

文章编号: 1001- 2486(2009) 06- 0132- 07

# 基于本体的战场环境信息规范化目录服务研究\*

干 哲, 汤晓安, 孙茂印

(国防科技大学 电子科学与工程学院, 湖南 长沙 410073)

**摘要:** 目录服务是面向服务架构的战场环境保障系统的重要功能, 其根本目的是使分布、海量战场环境信息形成面向任务的数据集, 供作战人员使用。为了规范战场环境信息目录服务并实现智能查询功能, 将 OGC- CSW 规范和本体引入战场环境信息目录服务的设计中, 建立了战场环境信息目录服务框架, 并重点对面向任务的元数据信息模型、任务本体模型以及语义查询机制等关键技术进行了深入研究。最后通过实验对文中方法进行了验证。

**关键词:** 战场环境信息; 目录服务; OGC- CSW 规范; 本体; 任务; 元数据; 查询机制

**中图分类号:** TP391. 9      **文献标识码:** A

## Research on Standard Catalogue Service for Battlefield Environment Information Based on Ontology

GAN Zhe, TANG Xiao-an, SUN Mao-yin

(College of Electronic Science and Engineering, National Univ. of Defense Technology, Changsha 410073, China)

**Abstract:** Catalogue service is an important function of battlefield environment support system oriented service architecture, and it aims to introduce the multi-source massive battlefield environment information into task oriented datasets for operators. To standardize catalogue service for battlefield environment information and realize intelligent search function, the OGC- CSW specification and ontology were introduced. The framework of the catalogue service for battlefield environment information was established, and the key techniques, such as metadata information model, task ontology model and semantic search mechanism, were researched. At last, the methods were validated by the experiment.

**Key words:** battlefield environment information; catalogue service; OGC- CSW; ontology; task; metadata; search mechanism

随着卫星遥感技术的飞速发展, 以卫星信息为主要数据源的战场环境信息呈现分布、海量、异构等特性<sup>[1]</sup>, 一种能够使作战用户方便、高效地发现与获取所需的面向任务的战场环境信息, 对于分布、海量、异构战场环境信息的应用起着至关重要的作用。战场环境信息类型繁多, 包括战场环境数据、服务等, 而每一种类型的战场环境信息包含的子类又千差万别。因此, 复杂战场环境信息的目录服务技术是各国目前迫切需要解决的重要问题。

如果每一个战场环境信息目录服务(Battlefield Environment Information Catalogue Service, BEICS)都采用不同的模型与机制来描述、管理与发布战场环境信息, 则缺乏互操作性, 其本身就形成了资源的孤岛。同时, 由于军事任务的复杂性, 所需的信息种类非常多, 常常跨越不同的学科领域, 所以, 一种能够跨越不同学科领域、促进面向任务的战场环境信息共享的目录服务非常关键。这种目录服务应该基于领域标准并提供通用的机制用于注册、管理、发布和搜索战场环境信息。更进一步, 如果目录服务的查询机制仅仅着眼于元数据内容文本中的关键字, 会由于不同的战场环境信息提供者所提供的元数据在语义上的异构性, 造成在查询准确性上有所欠缺。这种查询不支持任何更深层的、隐含在数据内部的、数据用户真正想使用数据的目的, 而这恰恰是发现数据与知识的关键。

目前, 我军对战场环境信息共享还没有建立相关规范, 但是战场环境信息与地理空间信息密切相

\* 收稿日期: 2009- 06- 26

基金项目: 国家部委资助项目

作者简介: 干哲(1981-), 男, 博士生。

关,因此,对 BEICS 的研究引入了 OGC(Open Geospatial Consortium) 网络目录服务(Catalogue Services for the Web, CSW) 规范<sup>[2]</sup>,而且引入该规范后,能够很好地利用已建成的民用或商用地空间信息,为我军作战服务。本体(Ontology)是共享概念模型的明确的形式化规范说明<sup>[3]</sup>,通过明确定义概念以及概念之间的关系,为领域知识的描述提供术语,从而确定某一领域的基本知识体系,表达该领域中的公共知识。因此,把本体引入来解决 BEICS 的语义异构问题。

## 1 相关工作

战场环境信息服务的典型系统是美军 NGA 的 NSG<sup>[4]</sup>,为了给作战人员提供面向任务的数据集,其使用了分布式的信息管理与共享模式,并采用和制定了一系列标准规范<sup>[5]</sup>,OGC-CSW 规范是其中之一。然而其很多关键技术仍处于研究中,特别是缺乏对信息资源对象的语义描述能力,面向语义的信息发现与查询能力也比较有限。而我军大部分工作是研究战场环境信息的集成与终端应用技术,服务方面的研究才刚起步,成果较少,没有可以借鉴的目录服务系统。如李欢<sup>[1]</sup>主要从军事应用的角度去研究了海战场信息集成的方法,实现的系统也并非面向服务的架构;刘军<sup>[6]</sup>主要研究战场环境保障信息集成技术及其在二炮部队中的应用模式,而对信息服务仅研究了框架结构。

地理空间信息领域,OGC 借助于网络服务技术,制定了一系列相关标准与规范,致力于在地域上分布的地理空间数据与服务的互操作与共享。其中的 OGC-CSW 规范制定了用于发布与访问地理空间数据、服务以及相关资源信息元数据的网络目录服务接口。为了实现 OGC 网络目录服务不同实现的互操作,OGC-CSW 规范制定了一系列相关的基本规则<sup>[2,7-9]</sup>,这些规则主要涉及基本元数据信息模型与服务访问接口两个方面。另外,韦亚星<sup>[10]</sup>在参与的数据网格项目中实现了基于 OGC-CSW 的目录服务。而且也有一些学者开始研究支持语义的目录服务技术,如 Yue P 等<sup>[11]</sup>研究了地理空间信息目录服务的语义增强技术;Lassoued Y 等<sup>[12]</sup>研究了基于本体的目录服务集成中间件技术。

可见,我国战场环境信息目录服务系统的研制比较滞后,而且无论外军还是我军,都没有目录服务技术研究的相关文献。但是分析地理信息系统中的目录服务技术的研究发现,规范化是一个趋势,同时增强语义能力也是新的应用需求。

## 2 基于本体的战场环境信息规范化目录服务框架

参照 OGC-CSW 规范的参考模型,建立了基于本体的 BEICS 框架结构(如图 1 所示),由分布的战场环境资源层、信息存储层、目录服务层和应用客户端层四部分构成。其中信息存储层和目录服务层是核心。

(1) 目录服务层:由三类子服务和本体推理器构成。基本服务:是所有 OGC Webservices 系列服务都包含的服务,客户端可以借助于基本服务获取目录服务的功能描述,对应的接口为 GetCapability; 查询服务:客户端借助于查询服务获得战场环境信息的元数据以及从目录服务中搜索信息,对应 4 个接口 DescribeRecord、GetDomain、GetRecords、GetRecordById; 管理服务:客户端借助于管理服务对目录服务中的元数据及本体进行增加、修改或删除,对应两个接口 Harvest 与 Transaction; 本体推理器:主要负责查询语句的分析和概念关系的推理,可见本体推理器与查询服务和管理服务密切相关,本体推理器为目录服务的内部功能不对外提供接口。

(2) 信息存储层:由元数据库和本体库构成。元数据库:用于存储描述某种类型战场环境信息资源的属性数据,并对这种信息资源进行定位和管理,同时有助于信息资源的快速检索;本体库:用于存储战

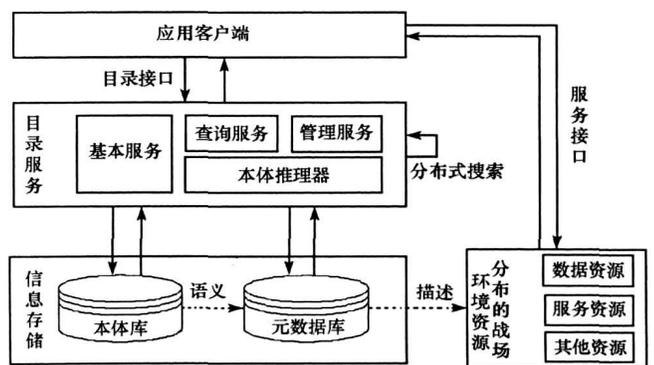


图 1 战场环境信息目录服务框架结构

Fig. 1 Framework structure of BEICS

场环境信息资源的属性数据,并对这种信息资源进行定位和管理,同时有助于信息资源的快速检索;本体库:用于存储战

场环境信息本体模型,对领域内的概念进行明确的形式化表达。其中,元数据信息模型的建立、本体模型的建立和基于本体的查询机制是整个目录服务实现的中心和难点,在后文将进行详细阐述。

### 3 关键技术

#### 3.1 基于 ebRIM 的 BEICS 元数据信息模型

元数据信息模型是描述战场环境信息元数据如何在目录中进行维护和组织的概念模型。OASIS 的 ebRIM 模型<sup>[13]</sup>是一个通用、开放的商务模型,较之 UDDI<sup>[14]</sup>,允许灵活的目录服务扩展以适应不同领域的需要。本文对 ebRIM 进行扩展,建立了面向任务的 BEICS 元数据信息模型(BEebRIM)。

为了对 ebRIM 进行有效扩展,需要首先探讨其扩展规则,主要包括 4 个方面:(1)扩展 ExtrinsicObject 和 ExternalLink 的类型;(2)扩展连线注册对象的 Association 的类型;(3)为分类注册内容建立新的 ClassificationSchema 和 ClassificationNode,以增强现存的模式;(4)扩展 Slot,以进一步表现特殊注册对象类型的特征(属性)。按照以上规则扩展后,得到 BEebRIM 的高层视图如图 2 所示,其中灰色实体为扩展

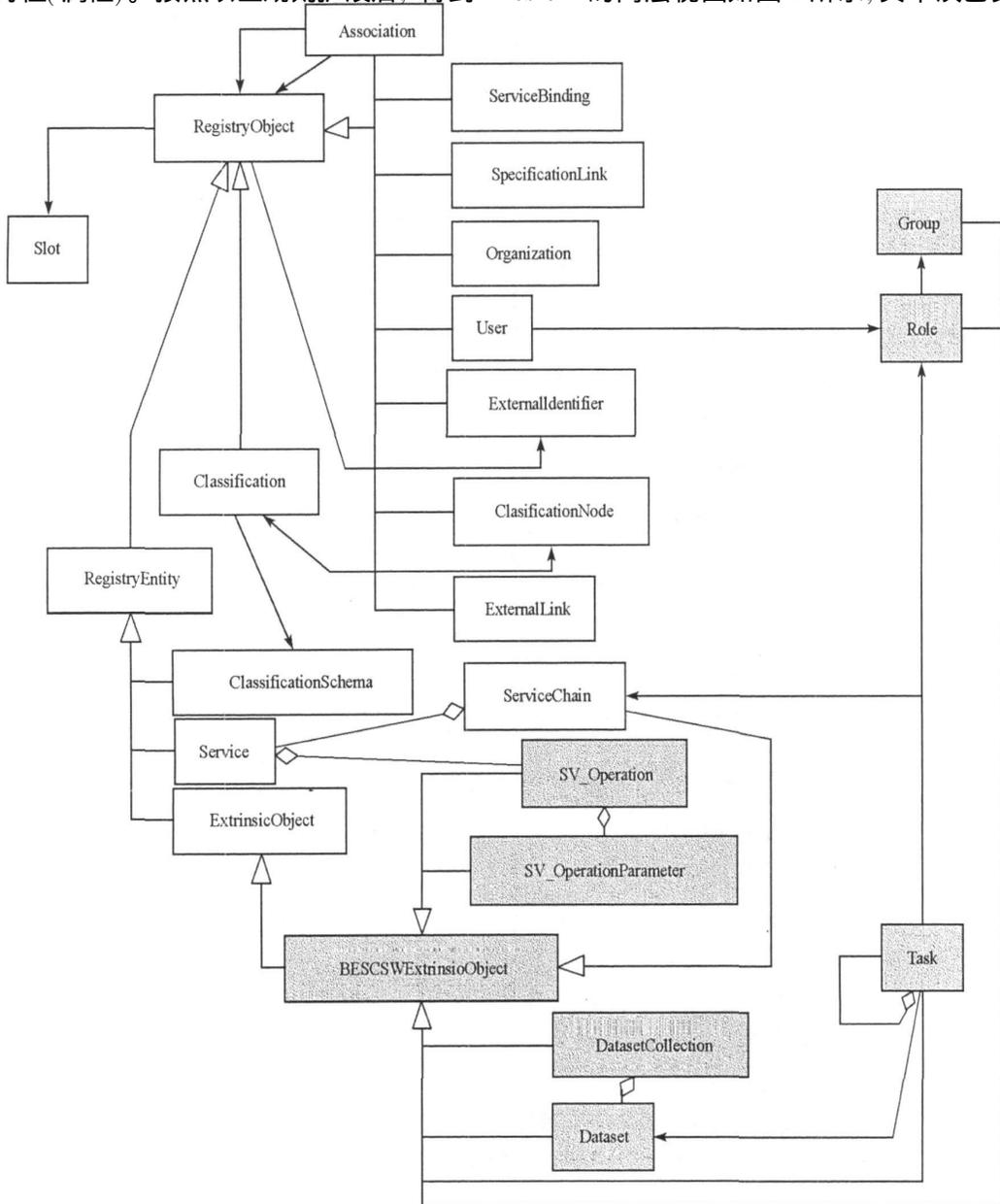


图 2 BEebRIM 的高层视图

Fig. 2 Top view of BEebRIM

部分。但由于篇幅原因, 各种扩展的 Association、Slot 并未在图 2 中表示。在 BEebRIM 中, 所有实体从注册角度看都是对象, 它允许每个注册与其他注册对照, 而且能够交叉引用。BEebRIM 对 ebRIM 进行扩展主要分为 4 个方面: 战场环境数据、战场环境服务、作战任务和访问权限。

(1) 战场环境数据: 其元数据按描述的数据粒度, 可以划分为 3 个层次: 数据集集合 (DatasetCollection)、数据集 (Dataset)、要素和要素实例以及属性和属性实例。由于建立要素和要素实例以及属性和属性实例元数据过程过于繁琐, 因此这里并不予考虑。依据战场环境数据的类型, 将战场环境数据元数据内容分为以下 5 类: 遥感影像元数据、DEM 元数据、地图元数据、情报元数据和环境要素元数据。战场环境数据元数据组织方式如图 3 所示。

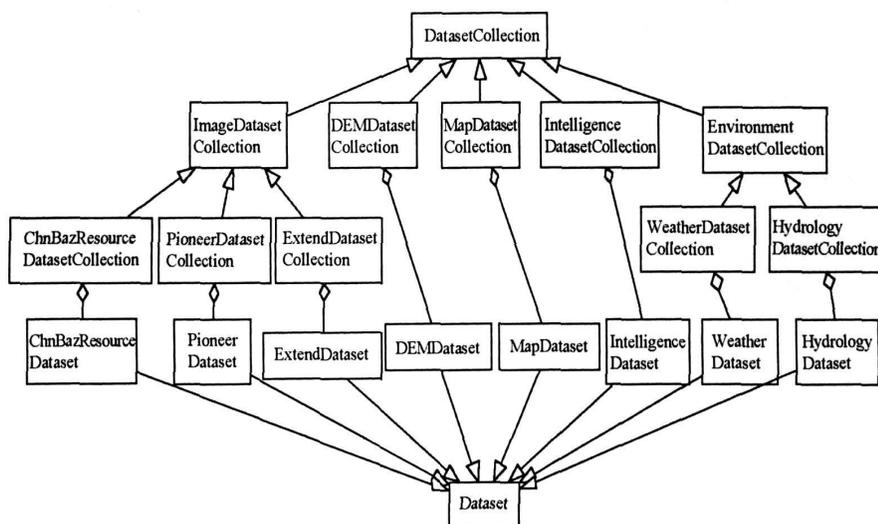


图 3 战场环境数据元数据组织方式

Fig. 3 Organization mode of battlefield environment data metadata

(2) 战场环境服务: 其元数据按描述的服务粒度, 可以划分为 4 个层次: 服务链 (ServiceChain)、服务 (Service)、服务操作 (SV \_ Operation) 和服务操作参数 (SV \_ OperationParameter)。服务链是为了完成某作战任务, 对服务进行聚合得到的, 它是虚拟的资源, 能够提供单一服务无法完成的任务, 由任务动态、变化的特点所要求的能力; ebRIM 提供的服务与扩展的服务操作和服务操作参数为服务资源的描述提供了不同程度的细节信息, 为服务的查找、绑定以及服务链生成提供了必要的元数据。

(3) 作战任务: 由于每种作战任务 (Task) 并不是与所有环境信息 (数据和服务) 都相关, 因此应用数据有根据需求进一步精简至最小的潜力。对于某种特定的作战任务, 其关联要素是可测的、稳定的, 因此可建立作战任务与环境信息之间的映射模型。实战应用时根据具体战役类型获取其所需的最小的、完备的信息组合, 减少冗余数据的传输和处理, 可进一步提升应用效能。任务与环境数据、任务与环境服务间的关联关系通过扩展 Association 的类型建立, 即 TaskEDAAssociationType 和 TaskESAAssociationType; 任务本身是层次、时序结构<sup>[15-16]</sup>, 通过建立 TaskTaskAssociationType 表达; 执行任务的角色通过建立 TaskRoleAssociationType 表达。

(4) 访问权限: 在军事应用中, 授权访问是保证战场环境资源能够安全使用的重要环节。本文建立了组—角色—任务 (Group—Role—Task) 的授权访问模型。只有某一作战小组中具有某角色, 并能完成某任务的用户 (User) 才有资格访问相关资源。将资源与组、角色、任务这些抽象概念绑定, 能够提高系统的动态性和可扩展性, 但却不缺乏安全访问的能力。详细的授权访问模型将另文介绍。

### 3.2 BEebRIM 的任务本体扩展

建立具备语义能力的元数据信息模型需从三个方面进行扩展, 即扩展数据元数据本体、扩展服务元数据本体和扩展任务本体。对战场环境信息数据和服务元数据的本体扩展可参考文献[8]中的方法, 不再赘述, 这里主要研究对任务本体的扩展, 可通过以下两个步骤来实现:

### (1) 建立任务本体模型

定义1 任务本体。针对作战领域可共享概念模型的明确的形式化规范说明,可以表示为一个7元组:  $TaskOntology = \langle Class, Property, GeneralRelation, TemporalRelation, HierarchyRelation, Axiom, Instance \rangle$ 。 $Class$  为任务共有概念(类)集合;  $Property$  为概念集  $Class$  的属性集合;  $GeneralRelation$  表示概念之间的一般语义关系  $DOM(GeneralRelation) = \{equivalentTo, partOf, attributeOf, instanceOf \dots\}$ , 其中  $equivalentTo$  为等价关系,  $partOf$  为部分整体关系,  $attributeOf$  为属性关系,  $instanceOf$  为实例关系;  $TemporalRelation$  表示概念之间的时序关系,  $DOM(TemporalRelation) = \{Sequence, Condition, And, Or, Subsequence, Synchronization, Asynchronism, Cycle, \dots\}$ , 时序关系是任务本体特有的语义关系, 其中  $Sequence$  为顺序关系,  $Condition$  为条件关系,  $And$  为与关系,  $Or$  为或关系,  $Subsequence$  为并发关系,  $Synchronization$  为同步关系,  $Asynchronism$  为异步关系,  $Cycle$  为循环关系;  $HierarchyRelation$  表示概念之间的层次关系,  $DOM(HierarchyRelation) = \{subClassOf\}$ , 其实层次关系也是一种语义关系, 将其独立出来是强调层次关系在任务本体中的重要性;  $Axiom$  表示公理, 表示永真断言, 对概念和关系进行约束;  $Instance$  表示实例, 也就是对象。

定义1 从建立一个比较完善的任务本体的角度提出7元组结构, 如果不需要那么复杂的语义关系, 只需要一个简单的分类体系, 那么这个7元组里面的有些元素就不需要表示。

### (2) 实现任务本体模型到元数据信息模型的映射

表1 任务本体到 ebRIM 分类层次的映射

Tab.1 Mapping from task ontology to ebRIM classification levels

任务本体	ebRIM
$TaskOntology$	ClassificationScheme
$Class$	ClassificationNode
$Property$	Association
$Instance$	ClassificationNode
$equivalentTo$	一个 association, ebRIM 预定义的 association 类型“ $EquivalentTo$ ”
$partOf$	一个 association, 新创建的 association 类型“ $partOf$ ”
$attributeOf$	一个 association, 新创建的 association 类型“ $attributeOf$ ”
$instanceOf$	一个 association, ebRIM 预定义的 association 类型“ $instanceOf$ ”
$subClassOf$	一个 association, 新创建的 association 类型“ $SubClassOf$ ”
$Sequence$	一个 association, 新创建的 association 类型“ $Sequence$ ”
$Condition$	一个 association, 新创建的 association 类型“ $Condition$ ”
$And$	一个 association, 新创建的 association 类型“ $And$ ”
$Or$	一个 association, 新创建的 association 类型“ $Or$ ”
$Subsequence$	一个 association, 新创建的 association 类型“ $Subsequence$ ”
$Synchronization$	一个 association, 新创建的 association 类型“ $Synchronization$ ”
$Asynchronism$	一个 association, 新创建的 association 类型“ $Asynchronism$ ”
$Cycle$	一个 association, 新创建的 association 类型“ $Cycle$ ”

映射任务本体模型到元数据信息模型的实质是映射任务本体中的元素到 ebRIM 中的元素。有效的映射机制也必须依据 3.1 节探讨的 ebRIM 的扩展规则。映射机制的基本思想是利用 ebRIM 的分类层次扩展机制, 使用 ebRIM 中 ClassificationScheme、ClassificationNode 和 Association 等元素记录任务本体中  $Class$ 、 $Property$ 、 $GeneralRelation$ 、 $TemporalRelation$ 、 $HierarchyRelation$ 、 $Axiom$  和  $Instance$  等元素。ebRIM 中预定义的 Association 类型<sup>[13]</sup>可用于表达任务本体中的部分语义关系, 当无对应的预定义类型时需要创建新的 Association 类型, 部分映射关系如表 1 所示。

### 3.3 基于任务本体的语义查询机制

虽然按照 3.1 节中面向任务的资源组织方式, 能够使作战用户只需对任务进行查询即可获得所需的资源, 在一定程度上提高了资源的查询效率, 但是按照基于关键字匹配这种传统的查询模式, 将导致误检和漏检, 无法获取有语义关联、隐含的知识。因此, 这里提出基于任务本体的语义查询机制, 重点对概念扩展的方法进行研究, 实现了相应算法。基于任务本体的语义查询机制包括以下 5 个步骤:

- Step 1 输入任务关键词  $t_0$ ;
- Step 2 依据任务本体和扩展规则  $R_1$  对概念  $t_0$  进行扩展, 得到扩展概念集  $T$ ,  $t_0 \in T$ ;
- Step 3 依据任务本体和推理规则  $R_2$  对概念集  $T$  进行智能检索, 得到任务信息  $IT$ ;
- Step 4 如果  $IT$  为空, 返回 Step 2; 如果  $IT$  不为空, 执行 Step 5;
- Step 5 选择某任务  $it \in IT$ , 根据任务与资源的关联关系 TaskEDAssociationType 和 TaskESAAssociationType

获得所需的资源元数据。

其中, Step 2 中概念扩展方法采用的是一种概念双向扩展机制, 并充分考虑扩展任务概念的横向一般语义关系与时序关系, 其算法分为向下扩展算法 *CONCEPT\_DOWN\_EXTEND* 和向上迭代扩展算法 *CONCEPT\_UP\_EXTEND*。当初次执行 Step 2 时, 执行算法 *CONCEPT\_DOWN\_EXTEND*, 得到  $t_0$  的所有向下  $n$  级概念及与其有一般语义关系和时序关系的概念集  $T$ ; 如果依据  $T$  能够获得任务信息  $IT$ , 则不再执行算法 *CONCEPT\_UP\_EXTEND*; 如果依据  $T$  未能够获得任务信息  $IT$ , 则逐层向上迭代执行算法 *CONCEPT\_UP\_EXTEND*, 直至依据所得概念集  $T$  能够获得任务信息  $IT$ 。

采用概念双向扩展机制的原因有三点: (1) 假设  $a = \text{subClassOf}(b)$ , 可以认为  $a$  是  $b$ , 但是  $b$  不一定是  $a$ , 所以向下扩展的优先级高于向上扩展的优先级; (2) 在向下扩展后未得到相关任务信息时, 为了使用户能够获得一定的信息, 可适当放宽检索条件, 这时就采用了逐步向上扩展概念的方法, 直到能够得到一定的信息返回给用户; (3) 由于作战任务的特殊性, 横向语义关系, 特别是时序关系对作战用户也是具有很强的参考价值。算法的具体流程如下:

#### 算法 1 *CONCEPT\_DOWN\_EXTEND*

输入:  $t_0$ , 任务关键词;  $n$ , 向下扩展的级数

输出:  $T$ , 扩展概念集

Begin

1.  $T_1 \leftarrow t_0; T_2 \leftarrow \phi;$
2. for  $i \leftarrow 0$  to  $n - 1$  do
3.     for  $j \leftarrow 0$  to  $T_1.Count - 1$  do
4.          $T_2.add(\text{getHierarchyRelation}(T_1[j]));$
5.          $T.add(\text{getHierarchyRelation}(T_1[j]));$
6.          $T.add(\text{getTemporalRelation}(T_1[j]));$
7.          $T.add(\text{getGeneralRelation}(T_1[j]));$
8.          $j \leftarrow j + 1;$
9.      $T_1 \leftarrow T_2; T_2 \leftarrow \phi;$
10.     $i \leftarrow i + 1;$
11. Output  $T;$

End

#### 算法 2 *CONCEPT\_UP\_EXTEND*

输入:  $t_0$ , 任务关键词;  $m$ , 表示向上迭代的次数;

$n$ , 向下扩展的级数

输出:  $T$ , 扩展概念集

Begin

1.  $t_1 \leftarrow t_0;$
2. for  $i \leftarrow 0$  to  $m - 1$  do
3.      $t_1 \leftarrow \text{getHierarchyRelation}^{-1}(t_1);$
4.  $T \leftarrow \text{CONCEPT\_DOWN\_EXTEND}(t_1, m + n);$
5.  $t_1 \leftarrow t_0;$
6. for  $i \leftarrow 0$  to  $m - 2$  do
7.      $t_1 \leftarrow \text{getHierarchyRelation}^{-1}(t_1);$
8.  $T_1 \leftarrow \text{CONCEPT\_DOWN\_EXTEND}(t_1, m + n - 1);$
9.  $T \leftarrow T - T_1;$
10. Output  $T;$

End

算法说明: 算法 1 中定义的输入参数  $n$  可以看作门限值, 它的作用是将产生的概念集限定在一定范围内。因为如果无限制地向下层扩展概念, 随着下层级数的增加, 概念集会呈指数增长, 所以将产生许多相关度不高的概念, 严重影响查询的质量。算法 2 中最终所返回的  $T$  并非  $t_0$  上  $m$  级父概念  $t_1$  下  $m + n$  级的所有子概念及与其有一般语义关系和时序关系的概念。由于前  $m - 1$  次调用 *CONCEPT\_UP\_EXTEND* 所得的概念集并没有获得任务信息, 因此前  $m - 1$  次调用 *CONCEPT\_UP\_EXTEND* 所得的概念集为无用概念集, 在第  $m$  次调用 *CONCEPT\_UP\_EXTEND* 时将它们从最终概念集中删除, 以增加扩展概念集的有效性, 提高任务信息查询的效率。

## 4 原型系统及实验

依据本文技术为核心, 实现了 BEICS 原型系统, 并在某次演习中得到验证。设计方案如下:

(1) 数据资源使用 ArcSDE9.2+ Oracle10g 的空间数据库模式进行存储, 包括遥感影像数据库、DEM 数据库、地图数据库、情报数据库和环境要素数据库。(2) 服务资源使用 C# 2005+ Arcgis Server 9.2 进行开发, 包括要素服务、覆盖服务、地图服务及作战样式分析服务。(3) 元数据库和本体库采用 3.1 节和 3.2 节中的 BEebRIM 进行存储。(4) 目录服务器依据 CSW 的接口模型<sup>[9]</sup>, 使用 C# .net 2005 开发成 Web Service 的形式, 提供标准的 3 类服务接口。(5) 目录服务客户端使用 C# .net 2005 开发, 通过访问目录服务接口, 提供查看目录服务能力的功能, 提供普通、面向任务、基于任务本体的资源查询等功能, 以及提供目录维护等功能。其中, 普通资源查询功能是直接对环境数据或服务资源进行查询; 面向任务的资源查询是依据任务关键词查询某任务, 根据该任务关联到环境资源; 基于任务本体的资源查询功能将在

面向任务的资源查询的基础上提供概念扩展和智能搜索能力。BEICS 的查询界面如图 4 所示。

使用查询功能时,用“登陆作战”作为关键字。普通查询,仅能够查出与“登陆作战”精确匹配,或任务名称中包含“登陆作战”的任务;智能查询,不仅能查出普通查询的结果,而且“登陆战”、“登陆战争”等与“登陆作战”语义相同的任务也能够查出,而且“登陆作战”的子任务,如“占领港口”、“炸桥阻援”,还有与“登陆作战”具有时序关系的任务,如“布雷作战”等,都能够获得,这样大大提高了信息的查准率和查全率。智能查询的概念扩展结果界面如图 5 所示。



图 4 BEICS 查询界面

Fig. 4 Search interface of BEICS



图 5 BEICS 查询的概念扩展界面

Fig. 5 Concept extend interface of BEICS search

## 5 结束语

目录服务对网络中分布式信息资源的组织、管理与访问提供了良好的机制。由于战场环境信息绝大部分为地理空间信息,因此为了使战场环境信息得到更广泛的共享,将地理空间领域中的 OGC-CSW 目录服务规范引入;同时引入本体,能够实现语义查询的功能,克服因关键词查询带来的弊端;利用 ebRIM 的可扩展性,不仅能够有效组织与管理数据与服务两种资源,而且能够满足军事系统面向任务的特性,同时能够增强系统的语义能力,为信息的智能检索提供模型支持;利用本体的推理能力,提出了基于任务本体的战场环境信息语义查询机制,并重点对概念扩展的方法进行了研究,实现了相应算法。实验系统证明了本文方法的有效性。本文对目录服务的研究将对战场环境信息的共享与应用打下坚实的基础。下一步的工作是进一步完善任务本体库,提高目录服务的语义查询能力。

## 参考文献:

- [1] 李欢. 面向作战保障的海战场环境信息集成与应用关键技术研究[D]. 长沙: 国防科技大学, 2009.
- [2] OGC. OGC<sup>TM</sup> Catalogue Services Specification 2.0 2[R]. OGC Document Number: 07-006r1, 2007.
- [3] Gubler T R. A Translation Approach to Portable Ontology Specifications[J]. Knowledge Acquisition, 1993, 5(2).
- [4] NGA. National System for Geospatial Intelligence-geospatial Intelligence(GeoINT) Basic Doctrine[R]. <http://ftp.fas.org/inp/agency/nga/doctrine.pdf>, 2006.
- [5] NGA. Geospatial Intelligence Standard-enabling a Common Vision[R]. <http://www.fas.org/inp/agency/nga/standards.pdf>, 2006.
- [6] 刘军. 战场环境保障数据集成平台关键技术研究[D]. 长沙: 国防科技大学, 2008.
- [7] OGC. OGC<sup>TM</sup> Catalogue Services-ebRIM (ISO/TS 15000-3) Profile of CSW[R]. OGC Document Number: 05-025r3, 2005.
- [8] OGC. OpenGIS<sup>®</sup> Catalogue Services Specification 2.0.2-ISO Metadata Application Profile[R]. OGC Document Number: 07-045, 2007.
- [9] OGC. OGC<sup>®</sup> Cataloguing of ISO Metadata (CIM) Using the ebRIM Profile of CSW[R]. OGC Document Number: 07-038, 2007.
- [10] 韦亚星. 基于数据网格的地理空间信息协作共享系统研究[D]. 合肥: 中国科学技术大学, 2007.
- [11] Yue P, Di L P, Zhao P S, et al. Semantic Augmentations for Geospatial Catalogue Service[C]//IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGASS) 2006, Denver, Colorado, USA, 2006.
- [12] Lassoued Y, Wright D, Bemudez L, et al. Ontology-based Mediation of OGC Catalogue Service for the Web[C]//ICSOFT, 2008.
- [13] OASIS. ebXML Registry Information Model Version 3.0[EB]. <http://docs.oasis-open.org/registry/rim/v3.0/>, May, 2005.
- [14] UDDI Technical White Paper[EB]. <http://www.uddi.org>, 2000.
- [15] 李建军, 刘翔, 任彦, 等. 作战任务高层本体描述及规划[J]. 火力与指挥控制, 2008, 33(1).
- [16] 王书敏, 刘俊友, 淦江. 作战任务的规范化描述方法初探[J]. 军事运筹与系统工程, 2006, 20(3).