

# BCSM 到 FSM 的映射<sup>①</sup>

## Mapping the BCSM to the FSM

朱晓民 廖建新 (北京邮电大学 网络与交换技术国家重点实验室 北京 100876)

**摘要:**比较了当前几种 FSM (finite state machine) 的不同定义,认为改进后的 Moore FSM 最适合与 BCSM (basic call state machine) 进行映射。基于 ITU-T 的智能网规范和实用的智能网产品,给出了理解 BCSM 的关键点,并提出了一个 BCSM 的数学定义。将 BCSM 的各个元素映射到相应的 FSM 元素,明确了 BCSM 的各个元素的本质,并重点对 DP (detection point) 点这一特殊的元素进行了分析,指出 DP 点是以前的 FSM 模型中没有的元素,它是为了适应智能网技术而进行的增强。

**关键词:**基本呼叫状态模型 有限状态自动机 智能网

### 1 引言

呼叫模型是对交换机中呼叫控制功能(有时也包含承载控制功能)的建模,通常利用 FSM (finite state machine) 技术来抽象。呼叫模型处于应用软件与底层硬件之间,是由软件开发者定义,并为软件开发服务的。有了呼叫模型,应用软件只要对呼叫模型执行各种操作即可实现呼叫控制和承载控制(承载控制指对硬件进行控制,如对交换机中的交换矩阵进行控制)。在智能网领域,BCSM (basic call state model) 就是一个呼叫模型。

目前大多数文献中最多只是提到了 BCSM 是基于 FSM 来设计的,但没有 BCSM 的数学定义,而且两者之间是如何对应的也没有明确的结论。本文对此进行分析,明确了 BCSM 与 FSM 之间的关系,以达到读者对 BCSM 深入理解的目的。

### 2 FSM

首先声明:在本文中,“输出”等同于“动作”,或者可以把“输出”看成是“动作”的一种。在与 FSM 有关的诸多文献中,对 FSM 有大同小异的定义,如文献<sup>[6]</sup>认为 FSM 是一个四元组(状态集,输入集,迁移函数,

动作集),文献<sup>[7]</sup>认为 FSM 是一个五元组(状态集,输入集,输出集,迁移函数,输出函数),而文献<sup>[8]</sup>则认为 FSM 是一个六元组(状态集,输入集,输出集,迁移函数,输出函数,初始状态)。文献<sup>[8]</sup>同时提到:FSM 有两种模型,分别是 Mealy 模型和 Moore 模型。Mealy 模型将输出/动作与迁移关联,而 Moore 模型将输出/动作与状态关联。改进后的 Moore FSM<sup>[8]</sup>是一个八元组(状态集,输入集,输出集,迁移函数,入口动作函数,状态动作函数,出口动作函数,初始状态)。在改进后的 Moore FSM 中,动作分为入口动作,状态动作和出口动作三类,其中入口动作和出口动作都只执行一次,而状态动作是当 FSM 处在某个特定的状态时持续的动作。实际上这些 FSM 的定义本质上是一样的,只是某些定义忽略了一些因素,导致表面上看起来各个定义有区别。考察以上几种 FSM,我们认为改进后的 Moore FSM 与 BCSM 最接近,便于与 BCSM 进行映射。下面是改进后的 Moore FSM 的定义<sup>[8]</sup>。

定义 1:改进后的 Moore FSM 是一个八元组  $(Q, S, D, I, L', L'', L''', q_0)$ ,其中  $Q$  是状态集, $S$  是引起迁移发生的事件集, $D$  是自动机的输出/动作集, $I$  是迁移函数, $L'$  是入口动作函数, $L''$  是状态动作函数, $L'''$

<sup>①</sup> 基金项目:国家杰出青年科学基金(No. 60525110);新世纪优秀人才支持计划(No. NCET-04-0111);高等学校博士学科点专项科研基金资助课题(No. 20030013006);电子信息产业发展基金重点项目(下一代网络核心业务平台)。

是出口动作函数,  $q_0$  是初始状态。I 是  $Q \times S$  到  $Q$  的映射,  $L'$ ,  $L''$ ,  $L'''$  都是  $Q$  到  $D$  的映射, 但此三个函数的映射结果分别代表入口动作, 状态动作和出口动作。

### 3 BCSM

在 ITU-T Q. 1204<sup>[1]</sup> 规范中指出了 BCSM 由 PIC 点 (point in call), DP 点 (detection point), 迁移 (transition) 和事件 (event) 这四个要素组成, 如图 1 所示。该规范同时指出: PIC 点标识了 CCF (call control function) 的活动, 用来实现智能网业务逻辑实例感兴趣的若干个呼叫/连接状态; DP 点代表了在基本呼叫/连接处理过程中可以进行控制权转移的位置, 即在各个 DP 点处, CCF/SSF (service switch function) 可以将业务实例的控制权交给 SCF (service control function); 迁移代表了基本呼叫/连接处理过程中 PIC 点之间正常的流程, 即在没有受到 SCF 干预的情况下的流程; 事件则是导致迁移进入某个 PIC 点的驱动力或者离开某个 PIC 点的结果。在智能网的不同能力集 (CS-1/CS-2/CS-3/CS-4/...) 中, BCSM<sup>[2-5]</sup> 都是基于 Q. 1204<sup>[1]</sup> 规范定义的这个通用模型的。下面是一些理解 BCSM 的关键点:

(1) 对于智能网的不同能力集, 相应的 BCSM 由上述四要素的不同集合来构造。

(2) 在一个呼叫经过的各个交换机中都抽象出了两个 BCSM, 即发端  $O\_BCSM$  和终端  $T\_BCSM$ , 两者之间互相通信, 协调进行状态的转移。 $O\_BCSM$  和  $T\_BCSM$  组成了一个完整的 BCSM。

(3)  $O\_BCSM$  面向主叫方一侧,  $T\_BCSM$  面向被叫方一侧。换句话说, 对于前一跳交换机或者主叫终端来说,  $O\_BCSM$  所在的交换机相当于服务器,  $O\_BCSM$  则是对服务器的建模; 对于后一跳交换机或者被叫终端来说,  $T\_BCSM$  所在的交换机相当于客户端,  $T\_BCSM$  则是对客户端的建模。

(4) 从 PIC 的角度来看, 事件分为入口事件和出口事件两种, 导致正常流程到达该 PIC 点的事件为入口事件, PIC 点的处理结果事件为出口事件。从事件的角度来看, 它一方面是某一个 PIC 点的入口事件, 另一方面又是另一个 PIC 点的出口事件。

(5) 并不是说任何一个迁移的终点都必须有一个 DP 点, DP 点是根据实际情况定义的。图 1 表示的是一个通常意义上的情况, 并不表明两个 PIC 之间必须有 DP 点。

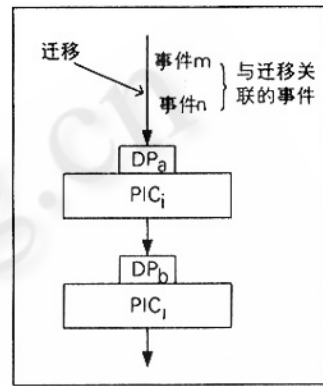


图 1 BCSM 的四要素

(6) 实际上, 在 DP 点和下一个 PIC 点之间最好也有一个迁移, 这样才能更好地体现 BCSM 真正的含义, 只是这个迁移没有关联的事件而已。

下面我们提出 BCSM 的一个数学定义。

定义 2: BCSM 是一个九元组  $(P, D, E, T, A, O', O'', O''', s_0)$ , 其中  $P$  是 PIC 集,  $D$  是 DP 集,  $E$  是事件集,  $T$  是迁移函数,  $A$  是动作集,  $O'$  是入口动作函数,  $O''$  是状态动作函数,  $O'''$  是出口动作函数,  $s_0$  是初始状态。T 是  $P \times E$  到  $P$  的映射,  $O', O'', O'''$  都是  $P$  到  $A$  的映射, 但此三个函数的映射结果分别代表入口动作, 状态动作和出口动作。

显然, 定义 2 将事件与迁移关联, 而将动作与 PIC 关联。以智能网 CS-1  $O\_BCSM$ <sup>[2]</sup> 为例,  $PIC_2$  (Collect Information) 的入口事件是“出现了企图发起呼叫的指示”和“发起呼叫得到了授权”, 而这两个事件同时又是  $PIC_1$  ( $O\_Null \& Authorize\_Origination\_Attempt$ ) 的出口事件, 因此将这两个事件与从  $PIC_1$  到  $PIC_2$  的迁移关联而不是与  $PIC_1$  或者  $PIC_2$  关联是比较合理的。 $PIC_2$  的功能是“从发端收集初始拨号串并判断收号是否结束”, 也即定义 2 所指的 动作, 因此将动作与 PIC 关联而不是与迁移关联是很自然的。另外, 之所以将 BCSM 的动作分为三类, 也是为了与已有的 BCSM 更好地对

应,如上述 PIC2 的动作是一个状态动作,而 CS-1 T\_ BCSM<sup>[2]</sup>中的 PIC9(T\_Alerting)的动作“向 O\_BCSM 发送被叫振铃的指示”则是一个入口动作。但值得注意的是,并不是所有的 PIC 都必须包含这三种动作,对于某些 PIC 来说,可能某种动作为空。

#### 4 两者的映射

在此,我们得出如表 1 所示的映射关系。

表 1 BCSM 到 FSM 的映射

BCSM	P	D	E	T	A	O'	O''	O'''	s <sub>0</sub>
FSM	QS		I	D	L'	L''	L'''	q <sub>0</sub>	

从表 1 可知,除了 BCSM 的元素 D(DP 点)之外,其他元素都能很好地与 FSM 的元素进行映射。下面重点对 DP 点进行分析:首先我们抛开智能网不谈,交换机的软件依然可以抽象出一个自动机。该自动机包括迁移过程和 PIC。PIC 中包含了自动机的动作(如输出消息)和一个稳定状态。在该状态自动机往往是要等待一个事件的发生,如一条消息的到来。当自动机收到预期的消息后即进行状态迁移过程。这样,一个自动机最核心的四要素:状态,迁移,输入和输出就都包括了。那么 DP 点是什么呢? DP 点是为了适应智能网技术,在 BCSM 这个自动机中额外加入的一个新元素。DP 是提供给智能网 SCF 的一个视点,也就是说让 SCF 了解呼叫过程的一个窗口,因为做到让 SCF 完全了解交换机中呼叫的所有细节是不可能的,那么只能有选择地把一些重要的时机呈现给 SCF。各个 DP 点就是智能网标准制定者选定的重要时机。

表 1 对比了由我们自己提出的 BCSM 的数学定义与改进后的 Moore FSM 数学定义的各个元素,那么对于 ITU-T 智能网规范提出的 BCSM 概念的四要素到 FSM 的映射则是该表的前四项,即用浅灰色底纹标出的部分。

BCSM 区别于 FSM 的一个重要特征是 BCSM 除了不受外界实体 SCF 控制的正常流程外,还可以在受控于 SCF 的情况下在某些 PIC 点之间进行跳转。

#### 5 总结

澄清智能网中 BCSM 的概念,一方面对更好地理解智能网有很大帮助,另一方面对于下一代网络中通用呼叫控制模型的设计,以及其它诸多模型如通用承载控制模型、通用呼叫承载控制模型、通用业务控制模型等<sup>[9]</sup>的设计都有很好的指导和借鉴意义。

#### 参考文献

- 1 Intelligent Network Distributed Functional Plane Architecture [S], ITU-T Q.1204, March 1993.
- 2 Distributed functional plane for intelligent network CS-1 [S], ITU-T Q.1214, October 1995.
- 3 Distributed functional plane for intelligent network Capability Set 2 [S], ITU-T Q.1224, September 1997.
- 4 Interface Recommendation for intelligent network capability set 3: SCF-SSF interface [S], ITU-T Q.1238.2, June 2000.
- 5 Interface Recommendation for Intelligent Network Capability Set 4: SCF-SSF interface [S], ITU-T Q.1248.2, July 2001.
- 6 Andrei Drumea, Camelia Popescu, Finite State Machines and their applications in Software for Industrial Control [A], 27th International Spring Seminar on Electronics Technology [C], Volume 1, 13-16 May 2004, pp25-29.
- 7 Andre A. S. Danthine, Protocol Representation with Finite-State Models [J], IEEE Trans. On Comm., Vol. COM-28, No. 4, April 1980, pp632-643.
- 8 Arie Avnur, Finite State Machines for Real-time Software Engineering [J], Computing & Control Engineering Journal, Volume 1, Issue 6, Nov. 1990, pp273-278.
- 9 Xiaomin Zhu, Jianxin Liao, Prototyping Softswitch with an Emphasis on Protocol Relationships, Guangzhou China, 15-17 Nov. 2005, IEE Mobility Conference 2005, 2-2B-3.