

10-16

# 计算机网络的一种描述模型：一致网<sup>\*</sup>

王千祥 周兴社 康继昌

TP393

(西北工业大学计算机科学与工程系 西安 710072)

**摘要** This paper presents a model that can describe the character of computer network: Uniform Net (UN). Compared with the existed model, UN has benefits of intuitive, simple, and powerful. With UN model, several typical systems such as CSCW are analyzed.

**关键词** Computer network, Concurrent, UN, CSCW.

## 一、引言

在计算机发展的初期,经常采用通用小型机作为巨型、大型机的组成部分,负责复杂的外设管理,形成了功能不同,但各部分之间可互相协同工作的体系。流水处理结构的出现则进一步从概念上推进了这一体系的发展,成为异构型处理网络的雏形。尔后,个人机的出现使计算机从单纯的数值计算领域走向了信息处理的广阔天地,更重要的是,个人机在地理上是高度分散的,而信息则只有在交流、综合的环境中才会产生,这两方面的矛盾只有通过共享资源才能解决。这种强劲的共享需求,决定性地推进了计算机向计算机网络的转变。

计算机网络的出现极大地丰富了计算机的研究内容。尽管从底层看,计算机之间只不过是在进行简单的消息传递操作,但这足以使计算机从孤立、封闭的状态向交流、开放的模式转变,相互连通的计算机之间可以共享各种资源。今天,尽管我们在网络上已经做了如此之多,但实际上,我们对计算机网络处理的本质了解却并不十分深刻,诸如并发、不确定、多副本、延迟、不可靠等许多恼人的问题反复出现在不同的研究方向中,究其原因,在于我们至今对计算机网络处理过程的认识不充分。更进一步说,我们需要建立一种对应模型,它抽象而且直观地反映计算机网络处理过程的本质,借助于该模型,我们不仅可以很好地解释已有网络上各个方向的处理过程,还可以指导未来的研究与开发。

## 二、一致网模型

通常,我们总是将计算机看成是一种模拟演算

工具,那么,从这种观点出发,计算机网络又是一种什么样的工具呢?计算机网络是信息社会的基础,是一种模拟信息处理工具。一致网(Uniform Net,或UniNet,或UN)就是从计算机网络出发,对计算机网络上多实体之间相互作用进行抽象得到的表达模型。我们希望UN能够象图灵机(TM)直观、简洁地描述了传统的计算机处理过程一样描述计算机网络上的处理过程,模拟信息社会中多实体协调地进行信息处理的相互作用。

### 2.1 UN的基本概念

不失一般性,我们可以想象计算机网络上存在一群实体,统称它们为对象,对象具有自治的行为、状态,并且相互之间可以传递消息,从而建立起交互作用关系。一个对象可以向一个或多个对象发送一条消息,一条消息可引起接收对象的特定行为,并可能改变其部分状态。UN是一个逻辑网,不直接与具体的物理计算机网络相对应。一个计算机网络上可存在多个UN,而一个UN也可以建立在几个相通的计算机网络之上。UN由三个核心概念组成:空间、行为、映象。

空间是指对象空间,更具体地讲是分布、共享的对象空间<sup>[7]</sup>,是一个规模可伸缩的对象群,对象由结构化的数据以及定义在其上的操作构成,分别反映对象的状态与变化规律,由对象群构成的空间是对现实世界较为准确的反映。对象可具有自己的特殊行为,这些行为不是由外部消息引起的,而是某些意义下的状态变化的要求,这种状态的变化可以部分地被外部对象所“预测”。

行为是指个体的行为,更具体地讲是在分布前提下,对空间状态或映象有影响的并发个体行为<sup>[8]</sup>。

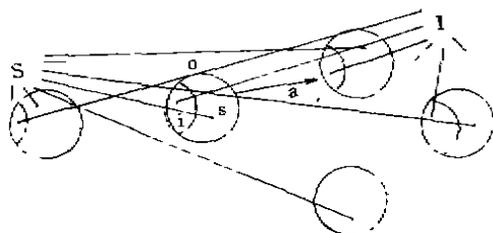
\* 本文得到国家自然科学基金资助,项目编号:69573023

大量的行为之间无因果关系,两个行为发出的先后次序是不确定的。然而,从总体上或从“事后”效果看,如果某段时间内空间中有许多行为发生,那么这些行为的集合一定可以按执行时间的先后排成一个全序,成为该时间段内的一个执行过程(尽管这与相对论的时空观不符,但在一定尺度范围内,对我们所描述的问题而言,这是足够的)。

映象是对象空间的部分状态在某一对象中的反映,并不是所有对象都有一个对外部空间的映象。空间中的任一状态,在任一对象中的反映都应与其本体保持一致。映象表达了现实世界中实体之间的静态联系,而行为表达的是实体之间的动态相互作用。二者互为因果,映象是行为的结果,同时又与处理目标、对象状态一起决定本对象的下一行为,这在现实世界中也是常见的,例如:NFS中MOUNT上的一个子目录,一次在线的检索结果等等,当然,最高级、最复杂的映象是人类的意识。

定义1 UN的一个形象为三元组 $(S, a, I)$ ,其中 $S$ 是分布共享对象空间的状态, $a$ 是刚发出但还未执行发出的一个行为, $I$ 是不同对象的映象。

空间状态与映象是不断变化的,但在两个连续行为发生的时间间隔内,可以认为它们的状态是确定的。当然,这种空间状态的确定性,或称之为空间状态在时间上的一致性是通过行为的约束实现的。因此,假设在某一时刻,对象 $o$ 即将发出行为 $a$ ,且它目前的状态为 $s$ ,映象为 $i$ ,则此刻UN的形象如下图所示,UN的处理过程就是UN形象的变化过程。



我们之所以称该模型为一致网,主要是基于如下几方面的原因:

①一致性是交流的前提。我们无法想象一群分别面对不同环境(这里指的是广义环境,包含人们长期积累所得到的背景知识)的人们,应该怎样做才能互相交流;他们缺乏基本的相互理解,没有共同的交流基础。一致性从来就是一个完整体系的起点,UN自然也不例外,如下几方面的一致性要求是UN存

在的前提。

②对象空间需要一致性。如前所述,空间状态在某一时刻是确定的,不允许将不确定概念遗留在空间状态之中。另外,从对象空间的实现来看,为提高访问效率,往往采取复本机制,为此,就需要一定的实现机制,保证复本之间的一致性。

③并发操作需要一致性,与TM不同,在UN处理过程中,对未来可能出现的行为是完全不可知的,这种行为的不确定性是并发系统的重要特征。不仅如此,一个行为的完成通常需要一定的时间,在某一时刻,UN中完全可能存在几个行为并行地执行,因此,如何保证执行时间上有重叠关系的并发行为结果有意义,即保证并发操作的一致性,是UN的主要研究内容之一。

④映象需要一致性。映象对一致性的要求比空间一致性的要求更为严格,基本上,内部的反映应与外部的状态保持同步,因为行为的作出通常取决于目标、内部状态与映象。如果不能保证映象的一致性,那么就不能保证行为的正确性,甚至会破坏空间状态的一致性与正确性。例如,在CSCW中,一个十分典型的需求是“你见即我见”(WYSIWIS),这是协作的基础。

另外,从上面的介绍中我们不难看出,UN的有效表达性依赖于如下三方面的假定:

①并发的交叠语义。PETRI NET所代表的真并发语义与Milner等人坚持的交叠语义是对并发语义的两种主要理解与处理,它们的区别在于系统中是否存在一个统一的时钟。诚然,具体的物理上的统一时钟是不存在的,然而在牛顿定理可以起主要作用的时空范围内,我们有理由相信,从“事后”角度看,即便是两个不存在因果关系的行为也必然是一先一后发生的(爱因斯坦的手表一定是与统一的作息制度相协调的)。那么在UN的某段历史内,所有发生的行为必然可以排成一个全序执行队列。

②行为的原子语义。作为具有离散特性的活动,行为是一个纯过程,即一个行为引起的操作在对象状态的变换过程中是连续的,既不允许被中断,也不需要存在中间输入,所有的输入都是在操作开始时准备好的。从这一点看这正是传统图灵机所支持的,如果不是这样的话,即中间有ORACLE的输入,那我们应该将行为划分为前后两者及ORACLE总共三个原子行为来分别处理,以保证行为的纯过程。当然,在现实世界中,对于利用离散信号进行的计算过程而言这是容易做到的,而对于某些连续过程,则须

采用阶段积累然后脉冲式产生外部行为的方法来实现。一个原子行为可以是一个数据库查询操作,可以是在屏幕上画一个点,还可以是一条指令的执行。

③对象的持续语义。任一对象的任一操作的执行都必须排除“永不停机”的可能性,即每个操作过程都具有良好的自我控制能力,在有限的时间内完成相应的操作,得到可利用的结果,或者报告异常情况的发生。“永不停机”实际上意味着“死机”,同时也意味着非正常“死亡”,会给系统带来不良的影响。

从下面起我们将重点分析 UN 的实现问题。

## 2.2 分布空间的构成方式

对象空间的一致性并没有束缚空间实现的多样化,相反,由于实际的网络通讯延迟与开销不可忽视,因而必须在逻辑一致性约束下,结合具体的应用领域及不同的计算机网络,研究相应的实现机制,以提高空间利用率,减少响应时间。我们依据对象空间的静态特性以及 UN 与具体计算机网络结点的对应关系,将空间结构分为四类:集中式、分布式、复本式及集成式。

(1)集中式结构。将所有对象驻留在网络同一结点上是最简单的实现途径,驻留了对象空间的结点作为主结点负责对空间的管理。对空间中任一对象的操作首先传递给主结点,由主结点实施操作。这种集中式结构的空问一致性易维护,而且统一的操作使所有的并发行为串行化,有效地简化了并发行为的一致性。其缺点在于所有的操作都需要主结点服务,当对象空间增大时,主结点将成为系统的瓶颈。另外,由于所有对象都在主结点上,系统的可靠性也更多地依赖于主结点,因此往往由高性能的结点来承担驻留对象空间的任任务。

(2)分布式结构。分布式的方法可以克服集中式结构所固有的缺点,不同的对象可处在不同的结点上,对象空间的分布结构可充分利用网络上计算机结点的自治性,交互作用较多的对象将被分配到同一结点上,这样可大大减少网络开销,提高响应时间。与集中式相同,在分布式结构中每一对象只有一份内容,容易维护一致性,而且由于对象是分布的,所以不存在明显的瓶颈,可靠性也有所提高。其不足之处在于对象分布信息的维护,为实现分布对象空间对用户的透明性需要一个记录和维护每一个对象所处实际物理结点的机制。

(3)复本式结构。不论是集中式还是分布式结构,其共同点是对象无复本,空间的一致性容易维护,但是,单复本机制对于映象的支持不足。在 UN

中,映象变化的频率远远高于空间状态的变化频率,因此,如果所映象的对象状态在本地,则可大大减少映象的开销。复本式结构就是在每个网络结点上都设置相同的对象空间复本,这样,大多数映象过程可以在本地结点完成,表现出比分布结构更强的自治性。当然,对于改变空间状态的行为,则需要更新各个结点上对象空间的内容,以维护空间的一致性。复本式结构简化了映象的实现,增加了对象空间变化的开销,通常情况下,由于映象变化的频率远远高于空间状态的变化频率,所以从总体效果看,网络开销降低,访问时间减小。

(4)集成式结构。综合考虑上述几种对象空间结构可以发现,没有那种结构具有明显的优势。在实现难度、时空开销、一致性维护等情况方面,它们各有所长,因此,一种很自然的想法就是综合运用两种或三种不同的单一结构方式,构成一集成式结构,对不同的对象采用不同的空间结构来实现。

从对象空间的动态特性出发,我们还可以允许对象通过迁移、复制、加入以及退出等途径达到动态实现。

## 2.3 并发行为的约束

与空间、映象相比,在已有的涉及网络的应用系统中,关于并发行为的研究最多,比如,分布式数据库领域、分布共享存贮领域等。并发行为的约束即是规定行为之间的执行次序,以保证并发行为执行结果的正确性。在单机环境下,程序中每条指令的执行次序是十分明确的,顺序执行是串行程序的主要特征。同样,按照 UN 中关于并发的交叠语义规定,从总体上看,某一时间段内 UN 中所有发生的行为集可以按顺序排成一队列,问题在于如何控制这一全序队列的产生。

我们知道,行为是由处理目标、对象内状态以及映象所决定的,同样,行为的完成意味着向处理目标前进了一步,并且或者改变了某些对象的映象,或者改变了某些对象的状态。

定义 2  $A_w$  为改变对象状态的行为, $A_r$  为改变对象映象的行为。如果行为  $A_w$  与以前的若干个  $a_r, a_w$  相关,定义  $A = (a_1, a_2, \dots, a_n)$  为  $A_w$  的关联行为集,并台称  $A$  与  $A_w$  为复合行为。

定义 3 如果在 UN 的某一时间段内,所有发生的行为按发生的先后次序排列,得到一个全序队列: $(a_1, a_2, \dots, a_n)$ ,则称该行为队列为一个执行, $E = (a_1, a_2, \dots, a_n)$ 。

显然,如果对每个  $A_w, A$  与  $A_w$  在一个执行  $E$ 。

中具有顺序:  $\dots, A, A_w, \dots$ , 由于  $A, A_w$  的部分执行类似于一条指令的执行, 因此  $E$  就相当于单机环境下指令的串行执行过程, 自然能够满足 UN 的一致性, 对并发性行为的约束就是要保证系统中的真实并发执行过程  $E$  具有与执行  $E_0$  相同的最终效果, 即  $E$  与  $E_0$  是等价的。

如果两个行为同时对一个对象状态进行操作 ( $a_r$  或  $a_w$ ), 且其中至少一个为  $a_w$  则这两个行为是冲突的。显然, 无冲突行为之间的相应次序是任意的。

不加证明地, 我们引入如下两个推论:

**推论 1** 两个执行  $E$  与  $E_0$  是等价的, 当且仅当它们包含相同的行为集, 且在  $E$  与  $E_0$  中, 冲突行为具有相同的部分顺序执行过程。

**推论 2** 两个执行  $E$  与  $E_0$  是等价的, 当且仅当它们包含相同的行为集, 且在  $E$  与  $E_0$  中, 每一对冲突行为的相对次序相同。

利用上述分析结果, 我们可以分别构造不同层次的并发行为约束策略:

(1) 限制  $E$  与  $E_0$  的所有行为顺序一致, 这是一种强一致性机制, 易于实现, 然而完全丢失并行性, 效率低。

(2) 限制有冲突行为所在的复合行为在  $E$  与  $E_0$  中的一致性。该机制是一种部分同步机制, 部分利用并行性。

(3) 只限制有冲突行为的相对次序。通常利用加锁机制来实现, 充分利用了并行性、自治性, 效率高, 实现开销较大。

#### 2.4 映象的实现

映象作为对象对外部部分状态的反映, 与状态的复本具有相似之处, 都与状态本体的内容保持着逻辑上的一致, 但它们之间的区别也是明显的。首先, 从功能上看, 当前映象是决定本对象下一行为的重要因素, 它是对象与外部交流的中间结果, 因此在许多对象中, 映象是必不可少的; 而复本是为克服网络时间延迟与带宽有限的不足, 为了提高执行效率而引入的, 从一致重要性来看, 并不是必不可少的成份。其次, 映象内容必须与状态本体保持同步关系, 而复本却允许在保证执行正确的前提下放宽一致性约束。另外, 在实现结构上, 复本与网络上的处理机结点相对应, 而映象与 UN 中的对象相对应。

映象的反映区域与初始状态是通过对象建立的, 表明对象当前所关注的空间状态区域, 而其内容却是随着其本体的变化而改变, 除非将其锁定, 也就

是说, 对象空间中某一状态发生变化时, 必须立即将新状态发给所有目前具有该状态映象的对象, 因为这些对象其后的行为很可能就是依据该状态做出的, 如果不能及时地更新映象内容, 就不能保证 UN 中行为的正确性。为实现状态本体内容与映象内容的同步, 实时广播行为是十分必要的。另外, 同一状态在不同对象中映象的内容是相同的, 但映象的形式却可以是多样的。同样一个数据, 即可以用数字来表示, 又可以用字符、高度、色彩等途径来表示。

在 UN 的核心概念中, 映象是最难描述的, 映象的加入导致了对 UN 描述的诸多限制, 但是随着计算机网络的发展, 以及人机交互成份的增多, 映象将成为 UN 中的一个主要研究内容。

#### 2.5 一致网的开放体系

计算机结点之间的互操作, 构成 UN 赖以生存的逻辑对象空间, UN 将继续保持开放的特征, 成为功能强大的模拟模型。UN 的开放主要体现在以下两个方面:

(1) UN 的演化。对象间的相互作用关系是构成 UN 的基础, 因此 UN 的规模是随着对象间关系的变化而不断演化的。只要对象之间还保持有互操作关系, 那么 UN 就仍然保持生存状态。在 UN 的生命期内, UN 维持一种动态的演化。一个 UN 之外的对象可以通过向 UN 中的某一对象发出行为而被动地加入 UN。当然被动加入 UN 的对象应首先具备加入 UN 的条件, 必要时, 加入 UN 的对象应首先在所属的结点上建立起复本, 甚至创建起映象。与之相对的是, 当某一对象退出 UN 时, 必须首先申请, 通知所有正在使用该对象状态的对象, 包括复本与映象 (主要是映象), 必要的话, 对它们优先处理, 然后将它们作废, 或进行其它处理 (如有必要, 重建一个包含该状态的对象)。这样, 申请退出 UN 的对象即可退出, 从而实现 UN 的可靠的伸缩式演化。

(2) UN 之间的互操作。计算机网络资源是十分宝贵的, 一个 UN 是建立在网络之上的具有相互作用关系的逻辑对象集。因此一个计算机网络上通常总是存在许多 UN, 它们是为不同的目标而分别建立起来的对象集, 甚至一个对象可能同时参与多个 UN 的演化, 这就需要不同的 UN 在同一网络上协调地运行。从 UN 内部保证这种协调是有一定困难的, 但是可以在网络上建立专门的监控对象。负责协调不同 UN 之间的互操作。

开放概念与异构密切相关。不同厂商的处理芯片, 不同体系的处理结构, 不同的操作系统以及不同

的对象表示等等都是造成异构的原因。能够在异构的环境下使对象互操作,是 UN 开放体系的基本要求。

## 2.6 UN 的表达能力问题

既然 UN 是一个抽象模型,象征着物理过程中多个实体之间的相互作用,我们自然要问,UN 在表达能力方面有什么限制呢?即对于现实世界中的物理过程,哪些是可以 UN 描述的,哪些是 UN 能描述,现实世界中不存在但可以虚拟构造的作用过程?

在 2.1 节中我们曾对 UN 作过三方面的假设:并发的交互语义、行为的原子语义以及对象的持续语义。值得注意的是,三条假设不是我们为简化模型而提出的,我们是被迫的,换句话说,不满足这三条假设的过程,不能被归约到 UN 之中,“超出”了 UN 的表达能力。从目前发展状况看,这些“超越”UN 表达能力的过程是暂时不必考虑的。

另外一个与实现相关的问题是对象空间结构的层次递归问题。作为一个模型,我们不必对层次递归的深度做约束,但计算机网络上的资源是有限的,无法表示一个无限递归的现实实体。而且,即便是递归深度较高的结构,由于存贮上的限制,也不能表示出来。因此,UN 通常表示两种实体,一种是递归层次不深的现实实体,一种是具有无限递归层次的虚拟实体,采用类似“分形”思想表示。

对 UN 的研究,应将效率放在首位,也许 UN 的表达能力很重要,但目前更重要的是在已知的表达能力范围内,提供高效可行的实现方案,这是来自实践与经验的要求。

## 2.7 UN 的基本框架实现

既然建立在计算机网络上的不同应用领域在 UN 上得到了统一,那么不同应用的基本框架的实现也可以统一起来,这可大大减少各个领域的实现开销,而且支持更大范围的互操作,更好地体现 UN 的开放特征。

对象是构造 UN 的砖石,对象技术的发展已有几十年,但在实际系统中采用的对象技术还不多,大多数是引入对象的思想,或者将数据结构作为对象,或者将过程作为对象。然而只有在对象与计算机网络结合之后,我们才真正体会到对象的重要性,状态与过程才真正被“封装”在一起了。

OMG 的 CORBA 在构造对象空间方面已做出了卓越的努力,建立在 CORBA 之上的空间,可以使不同对象通过 ORB 建立起联系,并且由于动态对象池机制的引入,使空间的伸缩性十分容易实现。因

此,借助于 CORBA 构造 UN 的基本框架是十分适宜的。

## 三、UN 与典型系统

UN 是计算机网络中多实体作用的抽象模型,那么它就应具有充分描述多种实际应用系统的能力。本节中我们就在 UN 与不同的实际应用系统之间建立起联系,从 UN 的观点结合具体系统的特点,描述并研究基于计算机网络的实际应用系统。我们以计算机支持的协同工作、分布式数据库及虚拟现实为典型分析目标。

### 3.1 计算机支持的协同工作(CSCW)

CSCW 是指在信息社会中,人们在计算机与网络的支持下,为同一目标而协调地工作的处理模式。自 1984 年被提出以来,很快成为一门迅速发展的热门方向。基础研究内容不仅涉及到了电子会议系统(EMS)、计算机辅助设计(CAD)、群体决策支持系统(GDSS)、多媒体(MM)、分布式交互仿真(DIS)等计算机学科,还与组织学、人类学、社会学、心理学等更广阔的科学领域息息相关,给传统的计算机网络的研究带来了巨大的冲击。

CSCW 所具有的交互、协作、分布、共享、开放特征,以及其本身对计算机网络的高度依赖性,使之十分宜于用 UN 模型来描述。

CSCW 所进行的工作目标是 UN 对象空间的主要组成。另外,各参与者的操作与所看到的屏幕显示,合起来可以用一类特殊的对象,代理机制来表示,这是一类与人相对应的对象,它们与组成工作目标的对象群一起构成了完整的对象空间,该空间的特征从属于一般 UN 的特征。

CSCW 中的并发操作也是十分明显的,可以说,允许并发操作是提高工作效率的主要因素之一,也是 CSCW 蓬勃发展的主要原因。在 EMS、GDSS 等结构简单的系统中,已有基本的控制策略被提出,象 FLOOR-CONTROL、TOKEN-PASS 等方法,在许多群件的实现中采用上述控制方法的实例也十分普遍。显然,依据定理,适用于 CSCW 领域的策略,尤其是约束条件更宽松,处理效率更高的并发控制策略还有待深入研究。

最明显的映象是参与者所面对的屏幕所显示的内容。在许多场合下,CSCW 需要“你见即我见”(WYSIWIS),即保持映象与主体内容的一致性,只有这样才给参与者一种拉近的、面对相同目标的感觉。很显然,参与者将发出的行为是由当前屏幕的输

出内容、自己的想法与处境、以及最终目标所决定的。

UN 的开放性在 CSCW 中也有十分淋漓尽致的体现,参与者可以十分方便地创建、消除、移动对象,自身也可以十分灵活地加入或退出协作,而整个工作则一直保持在一种良好的运行状态之中。

CSCW 系统充分利用计算机网络的优点,克服了空间障碍,使处于不同位置的人们不用聚集到一起便可以互相讨论、设计、工作。而且由于大家可以同时展开工作,避免了传统流水线工作模式下各环节之间本质牵扯较多,而实际过程中联系太少的缺陷,从而使工作效率大大提高,工作开销却大幅度下降。这也是 CSCW 得到计算机网络人员的高度重视的主要原因。

大型设计是一个十分复杂的过程,一方面工作量大,采用串行的方法将导致很大的时间开销,另一方面设计的各个环节之间互相约束,一个环节的变化将引起其它环节一系列的变动。因此,协同设计不仅存在横向的空间划分问题,还包含从市场调查、需求分析、...一直到产品维护中不同环节的协调问题,而且设计过程中还将产生大量的数据,需要分布式数据库的支持。

尽管 DIS 是在军事领域发展起来的,但从计算机网络角度看,DIS 代表的是一种新型的分布、实时、可视化,且可交互的人在回路中的仿真环境。在协作设计中,对象空间是被逐步完善起来的,工作的目标就是建立起一个由最终对象群表示的设计体。而 DIS 中,从一开始,对象空间的大部分结构就是确定的,DIS 只是用来对一种过程或装置或人员进行验证、测试的仿真环境,尽管 DIS 的实现很大程度上取决于各种先进的传感、显示设备,从其内部结构及运行过程看,它是属于 UN 范畴的。

DIS 的发展使我们更加相信,在现实世界多实体的模拟方面,基于计算机网络的 UN 具有强大的描述力量,不仅在军事训练方面,在教育、医疗以及其它更复杂的多实体活动方面,DIS 都会大有用武之地,UN 的概念也会对这些系统的研究与开发起到一定的启发作用。

### 3.2 分布式数据库

计算机网络与传统数据库技术的结合,产生了分布式数据库,由于大型系统组织与管理的需要,基于网络的数据库被广泛地研究和开发。迄今为止,分布式数据库的发展已取得了决定性的成果,解决了许多基本问题,并已有相当一部分成功的产品推出,

这些工作对计算机网络的发展具有开拓性意义。

在分布式数据库中,最被强调的是数据,对应于 UN 中的对象空间。围绕着对象空间划分、分布与冗余展开的工作是分布数据库研究的主题。关系数据库是分布式数据库的主流,这从侧面证明了对对象之间“关系”而非“函数”的互相作用方式。

分布式数据库也许是最早考虑并发操作控制的实际系统,并研究出两相锁、时间戳等构造一致性并发操作的算法。

设计数据库的最终目标是让人们方便地组织、管理、查询数据,在线事务处理(OLTP)是分布式数据库上的主要行为。在事务处理过程中,需参考的许多中间查询结果就是 UN 的部分映象,它们是后续行为——继续查询的依据。

### 3.3 虚拟现实(VR)

如果说 CSCW 中的对象空间过于被动,而行为主要是人的行为的话,那么在虚拟现实中的对象将彻底打破对象之间的区别(针对代理与一般对象而言)。一个先进的 VR 系统一定是基于计算机网络的,当你在 VR 中“漫游”时,你无法区分哪些对象实体是由人控制的,哪些对象实体是完全由计算机虚拟控制的。VR 将充分发挥 UN 的表述能力,不仅可以模拟以往通过其它途径无法实现的实际过程,还可以模拟现实世界中不存在的虚拟过程,只要它在 UN 的表达能力范围之内。从 VR 角度来看,研究 UN 的表达能力是十分必要的,表达能力的研究不仅可以完善 UN 模型的体系,还可以对 VR 的设计与实现起指导作用,就象通过对 TM 的能力研究结果分析,警告人们不要企图编制一个测试任何程序的执行是否会导致死机的通用测试程序一样。

VR 是模拟的至高境界,它的出现将象符号改变了我们的思维方式一样,令我们对社会、自我、时间、空间等基本概念重新进行思考。从现在到 VR 进入实用阶段将是一段艰苦又令人着迷的道路。

除上述几类应用外,UN 对网络并行程序、分布共享存贮等系统也具有相同的抽象描述能力。象不同严格程度的一致性语义(严格一致性、顺序一致性、程序一致性以及释放一致性等)都是不同程度约束条件下控制开发操作的策略,只是由于这些系统中较少有人的参与,所以我们未将它们作为主要的分析系统。

## 四、待开展的工作

尽管关于 UN 的概念与实现在前面有了较多的

分析,但与完善、抽象的模型系统相比,UN 仍有一定差距,尤其是作为一个理想的抽象模型,如果不能与实际经验系统相结合,提供比概念、功能更有效的支持,就必然缺乏持久的生命力,因此,必须继续进行以下几方面的研究与探讨:

UN 的进一步描述。这里指的是完善而不是十分精确的描述,尽管 UN 缺乏象数学函数那样的精确表达,但只要它是真实抽象的反映,就有理由继续其完整系统的描述,也许我们会找到一个类似于物理上的测不准原理或复杂系统的混沌理论一样的描述并发不精确的理论。

关于 UN 表达能力的研究。对 UN 的进一步系统描述一定能推动 UN 表达能力的研究。另一个推进 UN 表达能力研究的力量将来自实践方面,随着计算机网络在已有应用系统中的成熟,以及更多的模拟系统对计算机网络的求助,将逐渐解决这一问题。

不同领域中 UN 的有效实现策略。“能做”与“有效地做”是完全不同的两回事。利用 UN 可以支持许多领域,但我们同样关心 UN 框架如何为不同领域提供有效的支持。由于不同领域具有各自的特点,因此在 UN 基本框架基础上,要针对具体的领域进行有效实现策略的研究。

**总结** 算法与交互模型之间的区别对应着理性主义与经验主义的区别,理性主义从自身确信的假定出发,通过逻辑(算法)推理来解释世界;而经验主义从现实收集到的数据出发,以不完全的原则集(物理定律)解释世界<sup>[5]</sup>。在漫长的发展道路上跋涉了几十年的对象技术,一直以现实世界中的实体为基本反映对象,但只有在今天,计算机网络发展到了能触及社会各个角落的时候,才给了它充分展示其优越性的机会,在计算机网络上,分布的共享的对象群是主角,它们的交互行为是计算机网络传送的主要内容。

计算机本身的处理能力是超乎我们想象的,但经过这么多年的努力,随着其应用面越来越多,我们

发现不仅我们对计算机的依赖性越来越大,计算机对人的依赖性也越来越大;更多的问题需要人机协同工作,各自发挥特有的优势才能解决,计算机发挥其对确定型问题的快速运算能力,人发挥其大脑灵活的分析思考能力。在计算机网络中,人的行为将成为不可忽视的一部分,而 UN 模型在反映人的特性方面(操作、观察分别与 UN 的行为、映象相对应),具有独特的优势。

从一个完整理论体系的角度来要求,UN 显得较为简单;然而,如果从指导分析与设计过程角度来看的话,UN 的功能还是比较充分的。限于篇幅,本文对 UN 的介绍很不完整,如果本文能够引发广大研究人员对计算机网络模型研究的注意,那也将是令笔者欣慰的。

#### 参考文献

- [1] Peter Wegner, Interactive Foundations of Object-Based Programming, IEEE, Computer, Oct, 1995
- [2] Robin Milner, Processes, a mathematical model of computing agents, Technical Report, Edinburgh University
- [3] 吴允曾,《吴允曾选集》,1987
- [4] Robin Milner, The Base of interactive, CACM, Jan, 1993
- [5] Peter Wegner, Interaction as a Base for Empirical Computer Science, ACM Computing Surveys, 27(1), 1995
- [6] Michiel L. Dertouzos, Communication, computer and network, Scientific American, 1991
- [7] 谢立、孙钟秀,分布式数据处理,国防工业出版社,1990
- [8] 周兴社、王千祥,支持 CSCW 的模型:分布共享对象 DOS 研究:描述语义及对象结构,南京大学学报,1995. 10
- [9] 王千祥、周兴社,支持 CSCW 的模型:分布共享对象 DOS 研究,并发控制及界面设计,同[8]
- [10] 王千祥等,从图灵机到一致网,西北工业大学计算机系研究报告,1995年11月