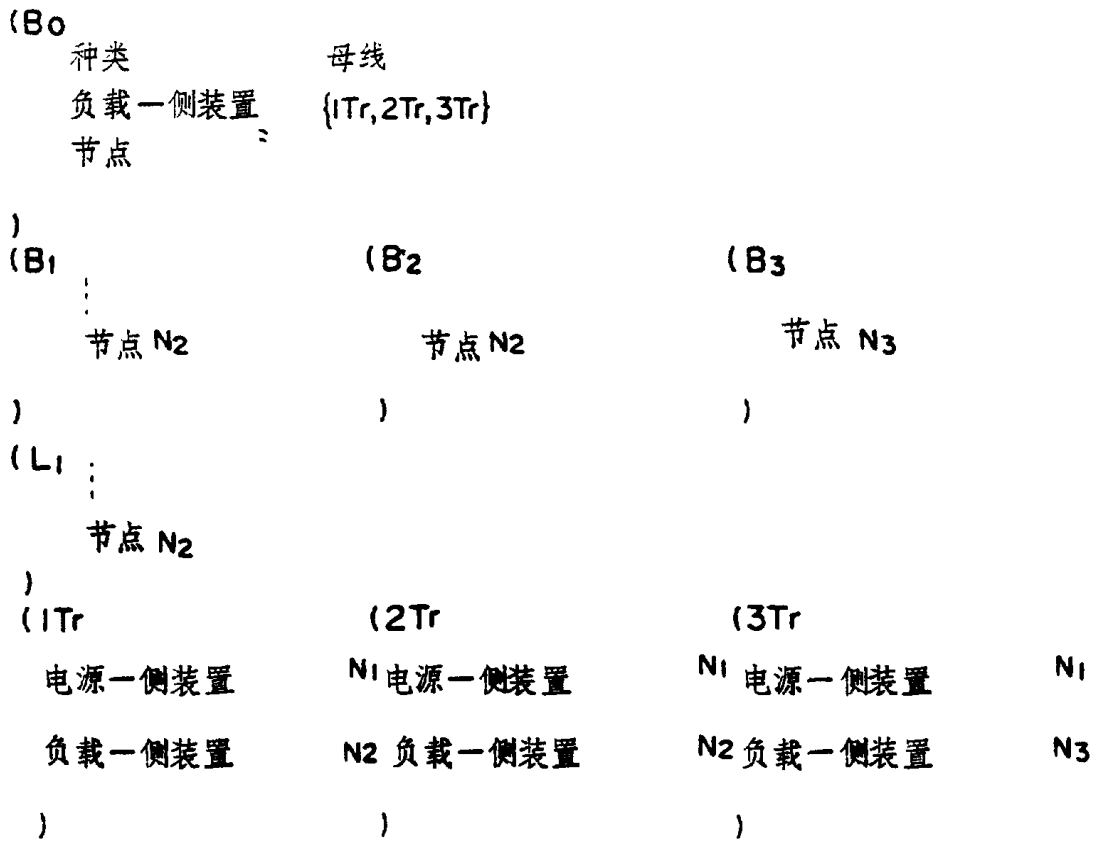


图25

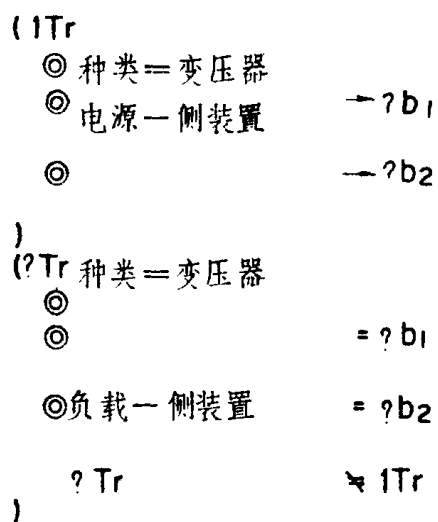


图26

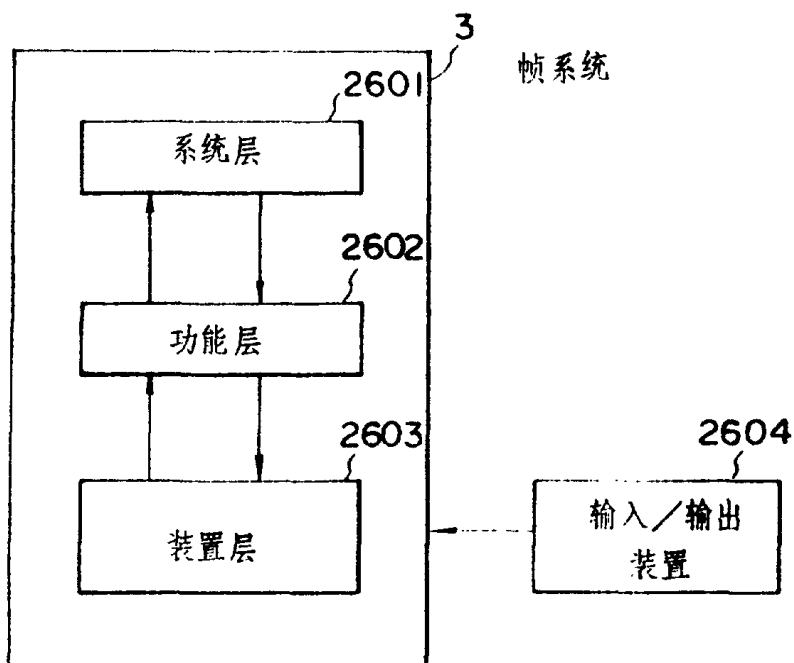


图27

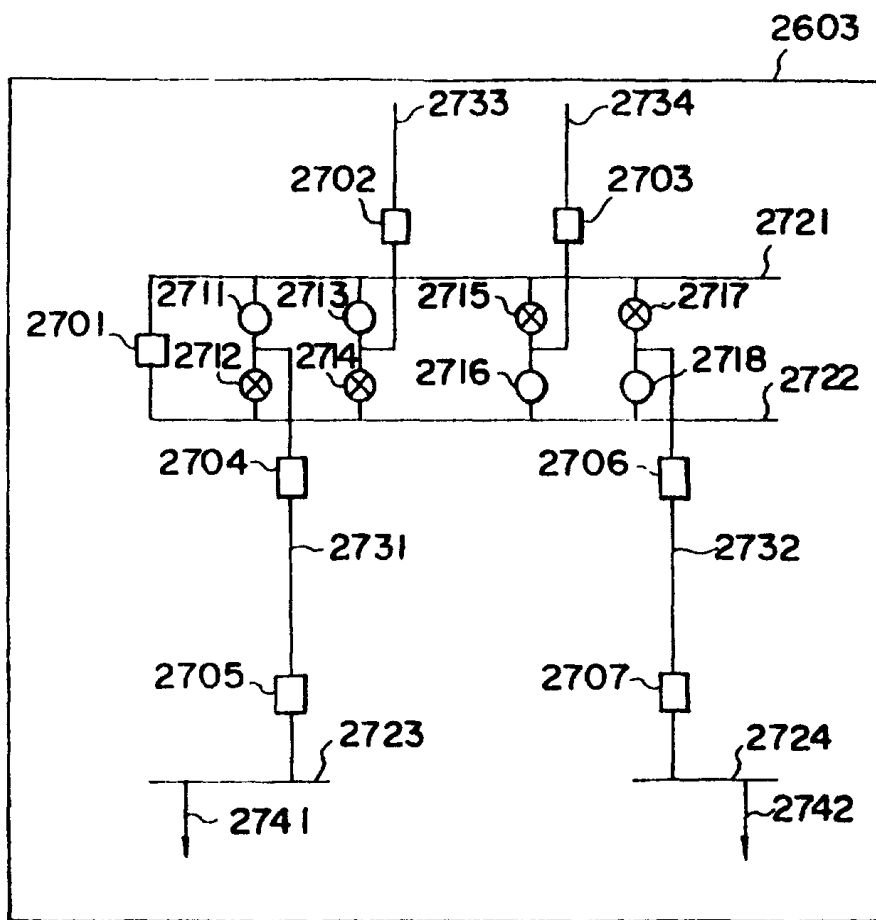


图28

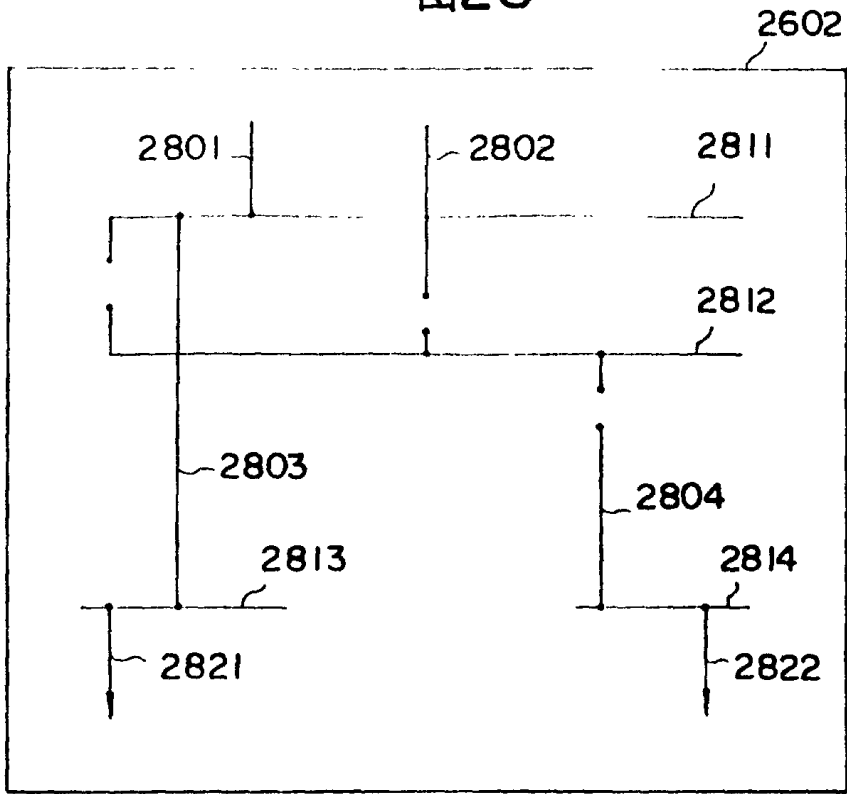


图29

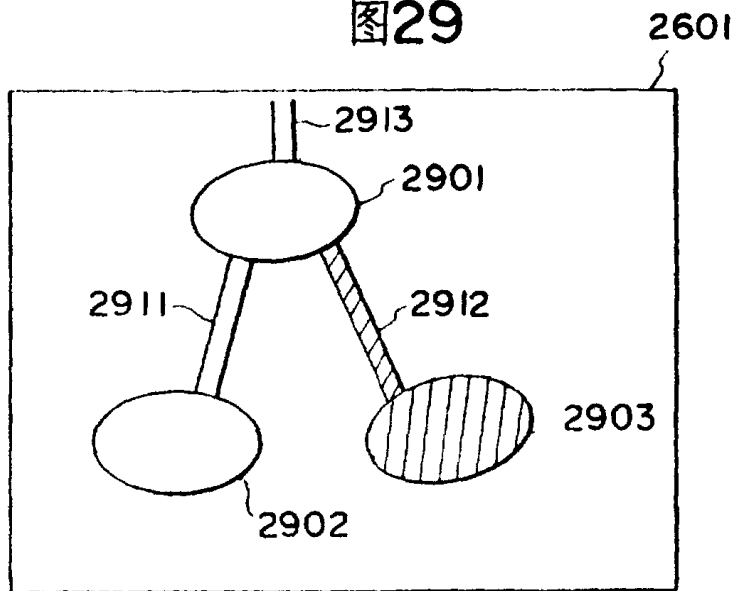


图30

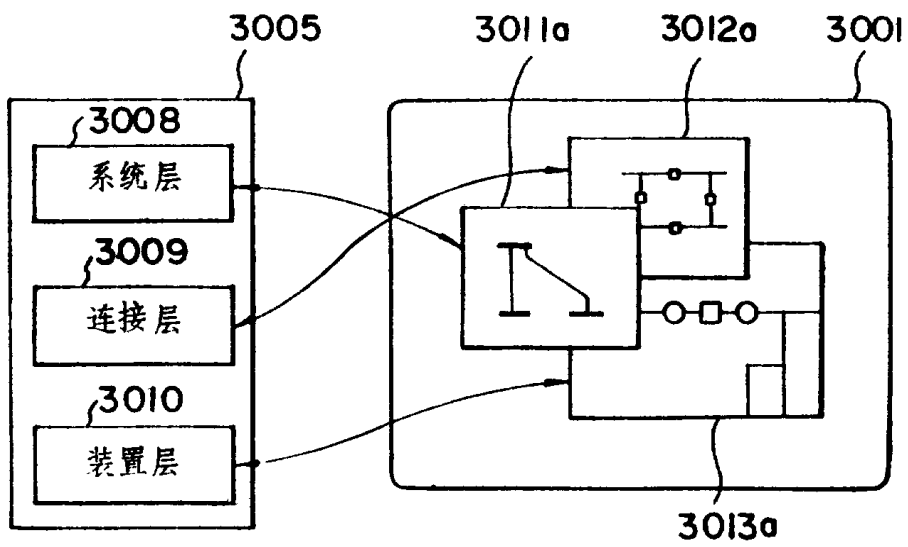
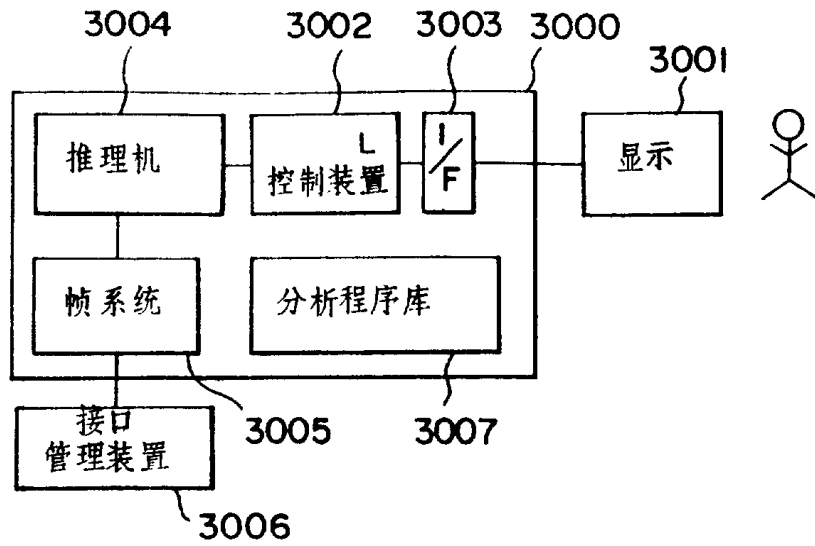


图31

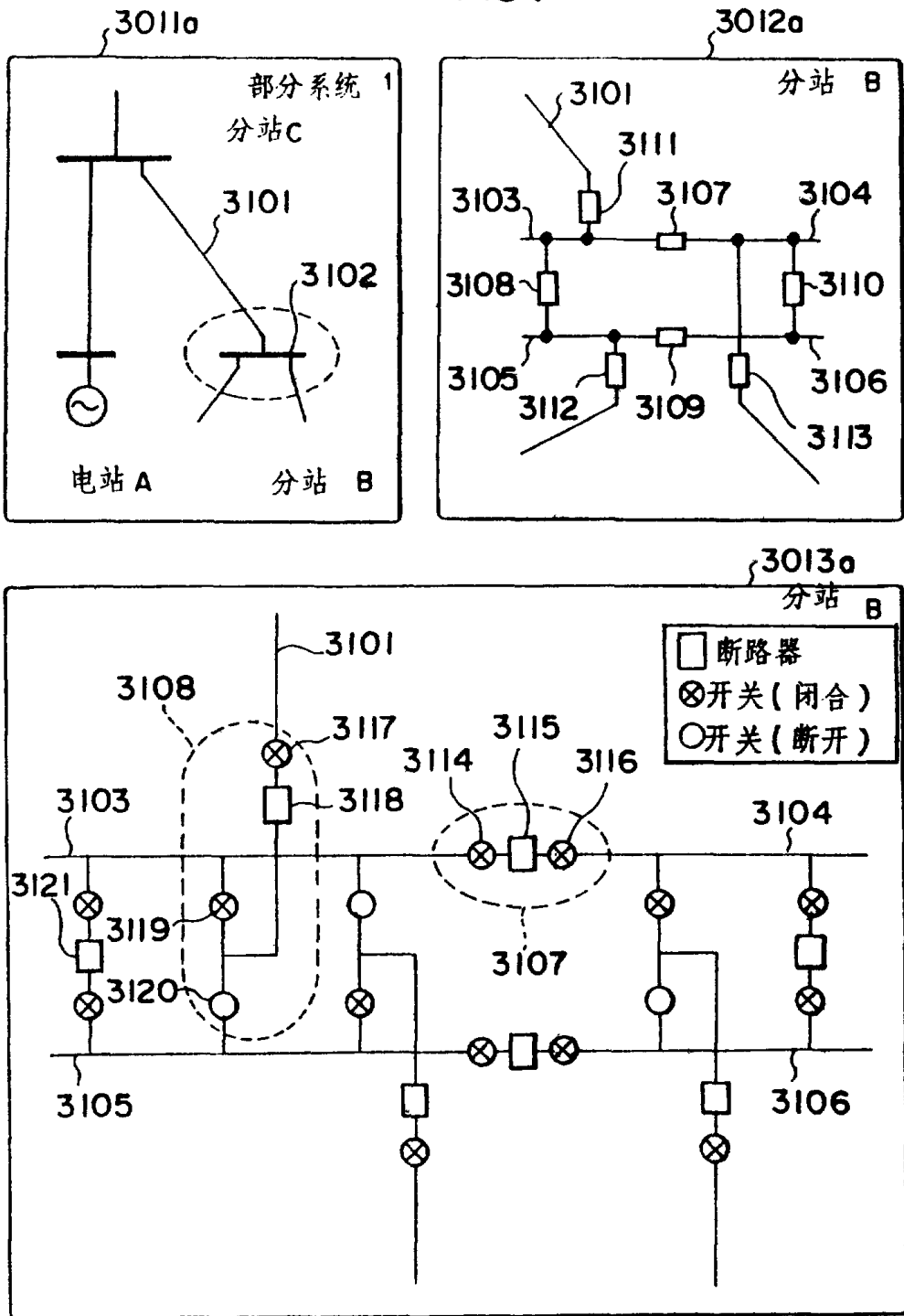


图32

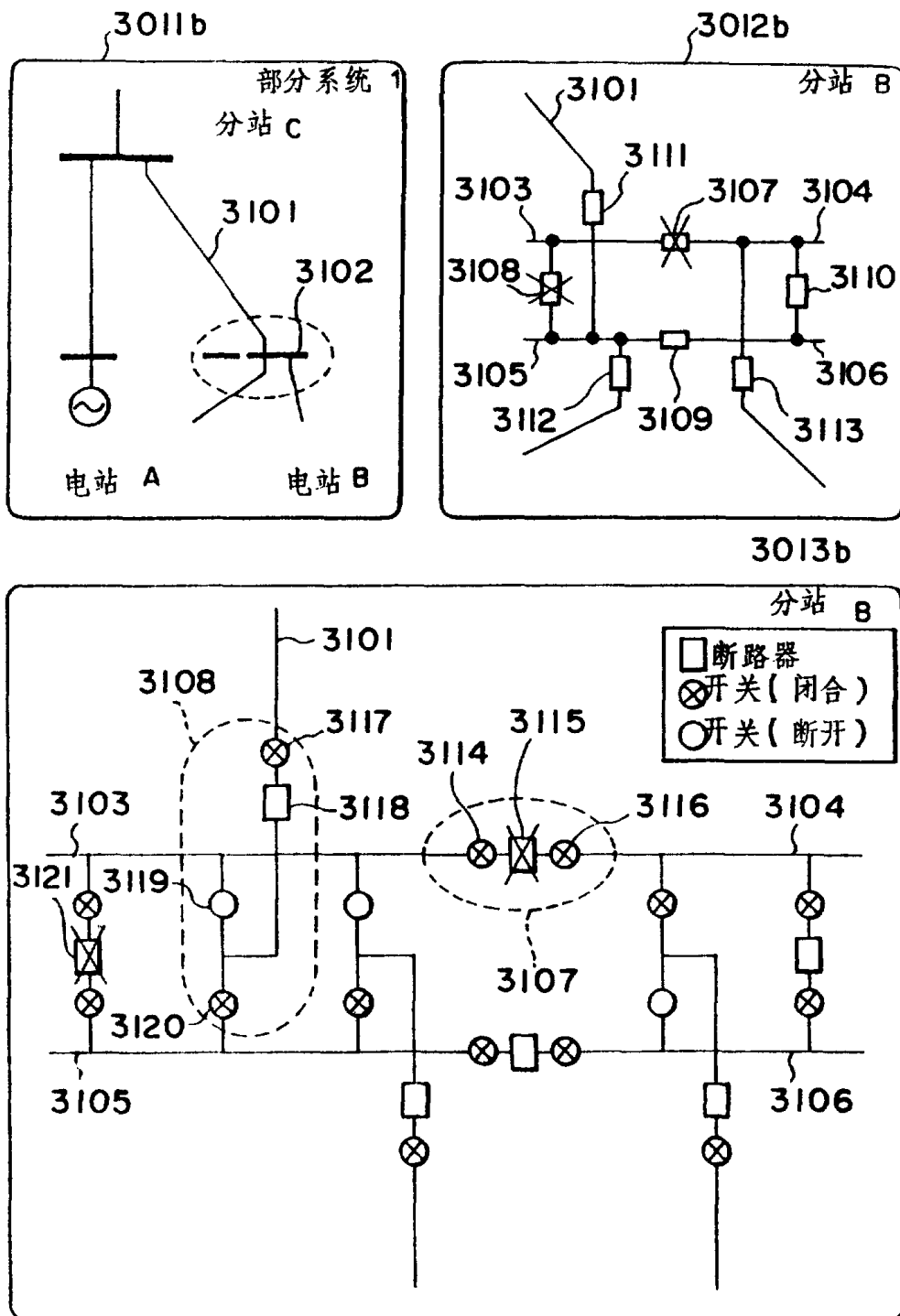


图33

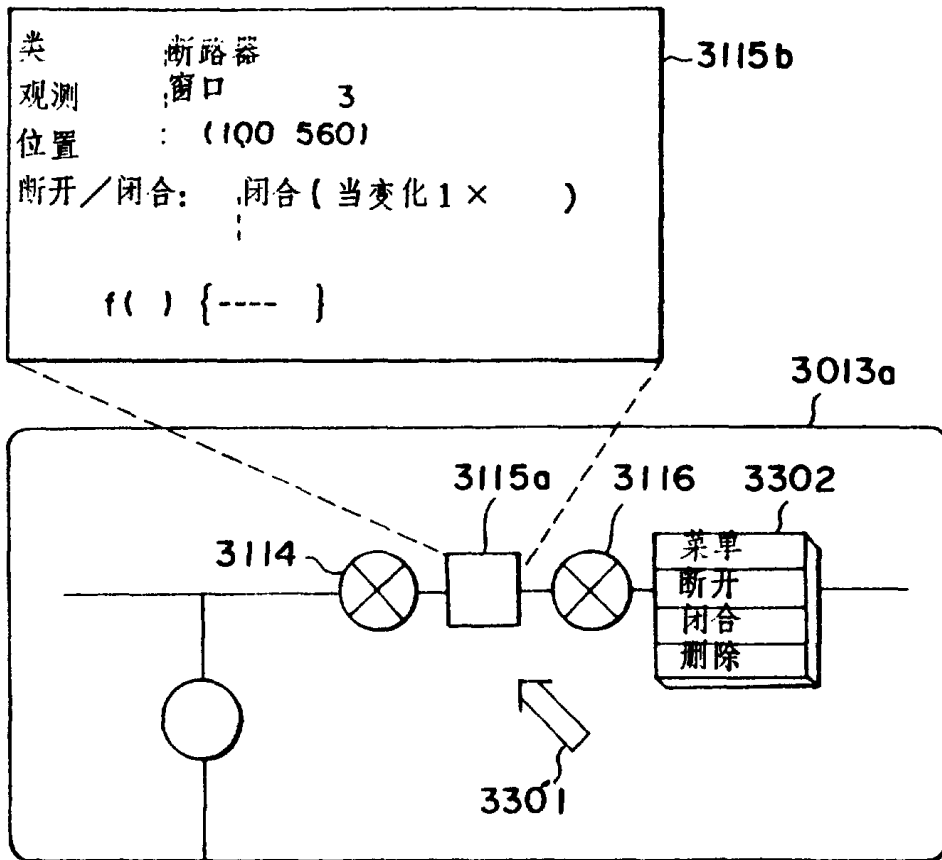


图34

