

НАУЧНЫЙ СОВЕТ АН СССР  
ПО КОМПЛЕКСНОЙ ПРОБЛЕМЕ "КИБЕРНЕТИКА"  
ИНСТИТУТ МАТЕМАТИКИ И МЕХАНИКИ УНЦ АН СССР

Тезисы докладов  
III Всесоюзного семинара  
"МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИСКРЕТНЫХ  
УПРАВЛЯЮЩИХ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ"

24-26 февраля 1981 г.

Свердловск 1981

ЯЗЫК СИГНАЛЬНЫХ ГРАФОВ И ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЕ  
ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОТОКОЛОВ ИНФОРМАЦИОННОГО  
ОБМЕНА И АПЕРИОДИЧЕСКИХ СХЕМ

Л.Я.Розенблюм

Предметом доклада является моделирование протоколов обмена данными в асинхронных интерфейсах, а также самосинхронизирующихся схем.

Под протоколами обмена обычно понимают набор правил, координирующих обмен сообщениями между кооперирующимися процессами /1/. Протоколы являются естественным инструментом задания функционирования распределенных (децентрализованных) вычислительных структур, в том числе мультипроцессорных, поскольку единственным возможным способом возбуждения активности структурных единиц (процессоров) является обмен сообщениями между ними. Формально протоколы определяются в терминах асинхронных процессов /2/.

Методология моделирования асинхронных схем, принадлежащих классу аperiodических /3/, должна принципиально отличаться от принятой для традиционной схемотехники вследствие допущения о том, что величины задержек элементов могут быть произвольными (хотя и конечными).

Для описания и анализа названных объектов моделирования предлагается использовать язык сигнальных графов. Он базируется на известном определении маркированного графа /4/ - подкласса сетей Петри, в которых позиции могут иметь только по одной входящей и исходящей дуге. Модель маркированного графа, вообще говоря, не является интерпретированной в том смысле, что в ней нет средств, отражающих семантическую связь с поведением описываемых с его помощью процессов или устройств. Такая связь (интер-

претация) вводится постановкой в соответствие вершинам маркированного графа некоторых информационных и (или) управляющих сигналов (наименованием вершин).

Если вершине приписано обозначение вида А-В, то при ее возбуждении (наличии маркеров на всех входящих дугах) инициируется переход А-В. По завершении этого перехода изымаются маркеры из всех входящих дуг и устанавливаются маркеры на всех исходящих дугах. Достижение любого промежуточного набора из интервала не вызывает изменения маркировки.

Если вершине приписано обозначение вида  $a^+$  или  $a^-$ , то при возбуждении вершины осуществляется формирование соответствующего сигнала. По завершении перехода свойственным маркированному графу образом изменяется маркировка инцидентных вершине дуг.

Наконец, имеющей более одной входящей дуги вершине, выполняющей функцию "чистого" синхронизатора, приписывается буква с.

Сигнальным графом называется такой маркированный граф, вершинам которого приписаны обозначения вида А-В,  $a^+$ ,  $a^-$  и, возможно, с, а смена маркировок подчинена описанным выше правилам.

При задании протоколов обмена через  $a^-$  обычно обозначают передачу сообщения а, а через  $a^+$  - получение соответствующей квитанции в приеме этого сообщения. При задании аperiodической схемы  $a^+$  и  $a^-$  удобно трактовать как переход значения однофазного управляющего сигнала а из 0 в 1 и из 1 в 0 соответственно.

Сигнальные графы являются более эффективным средством описания "автоматных" протоколов по сравнению с графами взаимодействия /5/ и фазовыми диаграммами /6/. Задание более сложных протоколов требует обобщения исходной модели, которое осуществляется за счет перехода к композиции нескольких сигнальных графов с их начальными марки-

ровками. Из-за повторяемости фрагментов композируемых графов введение новых типов вершин – сборок и бифуркаторов (в которых маркер может иметь место лишь на одном из входов и выходов соответственно), а также арбитров (осуществляющих определенную дисциплину смены маркеров в конфликтных ситуациях) – и взвешивание дуг функциями позволяет получить компактное представление протоколов обмена и правил функционирования асинхронных схем.

Анализ (верификация) протоколов и схем, заданных сигнальными графами, сводится к проверке их принадлежности классу живых и безопасных (неинтерпретированных) маркированных графов для каждой из возможных ортогональных маркировок, для чего используются результаты, полученные в /4/. Такой подход может оказаться достаточно эффективным, хотя он не отвергает возможность использования модели Маллера /7/.

#### Л и т е р а т у р а

1. Merlin P.M. Specificatio and validation of protocols.- IEEE Trans.Comm., COM-27, 1973, No.11.
2. Варшавский В.И. и др. Асинхронные процессы.- Изв.АН СССР. Технич. кибернетика, 1980, № 4,5.
3. Аперриодические автоматы/ Под ред.В.И.Варшавского. М.: Наука, 1976.
4. Commoner F. et al. Marked directed graphs.- J. of Comp. and Systems Sci., 1971, No.5.
5. Zafiropulo P. Protocol validation by dialogue-matrix analysis.- IEEE Trans.Comm., COM-26, 1978, No.8.
6. West C.H. An automated technique of communicatio protocol validation.- IEEE Trans.Comm., COM-26, 1978, No. 8.
7. Кишиневский М.А., Таубин А.Р., Цирлин Б.С. Использование модели Маллера для анализа дискретных схем. - Наст. сборник.