

РАЗВИТИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО АППАРАТА E - СЕТЕЙ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

д.т.н. Е.И. Бобыр, О.Ю. Батин, А.В. Соломатин¹

В статье предлагаются пути модернизации формального аппарата E-сетей для его использования при решении задач анализа процесса функционирования и синтеза структур вооружения и военной техники (ВВТ).

Известно, что аналитические методы математического моделирования не позволяют отразить целый ряд структурных и функциональных особенностей образцов вооружения и военной техники (ВВТ). В связи с этим в качестве основного метода оценки тактико - технических характеристик, анализа процессов функционирования и синтеза структур образцов вооружения и военной техники широко используется имитационное моделирование. Для разработки и построения имитационных моделей сложных систем и процессов используются различные математические аппараты.

В последнее время широко применяется аппарат E-сетей. E-сеть служит средством описания структуры и алгоритмов функционирования реальных образцов ВВТ. E-сетевые имитационные модели дают наглядное представление о процессе обработки информационных потоков в системах, позволяют определить количественные значения таких характеристик системы как пропускная способность, время обслуживания заявки в системе и других. Применение аппарата E-сетей позволяет отобразить динамику исследуемых процессов.

Классический аппарат E-сетей предлагает использовать для построения имитационных моделей различных систем и процессов базовый набор из пяти типов переходов со строго фиксированным количеством входов-выходов и логикой работы. Эти средства хорошо описаны в [1].

Однако, данный аппарат E-сетей позволяет строить имитационные модели только простых систем и процессов. При необходимости разработки имитационных моделей сложных систем, таких как объекты ВВТ, использование базовых средств аппарата становится проблематичным, так как резко возрастает сложность модели. При этом модель становится громоздкой, теряется главное преимущество аппарата E-сетей – наглядность, затрудняется анализ построенной модели, резко увеличивается время на отладку модели и её реализацию. Так, например, если в модели системы передачи данных или вычислительного комплекса необходимо

¹ © д.т.н. Е.И. Бобыр, О.Ю. Батин, А.В. Соломатин, 1999

смоделировать процесс преобразования одного байта информации из параллельного кода в последовательный, то модель процесса на основе классических E - сетей будет выглядеть так, как на рис.1. Как видно для реализации простой операции преобразования кодов в имитационной модели устройства или системы необходимо использовать восемь базовых переходов с разрешающей позицией.

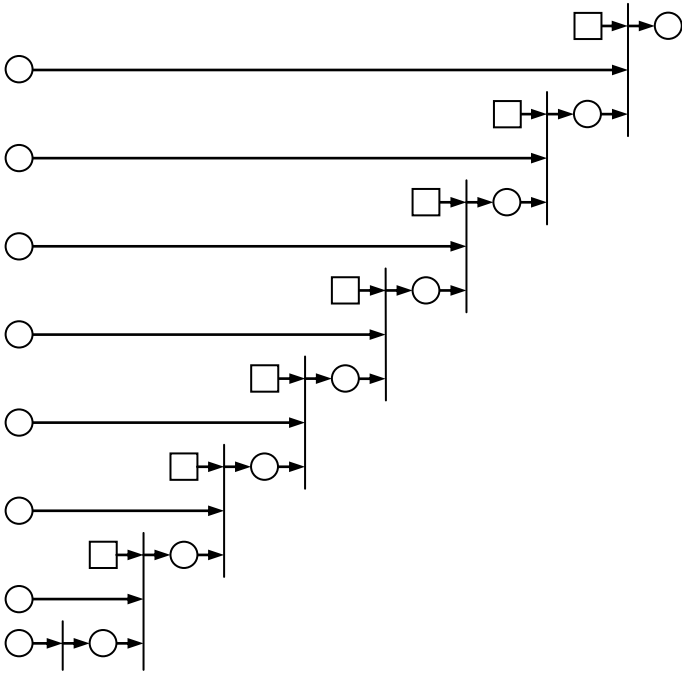


Рис. 1. Пример классической E - сетевой модели

Это простейший элемент модели, но для его использования необходимо описать для каждого из семи переходов множества входных и выходных позиций, логику работы, функцию возбуждения, функцию определения временной задержки, функцию преобразования атрибутов меток. И все это для описания лишь мельчайшего фрагмента модели, например, вычислительного комплекса (ВК). Таких фрагментов может быть несколько десятков, если ВК оперирует не 8 - разрядными, а, например, 32 - или 64 - разрядными словами. В этом случае построенную таким образом с помощью базового набора аппарата E-сетей модель трудно даже охватить взглядом, не говоря уже о детальном анализе процессов её функционирования.

Построенные с помощью базовых средств аппарата Е-сетей имитационные модели ВВТ не могут использоваться при исследовании их функционирования в условиях боевого применения. Дело в том, что при этом естественно полагать, что огневое и помеховое воздействие противника может привести к изменению структуры и алгоритмов функционирования исследуемой системы вооружения. Классический аппарат Е-сетей не позволяет в динамике изменять структуру имитационной модели. Это ещё одна из причин, по которым существующий аппарат Е-сетей требует доработки. Практика разработки имитационных моделей некоторых образцов вооружения и военной техники противовоздушной обороны показала, что модернизация аппарата Е-сетей должна вестись по следующим основным направлениям.

1. Для увеличения наглядности сложных моделей, сокращения времени, затрачиваемого на построение, отладку и реализацию модели,

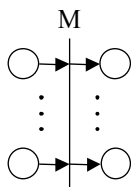


Рис.2. Переход – универсальный коммутатор

необходимо снять ограничения на количество входов и выходов у базовых переходов. Предлагается ввести новый переход, назовем его «универсальный коммутатор», который может иметь любое количество входов и выходов (рис.2.). Теперь все базовые переходы будут являться только лишь его частными случаями. Однако, с увеличением числа входов и выходов у перехода логика его работы не может быть определена булевым значением разрешающей позиции $r_i = \{0;1\}$. Поэтому предлагается передать управляющие функции разрешающей позиции непосредственно переходу и отказаться собственно от понятия разрешающей позиции. В этом случае к стандартному описанию перехода должна быть добавлена функция, определяющая правила срабатывания перехода. Теперь любой переход расширенного таким образом аппарата Е - сетей будут определять следующие характеристики:

- множество входных позиций;
- множество выходных позиций;
- функция возбуждения;
- функция определения временной задержки;
- функция срабатывания перехода;
- функция преобразования атрибутов меток.

Строя на основе такого перехода Е-сетевую модель можно, управляя количеством входов и выходов перехода, динамически менять структуру и логику работы модели.

2. При моделировании сложных систем, к которым, например, относятся вычислительные средства образцов ВВТ, часто возникает необходимость моделировать сбои и отказы в аппаратуре, восстановление после сбоев, динамически менять конфигурацию системы в зависимости от

результатов огневого воздействия противника, воздействия на аппаратуру помех и т.п., согласовать или синхронизировать работу отдельных функциональных узлов или элементов сложной системы, представленных на разных уровнях детализации. Все это приводит к необходимости динамического изменения структуры математической модели в ходе моделирования реальных условий функционирования.

Реализация таких ситуаций с помощью базового аппарата Е-сетей также не возможна. По этой причине предлагается дополнить каждый переход аппарата Е-сетей внешним управлением.

Суть внешнего управления состоит в следующем:

- в состав перехода вводится специальный флаг внешнего управления, который может принимать два значения: **«истина»** и **«ложь»**;
- если флаг внешнего управления установлен в значение **«ложь»**, то переход работает в соответствии с заданной логикой функционирования;
- если флаг внешнего управления установлен в значение **«истина»**, то переход блокируется и не может ни сработать, ни перейти в фазу активности.

Таким образом, посредством внешнего управления можно влиять на логику работы Е-сети, динамически менять конфигурацию модели в зависимости от конкретных событий, возникающих в процессе функционирования системы. Таким образом внешнее управление позволяет осуществлять адаптацию модели на заранее известной структуре к воздействию внешних факторов.

Обобщая вышесказанное, следует отметить, что предлагаемая модернизация формального аппарата Е - сетей существенно расширяет его возможности по моделированию сложных систем и процессов функционирования ВВТ в условиях их боевого применения; сокращает время построения и время реализации модели; повышает её наглядность; позволяет получить количественные значения показателей эффективности функционирования образцов ВВТ в заданных условиях боевого применения.

Расширенный аппарат Е - сетей снижает трудоёмкость анализа сетей большой размерности, позволяет в динамике исследований менять структуру модели и является основой перехода к эволюционирующим сетям.

ЛИТЕРАТУРА

1. Технология системного моделирования / Е.Ф. Аврамчук, А.А. Вавилов, С.В. Емельянов и др. – М.: Машиностроение; Берлин: Техник, 1988. – 520 с.