

ПРИМЕНЕНИЕ СЕТЕЙ ПЕТРИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПРОТОКОЛОВ

Д.О. Саркенов

Новосибирский государственный технический университет
г. Новосибирск

Правильное функционирование протоколов связи и их независимость от влияния внешних воздействий, является основой стабильной и безотказной работы разного рода систем сбора и обработки данных, сетевых и телекоммуникационных систем. Возможность обнаружения различного рода ошибок и конфликтных ситуаций в функционировании протоколов на ранних стадиях проектирования, является неотъемлемой частью настоящей практики разработки.

Особо остро данные проблемы встают при разработке систем реального времени непрерывно обрабатывающих информацию и принимающих решения о приеме платежных средств или отказе в обслуживании. Ошибки и временные задержки могут привести к простоям оборудования, отказу клиентов от предлагаемых услуг компании и финансовым потерям. Один из примеров подобных информационных систем – система контроля и управления таксофонами (*далее система*). При разработке протоколов подобных систем у разработчика могут возникать следующие проблемы: неоднозначные спецификации, несущественный анализ перед реализацией, отсутствие правил проектирования, интеграции реального времени и функционального поведения, полноценных методологий разработки, интегрированного набора компьютерных средств и опыта.

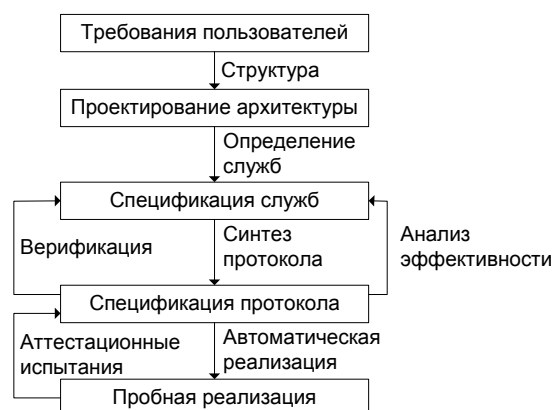


Рисунок 1 – Процесс системного проектирования протокола

Помочь в решении данных проблем позволяет системное проектирование, основан-

ное на формальных моделях и методах, таких, как аппарат сетей Петри [1-5]. Системное проектирование протоколов является, с одной стороны, дисциплиной для полноценного проектирования, реализации и поддержки протоколов связи, а с другой – частью техники системного анализа. Действия, выполняемые в процессе системного проектирования протокола, представлены на рисунке 1.

Любой протокол должен удовлетворять требованиям, основанным на спецификации его служб:

- устойчивый протокол передачи данных доставляет данные в том порядке, в котором они были отправлены, без потерь, дублирования, разрушения или ложной доставки (безопасность) и своевременно (прогресс – т.е. все изначально отправленные данные доставлены);
- протокол установления соединения устанавливает соединение и не может перейти в любое плохое состояние (безопасность).

Для *системы* эти задачи можно сформулировать следующим образом: задача доставки данных и задача, касающаяся собственно логики взаимодействия с локальными обработчиками прикладной информации, на примере таксофона.

При разделении слоев и формировании так называемого стека протоколов (аналог TCP/IP), нижний слой должен заниматься исключительно задачами единообразной передачи данных по каналам связи (транспортный слой), а верхний – задачами обработки и исполнения команд (прикладной слой). Это позволит:

- разрабатывать, тестировать и внедрять эти протоколы независимо;
- сделать слои более гибкими (например, при низком качестве связи можно будет просто программно уменьшить максимальный размер пакета у протокола транспортного слоя и при этом не затрагивать прикладной протокол);
- в дальнейшем, при радикальном изменении условий эксплуатации (например, переход к доступу в реальном времени) перерабатывать не всё ПО, а только часть, относящуюся к транспортному протоколу.

При разработке подобного протокола необходимо проверить не только соответствие последовательностей, но и основные свойства протоколов, такие, как отсутствие тупиков, безопасность, запрещенные состояния и ограничение буферов.

Требования к формальным моделям протоколов можно сформулировать следующим образом: четкость, ясная выразительность, анализируемость, поддержка детализации, независимость реализации, средства для абстракции, управление сложностью, поддержка жизненного цикла протокола, поддержка автоматизации и строгое соответствие физической системе.

В настоящее время для создания моделей протоколов применяются различные языки моделирования, формальные методы и спецификации, такие, как машины состояний, UML, OG, сети Петри, SDL и т.д.[1-6].

Сети Петри и инструментарий, созданный на их основе, позволяет удовлетворить всем требованиям, предъявляемым к формальному методу, и благодаря богатому набору расширений, позволяют моделировать различные аспекты поведения и проверять свойства протоколов. Рассмотрим возможности различных расширений сетей Петри для моделирования протоколов.

Ординарная *сеть Петри* [1] это набор $N = \{P, T, F, W, M_0\}$, где (P, T, F) — конечная сеть (где $T = \{t_1, t_2, \dots, t_n\}$ — подмножество вершин, называемых переходами, $P = \{p_1, p_2, \dots, p_m\}$ — подмножество вершин, называемых местами, множество $X = P \cup T$ конечно), а $W: F \rightarrow \mathbb{N} \setminus \{0\}$ и $M_0: P \rightarrow \mathbb{N}$ — две функции, называемые соответственно *кратностью дуг* и *начальной разметкой*.

Данный вид сетей Петри позволяет моделировать динамическое поведение простых протоколов с пакетами однородного вида.

Цветные сети Петри (Color Petri Net - CPN) — $N=(P, T, Pre, Post, C, cd)$, где C — множество цветов, $cd: P \cup T \rightarrow C$ — отображение этого множества и другие виды высокоуровневых сетей Петри [4,5,6] позволяют моделировать динамическое поведение протоколов с разнородными пакетами и осуществлять проверку у моделей основных свойств. Пример сети приведен на рисунке 2. Он отражает только процесс передачи запроса от системы до таксофона с получением подтверждения и служит отправной точкой для дальнейшего синтеза.

Для построения моделей и анализа имеется богатый выбор инструментов. Ярким примером служит пакет "CPN Tools" — инст-

румент моделирования и анализа цветных сетей Петри [2]. Один из вариантов модели протокола связи таксофона и системы, реализованной в данном пакете приведен на рисунке 3.

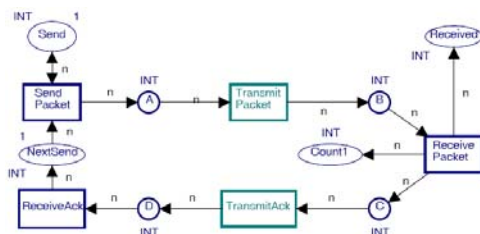


Рисунок 2 – Модель простого протокола

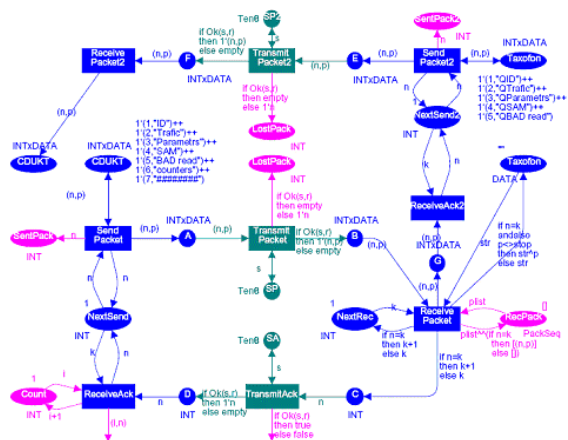


Рисунок 3 – Обобщенная модель протокола СКУТ

Для моделирования структуры и поведения протоколов применяют иерархические высокоуровневые сети Петри, например, иерархические CPN [4,5].

Временные и стохастические сети Петри применяют для оценки производительности протоколов [3,6].

Список литературы

1. Петерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем / Дж. Петерсон. — М.: Мир, 1984.
2. Воевода А.А., Саркенов Д.О. Моделирование протокола связи таксофона и Центра дистанционного управления карточными таксофонами (ЦДУКТ) при помощи сетей Петри // Сб. науч. тр. НГТУ. — 2004. — № 2 (36). — С. 3-8.
3. Воевода А.А., Саркенов Д.О., Хассоунех В. Моделирование протоколов с учетом времени на цветных сетях Петри // Сб. науч. тр. НГТУ. — 2004. — № 3 (37). — С. 133-136.
4. Саркенов Д.О. Сети Петри: графы состояний // Сб. науч. тр. НГТУ. — 2005. — №1(39). — С.159-160.
5. Воевода А.А., Саркенов Д.О. Сети Петри: симметричные графы состояний // Сб. науч. тр. НГТУ. — 2005. — №3 (41). — С. 133-137.
6. Girault, C., Valk, R. Petri Nets for Systems Engineering: a Guide to Modeling, Verification, and Applications, Springer-Verlag, 2002. — 607 p.