

УДК 004.451.9

С.В. Дуденко, Б.І. Нізієнко, О.А. Трублін, В.В. Калачова

Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ОПЕРАЦІЙНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЗАВДАНЬ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ В СИСТЕМАХ ВІЙСЬКОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Завдання реального часу складають одну з найскладніших і вкрай важливих областей застосування обчислювальної техніки та висувають жорсткі вимоги до обчислювально-управляючих систем, у тому числі до операційних систем. Актуальним залишається питання, на якій платформі Linux, Windows або Solaris краще будувати автоматизовані системи військового призначення.

Ключові слова: операційна система, операційна система реального часу, «Windows», «Linux», система військового призначення.

Вступ

Постановка проблеми. Завдання реального часу складають одну з найскладніших і вкрай важливих областей застосування обчислювальної техніки. Як правило, вони пов'язані з контролем та управлінням процесами, які є невід'ємною частиною сучасного життя. Завдання реального часу висувають свої вимоги до обчислювально-управляючих систем, у тому числі до операційних систем, в яких реалізовано програмне забезпечення реального часу. Вочевидь, що завдання реального часу необхідно реалізовувати в рамках специфічного системного програмного середовища. Актуальним залишається питання, на якій платформі Linux, Windows або Solaris краще будувати автоматизовані системи військового призначення?

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для вирішення завдань реального часу використовують окремих клас операційних систем реального часу (ОСРЧ), заснований на трьох основних хост-платформах: Linux, Windows та Solaris. [1, 2] Існують також розширення реального часу Linux, такі як RTAI Linux [3] або KURT [4], та розширення реального часу Windows, такі як RTX [5] або CeWin [6]. В деяких областях використовують операційні системи (ОС) загального призначення.

Для порівняння ОС, спочатку потрібно чітко визначити критерії порівняння, в якому аспекті використання порівнювати операційні системи?

Класичні вимоги до ОСРЧ на сьогоднішній день можна розділити на кілька груп.

- властивості ядра (архітектура, підтримка великої кількості процесів і великої кількості процесорів, стійкість до відмов);
- диспетчеризація (алгоритм, механізм призначення пріоритетів, час для звільнення завдання);
- модель процес – нитка – завдання (число рівнів пріоритетів, захист від інверсії пріоритетів, стану завдання, максимальне число завдань, затримка перемикання завдань, динамічна зміна пріоритетів);

- управління пам'яттю (мінімальний і максимальний об'єм оперативної та ROM-пам'яті на завдання, максимальний виділений об'єм пам'яті, підтримка захисту пам'яті, динамічний розподіл пам'яті, віртуальна пам'ять, стиснення пам'яті);

- управління перериваннями та винятками (обробники переривань, що витісняються, найгірший час обробки переривання, можливість модифікації таблиці векторів переривань);

- інтерфейс прикладного програмування (сумісність бібліотек, точний абсолютний час, підтримка зовнішніх годинників, примітиви синхронізації, мережеві протоколи, файлові системи);

- процес розробки (методологія розробки, постачання у вихідних або об'єктних кодах, підтримувани компілятори, процесори та мови програмування);

- комерційна інформація (вартість, термін присутності на ринку, використання у відповідальних додатках, тип і вартість технічної підтримки).

ОСРЧ використовуються в областях, що характеризуються підвищеними вимогами до надійності, стійкості до відмов та живучості, таких як оборона, авіоніка, телекомунікація та медицина. Ці вимоги викладено в стандартах POSIX робочого комітету IEEE. Наприклад, стандарт POSIX 1003.1 дає таке визначення реального часу: «Реальний час в операційних системах – це здатність операційної системи забезпечити необхідний рівень сервісу в певний проміжок часу». Намагаючись знайти способи задоволення зазначених вимог, ці галузі диктують свої вимоги до ОСРЧ, а саме:

- ОСРЧ повинні забезпечувати високу ступінь живучості системи так, щоб при відмові будь-якої частини програмного забезпечення (ПЗ) інша частина ПЗ продовжувала нормально функціонувати. ОСРЧ повинна гарантувати відсутність загальної відмови системи;

- ОСРЧ повинні задовольняти жорстким вимогам якості, а саме відповідати різним галузевим, національним і міжнародним стандартам;

– вимога до надійності – ймовірність збою в ПЗ повинна бути дуже малою;

– вимоги з безпеки і секретності даних – в системі повинні бути передбачені засоби захисту найбільш важливої інформації.

Формулювання мети статті. Визначення операційних систем реального часу, які можуть застосовуватися для побудови автоматизованих систем військового призначення.

Виклад основного матеріалу досліджень

Порівняльний аналіз ОС загального призначення

Порівняння зовнішніх ознак операційних систем некоректно, оскільки «Linux» – це ядро, на базі якого можуть бути побудовані найрізноманітніші конфігурації ОС. Для коректного порівняння зовнішніх ознак потрібно розглядати так звані дистрибутиви «Linux». Дистрибутив це комплект, що складається з ОС «Linux», графічного середовища користувача і набору прикладних програм. Існують більш 600 дистрибутивів «Linux». А в сімействі «Windows» відмінності полягають у версіях ОС і цих версій менше ніж дистрибутивів «Linux», націлених на конкретну область використання.

Основними принциповими відмінностями між ОС являються:

1. «Windows» розробляється і підтримується однією єдиною компанією – Microsoft Corporation. Їй належать авторські права на цей продукт, і вона бере плату за використання. «Linux» розробляється і підтримується багатьма компаніями в різних країнах світу і тисячами програмістів. Права на цю ОС передані в суспільну власність.

2. Графічне середовище «Windows» користувача є невід'ємною частиною ОС. Тобто ОС «Windows» без графічного середовища не існує. У той час як «Linux» – ОС консольного режиму, її графічне середовище – окремий програмний продукт. Програм, які реалізують графічне середовище більше 10, але широко використовуються тільки дві – GNOME та KDE.

3. «Windows» як кінцевий продукт складається з власне ОС і невеликого набору прикладних програм, які мають дуже скромну функціональність. Іншими словами, встановлюючи «Windows» потрібно додатково встановлювати прикладні програми.

4. «Linux» має велику кількість сучасних дистрибутивів, які одночасно підтримують новітнє устаткування та устаткування попередніх поколінь. Пізніші версії «Windows» далеко не завжди підтримують устаткування попередніх поколінь.

ОС MS Windows, переваги.

Підтримка великого асортименту комп'ютерного обладнання.

Величезна кількість прикладних програм, напевно, більше ста тисяч найменувань. Для будь-якої прикладної задачі на платформі «Windows» існує як мінімум кілька десятків програм, для популярних задач існують сотні програм. Велика кількість спеціалістів, які на достатньому рівні знають сімейство ОС «Windows».

ОС MS Windows, недоліки.

Порівняно висока вартість. Варіанти «Windows», які не прив'язані до комп'ютера мають ціну ближче до двохсот доларів США і вище. І це вартість «Windows» для одного комп'ютера. І якщо потрібна ОС, наприклад, на 5 комп'ютерів, то вартість за 5 копій «Windows» буде близько тисячі доларів.

Дуже велика кількість зловмисних програм (віруси). Це особливо серйозна проблема, яка змушує нести додаткові витрати. Цю проблему можна зменшити за рахунок кваліфікованої настройки ОС «Windows» і акуратного її використання в ситуаціях ризику, головна з яких – Інтернет.

Жорстка залежність від розробника. ОС «Windows» поширюється тільки в бінарному вигляді, який важкодоступний для зміни, але більш того, компанія Microsoft взагалі забороняє вносити будь-які зміни в робочі коди ОС «Windows».

Уповільнення системи. Windows працює з часом все повільніше і повільніше через те що засмічується кеш, куки і системні файли. Реєстр теж «забивається». Існує ряд програм, які це виправляють, але тим не менше вони це роблять не повністю.

ОС GNU/Linux, недоліки.

Низька підтримка комп'ютерного обладнання, особливо зовнішнього, наприклад, сканери та USB, а також внутрішні HSF/HCF модеми. Але проблема у значній мірі має рішення за рахунок більш ретельного підходу до вибору обладнання.

Менша кількість прикладних програм. Під ОС «Linux» немає версій програм від компанії Adobe, версій економічних програм 1С, версії програми інженерного проектування AutoCAD, версії програми розпізнавання текстів (FineReader). Звичайно, під ОС «Linux» існують графічні редактори та програми моделювання/проектування, але вони сильно поступаються лідерам. Частково цей недолік можна компенсувати за рахунок того, що деякі Windows-програми можна запустити на платформі «Linux».

Менша, ніж для платформи Windows, кількість спеціалістів. Тобто, знайти Linux-спеціаліста високого рівня не просто, вартість послуг услуг такого спеціаліста буде вища, ніж у випадку з Windows.

ОС GNU/Linux, переваги.

Низка вартість. Нескладно отримати диск с будь-яким дистрибутивом «Linux». При цьому, маючи всього одну фізичну копію дистрибутива «Linux», ви маєте право встановити його на будь-яку кількість комп'ютерів.

Незалежність від розробника. Якщо потрібна яка-небудь функціональність, що відсутня в ОС «Linux», можна її додати своїми власними зусиллями. Така можливість існує завдяки тому, що ОС «Linux» розповсюджується не тільки у бінарному вигляді, але і в вихідних кодах, при цьому немає ніяких заборон на модифікацію цих вихідних кодів, що дозволяє робити із «Linux» дуже різні продукти для будь-яких завдань.

Гнучкість системи. За допомогою дистрибутива «Linux», практично з будь-якого комп'ютера можна зробити повноцінний сервер. При цьому є можливість запускати лише ті процеси, які є необхідними, а не ті, які встановлюються системою.

Стабільність операційної системи. Так, наприклад, при різкому відключенні напруги або збої роботи комп'ютера шанси втратити дані на Windows набагато вищі, ніж на Linux.

Стабільна швидкість роботи системи. На відміну від уповільнення Windows з часом, Linux працює завжди однаково.

Практична відсутність (на сьогоднішній день) шкідливих програм для цієї платформи. Це дозволяє уникнути додаткових витрат на попередження чи ліквідацію збитків від дії шкідливих програм.

Порівняння ОС реального часу

Вплив Linux-спільноти на розвиток ОСРЧ.

ОСРЧ відчувають постійний вплив з боку Linux-спільноти. Це відображується у вигляді декількох тенденцій:

1. Поставники ОСРЧ розробляють засоби розробки, які придатні як для ОСРЧ, так і для Linux (LynxWorks, WindRiver, Green Hills, ATI);

2. Багато ідей, що розробляються у Linux-спільноті, реалізуються в ОСРЧ. На першу чергу це організація OSDL (Open Source Development Labs, www.osdl.org), що заснована у 2000 році головними гравцями ринку ІТ-індустрії (IBM, HP, CA, Intel та NEC). Концепція Carrier Grade Linux в рамках OSDL знаходить відбиття і у ОСРЧ, наприклад, у реалізації таких можливостей, як QoP (Quality of Protection), LSB (Linux Standard Base), TIPC (Transparent Inter Process Communication). Протокол TIPC – новий стандарт взаємодії між ОС у мережних середовищах, телекомунікаційних кластерах та інших багатопроцесорних системах зв'язку, а також систем з багатоядерною архітектурою. Він реалізований в деяких ОСРЧ, наприклад, VxWorks та QNX Neutrino;

3. Linux розглядається як одна з трьох основних хост-платформ для більшості ОСРЧ (поряд з Windows та Solaris). У зв'язку з цим поставники ОСРЧ особливу увагу приділяють розробці зручних інтегрованих середовищ на базі відкритої платформи Eclipse. Власні інтегровані середовища (IDE) на базі Eclipse з'явилися у багатьох поставників ОСРЧ (LynxWorks, QNX, WindRiver, Accelerated Technology).

Windows CE – це варіант ОСРЧ від Microsoft.

Windows CE – це компонентна, багатозадачна, багатопотокова, багатоплатформова операційна система з підтримкою реального часу. Розробникам доступні близько 600 компонентів, які вони можуть використовувати для створення власних образів операційної системи, такі що містять функціонал, необхідний тільки конкретному пристрою. Однак часові характеристики Windows CE є слабкими (табл. 1).

Таблиця 1
Результати порівняльного тестування ОСРЧ

Тест (мс)	QNX 6.1	VxWorks AE 1.1	Windows CE
	Середній	Середній	Середній
	Макс.	Макс.	Макс.
Час переключення контексту для 2 потоків в одному процесі	2,0	2,9	2,6
	8,1	15,5	35,1
Час переключення контексту для 10 потоків в одному процесі	2,4	3,4	3,3
	7,4	16,5	37,4
Час переключення контексту для 128 потоків в одному процесі	3,3	6,5	5,3
	11,6	29,6	63,9
Час переключення контексту для 128 потоків в різних процессах	7,2	6,8	9,6
	15,9	46,8	16,7

Приклади використання

За рівнем А стандарту DO-178B LynxOS-178 сертифікована у складі літака Bombardier Challenger 300 фірми Rockwell Collins (рис. 1).



Рис. 1. Кабіна управління літака Bombardier Challenger 300 фірми Rockwell Collins

LynxOS-178 – Unix-подібна операційна система реального часу, що розроблена для вбудованих систем, сумісна із стандартами POSIX та з операційною системою Linux. LynxOS використовується переважно в авіації, системах управління промисловими процесами та в галузі телекомунікації.

Інший приклад – літак KC-135 (рис. 2). Основне завдання KC-135 Stratotanker – дозаправка у повітрі стратегічних бомбардувальників дальньої дії. Операційна система LynxOS-178 працює на основних обчислювальних та комунікаційних модулях. Крім того, LynxOS-178 працює і на літаку-танкері KC-767.



Рис. 2. Літак KC-135 Stratotanker

Astra Linux – операційна система спеціального призначення на базі Linux-ядра, створена для потреб органів державного і військового управління та інших установ, які працюють з інформацією обмеженого доступу. Astra Linux забезпечує захищену обробку інформації будь-якого рівня конфіденційності. При створенні резервних копій в системі Astra Linux продукт Acronis зберігає призначені даним метки конфіденційності і у подальшому коректно їх відновлює.

Військове судно USS Zumwalt (рис.3) буде найсучаснішим судном флоту США, на будівництво якого було витрачено близько 3.5 мільярдів доларів.



Рис. 3. Військове судно USS Zumwalt

В основі датацентру судна USS Zumwalt знаходяться блейд-сервера IBM, що працюють під управлінням Red Hat Linux. Ці сервера встановлені в

стойках модулів Electronic Modular Enclosure (EME), яких на судні буде 16 одиниць.

Кожний модуль EME, що розроблено та виготовлено спеціалістами відомої оборонної компанії Raytheon, має розміри 10,5 метрів у довжину, 2,5 метри у висоту, 3,5 метри у ширину і являється окремим незалежним датацентром, що виконує ряд визначених функцій. У всіх модулях EME є 235 інсталяційних місць, які всі будуть заповнені серверами та робочими станціями.

Висновки

Операційна система Linux стає основою єдиної бойової системи військових судів наступного покоління. Таким чином, Linux-системи більш придатні для авіоники ніж Windows.

Список літератури

1. Бурдонов И.Б. *Операционные системы реального времени [Электронный ресурс] / И.Б. Бурдонов, А.С. Косачев, В.Н. Пономаренко – Режим доступа до матеріалу: http://citforum.ru/operating_systems/rtos/.*
2. Блискавицкий А.А. *Операционные системы реального времени [Электронный ресурс] / А.А. Блискавицкий, С.В. Кабаев. – М.: АО "РТСОфт. – Режим доступа: <http://www.mka.ru/?p=40774>.*
3. RTAI - Real Time Application Interface Official Website [Электронный ресурс]. – Режим доступа до матеріалу: <https://www.rtai.org/>
4. KUSP Extensions to Linux [електронний ресурс]. – Режим доступа до матеріалу: <http://www.itc.ku.edu/kurt/#kusp-extensions-to-linux>.
5. Overview: RTX64 and RTX [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.intervalzero.com/products/rtx64-rtx/overview/>.
6. CeWin: Win32 real-time platform [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.acontis.com/eng/products/windows-real-time-hypervisor/cewin/index.php>.

Надійшла до редколегії 14.08.2015

Рецензент: д-р фіз.-мат. наук проф. С.В. Смеляков, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОПЕРАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ В СИСТЕМАХ ВОЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

С.В. Дуденко, Б.И. Низиенко, А.А. Трублин, В.В. Калачова

Задачи реального времени составляют одну из сложнейших и необходимейших областей применения вычислительной техники и выдвигают жесткие требования к вычислительно-управляющим системам, в том числе и к операционным системам. Актуальным остается вопрос, на какой платформе Linux, Windows или Solaris лучше строить автоматизированные системы военного назначения?

Ключевые слова: операционная система, операционная система реального времени, «Windows», «Linux», система военного назначения.

COMPARATIVE ANALYSIS OF OPERATING SYSTEMS TO SOLVE REAL-TIME TASKS IN MILITARY SYSTEMS

S.V. Dudenko, B.I. Nizienko, A.A. Trublin, V.V. Kalachova

Real-time tasks are one of the most complex and the need for applications of computer technology and put strong requirements for compute-control systems, including the operating system. There remains the question of what platform Linux, Windows, or Solaris is better to build automated systems for military purposes?

Keywords: operating system, real-time operating system, «Windows», «Linux», military system.