

УДК 629.45-592::621.313.12 .001.5:001.891.5

ТЕСТУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ОПЕРАЦІЙНИХ СИСТЕМ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ ДЛЯ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ І ОБРОБКИ ЗОБРАЖЕНЬ НА ОДНОПЛАТНИХ КОМП'ЮТЕРАХ

Болтов Є.В., Сіряк Р.В., Щербаків Є.В., Лифар О.К.

TESTING REAL-TIME OPERATING SYSTEMS PERFORMANCE FOR COMPUTER VISION AND IMAGE PROCESSING ON SINGLE-BOARD COMPUTERS

Boltov E.V., Siryak R.V., Shcherbakov E.V., Lyfar O.K.

У статті розглянуто питання доцільності використання операційних систем реального часу на одноплатних комп'ютерах, зокрема задля підвищення ефективності систем комп'ютерного зору. Виконано компаративний аналіз систем реального часу (патчів ядра Linux) на основі циклічного тесту та швидкодії розпізнавання зображення підготовленою нейромережею.

Ключові слова: RT, PREEMPT_RT, Xenomai, Linux, Raspberry PI, OpenCV.

Вступ. Одноплатні комп'ютери набирають дедалі більшу популярність за рахунок своїх розмірів, в результаті чого, вони отримали широке застосування в робототехніці. Але за маленький форм фактор доводиться платити слабкими технічними характеристиками. Однією з важливих задач, яку вирішує робототехніка є задача розпізнавання. Ця задача потребує достатньо великих чисельних потужностей, тому для її вирішення в одноплатному комп'ютері слід використовувати весь можливий потенціал. На сьогоднішній день існують різноманітні засоби покращення продуктивності комп'ютера для тієї чи іншої задачі. Одним із можливих рішень є використання систем реального часу, в яких дотримання певних часових меж дуже важливе, але, наряду з тим, може знизитись загальна продуктивність системи. Таким чином, перед розробником постає питання у доцільності використання RT (Real-Time) систем для вирішення своїх задач, а у даному випадку - задачі по розпізнаванню зображень.

Мета статті. Дослідити доцільність використання операційних систем реального часу на одноплатному комп'ютері для вирішення задачі розпізнавання зображень.

У якості об'єктів дослідження обрано найбільш популярні RT системи для ОС Linux, а саме патч ядра PREEMPT_RT та фреймворк Xenomai (також с патчем ядра)[2]. Також, для порівняння, присутні результати швидкодії стандартного ядра.

Досягнення поставленої в роботі мети потребує вирішення наступних задач:

1) тестування та оцінка затримки RT систем задля покращення ефективності розпізнавання при циклічній (постійній) роботі;

2) оцінка якості та швидкості класифікації.

Вихідні дані. Для оцінки якості та швидкості розпізнавання були підготовлені два випадкові зображення (кольорові) з відкритою ліцензією на використання (рис. 1). Зображення мають формат «jpg» і роздільну здатність «5000x2909» та «4256x2832» відповідно.



Рис. 1. Досліджувані зразки

План проведення експерименту містить наступні кроки:

1) Підготовка образу Linux зі стандартним ядром;

2) Підготовка образів з патчем PREEMPT_RT та Xenomai;

3) Компіляція та налаштування бібліотеки OpenCV та підготовленої нейромережі глибинного навчання GoogLeNet;

4) Тестування циклічних затримок за допомогою утиліти `cyclictest`;

5) Тестування швидкості класифікації дослідних зразків (зображень) за допомогою `OpenCV` та `GoogLeNet`.

Усі дослідження проводилися на одноплатному комп'ютері *Raspberry PI 2 model B*, з технічними характеристиками, наведеними в табл. 1.

Таблиця 1

Технічні характеристики *Raspberry PI 2 model B*

Тип процесора	Vcm2836 4-х ядерний Cortex-A7
Частота процесора	900 мгц
Оперативна пам'ять	1 Гб
Графічний процесор	2-х ядерний Videocore IV

На момент написання статті остання офіційна версія ядра Linux для *Raspberry* була 4.14, тому всі наступні дослідження проводяться саме на цій версії ядра[1].

Результати тестування затримок RT систем.

Для тестування була використана утиліта `Cyclictest` із набору `RT-Tests` [3]. Це один з найбільш часто використовуваних інструментів для оцінки відносної продуктивності RT систем. `Cyclictest` точно і неодноразово вимірює різницю між призначеним часом пробудження потоку і часом, в який він дійсно прокидається, щоб надавати статистику про затримки системи. Він може вимірювати затримки в системах реального часу, викликаних апаратним забезпеченням, прошивкою і операційною системою. Щоб виміряти затримки, `Cyclictest` запускає основний потік не в реальному часі (клас планування `SCHED_OTHER`), після чого основний потік запускає певну кількість вимірювальних потоків з певним пріоритетом в реальному часі (клас планування `SCHED_FIFO`). Вимірювані потоки періодично пробуджуються з певним інтервалом за допомогою таймера із закінченням терміну дії (циклічний сигнал). Згодом, різниця між запрограмованим і ефективним часом пробудження обчислюється і передається головному потоку через пам'ять, що розділяється. Головний потік відстежує значення затримки і друкує мінімальні, максимальні і середні затримки.

Команда для тестування має наступний вид:

```
cyclictest -l1000000 -m --policy=fifo -Sp99 -i250 -h500, де
```

- l — Кількість циклів
- m — Блокування сторінок пам'яті процесу
- policy — Політика реального часу
- p — Пріоритет реального часу
- i — Інтервал в мікросекундах
- h — Максимальний час для відстеження в мікросекундах (використовується для отримання даних гістограми)

Результати затримки стандартного ядра (4.14.74-v7+) наведені на рис. 2.

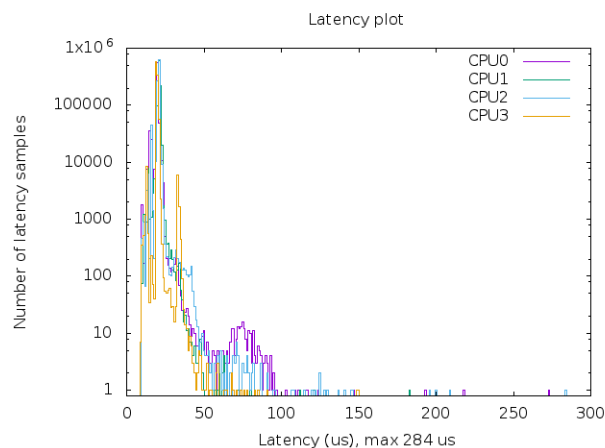
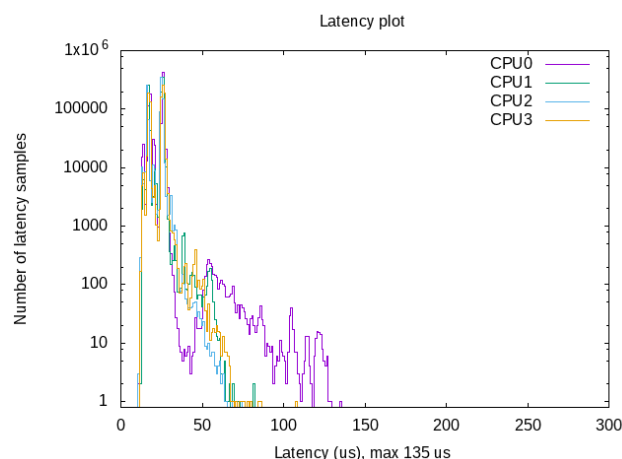
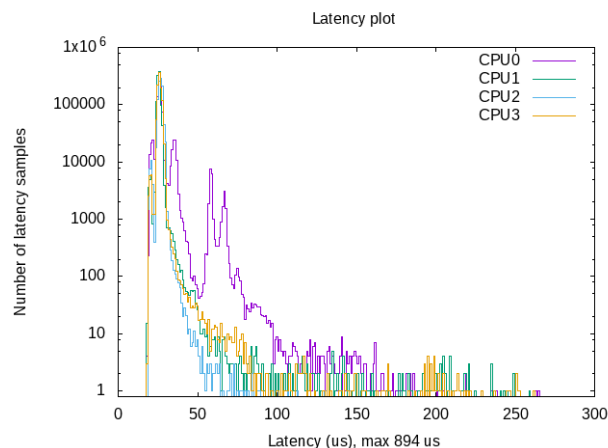


Рис. 2. Гістограма затримки стандартного ядра Linux

Результати затримки ядра с патчем `PREEMPT_RT` (4.14.74-rt44-v7+) наведені на рис. 3.

Рис. 3. Гістограма затримки ядра с патчем `PREEMPT_RT`

Результати затримки ядра с патчем `Xenomai` (4.14.37-v7+) наведені на рис. 4.

Рис. 4. Гістограма затримки ядра с патчем `Xenomai`

Результати тестування швидкості розпізнавання зображень.

Для дослідження швидкості розпізнавання (класифікації) використана бібліотека OpenCV, яка дозволяє використовувати попередньо підготовлені нейромережі з популярними системами глибокого навчання [4].

Результати швидкості розпізнавання, а також якість класифікації (носить демонстративний характер) на різних системах наведені у табл. 2, 3.

Таблиця 2

Результати першого зразка

Стандартне ядро	PREEMPT_RT	Xenomai
1.2992 сек	1.1953 сек	1.2734 сек
1. label	castle, probability: 0.89271	
2. label	cliff, probability: 0.049932	
3. label	breakwater, probability: 0.0084649	
4. label	promontory, probability: 0.0063658	
5. label	lakeside, probability: 0.0043311	

Таблиця 3

Результати другого зразка

Стандартне ядро	PREEMPT_RT	Xenomai
1.2949 сек	1.1868 сек	1.3001 сек
1. label	white wolf, probability: 0.6342	
2. label	Arctic fox, probability: 0.32954	
3. label	timber wolf, probability: 0.026111	
4. label	kuvasz, probability: 0.0076301	
5. label	ice bear, probability: 0.0015258	

Як видно з таблиць, RT системи мають незначний вплив на швидкість класифікації, а якість класифікації при цьому остається майже незмінною.

Висновок. В результаті дослідження можна побачити, що RT системи майже не вплинули на швидкість розпізнавання зображень. Незначні коливання продуктивності зумовлені особливістю патчів ядра та витісненням другорядних процесів, але, зазвичай, у робототехніці система не обмежується лише статичним розпізнаванням, а використовується для циклічної роботи. Судячи з гістограм, системи реального часу мають низькі затримки циклічного виконання, що говорить про достатній рівень планування ресурсів, тому ці системи можна використовувати в завантажених циклічних процесах, в тому числі, і в циклічному розпізнаванні зображень. Затримка ядра з використанням фреймворку Xenomai вийшла не така добра, як очікувалось, можливо це пов'язано з

конфігурацію ядра, або дефектом у процесі тестування. Таким чином, для підвищення циклічної точності виконання задачі розпізнавання на одноплатних комп'ютерах можна порекомендувати використання патча PREEMPT_RT, який має найнижчий показник циклічної затримки та дає незначну перевагу у швидкодії розпізнавання.

Щодо результатів якості класифікації, можна вважати, що бібліотека OpenCV та підготовлена нейромережа впорались відмінно. На першому зразку нейромережа дійсно знайшла замок (ймовірність 89%) та скелю (4%), а на другому білих вовків (63%).

Література

1. Raspberry PI official site. – Електронний ресурс. Режим доступу www.raspberrypi.org/downloads/raspbian/ (23.10.2018 р.)
2. Abbott D. Linux for Embedded and Real-time Applications 4th Edition / D. Abbott, 2017 – 304 p.
3. Linux Foundation Wiki. – Електронний ресурс. Режим доступу www.linuxfoundation.org/realtime/start (20.10.2018 р.)
4. Pajankar A. Raspberry Pi Computer Vision Programming / A. Pajankar, 2015 – 168 p.
5. Love R. Linux kernel. Description of the development process / R. Love, 2013 – 496 p.
6. Xenomai Wiki. – Електронний ресурс. Режим доступу [www URL: https://gitlab.denx.de/Xenomai/xenomai/wikis/home](https://gitlab.denx.de/Xenomai/xenomai/wikis/home) (20.10.2018 р.)

References

1. Raspberry PI official site. Available at: <https://raspberrypi.org/downloads/raspbian/>
2. Doug Abbott. Linux for Embedded and Real-time Applications 4th Edition, 2017 – 304 p.
3. Linux Foundation Wiki. Available at: <https://wiki.linuxfoundation.org/realtime/start> (20.10.2018 p.)
4. Ashwin Pajankar. Raspberry Pi Computer Vision Programming, 2015 – 168 p.
5. Robert Love. Linux kernel. Description of the development process, 2013 – 496 p.
6. Xenomai Wiki. Available at: <https://gitlab.denx.de/Xenomai/xenomai/wikis/home> (20.10.2018 p.)

Болтов Е.В., Сиряк Р.В., Щербаков Е.В., Лыффарь Е.К. Тестирование производительности операционных систем реального времени для компьютерного зрения и обработки изображений на одноплатном компьютере

В статье рассмотрен вопрос о целесообразности использования операционных систем реального времени на одноплатных компьютерах, в том числе для повышения эффективности компьютерного зрения. Выполнен сравнительный анализ систем реального времени (патчей ядра Linux) на основе циклического теста и быстродействия распознавания изображения подготовленной нейросетью.

Ключевые слова: RT, PREEMPT_RT, Xenomai, Linux, Raspberry PI, OpenCV.

Boltov E.V., Siryak R.V., Shcherbakov E.V., Lyfar O.K. Testing real-time operating systems performance for computer vision and image processing on single-board computers

The article discusses the feasibility of using real-time operating systems on single-board computers, in particular for the purpose of increasing the efficiency of computer vision. A comparative analysis of real-time systems (Linux kernel patches) is performed on the basis of a cyclic test and the speed of image recognition by the generated neural network.

Keywords: *RT, PREEMPT_RT, Xenomai, Linux, Raspberry PI, OpenCV.*

Болтов Єгор Владиславович, магістрант кафедри комп'ютерних наук та інженерії Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля, email: pritexnet@gmail.com

Сіряк Ростислав Вікторович, здобувач кафедри комп'ютерних наук та інженерії Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля, email: hashem.r@gmail.com

Щербаков Євген Васильович, доцент кафедри комп'ютерних наук та інженерії Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля, email: gkvarc@gmail.com

Лифар Олена Константинівна, ст. викл. кафедри комп'ютерних наук та інженерії Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля, email: lekiv@ukr.net

Рецензент: д.т.н., проф. **Татарченко Г.О.**

Стаття подана 11.11.2018