

Санкт-Петербургский государственный университет

Кафедра системного программирования

Группа 23.Б10-мм

Воспроизведение результатов работы по сравнению сетевых стеков в части lwIP

Камендов Максим Александрович

Отчёт по учебной практике
в форме «Эксперимент»

Научный руководитель:
старший преподаватель кафедры ИАС Смирнов К. К

Санкт-Петербург
2024

Оглавление

Введение	3
1. Постановка задачи	4
2. Обзор	5
2.1. Использование памяти	5
2.2. Пропускная способность	7
Список литературы	13

Введение

Сети во встраиваемых системах играют ключевую роль, позволяя этим устройствам взаимодействовать между собой и с внешними сетями. Эта способность становится особенно актуальной в контексте IoT (Internet of Things), где необходим обмен данными с устройством, передача ему новых команд и взаимодействие устройства с другими системами.

Учитывая, что ресурсы встраиваемых систем чаще всего очень ограничены, их сетевые стеки, как и любое другое программное обеспечение, должны быть максимально легковесными. Существует множество различных реализаций сетевых стеков для устройств с ограниченными ресурсами, однако точных сравнений, на которые разработчики могли бы опираться при выборе стека для проекта, крайне мало. В основном поисковые системы выдают ссылки на форумы, где пользователи просто делятся своими мнениями без должной аргументации. Тем не менее, недавно была опубликована статья [1], в которой сравниваются два из самых популярных стеков — LwIP и Zephyr TCP/IP, и которая, согласно заявлениям автора, заполняет этот пробел в литературе.

Цель данной работы — оценить воспроизводимость результатов той статьи

1. Постановка задачи

1. Изучить статью и сделать обзор части, описывающей сравнения
2. Используя описанную в статье методологию, провести эксперименты на разных платах
3. Сравнить полученные результаты с предоставленными автором

2. Обзор

В ходе исследования автор экспериментально сравнивает стеки по следующим параметрам: размер секций объектных файлов и пропускная способность TCP и UDP

2.1. Использование памяти

Были произведены замеры секций объектных файлов LwIP и Zephyr TCP/IP.

2.1.1. Окружение и инструменты

- Целевая архитектура - i.MX RT1170 - M7 core
- Версии SDK - NXP - 2.14.0 и Zephyr - 3.5.99
- Конфигурация сборки - Release
- ПО - Windows 11, MCUXpresso VS Code
- Компилятор - GNU GCC 12.0.0
- Инструмент для измерений - системная утилита size

2.1.2. Результаты

Таблица 1: Использование памяти в LwIP, портированном на FreeRTOS

Conf. scenario	.text[B]	.data[B]	.bss[B]	Total[B]
1.	89 498	12	77 428	166 938
2.	66 339	12	77 428	143 779
3.	144 437	25	80 786	225 248
4.	97 644	25	80 786	178 455

Таблица 2: Использование памяти в Zephyr TCP/IP

Conf. scenario	.text[B]	.data[B]	.bss[B]	Total[B]
1.	100 181	523	97919	198 623
2.	75 359	523	97919	173 801
3.	159 151	2 079	100 100	261 330
4.	113 542	2 079	100 100	215 721

2.2. Пропускная способность

2.2.1. Окружение и инструменты

Окружение, в котором проводились все эксперименты по измерению пропускной способности:

- Плата - i.MX RT1170 - M7 core
- Ethernet - 10/100M
- Версии SDK - NXP - 2.14.0 и Zephyr - 3.5.99
- Конфигурация сборки - Release
- ПО - Windows 11, MCUXpresso VS Code
- Компилятор - GNU GCC 12.0.0
- Оптимизация компилятора - Os
- Ethernet кабель - CAT6E

Хост, который производил измерения:

- Lenovo Y530-15ICH - Windows 10
- Сетевая карта - Realtek PCIe GBE

Инструменты:

1. iPerf - кроссплатформенный и широко используемый инструмент для измерения и тестирования производительности сети.

Для оценки производительности сети он использовался со следующими параметрами:

- s - запуск в режиме сервера
- c - запуск в режиме клиента
- u - использовать UDP вместо TCP
- V - включить IPv6

- В - привязка к хосту
 - р - настройка порта
 - b - настройка скорости передачи данных (битрейта)
 - t - продолжительность теста
2. Zperf - утилита, которая позволяет генерировать сетевой трафик в Zephyr. Может использоваться для оценки пропускной способности сети. Поддерживаются протоколы TCP и UDP. Совместима с iPerf 2.0.5. Для проведения экспериментов она была портирована под LwIP автором статьи, однако, ссылки на него нигде не нашлось.

2.2.2. Конфигурация

Были включены только те функции и протоколы, которые непосредственно нужны для проведения эксперимента, то есть IPv4, IPv6, ICMPv4, ICMPv6, UDP и TCP. Также были использованы следующие настройки:

- Количество TX буферов Ethernet драйвера - 3
- Количество RX буферов Ethernet драйвера - 6
- Количество TX/RX буферов сетевых стеков - 28
- Размер TCP RWIN/SWIN - 11680 байтов
- Размер сетевого буфера - 1500 байтов

2.2.3. Методика

Проводились следующие тесты:

1. TCP, скорость загрузки - плата работает как сервер и слушает хост
 - Zperf - zperf tcp download <port>

- iPerf - iperf -V -c <IP address> -p <port> -t 60
 - IPv4 и IPv6
2. TCP, скорость выгрузки - хост работает как сервер и слушает плату
- Zperf - zperf tcp upload <IPaddress> <port> 60 1K
 - iPerf - iperf -s -V -B <IP address> 60
 - IPv4 и IPv6
3. UDP, скорость загрузки - плата работает как сервер и слушает хост
- Zperf - zperf udp download <port>
 - iPerf - iperf -u -V -c <IP address> -p <port> -t 60 -b 100m
 - IPv4 и IPv6
4. UDP, скорость выгрузки - хост работает как сервер и слушает плату
- Zperf - zperf udp upload <IPaddress> <port> 60 1K 100M
 - iPerf - iperf -s -u -V -B <IP address> 60
 - IPv4 и IPv6
5. TCP, дуплекс - плата работает и как сервер, и как клиент одновременно Те же самые, что для предыдущих тестов с TCP
6. UDP, дуплекс - плата работает и как сервер, и как клиент одновременно Те же самые, что для предыдущих тестов с UDP

Каждый тест проводился десять раз в одинаковых условиях. В качестве финального результата предоставлены усреднённые значения, округленные до двух цифр после запятой.

2.2.4. Результаты

Таблица 3: Измерение пропускной способности

[Mbps]	lwIP	lwIP	Zephyr	Zephyr
Test scenario	IPv6	IPv4	IPv6	IPv4
1. TCP Download	34.42	31.45	12.96	12.01
2. TCP Upload	61.68	59.71	17.56	15.75
3. UDP Download	68.82	58.29	28.21	32.62
4. UDP Upload	60.09	68.12	18.68	25.25

Таблица 4: Измерение пропускной способности (полный дуплекс)

[Mbps]	lwIP	lwIP	Zephyr	Zephyr
Test scenario	IPv6	IPv4	IPv6	IPv4
1. TCP Download	30.85	27.54	12.15	11.69
2. TCP Upload	7.15	13.59	0.52	0.33
3. UDP Download	59.21	38.21	20.37	28.88
4. UDP Upload	5.99	6.12	2.03	1.25

Таблица 5: Измерение пропускной способности, оптимизация: -O3

[Mbps]	lwIP	lwIP	Zephyr	Zephyr
Test scenario	IPv6	IPv4	IPv6	IPv4
1. TCP Download	39.63	45.52	15.14	15.29
2. TCP Upload	68.78	89.85	26.25	30.41
3. UDP Download	76.59	78.74	34.82	41.25
4. UDP Upload	87.41	89.85	26.25	30.41

Таблица 6: Измерение пропускной способности (полный дуплекс), оптимизация: -O3

[Mbps]	lwIP	lwIP	Zephyr	Zephyr
Test scenario	IPv6	IPv4	IPv6	IPv4
1. TCP Download	33.37	35.12	12.15	11.69
2. TCP Upload	14.85	12.95	2.32	2.95
3. UDP Download	76.33	72.96	39.02	32.56
4. UDP Upload	22.06	17.51	6.07	4.41

Таблица 7: Измерение пропускной способности, оптимизация: -O3 + использование ITCM (Instruction Tightly Coupled Memory)

[Mbps]	lwIP	lwIP	Zephyr	Zephyr
Test scenario	IPv6	IPv4	IPv6	IPv4
1. TCP Download	56.59	57.22	68.14	71.85
2. TCP Upload	87.51	89.96	67.41	72.37
3. UDP Download	76.42	78.87	76.69	78.55
4. UDP Upload	87.11	89.59	64.22	52.31

Таблица 8: Измерение пропускной способности (полный дуплекс), оптимизация: -O3 + использование ITCM (Instruction Tightly Coupled Memory)

[Mbps]	lwIP	lwIP	Zephyr	Zephyr
Test scenario	IPv6	IPv4	IPv6	IPv4
1. TCP Download	47.59	49.16	56.62	55.75
2. TCP Upload	70.01	68.96	43.06	40.09
3. UDP Download	76.73	78.38	76.45	79.54
4. UDP Upload	85.94	89.56	40.35	52.36

Затем конфигурация была изменена на следующую:

- Количество TX буферов Ethernet драйвера - 6
- Количество RX буферов Ethernet драйвера - 12
- Размер TX/RX буферов сетевых стеков - 80
- Размер TCP RWIN/SWIN - 22440 байтов
- Размер сетевого буфера - 1500 байтов

Таблица 9: Измерение пропускной способности, оптимизация: изменение конфигурации

[Mbps]	lwIP	lwIP	Zephyr	Zephyr
Test scenario	IPv6	IPv4	IPv6	IPv4
1. TCP Download	37.59	39.16	15.62	17.75
2. TCP Upload	63.86	61.71	18.56	16.99
3. UDP Download	69.92	64.29	29.78	33.22
4. UDP Upload	61.59	68.96	19.82	26.29

Таблица 10: Измерение пропускной способности (полный дуплекс), оптимизация: изменение конфигурации

[Mbps]	lwIP	lwIP	Zephyr	Zephyr
Test scenario	IPv6	IPv4	IPv6	IPv4
1. TCP Download	36.15	38.11	15.15	16.99
2. TCP Upload	9.56	16.19	1.26	1.72
3. UDP Download	59.91	41.88	22.11	29.48
4. UDP Upload	6.89	7.26	4.13	3.10

Список литературы

- [1] Šintaj Oliver. TCP/IP stacks comparison on NXP MCU processors. — URL: https://is.muni.cz/th/p6jl9/tcp_ip_stacks_comparsion_thesis.pdf (дата обращения: 18 ноября 2024 г.).