

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H04L 29/08 (2006.01)

H04L 12/26 (2006.01)



# [12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200710099967. X

[45] 授权公告日 2010年2月3日

[11] 授权公告号 CN 100588204C

[22] 申请日 2007.6.1

[21] 申请号 200710099967. X

[73] 专利权人 北京航空航天大学

地址 100083 北京市海淀区学院路37号

[72] 发明人 丁凡 熊华钢

[56] 参考文献

CN1645822A 2005.7.27

CN1564489A 2005.1.12

US5754830A 1998.5.19

CN1512712A 2004.7.14

并行网络仿真可视化建模平台的设计与实现. 方维维, 李越, 钱德沛, 王鼎. 计算机工程, 第32卷第5期. 2006

一种实时系统中实现可视化仿真模拟测试的方法. 周国祥, 石雷, 韩江洪. 系统仿真学报, 第18卷第12期. 2006

审查员 韩雪

[74] 专利代理机构 北京永创新实专利事务所

代理人 赵文利

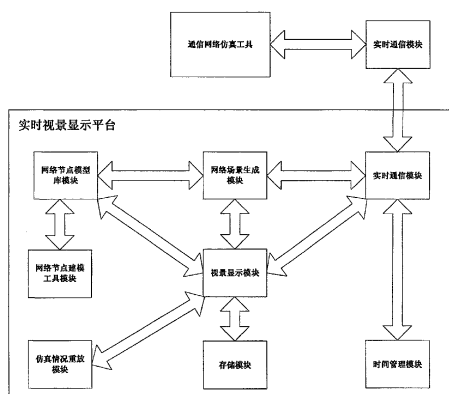
权利要求书3页 说明书11页 附图12页

[54] 发明名称

一种通信网络仿真工具的实时视景显示平台及其实现方法

[57] 摘要

本发明是一个独立的实时视景显示平台, 属于一个通用的平台, 该视景显示平台专门为通信网络仿真工具设计, 用来显示通信网络仿真工具的实时仿真场景和仿真情况。该平台包括: 网络场景生成模块、网络节点模型库模块、时间管理模块、视景显示模块、存储模块、仿真情况重放模块, 其特征在于, 该平台还包括实时通信模块、网络节点建模工具模块。通过快速建立与通信网络仿真工具仿真的拓扑相一致的网络拓扑和节点参数设置来重现仿真场景, 使用实时通信技术来保证仿真数据的实时传递, 使用仿真时间管理策略来控制仿真的正确进行, 从而实现了在通信网络仿真工具进行仿真的过程中通过实时视景显示平台实时查看仿真情况和仿真结果。



1、一种通信网络仿真工具的实时视景显示平台，主要用来支持各种通信网络仿真工具，以实现仿真情况和仿真结果实时视景显示，该平台包括网络场景生成模块，用于导入可扩展标识语言 XML 类型的拓扑文件来生成需要仿真的网络场景；网络节点模型库模块，带有典型节点模型的模型库；时间管理模块，完成仿真时间的推进和仿真的控制；视景显示模块，采用二维或者三维的方式显示仿真情况，绘制仿真过程中的实时视景；存储模块，把当次的仿真结果存储下来，以待以后重放；仿真情况重放模块，重放已经保存下来的仿真视景；实时通信模块；网络节点建模工具模块，用于建立网络节点模型库模块中没有的节点模型，其特征在于：实时通信模块主要用来完成与网络仿真工具的实时通信；实时通信模块包含通信方式设定函数、进程间通信函数、TCP/UDP 通信函数、HLA 通信函数；

其中通信方式设定函数是设定选择的通信方式，即选择进程间通信模式、基于传输控制协议/用户数据报协议或曰 TCP/UDP 的通信方式和基于高层体系结构或曰 HLA 的通信方式；

进程间通信函数完成进程间的通信，该函数包括通信管道建立函数、数据发送函数、数据接收函数；管道建立函数是建立通信用的管道，以保证数据的实时发送和接收，数据发送函数是用来发送数据；数据接收函数是用来接收数据，在使用进程间通信时先调用通信管道建立函数建立通信管道，管道建立后使用数据发送函数发送数据，使用数据接收函数接收数据；

TCP/UDP 通信函数用来完成 TCP/UDP 方式的通信，该函数包括连接建立函数、时间同步函数、数据发送函数、数据接收函数、数据正确传输验证函数和数据重传函数；连接建立函数是使用套接字 SOCKET 实现 TCP 连接，时间同步函数是通过三次时间同步信息的发送和反馈信息的接收来协调两台计算机的时间同步，数据发送函数是用来发送数据，数据接收函数是用来接收数据，数据正确传输验证函数是用来验证每次传输的数据的正确性，数据重传函数是当数据传输不正确时重传上次发送的数据，在使用 TCP/UDP 通信时，首先调用连接建立函数建立两台计算机之间的连接，然后调用时间同步函数进行时间同步，之后使用数据发送函数发送数据，数据接收函数接收数据，在一次数据接收完毕后调用数据正确传输验证函数验证数据的正确性，如果数据传输的不正确则通知数据发送方调用数据重传数据重新发送数据；

HLA 通信函数用来完成 HLA 方式的通信，HLA 通信函数按照 HLA 技术标准建

立；

网络节点建模工具模块包括网络节点外观建模工具子模块、网络节点内部工作方式建模工具子模块和网络节点配置工具子模块；

利用网络节点内部工作方式建模工具子模块创建节点模型的内部工作方式，该子模块包括以下几部分：图像化状态绘制函数，图形化状态转移连接函数，转移条件设置函数，状态内部工作描述函数和实时数据显示设置函数；

图像化状态绘制函数是通过调用绘图函数绘制节点内部的一个工作状态的状态图；

图形化状态转移连接函数是通过调用绘图函数绘制两个状态图之间的状态转移连接线；

转移条件设置函数是在状态转移连接线上设置状态转移的条件；

状态内部工作描述函数是通过调用绘图函数细致的描述状态内部的动画；

实时数据显示设置函数是通过调用文字显示函数在状态内部设置显示文字格式的实时仿真数据的方式。

2、根据权利要求1所述的一种通信网络仿真工具的实时视景显示平台，其特征在于：网络场景生成模块初始化时创建一个网络场景数据结构，用来存储经解析后的通信网络仿真工具发送来的XML格式文件的仿真网络场景数据，该数据结构包括网络类型、网络节点链表和网络链路链表；

网络类型是指该网络是以太网、广域网或无线局域网；

网络节点链表中每一组元素包含网络节点名称、网络节点类型、网络节点视景模型名称和与该节点直接连接的网络节点名称；

网络链路链表中每一组元素包含链路类型、网络链路视景模型和与该链路连接的网络节点名称。

3、根据权利要求1所述的一种通信网络仿真工具的实时视景显示平台，其特征在于：网络节点模型库模块依网络类型创建三个文件夹，即以太网模型库、广域网模型库和无线局域网模型库，所有的网络节点模型文件按其类型分别存储在这三个文件夹中，每个网络类型的模型文件夹中包含节点模型列表文件和所有节点模型的文件组；

节点模型列表文件记录着该文件夹中所有节点模型文件的名称和对应的节点名称、节点类型；

一个节点模型文件组是描述一个节点模型的一组文件，节点模型就是由节点模型

文件组来描述的，该文件组中包括节点模型外观文件、节点模型内部工作方式文件和节点模型配置文件三部分。

4、根据权利要求3所述的一种通信网络仿真工具的实时视景显示平台，其特征在于：节点模型内部工作方式文件存放的是节点内部的主要工作方式，由网络节点内部工作方式建模工具子模块创建，使用状态转移图的形式描述，每个状态中都通过编程实现该状态运行时的动画和数据显示方式。

5、根据权利要求1所述的一种通信网络仿真工具的实时视景显示平台，其特征在于：视景显示模块读取网络场景生成模块中的网络场景数据结构，根据网络节点链表和网络链路链表中记录的网络拓扑中节点的连接方式绘制网络场景，各个节点的视景模型根据网络节点链表的记录在网络节点模型库模块中读取并绘制网络场景，设置每个节点显示动画的方式；

仿真进行中，视景显示模块开始处理实时仿真数据，仿真数据经过处理分成两部分，一部分是使用动画方式显示的数据，一部分是直接以数值的方式显示的数据；

以动画方式显示的数据包括数据包的传输轨迹、链路的占用情况、数据交换设备内缓冲的排队情况；

以数值的方式显示的数据包括节点的吞吐量、链路的平均占用率、数据包的平均延时、节点的丢包率。

6、根据权利要求5所述的一种通信网络仿真工具的实时视景显示平台，其特征在于：通过视景显示模块查看网络节点内部主要工作方式的实现视景，对于数据包的传输动画实现方式是在数据包的发送端和接收端直接绘制数据包流动的轨迹，对于链路的占用情况动画实现方式是以不同颜色描述链路占用情况。

## 一种通信网络仿真工具的实时视景显示平台及其实现方法

### 技 术 领 域

本发明属于通信仿真领域。涉及实时视景显示技术，特别涉及一种用于通信网络仿真工具仿真情况和仿真结果显示和分析的实时视景显示平台及其实现方法。

### 背 景 技 术

由于通信网络日趋复杂、规模日趋庞大，应用于网络规划和设计的通信网络仿真技术出现了。通信网络仿真技术是一种通过建立网络设备和网络链路的统计模型，并模拟网络流量的传输，从而获取网络设计或优化所需要的网络性能数据的仿真技术。目前，通信网络仿真工具有商业软件、免费软件和一些使用离散事件仿真原理开发的专用通信网络仿真工具。

但是在这些通信网络仿真工具功能强大的同时，由于通信网络仿真工具采用的是事后查看仿真结果，即仿真全部完成后再查看仿真结果，且查看仿真结果的方式是采用表格、曲线等较为抽象的方式，给使用者在仿真情况查看和仿真结果分析上带来一定的不便。

在使用通信网络仿真工具时，想要显示仿真时的动画，如果使用的是商业软件或免费软件就需要软件本身具有该功能，否则无法实现；如果是自己开发的通信网络仿真软件则需要自己再额外开发一个动画组件，用来显示本仿真软件的动画，这样做将耗费大量的时间、人力和物力。目前并没有一个针对于通信网络仿真工具的实时视景显示系统。

### 发 明 内 容

本发明的目的是提供一个独立的实时视景显示平台，属于一个通用的平台，该视景显示平台专门为通信网络仿真工具设计，用来显示通信网络仿真工具的实时仿真场景和仿真情况。使通信网络仿真软件的开发或操作人员能专心研究通信仿真的算法，而不必关心实时视景的显示，只要使用本发明即可实现仿真过程中的实时视景的显示。

本发明的另一个目的是提出一种使用虚拟现实技术实时查看仿真情况和仿真结果的方法，该方法通过快速建立与通信网络仿真工具仿真的拓扑相一致的网络拓扑和节点参数设置来重现仿真场景，使用实时通信技术来保证仿真数据的实时传递，使用

仿真时间管理策略来控制仿真的正确进行,从而实现了在通信网络仿真工具进行仿真的过程中通过实时视景显示平台实时查看仿真情况和仿真结果。

本发明基于实时通信技术,支持各种通信网络仿真工具,是用于在通信网络仿真工具仿真时,实现仿真情况和仿真结果实时视景显示的平台,该平台包括:

网络场景生成模块、网络节点模型库模块、网络节点建模工具模块、实时通信模块、时间管理模块、视景显示模块、存储模块、仿真情况重放模块。各个模块具体描述如下:

网络场景生成模块,用于导入可扩展标识语言(The Extensible Markup Language,简称XML)类型的拓扑文件来生成需要仿真的网络场景,该XML文件中应该包括:网络拓扑的连接方式,各个节点参数设置等。本平台制定了XML的拓扑文件标准,网络仿真工具输出的网络拓扑只要满足该标准即可以被解析。

网络节点模型库模块,包括以太网模型库、广域网模型库和无线局域网模型库等模型库,各个模型库中带有典型节点的模型,建模时直接根据解析XML文件来判断使用哪种模型。

网络节点建模工具模块,用于建立网络节点模型库模块中没有的节点,方便用户自定义所需的节点。

实时通信模块,完成与网络仿真工具的实时通信。通信模块有三种通信方式,一种是进程间通信模式,一种是基于传输控制协议/用户数据报协议(Transport Control Protocol/User Datagram Protocol,简称TCP/UDP)的通信方式,另一种是基于高层体系结构(High Level Architecture,简称HLA)的通信方式。

时间管理模块,完成仿真时间的推进和仿真的控制,用来控制通信网络仿真工具的仿真进度,使其与实时视景显示平台的时间推进同步。

视景显示模块,采用二维或者三维的方式显示仿真情况,绘制仿真过程中的实时视景。

存储模块,把当次的仿真结果存储下来,以待以后重放。

仿真情况重放模块,重放已经保存下来的仿真视景。

本发明的实时视景显示平台能够实现通信网络仿真工具仿真情况和仿真结果的实时视景显示,其实现的方法如下:

步骤 1: 实时视景显示平台初始化,建立网络场景数据结构,分配视景显示缓冲。

步骤 2: 实时视景显示平台通过实时通信模块与通信网络仿真工具建立连接,

进行时间同步操作。

步骤 3: 通信网络仿真工具把建立好的网络场景以 XML 的格式通过实时通信模块传送给网络场景生成模块。

步骤 4: 网络场景生成模块开始解析 XML 格式的场景文件, 把解析结果存放在网络场景数据结构中, 并在网络节点模型库模块中查找 XML 文件中描述的网络节点, 把该节点模型添加到仿真网络场景的数据结构中; 如果在模型库中没有找到相应的网络节点模型, 则使用网络节点建模工具模块对该网络节点进行建模, 建模完成之后, 把该节点模型添加到网络节点模型库模块中, 然后再把该节点模型添加到仿真网络场景的数据结构中。

步骤 5: 网络场景生成模块解析完 XML 的场景文件后, 调用视景显示模块, 视景显示模块读取网络场景数据结构, 在实时视景显示平台的用户界面上生成仿真网络场景。

步骤 6: 时间管理模块控制仿真视景的推进, 控制仿真的时间同步, 同时实时通信模块开始接收通信网络仿真工具发送来的实时仿真数据。

步骤 7: 视景显示模块读取实时仿真数据; 进行数据处理, 对处理后的仿真情况进行实时视景显示。

步骤 8: 存储模块把实时仿真数据以时间为索引保存下来。

步骤 9: 实时仿真数据不断的被实时通信模块接收, 视景显示模块实时显示根据实时仿真数据处理后得到的实时仿真情况和仿真结果, 直至仿真结束。

步骤 10: 仿真结束后, 断开与通信仿真网络的连接, 销毁视景显示缓冲, 销毁网络场景数据结构。

本发明的有益效果:

1. 本发明以实时视景的方式, 非常直观的显示通信网络仿真的实时情况。
2. 实时视景显示平台是一个针对于通信网络仿真工具的通用平台。使用该平台, 用户无须掌握实时通信技术和视景的显示技术, 即可完成在通信网络仿真中仿真情况和仿真结果的实时视景显示。

## 附 图 说 明

图 1 是本发明的整体结构框图;

图 2 是本发明的网络场景文件的 XML 格式

图 3 是本发明的整体流程图;

图 4 是本发明的网络场景生成模块实现流程图;

- 图 5 是本发明的节点模型库树状结构图；  
图 6 是本发明的网络节点内部工作方式实现图；  
图 7 是本发明的网络节点建模工具实现流程图；  
图 8 是本发明的网络节点外观建模工具实现流程图；  
图 9 是本发明的网络节点内部工作方式建模工具实现流程图；  
图 10 是本发明的网络节点内部工作方式的实例  
图 11 是本发明的网络节点配置工具实现流程图；  
图 12 是本发明的实时通信模块实现流程图；  
图 13 是本发明的时间管理模块实现流程图；  
图 14 是本发明的视景显示模块实现流程图；  
图 15 是本发明的存储模块实现流程图；  
图 16 是本发明的仿真情况重放模块实现流程图。

### 具体实施方式

本发明具体应用方式如下，将本发明的各模块作为一个整体安装在一台计算机上，通信网络仿真工具安装在另外一台计算机上，两台计算机通过以太网相连接。另一种具体应用方式是，将本发明的各模块作为一个整体和通信网络仿真工具都安装在同一台计算机上。

如图 1 所示，本发明建立的实时视景显示平台包括视景显示模块 1、网络节点模型库模块 2、网络场景生成模块 3、实时通信模块 4、时间管理模块 5、存储模块 6、仿真情况重放模块 7 和网络节点建模工具模块 8。整个平台通过实时通信模块 4 完成与通信网络仿真工具 9 的通讯。

本发明的总体实现方式如图 3 所示，首先进行系统初始化，建立网络场景数据结构，分配视景显示缓冲；实时视景显示平台通过实时通信模块 4 与通信网络仿真工具 9 建立连接，进行时间同步操作；连接建立后，通信网络仿真工具 9 把建立好的仿真网络场景（场景包括网络拓扑和节点配置信息）以 XML 的格式通过实时通信模块传送给网络场景生成模块 3，XML 的文件格式如图 2 所示；网络场景生成模块 3 开始解析 XML 格式的场景文件，把解析结果存放在网络场景数据结构中，并在网络节点模型库模块 2 中查找 XML 文件中描述的网络节点，把该节点模型添加到仿真网络场景的数据结构中，如果在模型库中没有找到相应的网络节点模型，则要使用网络节点建模工具模块 8 对该网络节点进行建模，建模完成之后，把该节点模型添加到



网络节点模型库模块 2 中，然后再把该节点模型添加到仿真网络场景的数据结构中；网络场景生成模块 3 解析完 XML 的场景文件后，调用视景显示模块 1，视景显示模块 1 读取网络场景数据结构，在实时视景显示平台的用户界面上生成仿真网络场景；然后开始通信网络仿真，时间管理模块 5 控制仿真视景的推进，控制仿真的时间同步，同时实时通信模块 4 开始接收通信网络仿真工具 9 发送来的实时仿真数据；视景显示模块 1 读取实时仿真数据，进行数据处理，对处理后的仿真情况进行实时视景显示；同时存储模块 6 把实时仿真数据以时间为索引保存下来。仿真时间不停的向前推进，实时仿真数据不停的接收，实时仿真情况视景不停的显示，直至仿真结束。

本发明中的网络场景生成模块 3 实现方式如图 4 所示。通信网络仿真工具 9 发送来的网络场景是 XML 格式的仿真网络场景文件，XML 文件中定义了网络类型、网络节点名称、网络节点类型、网络链路类型和连接方式信息。首先进行网络场景生成模块 3 的初始化，创建一个网络场景数据结构用来存储解析后的网络场景信息，该数据结构包含了网络类型、网络节点链表和网络链路链表。网络类型是指该网络是以太网、广域网或无线局域网，网络节点链表中每一组元素包含网络节点名称、网络节点类型、网络节点视景模型名称和与该节点直接连接的网络节点名称。网络链路链表中每一组元素包含链路类型、网络链路视景模型和与该链路连接的网络节点名称。然后开始读取 XML 格式的仿真网络场景文件，按照其格式进行解析，把解析得到的网络场景信息填入网络场景数据结构中。如果解析仿真网络场景文件出现错误，则通过实时通信模块 4 向通信网络仿真工具 9 发送网络场景请求消息，让其重新发送仿真网络场景文件再进行解析。正确解析仿真网络场景后，按照网络场景数据结构中网络节点链表记录的所有网络节点的网络节点类型在网络节点模型库模块 2 中查找对应的网络节点视景模型，把找到的网络节点视景模型名称添加到网络节点链表该条记录的网络节点视景模型名称上。再按照网络场景数据结构中网络链路链表记录的所有网络链路的类型在网络节点模型库模块 2 中查找对应的网络链路视景模型，把找到的网络链路视景模型名称添加到网络链路链表该条记录的网络链路视景模型名称上。如果在模型库中没有找到相应的网络元素视景模型，则要使用网络节点建模工具模块 8 对该网络元素进行建模，建模完成之后再将该元素添加到仿真网络场景的数据结构中，最后调用视景显示模块 1 根据网络场景数据结构在用户界面上绘制出仿真网络的场景。

本发明中的网络节点模型库模块 2 包括典型的通信网络：以太网、广域网和无线局域网。实现方式如图 5 所示，创建一个名为 Model Library 的文件夹作为网络节

点模型库模块 2 的主文件夹，Model Library 文件夹下创建三个文件夹，名字为：Ethernet Library、WAN Library 和 WLAN Library，作为存储以太网模型、广域网模型和无线局域网模型的文件夹，所有的网络节点模型文件按其类型分别存储在这三个文件夹中。如果需要创建其他网络类型的模型，在存储时可以在 Model Library 目录下以相同的方法建立该网络类型的文件夹，把该网络类型的节点模型放在其中。每个网络类型的模型文件夹中包含节点模型列表文件和所有节点模型的文件组。节点模型列表文件记录着该文件夹中所有节点模型文件的名字和对应的节点名称，节点类型。一个节点模型文件组是描述一个节点模型的一组文件。节点模型就是由节点模型文件组来描述的，该文件组中包括节点模型外观文件、节点模型内部工作方式文件和节点模型配置文件三部分。网络节点建模工具模块 8 包括网络节点外观建模工具子模块、网络节点内部工作方式建模工具子模块和网络节点配置工具子模块组成。外观文件存放的是该节点在视景显示中的外观形象，由网络节点外观建模工具创建，该外观形象根据网络节点的实际外观创建，用来在场景生成时显示该节点的外观；内部工作方式文件存放的是节点内部的主要工作方式，由网络节点内部工作方式建模工具创建，使用状态转移图的形式描述，其实现方式如图 6 所示，具体的实现方法请参考下一段中网络节点内部工作方式建模工具创建网络节点内部工作方式的方法，实现后的实例请参考图 10；配置文件描述了网络节点模型的属性，由网络节点配置工具创建。按照上述的实现方法就可以创建出树形结构的网络节点模型库模块 2。

创建网络节点模型需要使用网络节点建模工具模块 8，网络节点建模工具模块 8 实现方式如图 7 所示。网络节点建模工具模块 8 包括网络节点外观建模工具子模块、网络节点内部工作方式建模工具子模块和网络节点配置工具子模块。网络节点外观建模工具的实现方式如图 8 所示，首先使用画笔绘制网络节点外观的边界线，即绘制网络节点外观的轮廓线和特征线，画笔根据绘制情况调用画线函数完成这一过程。然后使用画笔为网络节点的各部分填充颜色，画笔根据颜色的填充情况调用填色函数完成这个过程。最后绘制完毕，保存网络节点外观文件。网络节点内部工作方式建模工具功能是创建节点模型的内部工作方式。该模块主要以状态转移图的形式描述节点的内部工作状态。它有自己的图形界面，该子模块包括以下几部分：图像化状态绘制函数，图形化状态转移连接函数，转移条件设置函数，状态内部工作描述函数和实时数据显示设置函数；图形界面由绘图函数绘制，该图形界面上主要用来绘制状态转移图和状态转移图的内部描述，图像化状态绘制函数是通过调用绘图函数绘制节点内部的一个工作状态的状态图，图形化状态转移连接函数是通过调用绘图函数绘制两个状态

图之间的状态转移连接线,转移条件设置函数是在状态转移连接线上设置状态转移的条件,状态内部工作描述函数是通过调用绘图函数细致的描述状态内部的动画,实时数据显示设置函数是通过调用文字显示函数在状态内部设置显示文字格式的实时仿真数据的方式。其实现方式如图 9 所示,首先根据该节点的主要工作方式创建网络节点工作时的状态转移图,设置状态转移的条件,该步骤需要在图形界面上使用状态转移绘制函数创建网络节点内部的各个状态,并把状态按照转移的顺序排好;然后使用图形化状态转移连接函数绘制状态转移线,描述状态转移的方向,在状态转移线上使用转移条件设置函数设置转移条件。然后对状态转移图内的各个状态进行编程,描述其状态执行时的动画显示方式和文字格式数据的显示方式,该步骤是使用状态内部工作描述函数具体绘制状态内部的动画显示方式,使用实时数据显示设置函数设置实时数据的显示方式。对状态转移图中的主要状态进行细致编程,设置当该状态开始执行时动画的显示内容和显示方式,设置该状态数据形式的仿真结果的显示方式。最后创建完毕,保存网络节点内部工作方式文件。例如:建立以太网交换机的节点内部工作方式的实现方式如下,实现的结果如图 10 所示,首先在图形界面上使用状态转移绘制函数创建交换机节点内部的六个状态,分别为启动状态、接收数据包状态、数据包在接收缓冲中排队和数据包处理状态、数据包加入发送缓冲队列状态、发送数据包状态和结束状态,并把这六个状态按照所述的转移顺序排好;然后使用图形化状态转移连接函数绘制状态转移线,把这六个状态按状态转移的顺序连接起来,在状态转移线上使用转移条件设置函数设置六个转移条件,按顺序分别为:收到数据包到来消息条件、接收数据包完毕条件、一个数据包处理完毕条件、发送缓冲队列不为空条件、接收缓冲队列不为空条件和发送缓冲队列为空条件;再后使用状态内部工作描述函数具体绘制状态 2:数据包在接收缓冲中排队和数据包处理状态内部的动画显示方式,使用实时数据显示设置函数设置实时数据的显示方式。网络节点配置工具的实现方式如图 11 所示,首先设置节点名称和节点类型。然后配置该节点动画显示的内容,配置该节点显示数据形式的仿真结果的内容。最后配置结束,保存节点配置文件。

下面讲述新建一个网络节点的实现方式,首先要创建一个网络节点工程,使用工程的方式对创建进行管理。创建工程后,网络节点建模工具模块 8 自动生成三个空文件,分别是节点模型外观文件、节点模型内部工作方式文件和节点模型配置文件。然后按照顺序对每个文件进行编辑。使用网络节点外观建模工具创建节点模型的外观,要使用画笔按照该节点的实际形象绘制出其在视景显示时的外观,绘制结束后保存文件。使用网络节点内部工作方式建模工具创建节点模型的内部工作方式,要先分

析该节点都有哪些主要的内部工作方式,把主要的内部工作方式以状态转移图的形式进行建模,使在视景显示中能够显示出网络节点模型的内部工作过程。创建结束后保存文件。使用网络节点配置工具进行节点模型的配置文件创建,要在配置文件中记录网络节点的名字、网络节点的类型、网络节点性能参数、网络节点在实时视景中的动作方式等信息。创建完节点模型外观文件、节点模型内部工作方式文件和节点模型配置文件后保存工程,则把网络节点模型保存到了网络节点模型库模块 2 中。然后关闭工程。对于修改节点模型,首先打开节点模型工程,使用网络节点外观建模工具修改节点模型的外观,即使用画笔按照修改节点的外观;使用网络节点内部工作方式建模工具修改节点模型的内部工作方式,即修改主要的内部工作方式的状态转移图;使用网络节点配置工具修改节点模型的配置文件。修改完成后,保存工程,则修改后的网络节点模型替代了修改以前的模型被保存到了网络节点模型库模块 2 中,如果需要保存修改前的节点模型,则可以使用另保存工程,给修改后的节点模型改一个名字存放在网络节点模型库模块 2 中。

本发明中的实时通信模块 4 实现方式如图 12 所示。首先选择实时通信模式,通信模式分三种,分别为进程间通信模式、基于 TCP/UDP 的实时通信模式和基于 HLA 的通信模式。进程间通信模式适用于通信网络仿真工具 9 和实时视景显示平台安装在同一台计算机上的应用,基于 TCP/UDP 的实时通信模式和基于 HLA 的通信模式适用于通信网络仿真工具 9 和实时视景显示平台分别安装在不同的计算机上的应用。实时通信模块 4 包含通信方式设定函数、进程间通信函数、TCP/UDP 通信函数、HLA 通信函数。其中通信方式设定函数是设定选择的通信方式。进程间通信函数完成进程间的通信,该函数包括通信管道建立函数、数据发送函数、数据接收函数。管道建立函数是建立通信用的管道,以保证数据的实时发送和接收;数据发送函数是用来发送数据;数据接收函数是用来接收数据。在使用进程间通信时先调用通信管道建立函数建立通信管道,管道建立后即可使用数据发送函数发送数据,使用数据接收函数接收数据。TCP/UDP 通信函数用来完成 TCP/UDP 方式的通信,该函数包括连接建立函数、时间同步函数、数据发送函数、数据接收函数、数据正确传输验证函数和数据重传函数。连接建立函数是使用套接字 (SOCKET) 实现 TCP 连接;时间同步函数是通过三次时间同步信息的发送和反馈信息的接收来协调两台计算机的时间同步;数据发送函数是用来发送数据;数据接收函数是用来接收数据;数据正确传输验证函数是用来验证每次传输的数据的正确性;数据重传函数是当数据传输不正确时重传上次发送的数据。在使用 TCP/UDP 通信时,首先调用连接建立函数建立两台

计算机之间的连接；然后调用时间同步函数进行时间同步；之后可以使用数据发送函数发送数据，数据接收函数接收数据，在一次数据接收完毕后调用数据正确传输验证函数验证数据的正确性，如果数据传输的不正确则通知数据发送方调用数据重传数据重新发送数据。HLA 通信函数用来完成 HLA 方式的通信，HLA 通信函数可以按照 HLA 技术标准建立。对于进程间通信，就是在计算机内部的通信，此种模式需要通信网络仿真工具 9 支持二次开发，要建立实时通信模块 4 和通信网络仿真工具 9 进程间通信的管道。实现通信管道就是在内存中开辟一段共享空间，实时通信模块 4 和通信网络仿真工具 9 都可以读写这块内存区域，通过这段共享内存区域即可进行实时数据通信。仿真开始后，实时通信模块 4 通过进程间通信管道与通信网络仿真工具 9 进行消息交互，接收实时仿真结果，收到实时仿真结果后将其存放在已经建立好的数据结构中等待处理。实现基于 TCP/UDP 的实时通信，要使用套接字 (SOCKET) 编写实时通信处理代码，首先建立与通信网络仿真工具 9 的 TCP 连接，开始向通信网络仿真工具 9 发送建立连接请求消息，等待消息的反馈，若未正确建立连接则重新发送建立连接请求消息，直至连接建立成功。然后向通信网络仿真工具 9 发送时间同步消息，等待消息的反馈，若未完成时间同步则重新发送时间同步消息，直至时间同步，这样安装通信网络仿真工具 9 的计算机和安装视景显示平台的计算机就达到了时间同步。经过 TCP 连接的建立和时间同步即可完成实时通信连接。仿真开始后，先由实时通信模块 4 发送信息查询的 TCP 消息，查询仿真结果，通信网络仿真工具 9 收到这个消息后开始利用 UDP 发送实时仿真数据，同时利用 TCP 发送消息通知实时通信模块 4 一个时间步长的实时仿真数据已经发送完毕，实时通信模块 4 完整接收到通信网络仿真工具 9 发来的 UDP 消息后，利用 TCP 给其发送完整接收的确认消息，把收到实时仿真结果存放在已经建立好的数据结构中等待处理。则一次实时仿真结果传送完毕，循环上述过程，即可完成仿真结果的实时传输。对于基于 HLA 的通信模式可以按照 HLA 技术标准建立实时通信连接。仿真过程中，实时通信模块 4 通过 HLA 技术进行视景同步，发送信息查询消息，实时查询仿真结果，收到实时仿真结果后将其存放在已经建立好的数据结构中等待处理。仿真结束后，对于进程间通信模式，需要是否共享内存区域，即可断开通信管道；对于基于 TCP/UDP 的实时通信模式，需要断开 TCP 连接；对于基于 HLA 的通信模式，需要退出 HLA 联邦。即实时通信的连接断开后再关闭通信网络仿真工具 9 和实时视景显示平台。

本发明中的时间管理模块 5 实现方式如图 13 所示，首先进行时间管理模块 5 的初始化，初始化过程中再一次与通信网络仿真工具 9 进行时间同步操作，向通信网

络仿真工具 9 发送时间同步消息，等待消息反馈，若没有收到反馈，则重复发送同步消息直至时间同步完成。然后进行实时视景显示平台的仿真初始化，初始化完毕后把仿真时间推进到 0 时刻。仿真开始，时间管理模块 5 等待通信网络仿真工具 9 发送的时间推进请求消息，收到该消息后开始以最小时间步长推进仿真时间，然后等待通信仿真工具发送时间推进完成消息，收到该消息则完成了一次时间推进。重复上述时间推进过程，使仿真不断运行，直至仿真结束。

本发明中的视景显示模块 1 实现方式如图 14 所示。视景显示模块 1 使用 C 语言进行实现，首先进行视景显示初始化，分配视景显示缓冲，读取网络场景数据结构，根据网络节点链表和网络链路链表中记录的网络拓扑中节点的连接方式绘制网络场景，各个节点的视景模型根据网络节点链表的记录在网络节点模型库模块 2 中读取绘制。绘制完网络场景，设置每个节点显示动画的方式，至此完成视景显示初始化。仿真进行中，视景显示模块 1 等待实时仿真数据接收完毕消息。收到实时仿真数据接收完毕的消息后，开始处理实时仿真数据，仿真数据经过处理分成两部分，一部分是可以使用动画方式显示的数据，一部分是直接以数值的方式显示的数据。以动画方式显示的数据包括数据包的传输轨迹、链路的占用情况、数据交换设备内缓冲的排队情况；以数值的方式显示的数据包括节点的吞吐量、链路的平均占用率、数据包的平均延时、节点的丢包率。对于数据包的传输动画实现方式是在数据包的发送端和接收端直接绘制数据包流动的轨迹，给人以视觉上数据包从发送端传输到了接收端的感觉。对于链路的占用情况动画实现方式是以不同颜色描述链路占用情况，当收到链路占用空闲和低占用时，在网络场景中使用绿颜色绘制该条链路，表示链路占用很低，通信良好；当收到链路占用中等，占整条链路的通信带宽的一半左右时，在网络场景中使用黄颜色绘制该条链路，表示链路占用繁忙；当收到链路占用接近整条链路的通信带宽时，在网络场景中使用红颜色绘制该条链路，表示链路会发生阻塞，通信情况不好。对于网络节点内部主要工作方式的实例如图 10 所示，用户进入需要查看的网络节点模型内部，查看该节点内部的工作情况，网络节点内部的工作方式是以状态转移的方式描述的，初始状态为启动状态，当满足条件 1：收到数据包到来消息时，状态由启动状态转移到状态 1：接收数据包，当满足条件 2：接收数据包完毕时，状态由状态 1：接收数据包转移到状态 2：数据包在接收缓冲中排队并且处理数据包，依次进行状态转移，直至结束状态；图 10 中对于状态 2 的工作情况做了具体描述，状态 2 内部以动画的形式显示了该节点接收队列缓冲的情况和缓冲内数据包处理的情况。对于数值方式显示的数据显示方式为，在要查看的节点模型上，弹出半透明对话

框,在该对话框中显示该节点的吞吐量,丢包率和数据包的平均延时;在链路模型上,同样要弹出半透明对话框显示链路的平均占有率。完成了一次实时数据的处理和实时仿真情况显示后开始处理下一实时数据和显示下一时间段的实时仿真情况。此过程不断循环,视景显示模块 1 就把仿真的视景实时的显示在用户界面上。当仿真结束后,视景显示模块 1 要停止视景绘制,关闭视景显示界面,销毁开辟的视景显示缓冲。视景显示结束。

本发明中的存储模块 6 实现方式如图 15 所示,首先进行初始化,分配用于数据存储的缓冲,建立一个文件用于存储数据,把仿真网络场景数据写入文件中。仿真开始,系统每处理完一段完整的实时仿真数据,就把该段数据保存到存储缓冲,然后保存到文件中。此保存过程不断循环,直至仿真结束。最后释放存储缓冲,存储结束。

本发明中的仿真情况重放模块 7 实现方式如图 16 所示,首先进行初始化,加载视景存储文件,绘制整个网络场景。然后从文件中读取仿真时的数据,根据仿真数据把当时的仿真情况和仿真结果以视景的方式显示出来。此读取文件,显示视景的过程不断循环,直至文件读取完毕。

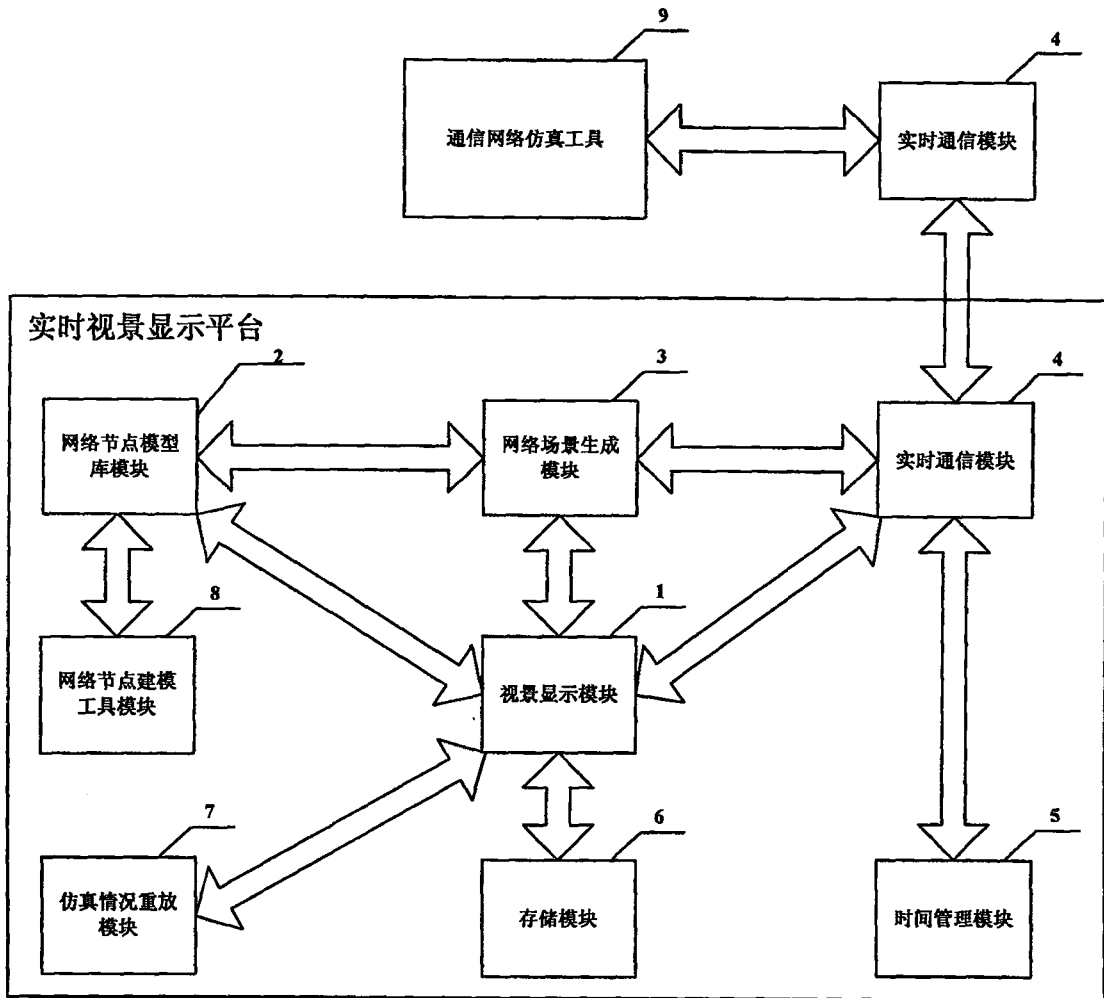


图 1



```

<?xml version="1.0" encoding="GB2312" standalone="yes" ?>
<网络场景 内容="拓扑文件">
  <整个网络 网络类型="××××××">
    <网络节点1>
      <网络节点名称>××××××</网络节点名称>
      <网络节点类型>××××××</网络节点类型>
      <网络节点属性>
        <节点属性1>××××××</节点属性1>
        <节点属性2>××××××</节点属性2>
        .....
        <节点属性n>××××××</节点属性n>
      </网络节点属性>
    </网络节点1>
    <网络节点2>
      .....
    </网络节点2>
    .....
    <网络节点n>
      .....
    </网络节点n>
    <网络链路1>
      <网络链路名称>××××××</网络链路名称>
      <网络链路类型>××××××</网络链路类型>
      <网络链路属性>
        <链路属性1>××××××</链路属性1>
        <链路属性2>××××××</链路属性2>
        .....
        <链路属性n>××××××</链路属性n>
      </网络链路属性>
    </网络链路1>
    <网络链路2>
      .....
    </网络链路2>
    .....
    <网络链路n>
      .....
    </网络链路n>
  </整个网络>
</网络场景>

```

图 2

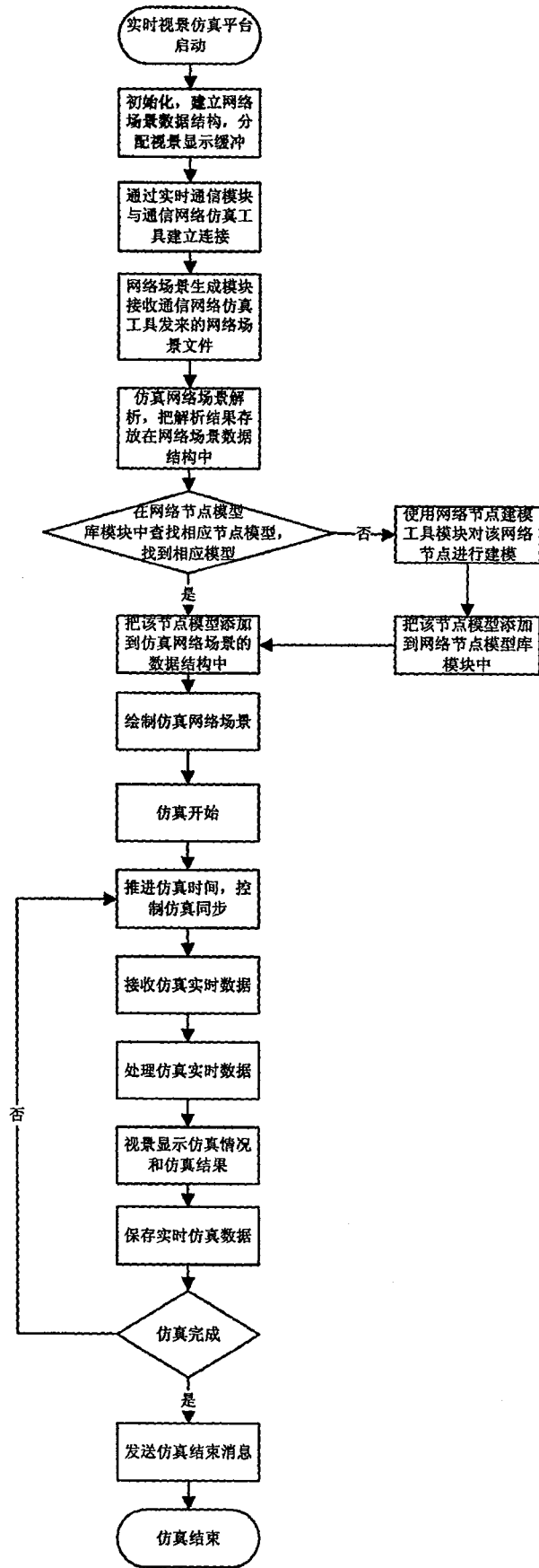


图 3

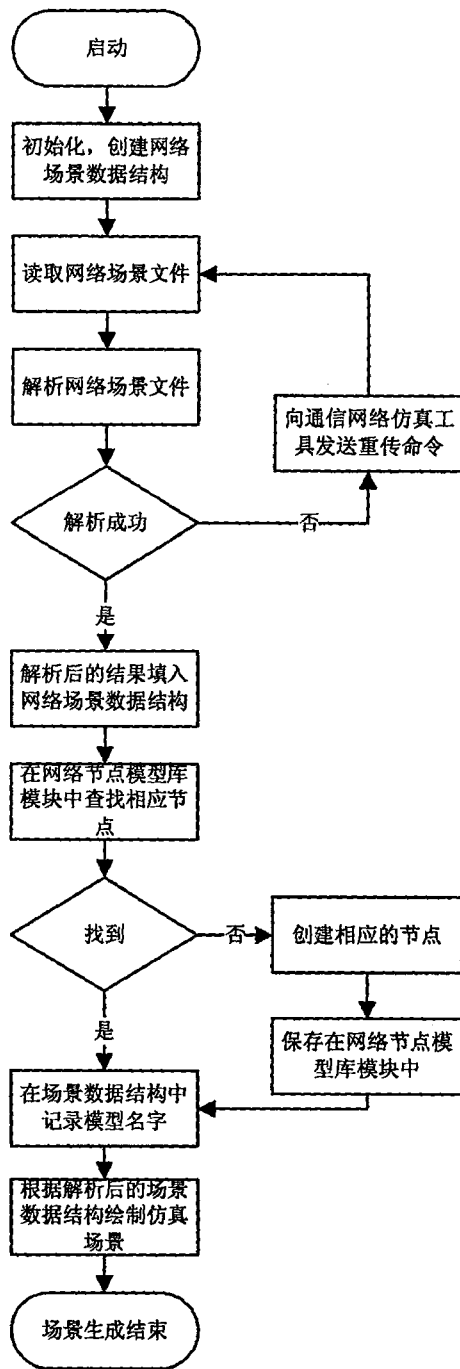


图 4

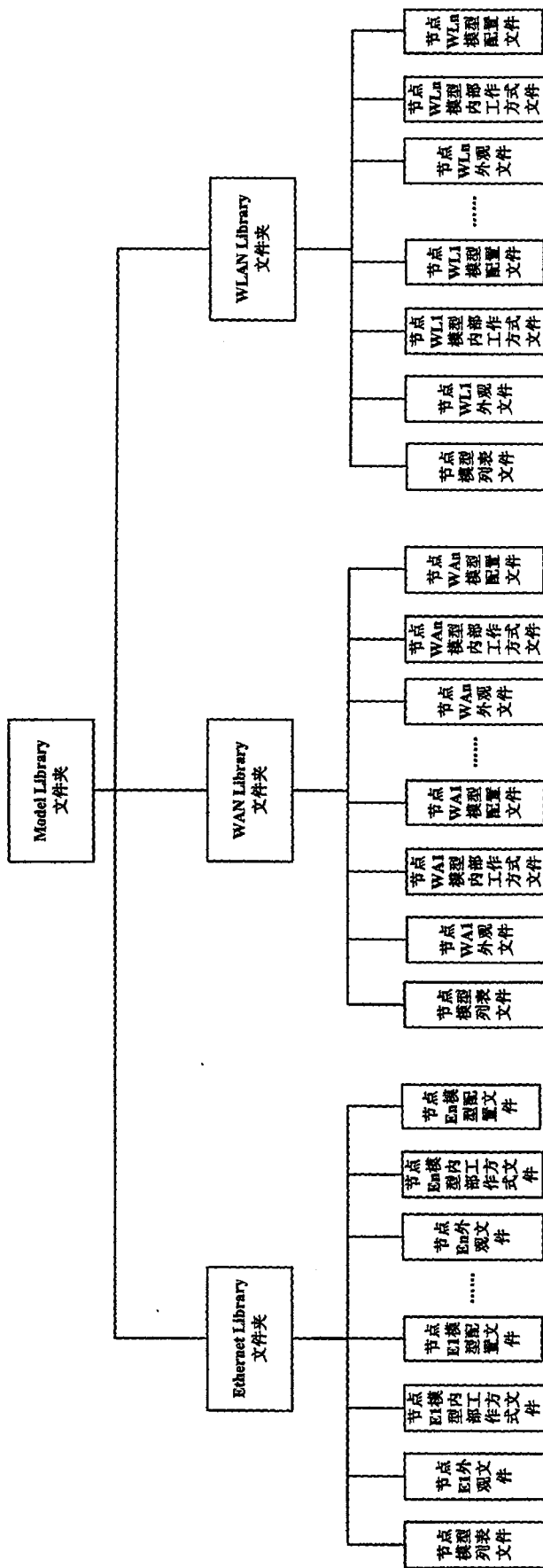


图 5

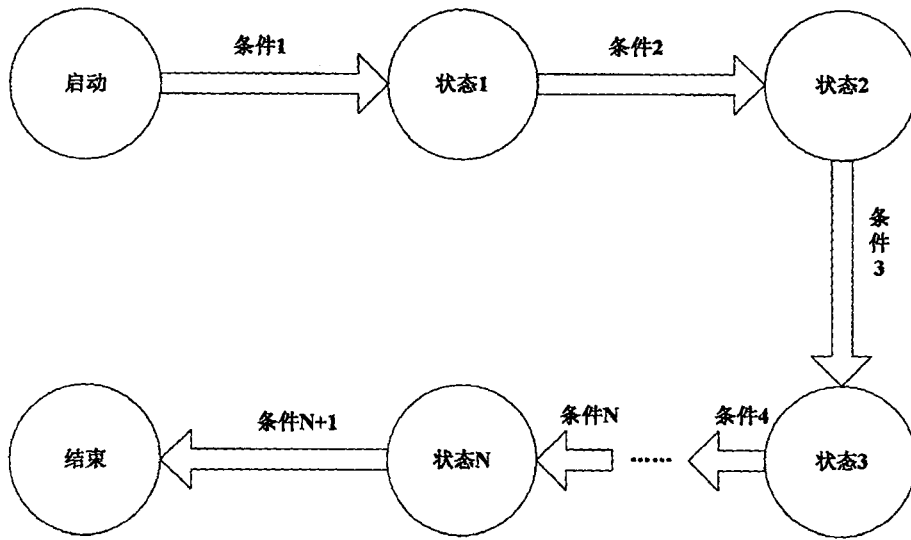


图 6

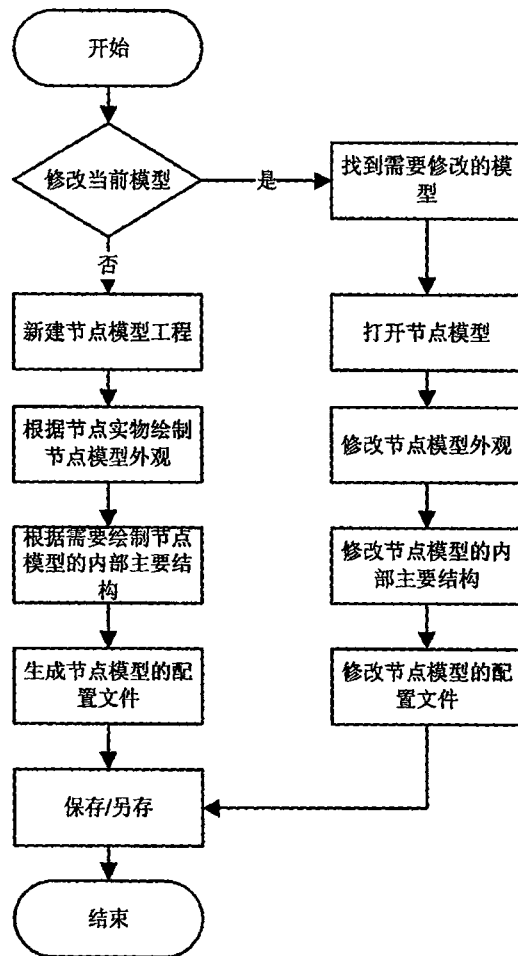


图 7

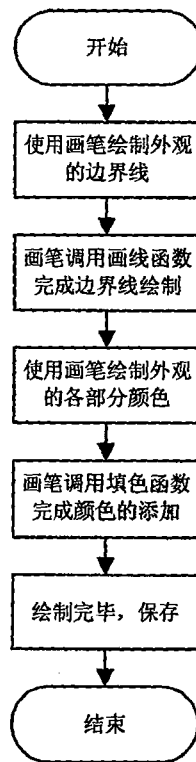


图 8

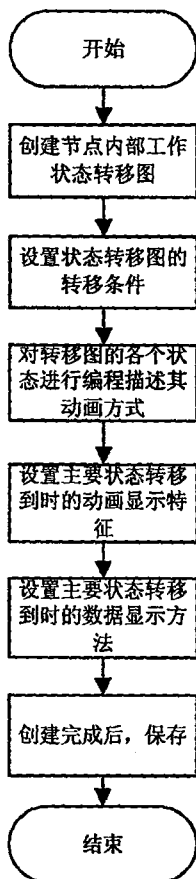


图 9

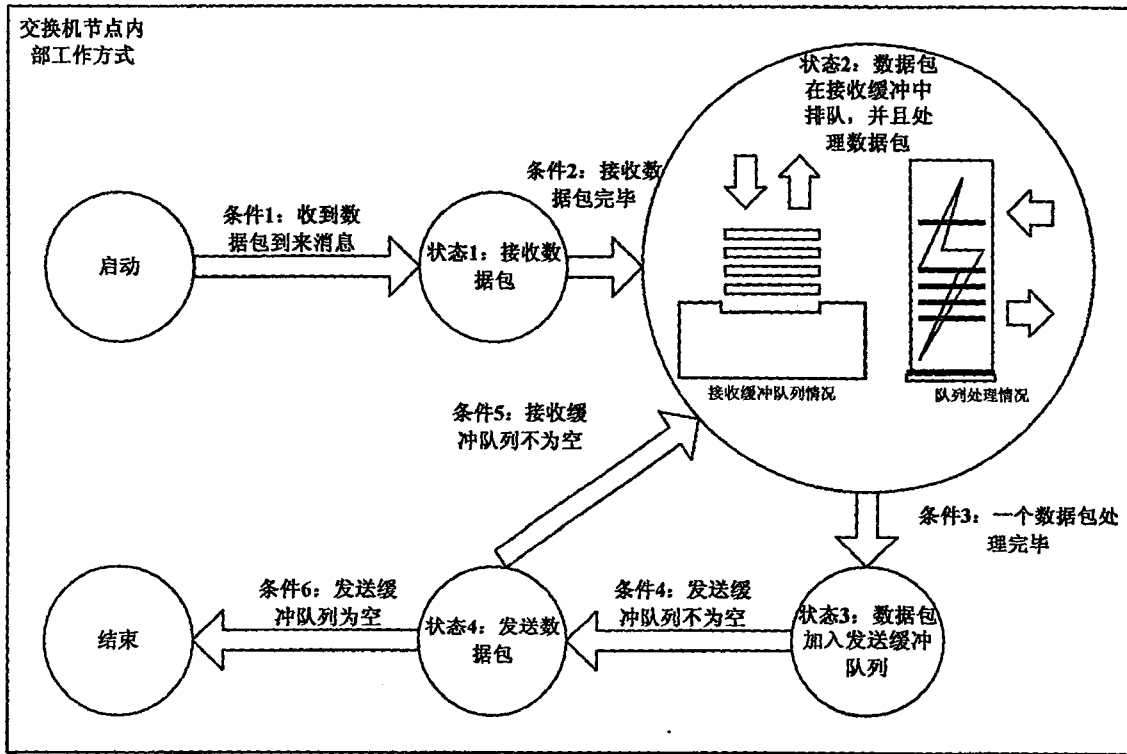


图 10

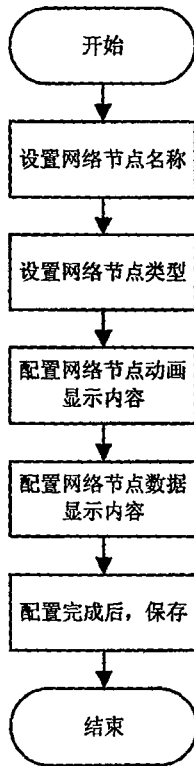


图 11

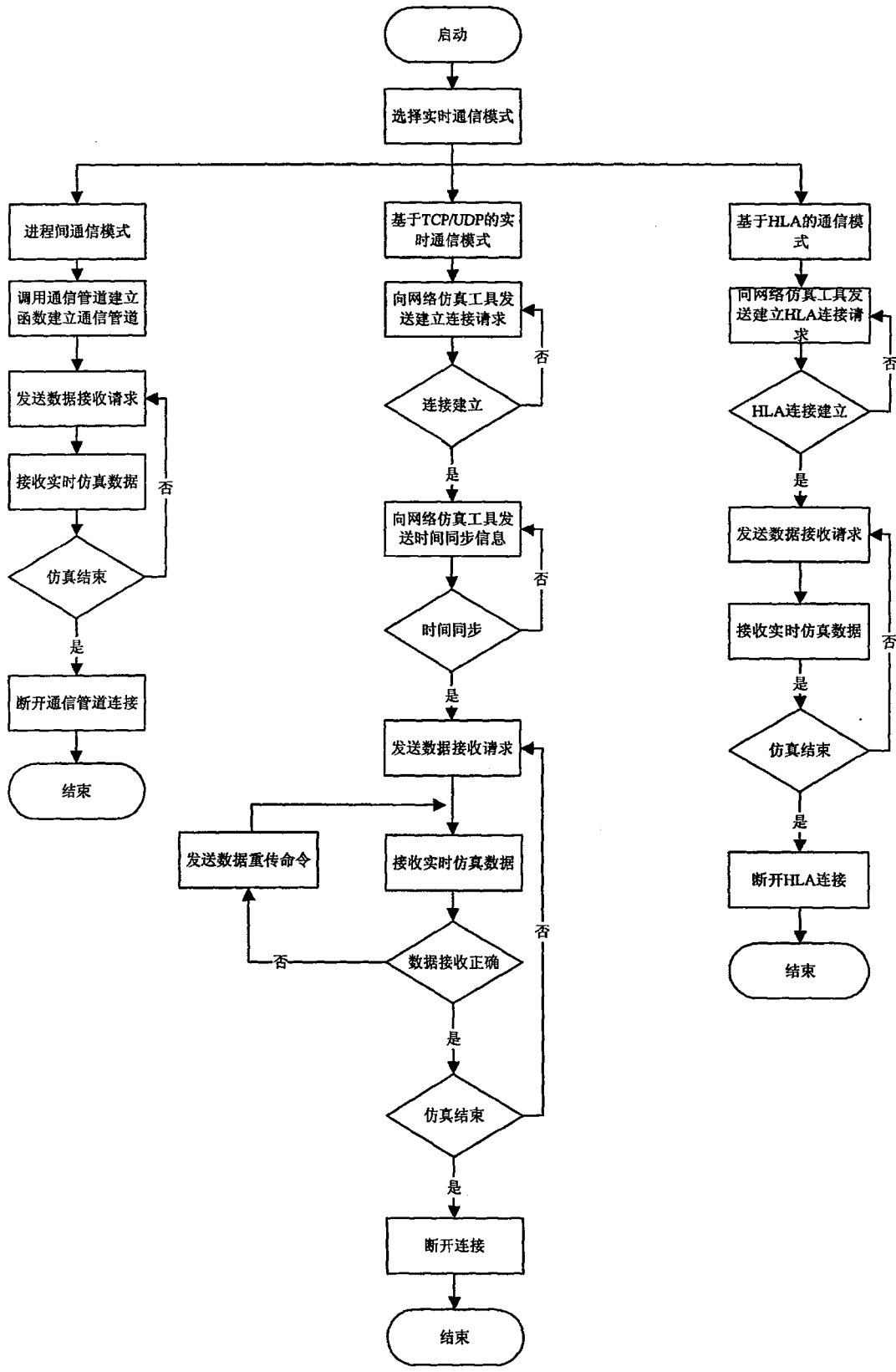


图 12



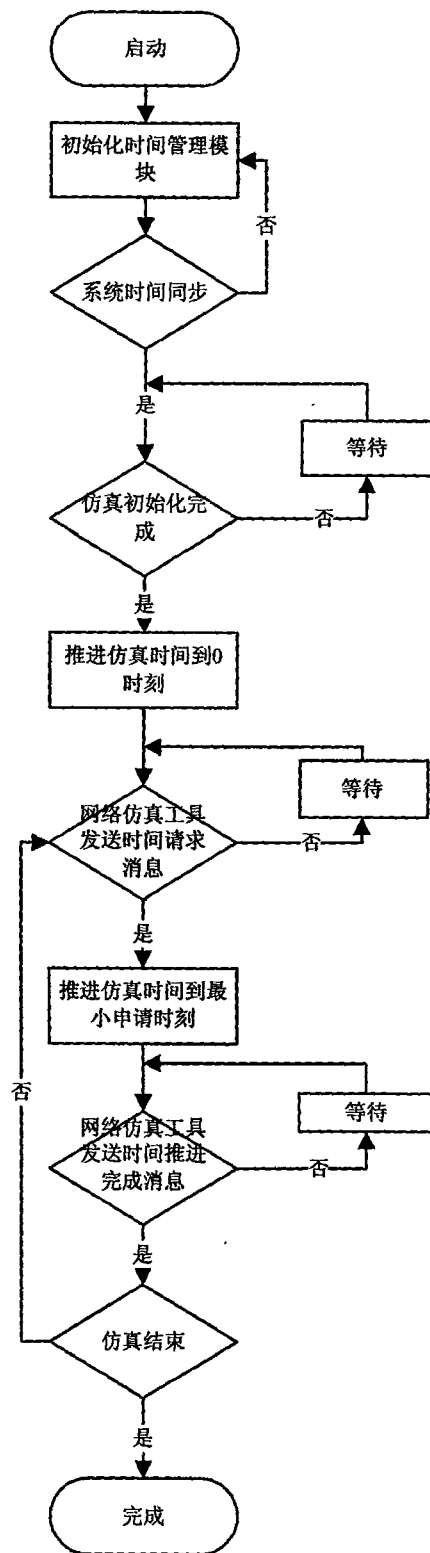


图 13

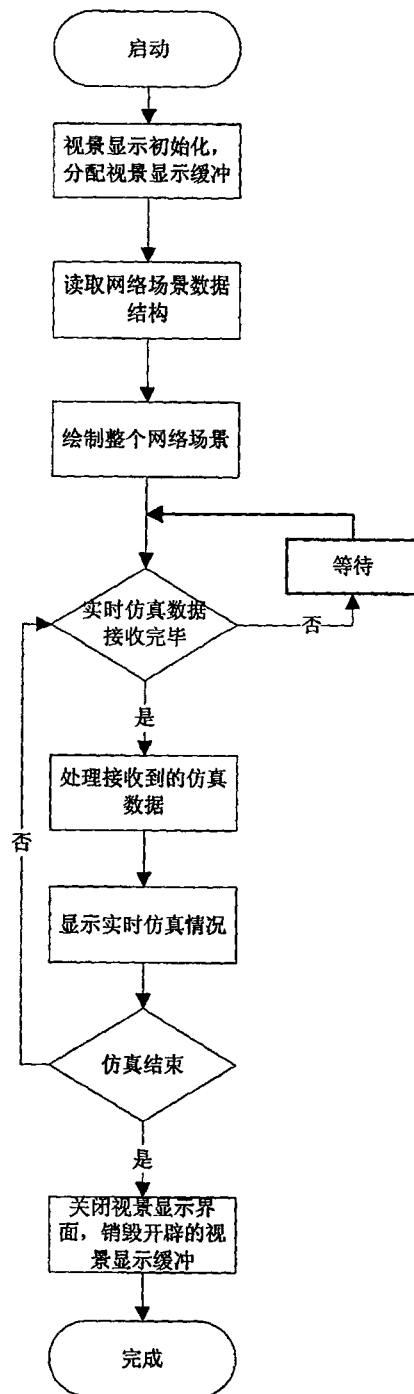


图 14

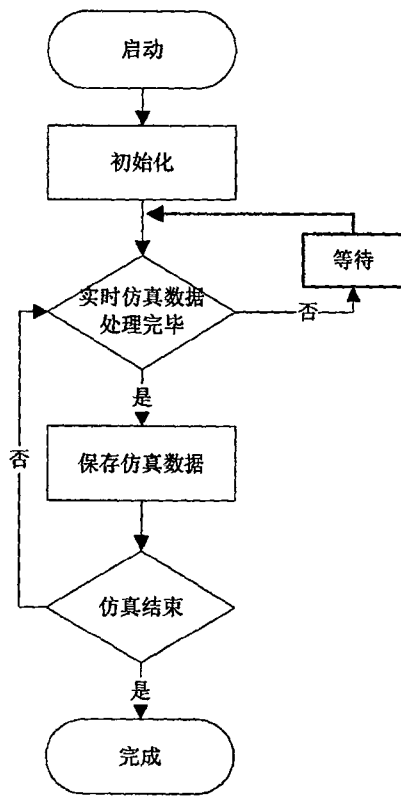


图 15

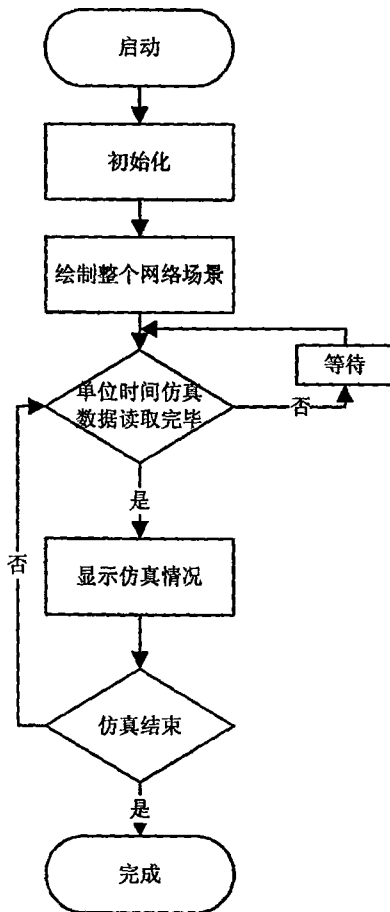


图 16