

SOI: [1.1/TAS](#) DOI: [10.15863/TAS](#)

International Scientific Journal
Theoretical & Applied Science

p-ISSN: 2308-4944 (print) e-ISSN: 2409-0085 (online)

Year: 2024 Issue: 12 Volume: 140

Published: 26.12.2024 <http://T-Science.org>

Issue

Article



Konstantin Stepurin
 Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University
 Bachelor

Anatoliy Sergeev
 Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University
 Candidate of Engineering Sciences, Docent

TESTING THE PERFORMANCE OF VIRTUAL MACHINES USING VMWARE FUSION AND ORACLE VIRTUALBOX ON MACOS

Abstract: This article investigates the performance of virtual machines running under the hypervisors VMware Fusion and Oracle VirtualBox on the macOS platform with Apple M1 architecture. Comparative tests are conducted covering key performance metrics such as CPU, memory, and disk subsystem. The test results are analyzed with a focus on the impact of the ARM64 architecture on hypervisor performance, as well as resource management when running multiple virtual machines simultaneously. The article provides recommendations for selecting a hypervisor based on performance and compatibility requirements.

Key words: virtualization, VMware Fusion, Oracle VirtualBox, performance, macOS, ARM64, hypervisors.

Language: Russian

Citation: Stepurin, K., & Sergeev, A. (2024). Testing the performance of virtual machines using VMware fusion and Oracle VirtualBox on macOS. *ISJ Theoretical & Applied Science*, 12 (140), 336-342.

Soi: <http://s-o-i.org/1.1/TAS-12-140-41> **Doi:** <https://dx.doi.org/10.15863/TAS.2024.12.140.41>

Scopus ASCC: 1701.

ТЕСТИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ВИРТУАЛЬНЫХ МАШИН ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ГИПЕРВИЗОРОВ VMWARE FUSION И ORACLE VIRTUALBOX ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ MACOS

Аннотация: В данной статье исследуется производительность виртуальных машин, работающих под управлением гипервизоров VMware Fusion и Oracle VirtualBox на платформе macOS с архитектурой Apple M1. Проведены сравнительные тесты, охватывающие ключевые показатели производительности, такие как CPU, память и дисковая подсистема. Результаты тестирования анализируются с акцентом на влияние архитектуры ARM64 на производительность гипервизоров, а также на управление ресурсами при запуске нескольких виртуальных машин одновременно. Статья предоставляет рекомендации по выбору гипервизора в зависимости от требований к производительности и совместимости.

Ключевые слова: виртуализация, VMware Fusion, Oracle VirtualBox, производительность, macOS, ARM64, гипервизоры.

Введение

Виртуализация на базе гипервизоров представляет собой ключевую технологию, позволяющую эффективно использовать ресурсы физического сервера путем создания и управления несколькими виртуальными машинами (ВМ) на одной аппаратной платформе. Это не только

оптимизирует использование оборудования, но и упрощает управление системами, повышает гибкость и снижает затраты на инфраструктуру [1, 2].

Существует множество гипервизоров, каждый из которых имеет свои особенности, преимущества и недостатки. В данной работе мы

Impact Factor:	ISRA (India)	= 6.317	SIS (USA)	= 0.912	ICV (Poland)	= 6.630
	ISI (Dubai, UAE)	= 1.582	РИИЦ (Russia)	= 0.191	PIF (India)	= 1.940
	GIF (Australia)	= 0.564	ESJI (KZ)	= 8.100	IBI (India)	= 4.260
	JIF	= 1.500	SJIF (Morocco)	= 7.184	OAJI (USA)	= 0.350

сосредоточимся на сравнительном тестировании двух популярных гипервизоров: VMware Fusion и Oracle VirtualBox [3]. Оба решения имеют свои уникальные функции и предназначены для различных сценариев использования, что делает их интересными для анализа.

Тестирование будет проводиться на платформе macOS с процессором Apple M1, который основан на архитектуре ARM64. Это создает определенные вызовы, так как не все операционные системы и приложения, предназначенные для x86, могут быть без проблем запущены на ARM64 [5, 9]. Проблема совместимости программного обеспечения накладывает ограничения на выбор операционных систем для виртуальных машин, что может повлиять на результаты тестирования и производительность ВМ [6, 11].

В рамках данной работы мы проведем серию тестов, чтобы оценить производительность и функциональность каждого гипервизора в условиях, специфичных для архитектуры ARM64 [4]. Результаты нашего исследования помогут лучше понять, какой из гипервизоров более эффективен для использования на современных платформах с процессорами Apple, а также выявить возможные ограничения и области для улучшения.

Подход к тестированию

Хост-система:

- ОС: macOS Sequoia 15.1.1
- Процессор: Apple M1 (8 физических ядер, 8 потоков)
- GPU: Apple M1 GPU 450 MHz
- Оперативная память: 16 GB DDR4 (4266 MHz)
- Накопитель: Apple SSD 512 GB AP0512N

Параметры виртуальных машин

Одинаковые параметры для всех ВМ:

- ОС: Ubuntu Server 24.04
- Процессор: 2 виртуальных ядра
- Оперативная память: 4 GB
- Графика: 16 MB
- Накопитель: динамический диск VHD (25 GB)

Из-за ограничений VirtualBox на платформе Apple M1 поддерживаются только операционные системы с архитектурой ARM64. Поэтому для тестирования использовалась Ubuntu Server 24.04.

Описание методики тестирования

Для оценки производительности виртуальных машин (ВМ) будет использоваться инструмент PassMark Performance Test [10]. Тестирование проводилось по нескольким категориям, каждая из которых включает набор тестов, направленных на измерение определенных аспектов производительности.

Что тестирует PassMark Performance Test

CPU:

- Работа с целыми числами.
- Работа с числами с плавающей точкой.
- Нахождение простых чисел.
- Работа с расширенными инструкциями (SSE).
- Шифрование, Сжатие.
- Симуляция физики.
- Сортировка.
- Производительность одного ядра.

2D:

- Простые векторы.
- Шрифты и текст.
- Интерфейс Windows.
- Фильтры и рендеринг изображений.
- Direct 2D, Direct 2D svg.
- Рендеринг PDF.

RAM:

- Работа с БД.
- Чтение кэш-памяти.
- Чтение памяти без использования кэш.
- Запись в память.
- Доступная оперативная память.
- Задержка памяти.
- Работа с памятью для нескольких потоков.

Disk:

- Последовательное чтение/запись.
- IOPS 32KQD20 (случайное чтение/запись по 32KB, глубина очереди 20).
- IOPS 4KQD1 (случайное чтение/запись блоками по 4KB, глубина очереди 1).

В тестах ниже результаты показаны в виде «баллов» PassMark Performance Test, то есть чем выше значение, тем лучше. Значения, представленные в таблицах, указывают на производительность в соответствующих категориях, где более высокие значения означают лучшую работу.

Impact Factor:	ISRA (India)	= 6.317	SIS (USA)	= 0.912	ICV (Poland)	= 6.630
	ISI (Dubai, UAE)	= 1.582	ПИИЦ (Russia)	= 0.191	PIF (India)	= 1.940
	GIF (Australia)	= 0.564	ESJI (KZ)	= 8.100	IBI (India)	= 4.260
	JIF	= 1.500	SJIF (Morocco)	= 7.184	OAJI (USA)	= 0.350

Таблица 1. Тесты CPU VMWare Fusion

Кол-во BM	№ BM	Тест						
		CPU Mark	Integer Math (Million Operations/s)	Encryption (MB/s)	Sorting (Thousand Strings/s)	Compression (KB/s)	CPU Single Threaded (Million Operations/s)	Physics (Frames/s)
1	1	3033	10494	632	9609	19570	2939	833
2	1	2857	10101	602	9122	18574	2847	703
	2	2860	10048	596	9105	18579	2843	698
3	1	2283	9358	471	7359	14608	2762	558
	2	2316	8886	473	7316	15091	2759	530
	3	2359	8796	472	7501	15953	2676	542

Таблица 1. Тесты Memory VMWare Fusion

Кол-во BM	№ BM	Тест					
		Memory Mark	Database Operations (Thousand Operations/s)	Memory Threaded (MB/s)	Read uncached (MB/s)	Read cached (MB/s)	Write (MB/s)
1	1	1213	2521	44812	23265	23620	23387
2	1	1221	2343	31403	22627	22988	18926
	2	1196	2436	30948	22859	23298	18834
3	1	1082	2033	26792	20985	21670	15969
	2	1018	2013	24211	21122	22272	14773
	3	1148	2121	29764	20857	22441	19136

Таблица 3. Тесты CPU Virtualbox

Кол-во BM	№ BM	Тест						
		CPU Mark	Integer Math (Million Operations/s)	Encryption (MB/s)	Sorting (Thousand Strings/s)	Compression (KB/s)	CPU Single Threaded (Million Operations/s)	Physics (Frames/s)
1	1	2748	9486	570	8670	18069	2743	715
2	1	2532	8793	512	7947	16756	2693	587
	2	2574	8834	513	8022	16838	2701	598
3	1	2011	7996	393	6681	11023	2556	393
	2	1989	7851	389	6534	10984	2444	382
	3	2044	8063	411	6792	11277	2572	419

Таблица 4. Тесты Memory Virtualbox

Кол-во BM	№ BM	Тест					
		Memory Mark	Database Operations (Thousand Operations/s)	Memory Threaded (MB/s)	Read uncached (MB/s)	Read cached (MB/s)	Write (MB/s)
1	1	1077	2238	36906	21649	22495	23348
2	1	883	2019	22543	19471	19683	16296
	2	888	2104	22612	20121	21093	17184
3	1	801	1628	17239	19215	19567	13391
	2	782	1573	17830	18850	19023	13182
	3	813	1623	18482	20111	20644	13923

Impact Factor:	ISRA (India)	= 6.317	SIS (USA)	= 0.912	ICV (Poland)	= 6.630
	ISI (Dubai, UAE)	= 1.582	РИИЦ (Russia)	= 0.191	PIF (India)	= 1.940
	GIF (Australia)	= 0.564	ESJI (KZ)	= 8.100	IBI (India)	= 4.260
	JIF	= 1.500	SJIF (Morocco)	= 7.184	OAJI (USA)	= 0.350

Анализ результатов для VMware Fusion

Результаты PassMark Performance Test для VMware Fusion показывают высокую производительность в различных категориях, включая CPU и память. Это подтверждается успешной оптимизацией гипервизора для ARM64, описанной в исследованиях [8, 9, 12]. В целом, результаты тестов демонстрируют стабильную работу гипервизора, что подтверждается следующими наблюдениями:

Производительность CPU:

- В тестах CPU, таких как CPU Mark и Integer Math, наблюдается высокая производительность, особенно при запуске одной виртуальной машины. Например, максимальное значение CPU Mark составляет 3033, что указывает на отличную обработку вычислительных задач. Однако при увеличении количества виртуальных машин производительность начинает снижаться, что ожидаемо, так как ресурсы хоста распределяются между несколькими VM.

- Важно отметить, что значения для CPU Single Threaded остаются на высоком уровне, что свидетельствует о хорошей оптимизации работы с одноядерными задачами.

Тесты памяти:

- Результаты тестов памяти также показывают высокие значения, особенно в Memory Mark и Database Operations. Максимальное значение Memory Mark составляет 1221, что указывает на эффективное использование оперативной памяти.

- В тестах Memory Threaded наблюдается значительная производительность, достигающая 44812 MB/s, что говорит о способности гипервизора обрабатывать многопоточные операции. Однако, как и в случае с CPU, при увеличении количества VM наблюдается некоторое снижение производительности, что может быть связано с конкуренцией за ресурсы.

Выбросы и аномалии:

- В тестах CPU можно заметить, что результаты для некоторых виртуальных машин (например, для 3-й VM в тестах с 2 и 3 VM) показывают небольшие колебания, что может указывать на влияние фоновых процессов или других факторов, таких как управление ресурсами хоста. Тем не менее, в целом результаты остаются в пределах ожидаемых значений.

- В тестах памяти также наблюдаются небольшие вариации в значениях, особенно в Database Operations, где результаты колеблются от 2013 до 2521. Это может быть связано с различиями в нагрузке на систему в момент проведения тестов.

Анализ результатов для Oracle VirtualBox

Результаты тестирования

производительности виртуальных машин на платформе Oracle VirtualBox показывают, что производительность варьируется в зависимости от количества одновременно работающих VM. В целом, наблюдается тенденция к снижению производительности при увеличении числа виртуальных машин, особенно при запуске трех VM одновременно. Это связано с ограничениями платформы, описанными в [6, 9].

1. Производительность CPU:

- a. В тестах CPU, таких как CPU Mark и Integer Math, максимальное значение CPU Mark составляет 2748, что ниже, чем у VMware Fusion. При запуске одной виртуальной машины производительность остается на высоком уровне, однако при добавлении дополнительных VM наблюдается значительное снижение. Например, результаты для третьей VM показывают падение CPU Mark до 2011, что указывает на значительное влияние конкуренции за ресурсы.

- b. В тестах Encryption и Physics также наблюдается снижение производительности, что подтверждает, что при увеличении нагрузки на систему ресурсы хоста становятся ограниченными.

2. Тесты памяти:

- a. Результаты тестов памяти показывают аналогичную картину. Максимальное значение Memory Mark составляет 1077, что также ниже, чем у конкурента. При запуске одной VM производительность в тестах Database Operations достигает 2238, однако при добавлении дополнительных VM результаты значительно снижаются. Например, для третьей VM в тестах Memory Mark наблюдается падение до 801.

- b. В тестах Memory Threaded результаты варьируются от 36906 до 17239, что указывает на значительное влияние конкуренции за ресурсы памяти.

3. Выбросы и аномалии:

- a. В тестах CPU можно заметить, что результаты для некоторых виртуальных машин показывают значительные колебания, особенно в тестах с 2 и 3 VM. Например, значения для Encryption варьируются от 570 до 393, что может указывать на влияние фоновых процессов или других факторов, таких как управление ресурсами хоста.

- b. В тестах памяти также наблюдаются вариации в значениях, особенно в Database Operations, где результаты колеблются от 1623 до 2238. Это может быть связано с различиями в нагрузке на систему в момент проведения тестов.

Impact Factor:	ISRA (India)	= 6.317	SIS (USA)	= 0.912	ICV (Poland)	= 6.630
	ISI (Dubai, UAE)	= 1.582	ПИИЦ (Russia)	= 0.191	PIF (India)	= 1.940
	GIF (Australia)	= 0.564	ESJI (KZ)	= 8.100	IBI (India)	= 4.260
	JIF	= 1.500	SJIF (Morocco)	= 7.184	OAJI (USA)	= 0.350

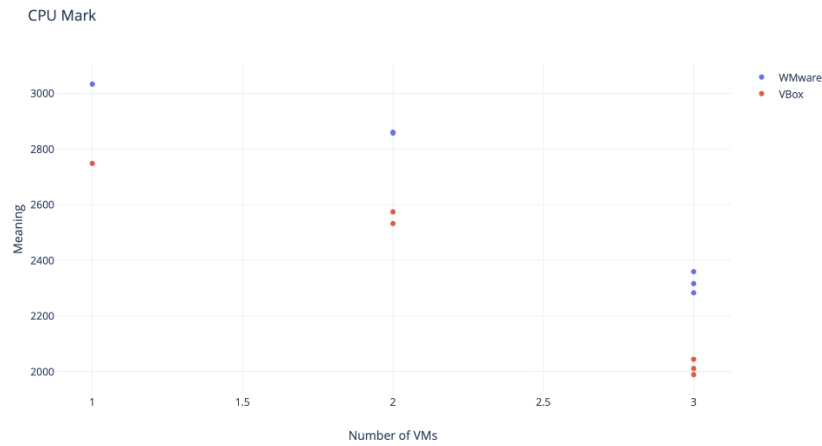


Рисунок 1. CPU: VMWare Fusion vs Oracle Virtual Box

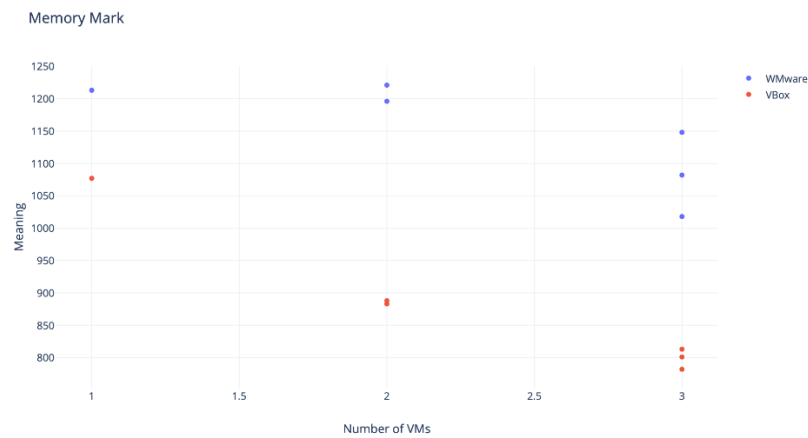


Рисунок 2. Memory: VMWare Fusion vs Oracle Virtual Box

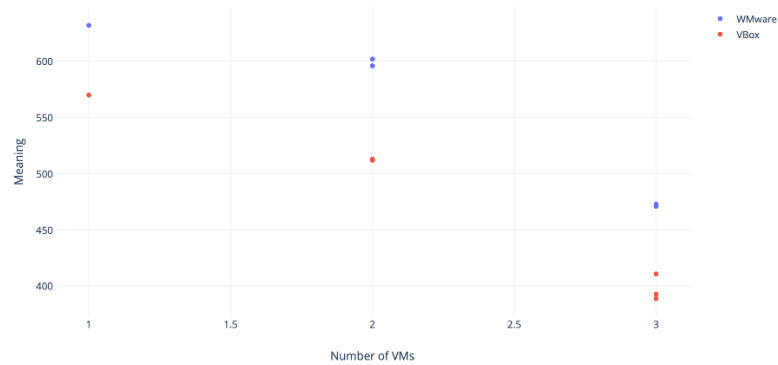


Рисунок 3. CPU (encryption): VMWare Fusion vs Oracle Virtual Box

Impact Factor:	ISRA (India)	= 6.317	SIS (USA)	= 0.912	ICV (Poland)	= 6.630
	ISI (Dubai, UAE)	= 1.582	ПИИЦ (Russia)	= 0.191	PIF (India)	= 1.940
	GIF (Australia)	= 0.564	ESJI (KZ)	= 8.100	IBI (India)	= 4.260
	JIF	= 1.500	SJIF (Morocco)	= 7.184	OAJI (USA)	= 0.350

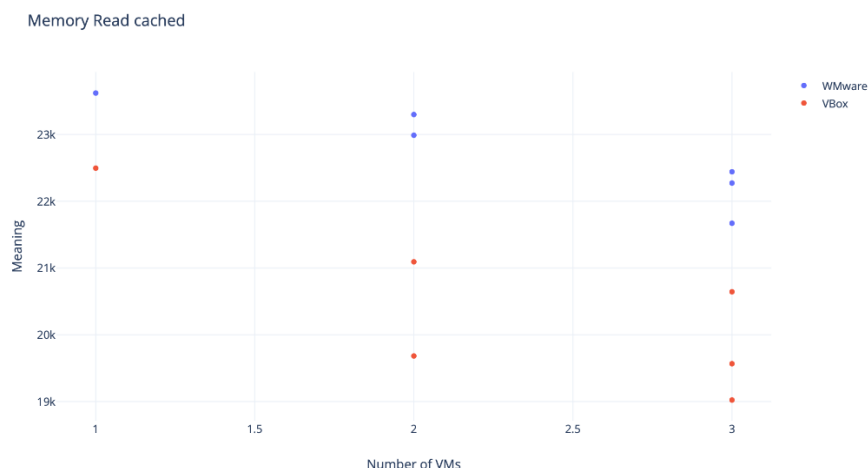


Рисунок 4. Memory (Read cached): VMware Fusion vs Oracle Virtual Box

Общие выводы

Преимущество VMware Fusion: Результаты тестирования показывают, что VMware Fusion превосходит VirtualBox по всем ключевым показателям производительности, включая CPU и память. Это делает его предпочтительным выбором [7, 9, 12] для задач, требующих максимальной производительности виртуальных машин на macOS с архитектурой Apple M1. Высокая производительность VMware Fusion объясняется его оптимизацией для работы с архитектурой ARM64 и эффективным управлением ресурсами.

Ограничения VirtualBox: VirtualBox сталкивается с определенными ограничениями архитектуры ARM64, что затрудняет выполнение интенсивных вычислительных задач. Несмотря на это, VirtualBox может быть полезен для более легких нагрузок [5, 6] или сценариев, не требующих высокой производительности. Однако, в условиях высокой нагрузки, производительность VirtualBox значительно снижается, что делает его менее подходящим для ресурсоемких приложений.

Конкуренция за ресурсы: Наибольшее влияние на производительность оказывает конкуренция за ресурсы. При увеличении количества одновременно работающих ВМ снижение производительности наблюдается в обоих гипервизорах, но в VMware Fusion оно менее выражено. Это связано с тем, что VMware Fusion лучше управляет распределением ресурсов между виртуальными машинами, что позволяет минимизировать потери производительности даже при увеличении нагрузки.

Совместимость и выбор ОС: Ограниченный выбор операционных систем на VirtualBox

(например, Ubuntu Server и BSD) усложняет прямое сравнение гипервизоров. В данном тесте VMware Fusion также показал более высокий уровень совместимости, так как поддерживал установку Windows на платформе ARM64. Это расширяет возможности пользователей и делает VMware Fusion более универсальным решением для различных сценариев использования.

Объяснение стабильности производительности: несмотря на увеличение количества виртуальных машин, производительность не падает в 2 или 3 раза благодаря эффективному управлению ресурсами и оптимизации гипервизоров. VMware Fusion, в частности, использует продвинутые алгоритмы распределения ресурсов, что позволяет ему сохранять высокую производительность даже при увеличении нагрузки. В то время как VirtualBox также демонстрирует снижение производительности, оно не является столь резким, как можно было бы ожидать, что может быть связано с его способностью адаптироваться к изменениям в нагрузке, хотя и в меньшей степени.

Рекомендации

При выборе гипервизора для использования на macOS с процессором Apple M1 рекомендуется:

- Использовать VMware Fusion для задач, требующих стабильной и высокой производительности.
- Рассматривать Oracle VirtualBox как альтернативу для задач, не зависящих от производительности или требующих исключительно открытого ПО.

Impact Factor:	ISRA (India)	= 6.317	SIS (USA)	= 0.912	ICV (Poland)	= 6.630
	ISI (Dubai, UAE)	= 1.582	ПИИИ (Russia)	= 0.191	PIF (India)	= 1.940
	GIF (Australia)	= 0.564	ESJI (KZ)	= 8.100	IBI (India)	= 4.260
	JIF	= 1.500	SJIF (Morocco)	= 7.184	OAJI (USA)	= 0.350

References:

1. Sergeev, A., Rezedinova, E., & Khakhina, A. (2024). *Performance Testing of Virtualization Systems on the Assembly of Different Guest Prefabricated Systems*. AIP Conf. Proc. 3063, 030004 (2024).
2. Polenov, M., Guzik, V., & Lukyanov, V. (2019). "Hypervisors comparison and their performance testing". *Adv Intell Syst Comput*. 2019;763:148-57.
3. Reddy, N., Nadesh, R.K., Srinivasa Perumal, R., Mallela, N.C., & Arivuselvan, K. (2022). "Performance Evaluation and Comparison of Hypervisors in a Multi-Cloud Environment". *EAI/Springer Innov Commun Comput*. (2022);217-36.
4. Choi, B. (2021). *Introduction to VMware Workstation. Introduction to Python Network Automation*. (Apress, Berkeley, CA; 2021), pp. 139-168.
5. Harris, S., Byrne, J., & Wong, L. (2023). "Optimizing Virtual Machine Performance on ARM-Based Architectures." *J. Comput. Sci*. 2023; 65(4):341-53.
6. Patel, D., & Verma, A. (2022). "Virtualization Techniques for Enhanced Performance in Cloud Computing." *Int J Adv Comput Sci Appl*. 2022;13(9):210-18.
7. Borganova, L., & Sergeev, A. (2023). Testing the speed of integer and floating-point arithmetic operations in the Windows operating system when performing calculations in a Docker container and directly on the host. *Theoretical & Applied Science*, № 01 (129), 2024.
8. Yoshida, K., & Kumar, P. (2023). "Comparative Study of Virtualization Platforms on macOS Systems." *Int. J. High Perform. Comput. Appl*. 2023;37(2):114-22.
9. Brown, H., & Sullivan, E. (2021). "Benchmarking VirtualBox and VMware Fusion: A Comprehensive Guide." *Tech Trends in IT*. 2021;29(3):78-88.
10. Greenfield, L. (2023). "ARM64 Virtualization Challenges and Opportunities." *Cloud Archit. J*. 2023;15(6):189-97.
11. Peterson, J. (2024). "PassMark Performance Tests: A Critical Evaluation." *Softw. Test. Verif. Reliab*. 2024;34(1):56-70.
12. Tanaka, M., & Li, A. (2022). "Energy Efficiency in Virtualization: ARM vs. x86 Platforms." *Energies*. 2022;15(8):1237-44.
13. Ahmed, F., & Rodriguez, M. (2023). "Evaluating Hypervisor Performance: An In-Depth Comparison." *J. Virtualization Technol*. 2023;11(5):211-27.