

# МОДИФИКАЦИЯ, МОДЕЛИРОВАНИЕ, АНАЛИЗ И ВЕРИФИКАЦИЯ ПРОТОКОЛА СЕМЕЙСТВА WIRELESS ACCESS PROTOCOL

**М.М. Алексеева, Е.А. Дашкова, Д.Ю. Чалый**

*Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова*

E-mail: marya\_87@mail.ru

## **Аннотация**

Важность сетей передачи данных и мультимедиа информации невозможно переоценить сегодня, в начале информационной эпохи развития человечества. Системы сбора, обработки и распределения информации являются важнейшей точкой приложения научного знания. Наиболее актуальной задачей в коммуникации стала спецификация и верификация коммуникационных протоколов, а также повышение их эффективности. В связи с развитием мобильных систем беспроводные сети передачи данных пользуются спросом.

Благодаря развитию технологий беспроводной передачи данных разработчики аппаратного и программного обеспечения предлагают широкий спектр новых сервисов, например, мобильный интернет. Нововведения должны быть полезными, удобными, гибкими в использовании, быстрыми, предоставляющие безопасность и с минимальным количеством ошибок при исполнении.

Одной из технологий, обеспечивающих доступ к мобильному интернету, является стек протокола WAP. Аббревиатура WAP расшифровывается как Wireless Application Protocol, т.е. протокол беспроводного приложения, или Wireless Access Protocol – протокол беспроводного доступа. Второй вариант точнее отражает сущность технологии WAP, назначение которой – обеспечить доступ к информации, находящейся непосредственно в Интернете.

Авторы предлагают модификацию транспортного уровня протокола WAP (Wireless Transaction Protocol – WTP), улучшение алгоритма управления потоком. Работа включает в себя новые идеи разработки и совершенствования WAP, как одной из важных технологий. Мы используем симулятор сети NS2, который предоставляет возможность построения сетевых протоколов и моделирования их поведения.

## **I. Введение**

В начале 21-го века компьютерные сети стали важнейшим средством общения. Беспроводные сети являются одним из самых популярных методов общения, распространяясь по всему миру и помогая людям общаться. Существует несколько протоколов, которые обеспечивают доступ к беспроводному интернету. Одним из наиболее популярных протоколов является протокол WAP (Wireless Access Protocol) [6]. Наиболее точное определение технологии WAP – обеспечить доступ к информации из интернета для мобильных устройств, имеющих следующие характеристики:

- небольшой объем памяти устройств;
- небольшой размер экрана телефона, а также ограниченные условия ввода;
- низкая скорость работы процессора;
- низкая пропускная способность канала связи;
- возможность появления продолжительных таймаутов.

WAP был разработан для решения этих проблем, в этом состоит его основное отличие от HTTP и TCP/IP. Заметим, что пользователь не использует дополнительные устройства, такие как модем. WAP – это протокол, который описывает, каким образом информация из интернета отображается на небольшом экране мобильного телефона.

Стек протокола WAP содержит несколько уровней. Согласно модели OSI (Open Systems Interconnection) [8] WAP содержит шесть уровней: уровень приложений (Application Layer), сеансовый уровень (Session Layer), уровень транзакций (Transaction Layer), уровень безопасности (Secure Layer), транспортный уровень (Wireless Transaction Protocol) и физический уровень (Beagers). Каждый уровень предназначен для выполнения строго определенных функций. В данной работе мы ориентируемся на транспортный уровень, модифицируя алгоритм управления потоком в WAP с использованием идей, лежащих в основе алгоритма ARTCP [1]. Этот протокол предлагает новый метод управления потоком на основе управления скоростью передачи сегментов в сеть.

Протокол ARTCP (Adaptive Rate Transmission Control Protocol) заимствует некоторые механизмы протокола TCP, который является основным транспортным протоколом интернета. Протокол ARTCP отличается от стандартного TCP тем, что сегменты отправляются в сеть не в виде всплеска в пределах окна, а разделенные временными промежутками, длительность которых определяется текущим значением скорости. Скорость потока регулируется не размером переменного окна, а значением скорости, изменением которой осуществляется адаптация алгоритма в соответствии с условиями сети.

Проверка свойств нового алгоритма производится с помощью симулятора сети. Существует два подхода к моделированию: аналитический подход и симуляционный. Сейчас идет заключительная стадия построения модели модифицированного протокола WTP с использованием NS2, который дает возможность построения сетевых протоколов и моделирования их поведения.

## II. Основная часть

### A. Системное моделирование. NS2

Симуляция широко используется в моделировании систем для приложений, начиная от инженерных исследований, бизнес-анализа, планирования производства и научных экспериментов в области биологии [5].

При построении подобной модели сети связи могут использоваться как статические, так и динамические модели. При этом под статическими понимаются модели, используемые для исследования состояния сети в заданные моменты времени, например, аналитические методы расчета из теории массового обслуживания, а под динамическими – дискретные стохастические модели, например, процессы генерации заявок или процессы их обслуживания. Сегодня для решения задач имитационного моделирования сетей связи существует достаточно широкий спектр программных средств: от библиотек функций для стандартных компиляторов до специализированных языков программирования [7].

Имеется некоторое множество примеров, которые показывают, что различные показатели производительности можно снимать с модели в терминах раскрашенных сетей Петри. CPN/Tools – это инструмент, который позволяет визуальное редактировать, выполнять и анализировать раскрашенные сети Петри (CPN – Colored Petri Nets). Однако в CPN/Tools используются не классические раскрашенные сети Петри – добавлено время и используется встроенный язык программирования CPN ML (на основе Standard ML). Поэтому, на наш взгляд, наиболее перспективным специализированным пакетом для исследования различных характеристик производительности протоколов является пакет Network Simulator. NS2 позволяет строить модели коммуникационных протоколов практически любой сложности, построено ряд моделей протоколов, созданных непосредственными разработчиками протоколов, что говорит о высоком уровне моделей, построенных с помощью данного симулятора [2].

Симулятор сети Network Simulator (версия 2), широко известный как NS2, является событийно-управляемым инструментом моделирования, весьма полезным при изучении динамического характера коммуникационных сетей. NS2 предоставляет пользователям способ задания таких сетевых протоколов и моделирования их поведения.

NS2 позволяет создавать различные виды трафика: от простейших, подчиняющихся пуассоновскому закону, до самоподобных. Несомненным достоинством данного симулятора для случая беспроводной сети является его возможность при помощи *генератора сценариев* определить передвижение узлов. Также стоит отметить встроенную возможность анимации результатов проведения различных сценариев. Полная и упрощенная версии NS2 содержат средство анимации результатов моделирования nam (Network Animator) реализованное на Tcl/Tk, и только полная версия NS2 содержит программное средство Xgraph, позволяющее графически отображать результаты моделирования. Что существенно упрощает работу по визуализации результатов (не требуется установка дополнительных программных приложений специально для обеспечения наглядности работы).

Работа в NS2 предполагает два этапа. Первым шагом является построение модели с использованием программирования на C++, и 2-й шаг – использование TCL для анализа модели и моделирования условий работы сети, что позволяет нам включить программный код на C++ в среду NS2 (рис. 1) [3].

Мы считаем, что NS2 - наиболее удобное средство для моделирования протоколов и поведения сети.

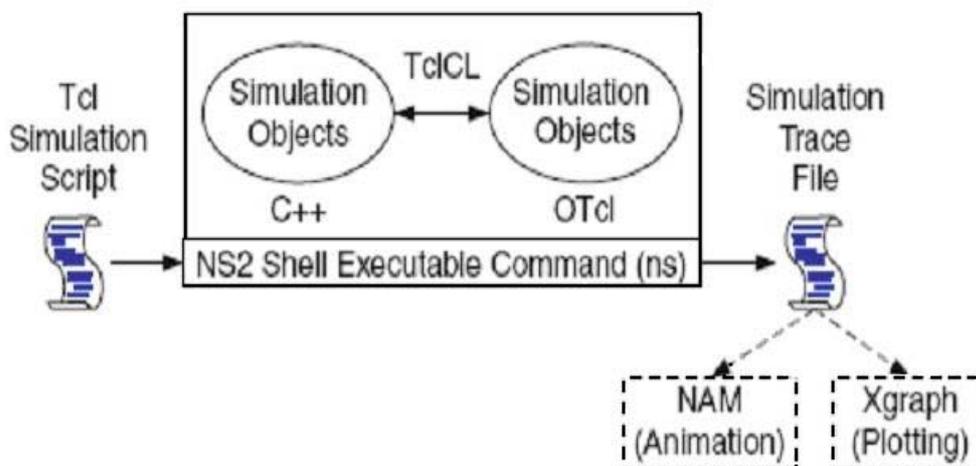


Рис. 1. Архитектура NS2

### B. WTP

Уровень WTP (Wireless Transaction Protocol) стека протокола WAP отвечает за надежную доставку сообщений. Maximum Transfer Unit (MTU) – максимальный размер пакета в сети. Если имеется сообщение большего размера, чем MTU, тогда WTP фрагментирует это сообщение. Существует три класса работы по этому протоколу. В данной работе мы ориентируемся только на второй класс операций (class-2) для Wireless Transaction Protocol [5]. Управление потоком в случаях фрагментированных сообщений осуществляется отправкой фрагментов в группах. В каждой группе пакетов требуется только одно подтверждение для группы.

Последний пакет каждой группы содержит специальный флаг. Этот флаг указывает на конец группы и получатель знает, когда нужно отправить подтверждение. Размер каждой группы зависит от характеристик связи и памяти устройства. Необходимо избегать дополнительной отправки пакетов и потери данных. Получатель отправляет «негативное» подтверждение (NAK), если конечный пакет группы получен, в то время как промежуточные пакеты отсутствуют. Эта операция повторяется до тех пор, пока вся группа не будет получена и не отправится «позитивное» подтверждение (ACK). Если время ожидания подтверждения истекло, только последний пакет группы посылается повторно, и отправитель знает, какие пакеты были утрачены. Wireless Transaction Protocol пытается свести к минимуму количество ненужных повторов передачи пакетов [4].

### С. Модель протокола

Расширенная сегментация и сборка протокола WTP используют как алгоритм скользящего окна, так и механизм stop and wait [6]. Идеи алгоритмов скользящего окна и stop and wait являются стандартными решениями для транспортных протоколов, но возможно улучшение стандартов или разработка более эффективных аналогов. Алгоритм управления потоком протокола ARTCP использует схему скользящего окна наряду с оригинальным механизмом ARTCP. Основным достоинством алгоритма ARTCP является то, что он не интерпретирует потерю данных только как перегрузку сети и тем самым позволяет избежать нежелательного снижения эффективности работы сети.

В модели основной акцент делается на три параметра, которые мы будем увеличивать или уменьшать в зависимости от работы сети. Пусть  $t_s$  – это временной интервал между последовательно отправляемыми пакетами одной группы, которые отправляются от отправителя (sender) к получателю (receiver);  $t_r$  – интервал между последовательно принимаемыми пакетами одной группы, которые принимаются получателем:

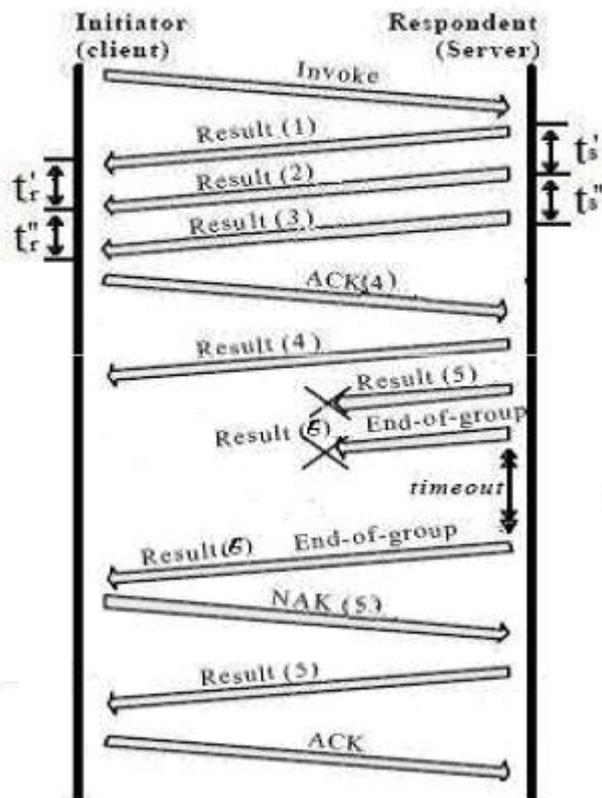
$$t_r = t_{r-1} * \alpha + (1 - \alpha) * t', \text{ где } \alpha = 1 / (A_{mp} - 1),$$

$t' = (now - t_{r1})$ ,  $now$  – текущий момент времени,  $t_{r1}$  – время прибытия последнего пакета;  $A_{mp}$  – число пакетов в группе. В модели имеется два типа подтверждений: «позитивное» (ACK) и «негативное» (NAK) (рис. 2). Когда получатель отправляет подтверждение, он передает  $t_r$  с помощью этого подтверждения. Отправитель вычисляет отношение  $t_s/t_r$ . В зависимости от результата этого отношения имеется несколько ситуаций для анализа и дальнейших действий. Первая ситуация  $t_s/t_r = 1$  отражает идеальные условия сети. Вторая ситуация  $0.85 < t_s/t_r < 1$ . Все параметры могут быть модифицированы увеличением  $A_{mp}$ , уменьшением  $t_s$  и таймаута:

$A_{mp} = 2 * A_{mp}$  (экспоненциально увеличиваем  $A_{mp}$ );

$t_s = t_s / 2$  (экспоненциально уменьшаем  $t_s$ );

timeout = timeout / 2 (экспоненциально уменьшаем таймаут);



## Рис. 2. Схема работы

Мы заключаем, что если  $0,70 < t_s/t_r < 0,85$ , то не имеется достаточно данных, чтобы принять решение, как изменить параметры (условия сети соответствуют установленным параметрам). Четвертая ситуация  $t_s/t_r < 0,70$  – сеть переполнена, все параметры могут быть модифицированы уменьшением  $A_{mp}$ , увеличением  $t_s$  и таймаута:

$$A_{mp} = A_{mp}/2 \text{ (экспоненциально уменьшаем } A_{mp}\text{);}$$
$$t_s = 2 * t_s \text{ (экспоненциально увеличиваем } t_s\text{);}$$
$$\text{timeout} = 2 * \text{timeout} \text{ (экспоненциально увеличиваем таймаут);}$$

### III. Заключение

Экономическая выгода от повышения эффективности коммуникационных протоколов, таких как WAP, может оказаться очень существенной, особенно с учетом дальнейшего роста и развития коммуникационных систем. WAP в том виде, в котором он существует сейчас, требует серьезного усовершенствования. Нами разработан новый метод управления потоком, основанный на управлении скоростью передачи сегментов в сеть, количеством одновременно отправляемой информации и временем ожидания ответа от получателя.

Авторы пришли к выводу, что алгоритмы управления потоками данных используют недостаточное количество характеристик сети и поэтому сталкиваются с одними и теми же ошибками: перегрузка в сети, последующая потеря или искажение данных. Выдвинута идея анализа дополнительных характеристик сети с последующим ее улучшением в зависимости от полученных данных.

Проводя анализ транспортного уровня (Wireless Transaction Protocol – WTP) протокола WAP, можно сделать вывод, что механизм управления потоком можно сделать гибче, адаптируя к изменяющимся условиям беспроводной среды. Беспроводные каналы характеризуются высоким уровнем ошибок и узкой полосой пропускания канала, поэтому часто происходят перегрузки в сети (вследствие увеличения ожидания ответа от получателя или потери данных). Изучены слабые стороны механизма управления потоком нескольких протоколов, также внесены изменения в структуру передаваемых пакетов, добавлена дополнительная информация в заголовок пакета, внесены изменения в число ключевых функций протокола, которые отвечают за отправку и получение пакетов и установку таймаутов. В будущем планируется создание протокола на основе проанализированной и верифицированной модели.

### Благодарности

Статья подготовлена в рамках участия авторов в семинаре Finnish – Russian University Cooperation in Telecommunications Program (FRUCT). Авторы благодарят декана факультета информатики и вычислительной техники Ярославского государственного университета им. П.Г. Демидова П.Г. Парфенова за интерес и поддержку данного проекта и научного руководителя центра «Центр инновационного программирования» профессора В.А. Соколова за ценные советы.

### Литература

1. И.В. Алексеев, В.А. Соколов, Д.Ю. Чалый “Моделирование и анализ транспортных протоколов в информационных сетях”, Ярославский государственный университет, 2004.
2. В.А. Соколов, Д.Ю. Чалый, “Методы исследования поведения транспортных протоколов в условиях интенсивного сетевого трафика”, Распределенные информ.-вычисл. ресурсы и мат. моделирование, МКВМ-2004, С.129.
3. Т. Issariyakul, E. Hossain, “Introduction to Network Simulator NS2”, DOI: 10.1007/978-0-387-71760-9 1, Springer Science + Business Media, LLC 2009, p.20-23.
4. С. Ladas, R. M. Edwards AMIEE, G. Manson “WAP performance on an end-to-end scheme”, The Centre for Mobile Communications Research (C4MCR), The University of Sheffield.
5. <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>.
6. <http://www.openmobilealliance.org/Technical/wapindex.aspx> – WAP specification.
7. Е.А. Кучерявый “NS-2 как универсальное средство имитационного моделирования сетей связи”, Tampere University of Technology, Telecommunications Laboratory, Tampere, Finland.
8. Э. Таненбаум “Компьютерные сети”, – СПб., Питер, 2003. – 992 с.
9. Aust Stefan, Nikolaus A. Fikouras, Görg Carmelita “Enabling Mobile WAP Gateways using Mobile IP”, Department of Communication Networks (ComNets), Center for Information and Communication Technology (IKOM) University of Bremen, Germany.
10. Moon Il-Young “Performance Analysis of WAP Packet Transmission Time and Optimal Packet Size in Wireless Network”, School of Internet Media Engineering, Korea University of Technology and Education, Republic of Korea. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2006.
11. <http://nile.wpi.edu/NS/>.