

高层体系结构的时间管理技术

黄树彩, 李为民, 刘兴堂

(空军工程大学 导弹学院, 陕西 三原 713800)

摘要: HLA 的 RTI 是联邦执行的核心。对 RTI 的时间管理技术及实现进行了全面的论述。对时间管理的 TSO/RO 消息, 时间管制和时间受限的联邦成员概念以及 RTI 的时间推进技术进行了重点的研究。

关键词: 高层体系结构 HLA; 运行支撑系统 RTI; 时间管理; 时间推进技术

中图分类号: TN915 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-3516(2000)02-0064-05

高层体系结构 HLA 是一个开放的、支持面向对象的体系结构。其关键组成部分是接口规范。它定义了一个联邦演练中, 支持联邦成员通过运行支撑系统 RTI 实现成员之间的相互交互、协调和协同作业的标准服务。联邦执行的核心是 RTI, 其功能是为联邦成员提供运行所需的服务。RTI 提供 6 种服务, 即联邦管理、声明管理、对象管理、所有权管理、时间管理和数据分布管理等服务。本文将重点讨论 RTI 的时间管理技术。

RTI 的时间管理控制协调不同局部时钟管理类型的联邦成员(如 DIS 仿真系统, 实时仿真系统, 时间步长仿真系统, 事件驱动仿真系统等)在联邦时间轴上的推进, 并且为各联邦成员提供不同传输要求和质量的消息、数据的传输服务。

1 TSO/RO 消息

在 HLA 的服务中, 将通过消息这个概念来体现联邦的时间观念。

一个联邦成员调用属性更新值服务、发送交互服务或删除对象实例服务将被称作发送一个消息; 一个联邦成员调用反映属性值服务、接收交互服务、或删除对象实例服务将称作接收一个消息。一个联邦成员发送的消息将引起一个或多个其它联邦成员接收一个等同的消息。每一个发送或接收的消息将或者是一个时间戳顺序(TSO)消息或者是一个接收顺序(RO)消息。这个消息顺序类型将由下列因素确定:

(1) 首选的顺序类型: 一个消息的首选的顺序类型将同样被作为包含在这个消息里的数据(实例属性值和交互)的首选顺序类型。每一个类属性和交互类将被提供在联邦执行数据 FED 中的一个首选顺序类型。

(2) 一个时间戳的存在: RTI 中符合发送或接收一个消息的每一个服务将有一个可选的时间戳依据。如果一个发送消息的服务有时间戳, 那么这个联邦成员将企图发送一个 TSO 消息, 否则这个联邦成员将企图发送一个 RO 消息。所有接收的 TSO 消息将有一个时间戳; 所有接收的 RO 消息将没有时间戳。

(3) 联邦成员的时间身份: 一个联邦成员是否是一个时间管制的将决定这个联邦成员是否发送 TSO 消息。同样地, 一个联邦成员是否是时间受限的将决定这个联邦成员是否能接受 TSO 消息。

(4) 发送消息顺序类型: 一个接收的消息顺序类型将依赖于这相应的发送消息的顺序类型。

一个发送消息的命令类型将由对发送联邦成员的消息的首选顺序类型、是否一个联邦成员是一个时间管制的、以及是否一个时间戳被用于发送消息的服务调用中确定; 一个接收消息的顺序类型将由是否联邦成员是时间受限的和相应的发送消息的顺序类型确定。

2 时间管制和时间受限的联邦成员

RTI 中,依据对联邦的逻辑时间推进的影响,可以将联邦成员划分为时间管制和时间受限两种类型。

2.1 时间管制的联邦成员

仅仅时间管制的联邦成员可发送 TSO 消息。一个联邦成员将通过调用 RTI 的使能够时间管制服务请求成为时间管制。RTI 随后将通过对一个联邦成员调用时间管制激活服务使这联邦成员成为时间管制。一个联邦成员一旦调用了使不能时间管制服务将立即停止成为时间管制。

每一个时间管制的联邦成员将提供一个超前值。超前值是一个非负值,它将建立一个时间戳上的最小超前量。一个时间管制的联邦成员将不发送一个包含的时间戳小于它的当前逻辑时间加上它的超前值的 TSO 消息。联邦成员的超前值可以通过更新超前值服务来更改。一个有一个 0 超前值的时间管制的联邦成员将会有有一个附加的限制。如果这样的一个联邦成员通过使用时间推进请求和下一个事件请求推进了它的逻辑时间值,那么它将不发送包含的时间戳小于或等于它的逻辑时间的 TSO 消息。

2.2 时间受限的联邦成员

仅仅时间受限的联邦成员能接受 TSO 消息。一个联邦成员将通过调用使能够时间受限服务请求成为时间受限。RTI 将随后通过对这个联邦成员调用使能够时间受限服务使这个联邦成员成为时间受限。一个联邦成员一旦调用使不能时间受限服务它将立即停止时间受限。

联邦执行中的每一个联邦成员无论是否时间受限,将有一个相关的在时间戳值上的最小超前量(LBTS)。这个 LBTS 值将被 RTI 计算并且将被表示为这时间受限的联邦成员能够作为一个 TSO 消息接收的最小时间戳。在为一个给定的联邦成员执行这个计算时,RTI 将考虑所有在联邦执行中的时间管制的联邦成员逻辑时间和超前值,以确定这给定的联邦成员能够以一个 TSO 消息接收的最小时间戳。如果在一个联邦执行中没有时间管制的联邦成员(除去这给定的联邦成员),那么这联邦成员的 LBTS 值将是不定的。

为了保证时间受限的联邦成员以时间戳顺序接收所有 TSO 消息,将不被允许一个时间受限的联邦成员推进它的逻辑时间超出它的 LBTS 值。这保证了一个时间受限的联邦成员不能接收它的时间戳小于联邦成员的逻辑时间的 TSO 消息。如果一个时间受限的联邦成员请求推进它的逻辑时间值超出它的当前的 LBTS 值,这时间推进将不被承认。

3 时间推进

3.1 逻辑时间

加入联邦执行的每一个联邦成员,将被分配一个逻辑时间。一个联邦成员的逻辑时间将初始地被设置为联邦时间轴上的初始时间(时间 0)。这样一个联邦成员将请求推进仅仅大于或等于它的当前逻辑时间。为了一个联邦成员推进它的逻辑时间,它将请求一个明确的推进。这个推进只有在 RTI 发布一个准许后才发生。通常,在一个执行过程中的任何时刻,不同的联邦成员可以有不同的逻辑时间。

联邦成员可以是时间管制和/或时间受限的。时间管制的联邦成员的逻辑时间将用于限制时间受限的联邦成员的逻辑时间的推进。

3.2 时间推进

HLA/RTI 的时间管理提供时间协调推进的服务原语,联邦成员按自身逻辑时间推进模式,向 RTI 发出时间推进请求,RTI 依据联邦成员在时间推进中所属类型,采用相应的协调推进策略推进各联邦成员的逻辑时间。

一个联邦成员通过调用以下一些服务请求推进它的逻辑时间:

时间推进请求(TAR);

时间推进请求有效(TARA);

下一个事件请求(NER);

下一个事件请求有效(NERA);

直接排队请求(FQR)。

每个服务将把一个请求的逻辑时间作为一个依据,并且这些从 RTI 的时间推进请求将会有些差别,如表 1 所示。

表 1 时间推进请求服务的描述

	推进到 t_1 的限制	准许推进到 t_2 之前投递的消息	准许到 t_2 的限制
TAR	不能发送 $t_s < t_1 + \text{超前值}$	所有排除的 RO 消息 所有 $t_s \leq t_2$ 的 TSO 消息	不能发送 $t_s < t_2 + \text{超前值}$ $t_2 = t_1$
TAR(0 超前值)	不能发送 $t_s \leq t_1$	所有排队的 RO 消息 所有 $t_s \leq t_2$ 的 TSO 消息	不能发送 $t_s \leq t_2$ $t_2 = t_1$
TARA	不能发送 $t_s < t_1 + \text{超前值}$	所有排队的 RO 消息 所有 $t_s < t_2$ 的 TSO 消息 所有排队的 $t_s = t_2$ 的 TSO 消息	不能发送 $t_s < t_2 + \text{超前值}$ $t_2 = t_1$
NER	不能发送 $t_s < t_1 + \text{超前值}$	所有排队的 RO 消息 曾经接收过的 $t_s \leq t_1$ 的最小 TSO 的消息,并且所有其它的 TSO 消息都有同样的 t_s	不能发送 $t_s < t_2 + \text{超前值}$ $t_2 \leq t_1$
NER(0 超前值)	不能发送 $t_s \leq t_1$	所有排队的 RO 消息 曾经接收过的 $t_s \leq t_1$ 的最小 TSO 的消息,并且所有其它的 TSO 消息都有同样的 t_s	不能发送 $t_s \leq t_2$ $t_2 \leq t_1$
NERA	不能发送 $t_s < t_1 + \text{超前值}$	所有排队的 RO 消息 曾经接收过的 $t_s \leq t_1$ 的最小 TSO 的消息,并且所有其它排除的 TSO 消息都有同样的 t_s	不能发送 $t_s < t_2 + \text{超前值}$ $t_2 \leq t_1$
FQR	不能发送 $t_s < t_1 + \text{超前值}$	所有排队的 RO 消息 所有排队的 TSO 消息	不能发送 $t_s < t_2 + \text{超前值}$ $t_2 \leq t_1$

时间推进准许服务将用于准许一个时间推进,而不必关心推进时间请求的形式。这个服务将把一个逻辑时间作为一个依据,并且这将是这联邦成员的新的逻辑时间。在一些情况下,RTI 能够推进一个联邦成员的逻辑时间到一个小于这个联邦成员请求的时间($t_2 \leq t_1$)。

只有当 RTI 确保所有时间戳小于 T(或在一些情况下小于等于 T)的所有 TSO 消息已经投递给这联邦成员时,RTI 才准许一个逻辑时间 T 的推进。然而,在这联邦成员不是时间受限的情况下(并且这样将不能接收 TSO 消息),这个推进将被立刻准许。

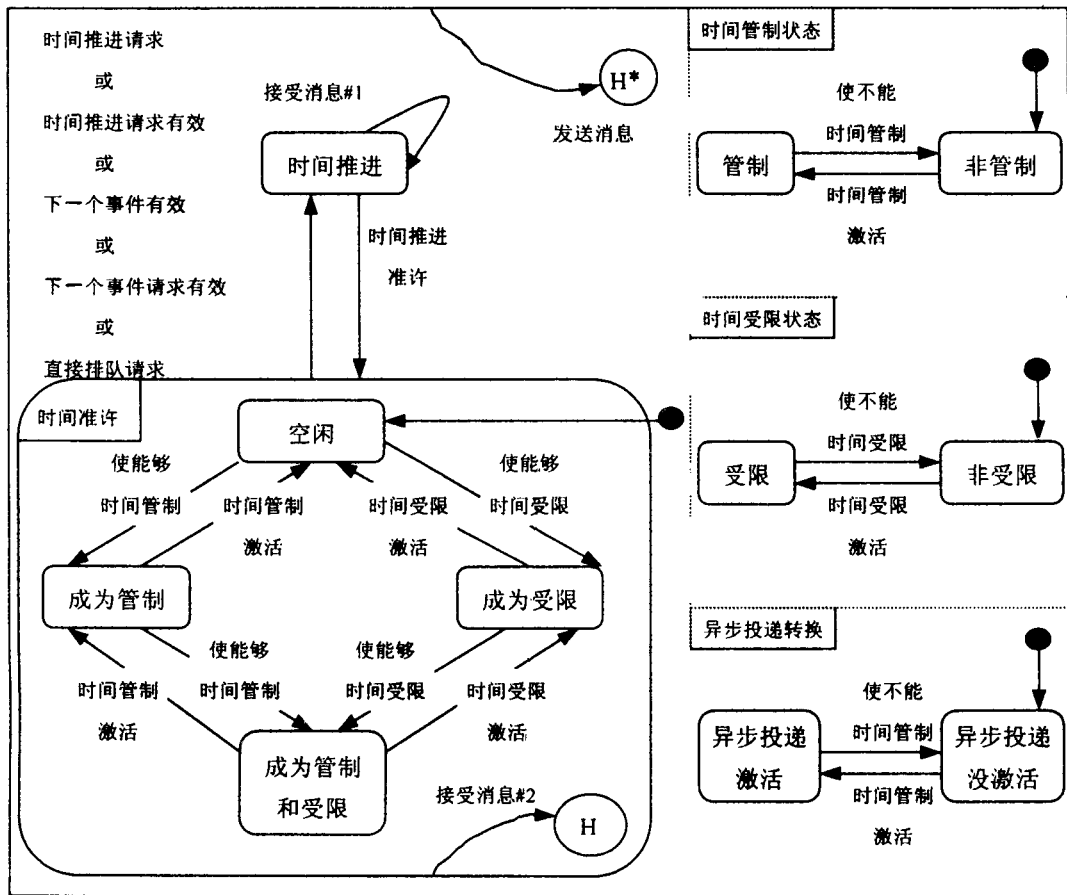
时间管制的联邦成员的一个逻辑时间推进是很重要的,因为它保证了不发送任何时间戳小于一些指定时间的 TSO 消息。通常,当时间管制的联邦成员朝前推进它们的逻辑时间时,时间受限的联邦成员也能跟着推进。

不是时间管制的联邦成员可不必推进它们的逻辑时间,但当它推进逻辑时间时,这个推进对其它联邦成员的时间推进将不会产生影响,除非这个联邦成员后来成为时间管制的(这样这联邦成员将对时间受限的联邦成员的时间推进产生影响)。

一个联邦成员只有通过从 RTI 请求一个时间推进才可以推进它的逻辑时间。它的逻辑时间只有在 RTI 有一个对这联邦成员的时间推进准许服务调用响应之后才能推进。这些服务调用的时间间隔将是这时间推进的状态,如图 1 所示。

这个状态图说明什么时候一个联邦成员可成为时间管制和时间受限的,当请求时间推进时,一个联邦成员有怎样能够或者不能够异步地传递消息,以及影响的这些行为的发送和接收消息顺序类型的确定,和什么时候消息被发送和接收。

图中状态图的右边说明发送消息和接收消息的顺序类型的确定方法。发送消息的顺序类型是由发送消息的首选顺序类型和是否提供时间戳以及所处的状态决定的;接收消息的顺序类型是由相应的发送消息的顺序类型及所处的状态决定的。



发送消息 = $RO \wedge no\ ts \rightarrow RO$ 或 $TSO \wedge no\ ts \rightarrow TSO$ (“时间管制”) 或 $TSO \rightarrow RO$ (非“时间管制”)
 接受消息 #1 = $RO \rightarrow RO$ 或 $TSO \rightarrow RO$ (非“时间受限”) 或 $TSO \rightarrow TSO$ (“时间受限”)
 接受消息 #2 = $RO \rightarrow RO$ (“异步投递激活”或非“时间受限”) 或 $TSO \rightarrow RO$ (非“时间受限”)

图 1 时间推进状态

联邦成员可以在任何时刻发送消息。

什么时候联邦成员符合接收消息的条件将依赖于几个因素：如果联邦成员不是时间受限的，它将在任何时刻(尽管只接收 RO 消息)接收消息；如果联邦成员是时间受限的，则它只在时间推进状态接收消息。然而，联邦成员可以通过调用 RTI 的使能够异步传递服务实现异步消息传递，这允许它们在非这时间推进状态接收 RO 消息(但不能接收 TSO 消息)。

消息不是总是符合投递条件的，RTI 将在内部为每一个联邦成员进行消息排队，RTI 为这联邦成员将要作为 TSO 或 RO 消息接收的所有消息排队。而当消息最终投递给这联邦成员时，它们将自动地从队列中删除。

4 结束语

构造 HLA 体系结构的大型复杂仿真系统，必须由一个高性能的、有效的运行支撑系统 RTI 的支持。本文就 RTI 的 6 服务之一的时间管理服务技术进行了详细的分析讨论。为 RTI 的时间管理模块的实现提供参考。

参 考 文 献

- [1] DMSO. High Level Architecture Interface Specification. Version 1. 3. [EB/OL] [http://www. dmsomil.com](http://www.dmsomil.com).
- [2] DMSO. High—Level Architecture Object Model Template Specification. Version 1. 3. [EB/OL] [http://www. dmsomil.com](http://www.dmsomil.com).
- [3] DMSO. High Level Architecture Rules. Version 1. 3. [EB/OL][http://www. dmsomil.com](http://www.dmsomil.com).

Time Management Technology of the HLA/RTI

HUANG Shu-cai, LI Wei-min, LIU Xing-tang
(The Missile Institute, AFEU. ,Sanyuan 713800,China)

Abstract: RTI is the core of a federation execution in the HLA. In this paper, the time management and implementation of RTI are overall described. The concept of time management's TSO/RO messages, time-regulating federates and time-constrained federates, and the time advancing technology of RTI are mainly studied.

Key words: HLA (High level architecture); RTI (Run time infrastructure); time-managing; time-advancing technique