

文章编号: 1000-050X(2000)04-0299-04

互联网地理信息系统的分布式超地图模型^{*}

袁相儒¹ 陈能成² 龚健雅²

(1 瑞士苏黎世大学计算机科学系数据库技术研究所, 苏黎世温特瑟尔街 190 号)

(2 武汉测绘科技大学测绘遥感信息工程国家重点实验室, 武汉市珞喻路 129 号, 430079)

摘要 介绍了超地图的概念, 提出了互联网地理信息系统的分布式超地图模型, 并详细阐述了其定义, 然后阐明超地图关系和操作。最后, 结合 Internet GIS—GeoSurf V 3.0 介绍了此模型的设计与实现。

关键词 互联网地理信息系统; 分布式超地图模型; 超地图; 超媒体; 超链接

分类号 P208; P28 **文献标识码** A

超地图是具有地理数据获取功能的多媒体超文档(Laurini & Millerent-Rafford, 1990), 地理数据获取指通过地理坐标获取。当时提出超地图概念的目的是希望能对与某一地区相关的所有超文档进行浏览, 这个区域可以通过点击地图或通过定义查询窗口中的某一对象及范围来表达。所以, 超地图不仅能做专题查询, 而且还可以做地图查询。使用超地图概念, 为对环境的理解提供了更有效的方法(Laurini, 1992)。

1 分布式超地图模型

由 Kraak 定义的超地图概念仅仅是带有空间信息的超媒体(Kraak, 1997)。显然, 它还不能用于互联网地理信息系统数据管理、组织服务和用来表达信息单元的关系和操作。基于此, 本文提出新型互联网地理信息系统构造模型——分布式超地图模型, 用于组织和管理服务。

从面向对象的观点看, 分布式超地图模型(distributed hypermap model, DHM)为空间信息对象(spatial object, O^S)的集合, 由一系列的空间信息对象组成, 即

$$H = \{O_1^S, O_2^S, \dots, O_i^S, \dots\}, i = 1, 2, \dots \quad (1)$$

分布式超地图模型意味着为了能在互联网上表达分布式的地理信息而在分布式的客户机和服务器中采用的, 通过分布式部件能跨平台运行的超地图(Yuan, 1999a)。

每一个空间信息对象 O^S 包含有 4 个基本的内容: 对象惟一标识符(ID^S)、超媒体(H^M)、超图形(H^G)和超链接(H^L), 表示为:

$$O^S = \{ID^S, H^M, H^G, H^L\} \quad (2)$$

式中, ID^S 是对象的惟一标识; H^M 代表非几何属性, 如多媒体信息(A^M); H^G 代表几何属性, 如空间属性(A^S), H^M 和 H^G 一起组成为 O^S 的内部状态; H^L 为 O^S 的方法集合, 定义了 O^S 对象内部之间、对象之间以及超地图内部之间、超地图之间的非顺序连接关系和操作方法集合。

空间信息对象 O^S 满足对象的定义, 即由 3 部分构成: 对象标识符 ID 、内部状态 S 和方法集合 M (Booch, 1996)。因此有:

$$ID(O^S) = ID^S$$

$$S(O^S) = H^M \cup H^G$$

$$M(O^S) = H^L$$

对于超地图的定义, 作以下假定:

a. 对于某一个确定的超地图 H_i 中所有的空间信息对象 O^S 都具有相同的时间和比例尺特征, 即某特定 H_i ($i = 1, 2, 3, \dots$) 中所有的空间信息对象 O^S 的属性都是基于某一时间的。

b. 由超地图 H 表示的空间信息, 属性由超媒体 H^M 集中表达, 空间属性、几何特征或空间关系由 H^G 集中表达。

空间信息对象 O^S 本身是一个复合对象, H^M 、 H^G 、 H^L 本身也是对象并且都包含了对象标识符 ID 、内部状态 S 和方法集合 M , 即

收稿日期: 2000-03-29.

* 国家杰出青年科学基金资助项目(49525101); 国家“九五”重点科技攻关项目(95D0203); 香港政府研究委员会资助项目(RGC CUHK 150/96H 及 CUHK RAC 4720401); 瑞士国家科学基金会资助项目(2100-053995.98)。

$$H^M = \{ID^{HM}, S^{HM}, M^{HM}\}$$

$$H^G = \{ID^{HG}, S^{HG}, M^{HG}\}$$

$$H^L = \{ID^{HL}, S^{HL}, M^{HL}\}$$

式(1)定义的多媒体属性 A^M 包含文本、图形、图片、图像、录像、视频、音频全息图片、互动电影、注释电影、三维虚拟现实、感觉、气味、触觉、感情等内容。多媒体属性 A^M 可以分为可显示属性和不可显示属性。其中,可显示属性又有数值属性和非数值属性之分。与此同时,多媒体属性 A^M 可以表示为:

$$A^M = \{A^D\{A^{DN}, A^{DU}\}, A^U\}$$

式中, A^D 代表可显示的多媒体属性; A^U 代表不可显示的多媒体属性。对于不可显示属性,目前尚没有确切的表达形式。 A^{DN} 为可显示数值的属性,可以进行统计分析、专题制图等操作; A^{DU} 为可显示的非数值属性,主要可以进行表现,如图像显示、音频和视频播放、三维虚拟现实表现等。

H^G 用来表达空间信息对象 O^S 的空间属性 (A^S),如表达零维、一维、二维和三维的信息。

超链接 H^L 为空间信息对象 O^S 的方法集合,定义了对象 O^S 内部之间、对象 O^S 之间以及超地图 H 内部之间、超地图 H 之间的非顺序连接关系和操作方法集合。这种方法集合通过 H^L 的内部状态 S^{HL} 表现, S^{HL} 由类别标识 (TypeID)、类别类型 (Type)、类别特征 (TypeFeature) 和属性特征 (AttributeFeature) 组成。

类别标识 TypeID 由 5 个标志组成,即四维、多尺度、元数据、数据目录和数据仓库。

类别类型 Type 有数据文件 DataFile、部件 Component 和 JDBC 等,其中,当类别类型为数据文件时,表示直接获取远程数据文件,如 Web 服务器上的数据文件;当类别类型为部件时,表示启动远程部件服务器上的部件,并由部件获取数据;当类别类型为 JDBC 时,表示启动远程的 JDBC 服务器的服务,并由 JDBC 服务器连接远程数据库,通过 SQL 语句获取数据。

类别特征 TypeFeature 主要包含有时间特征 F'_{Next} 和 F'_{Prev} 、多尺度特征 F^s_{Sup} 和 F^s_{Sub} 、SQL 语句特征 F_{SQL} 、当前值特征 $F_{Currence}$ 、元数据特征 $F_{Metadata}$ 、数据目录特征 $F_{Content}$ 、数据仓库特征 $F_{ClearHousing}$ 和 F_{Other} 等。

属性特征 AttributeFeature 主要说明超链接 H^L 的属性,如名称、位置和协议。

属性特征的名称说明数据文件名称、部件服务器名称和 JDBC 服务器的名称;属性特征的位置指示下一个超地图 H 所在的位置,即在远程的

位置,由 IP 值表示,如 202. 113. 114. 240;属性特征的协议指示连接下一个超地图 H 的方式,协议包括 TCP/IP、IIOP (Internet Inter ORB Protocol, ORB 即对象请求代理, Object Request Broker) 和 JDBC 等。

在上述新模型中,超地图由超媒体、超图形和超链接构成。超媒体定义了超地图的多媒体信息;超图形包括了所有的图形属性。超媒体和超图形通过超链接相连,形成一个整体。超地图 H 为超媒体 H^M 、超图形 H^G 和超链接 H^L 的并集:

$$H = H^M \cup H^G \cup H^L$$

超地图与超媒体、超图形和超链接之间的关系如图 1 所示。

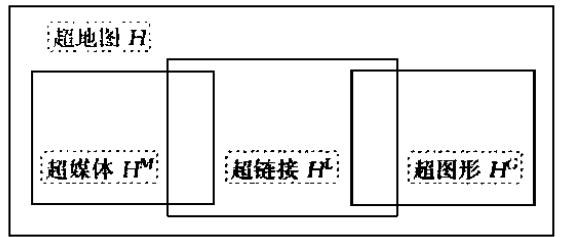


图 1 超地图的概念图

Fig. 1 The Concept of Hypermap

新定义的超地图概念(新超地图)与 Kraak 等人定义的超地图(旧超地图)比较,有诸多的不同点。首先是信息表达的方式不一样。旧超地图是在超媒体的基础上增加了地理空间坐标,其重点仍然放在超文本、超媒体导航式浏览上。而新超地图却是从面向对象的分析方法出发,将超媒体视为地理信息的属性,即多媒体属性,同时将超图形视为地理信息的空间属性,二者一起形成对象的内部状态。超链接视为对象内部之间、对象之间以及超地图内部之间、超地图之间的非顺序连接关系和操作方法集合。其次,达到的目的不一样。旧超地图是超媒体,通过地理空间坐标实现导航式浏览,而新超地图是为了解决互联网地理信息系统中的四维地理信息表达和浏览、多比例尺地图的浏览和管理、元数据管理、数据目录和数据仓库管理等问题而提出的概念。它不仅要实现旧超地图中定义的超地图通过地理空间坐标实现导航式浏览功能,而且要通过分布式的部件和分布式计算实现网络地理信息系统应具备的所有功能。

2 超地图关系

分布式超地图模型中定义的超地图关系是指同一个超地图的内部关系和两个或多个超地图之

间的关系。本文仅从客户端的角度来考虑超地图关系。

同一个超地图内部关系体现在超媒体之间、超图形之间以及超媒体和超图形之间。同一个超地图内部关系通过超链接 H^L 的内部状态 S^H 的类别特征 TypeFeature 来描述。

一方面, 超媒体 H^M 内部之间的关系主要表现在多媒体属性 A^M 上, 如多媒体属性的综合、空间分析以及数值性多媒体属性的统计制图等; 另一方面, 超图形 H^G 内部之间的关系主要表现在空间关系表达和空间属性表现上(如叠置、缓冲区), 即地图空间属性可视化和综合、几何空间查询; 超媒体 H^M 和超图形 H^G 之间的相互关系主要表现在多媒体属性和空间属性之间的相互查询, 如几何查询、SQL 查询、专题制图和地图综合等。

假设有两个超地图 H_i, H_j , 其中 H_i 为当前的超地图, H_j 为 H_i 的下一个超地图, $i \neq j$ 。那么, 超地图 H_i 和超地图 H_j 的相互关系有:

1)部分和整体关系(Σ)。如果 H_j 为 H_i 的整体, $H_j \Sigma H_i$; 反之, $H_i \Sigma H_j$ 。如果 H_j 为 H_i 的整体, 那么, 由 H_i 到 H_j 是通过 SQL 语句由当前超地图 H_i 获得下一个超地图 H_j 的过程。

2)地图概括关系(Π)。 H_j 为 H_i 的概括, $H_j = \Pi H_i$, 或者 H_i 为 H_j 的概括, $H_i = \Pi H_j$ 。因此, 若 $H_j = \Pi H_i$, 类别特征为 F_{Sup}^S ; 若 $H_i = \Pi H_j$, 类别特征为 F_{Sub}^S 。

由 H_i 到 H_j 是一种超地图的纵向浏览过程与一个地图综合和概括的过程或反向过程。如图 2 所示, 超地图 H_1^S 为超地图 H_{10}^S 和 H_{11}^S 的综合和概括。

3)时间序列(时态)关系(\uparrow)。 H_j, H_i 为两个时间点上的超地图, 它们的特征表达为: 若 $i > j$, 类别特征为 F_{Prev}^t ; 若 $i < j$, 类别特征为 F_{Next}^t 。

如图 3 所示, 超地图 H_1, H_2 和 H_3 对应的的时间分别为 T_1, T_2, T_3 , 并且 $T_1 < T_2 < T_3$ 。如果超地图 H_2 为当前超地图, 则超地图 H_1 和超地图 H_2 的关系为 F_{Prev}^t , 超地图 H_3 和超地图 H_2 的关系为 F_{Next}^t 。超地图 H_1, H_2 和 H_3 的关系为时间序列(时态)关系。

4)武断连接关系(Θ)。超地图 H_j 和超地图 H_i 之间没有任何直接关系, 从 H_i 到 H_j 的过程是一种武断连接的操作过程。超地图之间的横向浏览过程($H_i = > H_j$)可以视为一种武断连接 $H_i \Theta H_j$, 因此, 类别特征为 F_{Other} 。

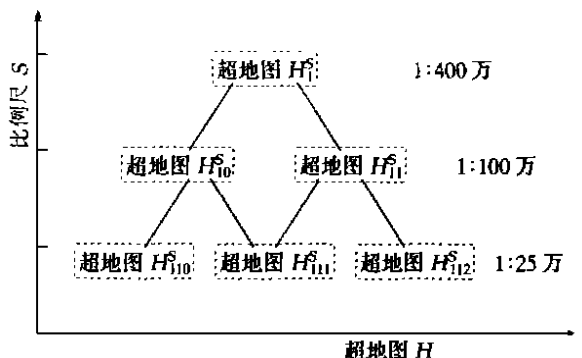


图 2 超地图的概括和综合

Fig. 2 Generalization of Hypermap

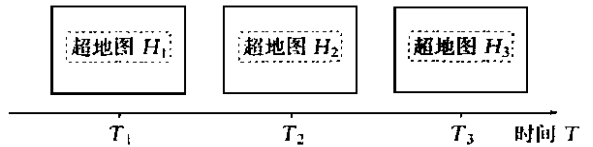


图 3 超地图的时间序列关系

Fig. 3 Time Relation of Hypermap

3 超地图操作

假设在服务器端有两个超地图 H_1 和 H_2 , 且 $H' = H_1 \cup H_2$, 其中 H' 是在客户端供用户浏览的超地图。超地图操作扩展了代数学的外延(Ullman, 1997), 包括联合、交叉、差分、投影、选择操作等。

联合操作($H' = H_1 \cup H_2$)指在超地图 H_1 或 H_2 中的空间对象的并集。一个空间对象 O^S 在联合操作中只能显示一次, 即使这个空间对象 O^S 为超地图 H_1 和 H_2 共有。

交叉操作($H' = H_1 \cap H_2$)指在超地图 H_1 和 H_2 中的空间对象的交集。

差分操作($H' = H_1 - H_2$)指在超地图 H_1 中而不在 H_2 中的空间对象的集合。

投影操作($H' = \pi_{o_1^s, o_2^s, \dots, o_n^s}(H)$)指通过在超地图 H 中的有限空间对象产生另一超地图 H' 的过程。表达式 $\pi_{o_1^s, o_2^s, \dots, o_n^s}(H)$ 值代表仅由超地图 H 中的有限空间对象 $O_1^S, O_2^S, \dots, O_n^S$ 决定的超地图 H' 。

选择操作($H' = \sigma_C(H)$)应用于超地图 H , 产生带有超地图 H 的空间对象 O^S 的子集的新超地图 H' 。 H' 是在 H 中满足特定条件 C 的空间对象集合。

4 超地图应用

利用在服务器和客户端的分布式超地图操作

来完成客户机向服务器数据的请求和获取功能。从服务器端获取超地图 H' 的方法, 包括空间索引、数据目录、SQL 查询和几何方法 (Yuan, 1999d)。

假设 $H = H_1 \cup H_2 \cup H_3$, $H_1 \cap H_2 = \emptyset$, $H_2 \cap H_3 = \emptyset$, $H_1 \cap H_3 = \emptyset$ 。在此模型中, 涉及到的数据目录和空间索引方法可以用超地图投影操作算子表示:

$$H' = \pi_{O_1^S, O_2^S, \dots, O_n^S}(H)$$

对于数据目录方法, $O_1^S, O_2^S, \dots, O_n^S$ 指带有超媒体 H^M 的空间对象集; 对于空间索引方法, $O_1^S, O_2^S, \dots, O_n^S$ 指带有超图形 H^G 的空间对象集。

在此模型中, 涉及到的 SQL 查询和几何方法可以用超地图选择操作算子表示:

$$H' = \sigma_C(H)$$

对于 SQL 查询方法, 条件 C 由带有超媒体 H^M 的空间对象集来定义; 对于几何方法, 条件 C 由带有超媒体 H^M 和 $O_1^S, O_2^S, \dots, O_n^S$ 的空间对象集来定义。

本系统实现了基于分布式超地图模型的 GIS 功能。超地图的显示是通过多媒体属性和空间信息的显示表达超地图的信息。

距离分析是通过建立超图形 H^G 和空间属性 A^S 的内在联系而完成的。统计图和专题图部件是通过超媒体 H^M 和多媒体属性 A^M 来构造的。

在此原型中, 专题制图、SQL 查询、几何查询和缓冲区分析等都是超图形 H^G 和超媒体 H^M 关系基础上设计完成的。专题制图和 SQL 查询操作就是从多媒体属性 A^M 查询空间属性 A^S 的过程。同样地, 几何查询和缓冲区查询操作就是从空间属性 A^S 查询多媒体属性 A^M 的过程。

在服务器和客户机的计算, 如资源分配, 在服务器端由基于分布式超地图模型的分布式计算部件完成。基于分布式超地图模型 Internet GIS 原型系统如图 4 所示。

5 结 语

本文提出了新的概念——超地图和新的模型——分布式超地图模型, 用于解决在构建 Internet GIS 中所遇到的问题。与旧超地图概念相比, 新的超地图概念比较适合设计和组织 Internet GIS 的信息元。分布式超地图模型在表达 Internet GIS 的结构中起着举足轻重的作用。

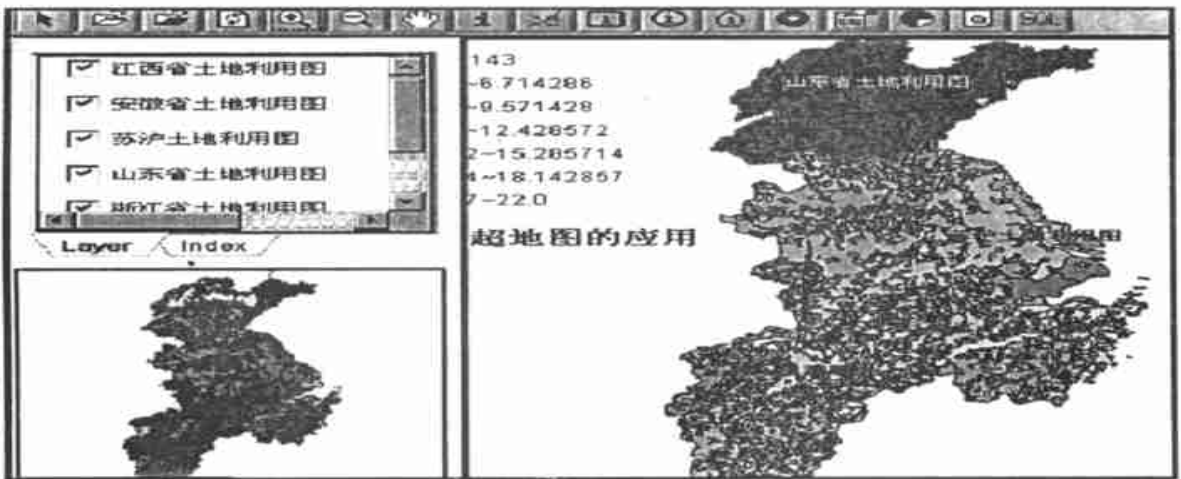


图 4 基于分布式超地图模型 Internet GIS 的原型

Fig. 4 The Prototype of Internet GIS Based on Distributed Hypermap Model

本文采用分布式超地图模型的首要目的是为了提供 Internet GIS 分布式信息的组织、管理和获取的解决方案, 用来表达客户机和服务器这两个信息元自身的内部联系及信息元之间的相互关系。

本文只考虑 §4 中的情形, 对于 $H_1 \cap H_2 \neq \emptyset$, $H_2 \cap H_3 \neq \emptyset$, $H_1 \cap H_3 \neq \emptyset$ 的情形, 有待进一步探讨和研究。

致谢: 龚健雅教授和林珲教授对本模型的完

成提出了宝贵的建议, 韩海洋和陈丽莉在系统的实现中做了大部分的工作, 在此一并表示感谢。

参 考 文 献

- 1 夏福祥, 曹长勇. 万维网地理信息系统. 地理信息科学, 1995, 11(2): 124 ~ 129
- 2 袁相儒, 龚健雅. 矢量图形与主数据库无缝连接万维网地理信息系统的设计和实现. 武汉测绘科技大学学报, 1997, 22(3): 260 ~ 263

- 3 袁相儒, 龚健雅, 林 琿, 等. 异构地理信息处理环境互操作的 Internet GIS 方法. 武汉测绘科技大学学报, 1999, 24(3): 194~198
- 4 袁相儒, 陈莉丽, 龚健雅. Internet GIS 的部件化结构. 测绘学报, 1998, 27(4): 363~367

袁相儒, 男, 32 岁, 博士生. 现从事网络数据库研究. 代表成果:《异构地理信息处理环境互操作的 Internet GIS 方法》,《多种数据源地理信息处理的 Internet GIS 方法》等.

E-mail: yuan@ifi.unizh.ch

Distributed Hypermap Model for Internet GIS

YUAN Xiangru¹ CHEN Nengcheng² GONG Jianya²

(1 Department of Computer Science, University of Zurich, Winterthurerstrasse 190, Zurich, Switzerland)

(2 National Laboratory for Information Engineering in Surveying, Mapping and Remote Sensing, WTUSM, 129 Luoyu Road, Wuhan, China 430079)

Abstract The rapid development of Internet technology makes it possible to integrate GIS with Internet, forming Internet GIS. Internet GIS is based on the distributed Client/Server architecture and TCP/IP & IIOP (Internet Inter Object Protocol). When constructing and designing Internet GIS, we meet with many problems, such as how to express the information units of Internet GIS.

For Internet GIS, the expression of spatial information unit is a key issue. The perfect description should satisfy with data access and operation of spatial information. Several concepts were developed to express the information on Internet, i. e. hypertext, hyperdocument, multimedia, hypermedia, hypergraph, and hypermap.

Hypertext refers to a set of nodes connected by links that offer the user a non-sequential tour around the data; Hyperdocuments introduces multimedia components into the hypermedia concept. Hyperdocument is really special hypertext, including image and sound, etc; Multimedia is a mixture of media, including text, graphics, picture, video, sound, panoramic picture, interactive movies, annotated movies, 3D virtual reality, taste, odors, tactile sensation, etc.

The concept of hypermap was described by Laurini (Laurini, 1990), as a multimedia hyperdocument with geographical access. Geographical access implies access by geographical coordinates. The idea behind the concept was the desire and ability to retrieve all documents related to a certain area. The area could be indicated by clicking an object or region in a map or defining a search window. The hypermap thus allows the user to make a geographic search, in addition to a thematic search. Using a hypermap, for example to retrieve spatial information based on associative and logical combinations, is expected to be an efficient and easy method to understand the environment (Laurini, 1992).

From the object-oriented principle point of view, in fact, hypermap (H) of the distributed hypermap model (DHM) is a set of spatial object (O^S).

Every spatial object O^S consists of four elements. They are object identification (ID), hypermedia (H^M), hypergraph (H^G) and hyperlink (H^L), expressed as:

$$O^S = \{ ID^S, H^M, H^G, H^L \}$$

Where, ID^S is the object identification; H^M is the un-geometrical attribute, i. e. multimedia attribute (A^M); H^G is the geometrical attribute, i. e. spatial attribute (A^S). H^M and H^G consist of the internal states of O^S . H^L is the method set of O^S , in which the un-sequent operation methods and linking relations of internal object and internal or external hypermap are involved.

In this new model, hypermap consists of hypermedia, hypergraph and hyperlink. Hypergraph constructs all graphic attributes and hypermedia defines all multimedia information of hypermap. The links between hypergraph and hypermedia are realized through hyperlink. Hypermap is the union of hypermedia, hypergraph, and hyperlink.

$$H = H^M \cup H^G \cup H^L$$

This new hypermap concept is different from the old model (Kraak's definition) in two points. The first is about the type of information expression. The old hypermap model is the combination of hypermedia and geographical coordinates. Its emphasis is to complete the browsing on hypertext and hypermedia. The new model, based on oriented object concept, considers both hypermedia and hypergraph as the attributes of geographical information (e.g. multimedia attribute, spatial attribute, forming the internal state of geographical information attribute). Hyperlink is considered as the set of operations, non-sequential link relations between object internals and objects, and hypermap internals and hypermaps. The second is that the purposes of both concepts are also different. In Kraak's concept, hypermap is the hypermedia that navigates through geographical coordinates. In the new model, 4D spatial description, browsing, multiscale information management, metadata, content, clearhousing are defined. Besides the functions of navigation and browsing, the new model is expected to fulfill all functions of GIS in the distributed ways, such as distributed components and distributed computation, in order to construct Internet GIS and manage information of Internet GIS.

The relationship of hypermap in the distributed hypermap model refers to the inside relationship of certain hypermap and relationship between any two hypermaps. The inside relationship of certain hypermap involves the inside relationship of hypermedia and hypergraph, and the relationship between hypermedia and hypergraph each other.

Finally, the authors give the case study of Internet GIS, using the distributed hypermap model (DHM). In the prototype of Internet GIS, we use distributed hypermap model to organize and manage GIS information on the Server. Distributed hypermap and distributed components are the core parts of the prototype. Meanwhile, we use hypermap to finish the most of GIS functions.

Key words Internet GIS; distributed hypermap model; hypergraph; hypermedia; hyperlink

YUAN Xiangru male, 32, Ph.D candidate. He is concentrated on the research in network. His published papers include "Internet GIS Approach to Interoperability of Heterogeneous Geographic Information Processing Environment", "Internet GIS Approach to Multisource Data and Geoprocessing", etc.

Email: yuan@ifi.unizh.ch