

## ВИРТУАЛИЗАЦИЯТА – ТЕХНОЛОГИЯ ЗА ЕФЕКТИВНО УПРАВЛЕНИЕ НА ИНФОРМАЦИОННИ РЕСУРСИ

**Йорданка Анастасова<sup>1</sup>, Христо Йорданов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", катедра Информатика, 1700 София, E-mail dani@mgu.bg

<sup>2</sup> Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", Компютърни технологии в инженерната дейност, ОКС „Магистър“, E-mail yordanov.hristo@gmail.com

**РЕЗЮМЕ:** Статията разглежда виртуализацията като съвременна и динамично развиваща се информационна технология, като се акцентира на предимствата от приложението ѝ за ефективно управление на информационните ресурси.

Представени са техники за реализиране на виртуализация и виртуална инфраструктура. Разгледани са системни и процесни виртуални машини и основните видове виртуализация.

Дадени са примери за съвременни приложения на виртуализацията. Разгледан е модела Cloud computing, който е базиран на виртуализацията като технология.

Направен е обзор на предлаганите комерсиални и с отворен код софтуерни решения за виртуализация.

В заключение са дадени основните предимства от внедряването на виртуализацията.

### VIRTUALIZATION – TECHNOLOGY FOR EFFECTIVE MANAGEMENT OF INFORMATION RESOURCES

**YORDANKA ANASTASOVA<sup>1</sup>, HRISTO YORDANOV<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> University of Mining u Geology "St. Ivan Rilski", Department Informatics, 1700 Sofia, E-mail dani@mgu.bg

<sup>2</sup> University of Mining u Geology "St. Ivan Rilski", Computer Engineering Technology, Degree "Master", E-mail yordanov.hristo@gmail.com

**ABSTRACT:** This article examines the virtualization as a modern and dynamic information technology, focusing on the advantages of its application for effective management of the information resources.

Techniques for implementation of virtualization and virtual infrastructure are presented. Overview of system and process virtual machines and the main types of virtualization is made.

Examples of modern applications of virtualization are given. The Cloud computing model, based the virtualization as a technology, is examined.

Overview of the suggested commercial and open code software solutions for virtualization is made.

In conclusion, the key benefits of implementing of virtualization are given.

### Въведение

Според анализите в ИТ сектора в настоящия момент ресурсите в центровете за данни се използват крайно неефективно. Системите за съхранение на данни са натоварени средно около 25 %, а сървърите и мрежови ресурси – до 30 %. Приложенията са изолирани едно от друго и ако някое от тях изпитва недостиг на ресурси, се налага специално за него да бъде закупено допълнително оборудване.

От гледна точка на енергопотреблението за последните 10 години средното ниво на енергийна консумация на един сървър се е увеличил 12 пъти, което рязко покачва разходите за енергопотребление и охлаждане. За сравнение през 2000 г. тези разходи са възлизали на 20 % от цената на новите сървъри, през 2006 г. са надхвърлили 50 %, а към 2010 г. стигат 80 %.

Виртуализацията като технология значително намалява стойността на притежаваните сървъри и предоставя възможност за работа с голям брой приложения, които се разполагат на малък брой физически машини. Нивото на

натоварване на ресурсите в една добре управлявана виртуална сървърна среда се увеличава от 30 % на 90 %.

Целта на настоящата статия е да разгледа различните методи за виртуализация, да анализира предлаганите софтуерни продукти и да покаже предимствата и ползите от използването на тази технология.

### Развитие на виртуализацията

Виртуализацията е доказана концепция, разработена през 60-те години на XX век от IBM като начин за логическо разделяне на големи мейнфрейм системи на отделни виртуални машини. Тя бе изоставена през 80-те и 90-те години на XX век, когато клиент-сървър приложенията и евтините x86 сървъри и настолни компютри създадоха модел на разпределени компютърни технологии.

Развитието на x86 сървърите и настолни технологии постепенно въведе нови предизвикателства за оперативните ИТ инфраструктури.

Тези предизвикателства включват:

- **Ниска степен на натоварване на инфраструктурата.**

Типичните x86 сървъри постигат средна степен на натоварване само от 10% до 15% от общия капацитет. Организациите обикновено стартират по едно приложение на всеки сървър, за да се избегне риска от уязвимости в едно приложение, засягащи производителността на друго приложение на същия сървър.

- **Повишаване на разходите на физическата инфраструктура.**

Оперативните разходи за поддръжка на нарастващата физическа инфраструктура значително се увеличават. Повечето компютърни инфраструктури трябва да работят по всяко време, което води до повишени разходи за консумация на енергия, охлаждане и съоръжения, които не се различават в различните нива на използване.

- **Повишаване на IT разходите за управление.**

Поради факта, че компютърните системи стават все по-сложни, нивото на специализирано обучение и опит, необходими на персонала за управление на инфраструктурата и свързаните с това разходи за високо квалифициран персонал са се увеличили. Организациите изразходват несъразмерно време и ресурси за ръчни задачи, свързани със сървърната поддръжка, а това изисква повече персонал за изпълнение на тези задачи.

- **Недостатъчна защита от грешки и бедствия.**

Организациите все по-често са засегнати от спирането на критични сървърни приложения, което води до отказ от услуги и недостъпност на критичните потребителски настолни компютри. Заплахата от атаки в сигурността, природните бедствия и тероризма повишиха значимостта на непрекъснатостта на бизнес планирането за настолни компютри и сървъри.

- **Висока стойност на поддръжката за крайните потребителски настолни компютри.**

Управлението и осигуряване на бизнес настолните компютри ни изправя пред многобройни предизвикателства. Контролирането и управлението на разпределените десктоп среди, политиките за достъп и сигурност, без да се нарушава способността на потребителите да работят ефективно, става все по-сложно и скъпо.

Съвременните компютри, базирани на x86 архитектура са изправени пред проблеми като недостатъчно гъвкавост и пълно оползотворяване на ресурсите, т.е. същите проблеми с които mainframe се сблъскаха през 60-те години на XX век.

Виртуализацията е доказана софтуерна технология, която позволява да се стартират няколко виртуални машини на един физически компютър и споделянето на ресурсите на този физически компютър в множество среди. Различните виртуални машини могат да работят под различни операционни системи и множество приложения на един и същи физически компютър.

Виртуализацията е и концепция за разделяне на ресурсите на даден компютър в множество среди за изпълнение, чрез прилагането на една или повече концепции и технологии като хардуерно и софтуерно разделяне, споделяне на време, частично или цялостно симулиране, емуляция, качество на услугата и много други.

## Виртуализацията като технология

### Начин на работа на виртуализацията

Виртуализационната платформа трансформира или виртуализира хардуерните ресурси на x86-базирани компютри, включително CPU, RAM, твърд диск и мрежов контролер за да създаде напълно функционална виртуална машина, която може да управлява своя собствена операционна система и приложения точно като истински компютър. Всяка виртуална машина съдържа цялостна система, като премахва потенциални конфликти.

Виртуализацията работи чрез вмъкване на тънък софтуерен слой директно от хардуера на компютъра или на хост операционната система. Съдържа виртуална машина – монитор или хипервайзор, който разпределя хардуерните ресурси динамично и прозрачно. (Ward, 2002) Няколко операционни системи работят едновременно на един физически компютър и споделят хардуерни ресурси един с друг. Чрез капсулиране на цялата машина, включително процесор, памет, операционна система, и мрежови устройства, виртуална машина е напълно съвместима с всички стандартни x86 операционни системи, приложения и драйвери.

Може да се стартират няколко операционни системи и приложения по едно и също време на един компютър, като всеки има достъп до ресурсите, които му трябват и когато му трябват.

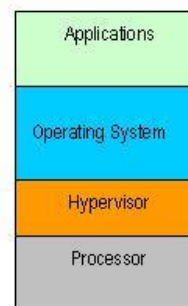
### Виртуална машина, виртуална инфраструктура

Виртуалната машина предоставя софтуерна среда, която позволява даден софтуер да работи директно върху хардуера. Тази среда се създава от една виртуална машина – монитор, известна също като хипервайзор.

Виртуалната машина е ефикасен, изолиран дубликат на реалната машина и е напълно изолиран софтуерен контейнер, който може да управлява своя собствена операционна система и приложения, също както на физически компютър. (Wolf, Halter, 2005)

Виртуалната машина се държи точно като физически компютър и съдържа собствени виртуални (т.е. софтуерно-базирани) CPU, RAM, твърд диск и мрежови карти (NIC's).

Операционната система не може да направи разлика между виртуална и физическа машина, нито приложенията или други компютри в мрежата. Операционната система във всяка виртуална машина се наричат "гост" ОС. На фигура 1 е показана структурата на виртуална машина.



Фиг. 1: Виртуална машина

Самата виртуална машина мисли, че това е „истински“ компютър, но независимо от това тя е съставена изцяло от софтуер и не съдържа каквито и да е хардуерни компоненти.

В резултат на това, виртуалните машини предлагат редица предимства в сравнение с отделен физически хардуер, които са:

- **Съвместимост:** Съвместими са с всички стандартни x86 компютри;
- **Изоляция:** Изолирани една от друга, както физическите отделни компютри;
- **Капсулация:** Капсулират пълна компютърна среда;
- **Хардуерна независимост:** Независими са от прилежащия хардуер.

Виртуалната инфраструктура позволява да се споделят физически ресурси на множество машини в цялата си инфраструктура. Ресурсите са споделени с множество виртуални машини и приложения. Тази ресурсна оптимизация предоставя по-голяма гъвкавост в организацията и резултатите от това са по-ниски капиталови и експлоатационни разходи.

Виртуалната инфраструктура се състои от следните компоненти:

- Хипервайзори, които позволяват пълната виртуализация на всеки x86 компютър;
- Виртуални инфраструктурни услуги.
- Предимствата на виртуалната инфраструктура са:
- Постигане на вградена достъпност, сигурност и скалируемост на приложенията;
- Поддържане на широка гама от операционни системи и среди от приложения;
- Работа в мрежа, както и със системи за съхранение на данни.

## Методи за виртуализация

В последните години се утвърдиха няколко метода за софтуерна виртуализация, като всеки от тях има своите сфери на приложение и е насочен към решаването на различни проблеми. Петте най-разпространени метода за виртуализация са:

### 1. Пълна виртуализация

Този метод позволява множество операционни системи да работят едновременно върху един сървър без да си взаимодействат. Няма ограничение за типа, вида и версията на операционните системи, които могат да се поддържат и да работят едновременно върху един и същ сървър.

При пълната виртуализация се създава виртуализиращ слой между хардуера и операционната система (ОС). Това превръща хардуерната конфигурация в абстрактен, виртуален образ на физическия сървър – виртуална машина. Всяка виртуална машина поддържа своя инсталация на ОС и работи така, сякаш е единствената ОС, инсталирана на този сървър. Сървърните ресурси се разпределят между работещите ОС посредством мениджъра на виртуални машини (ВММ), наречен още ВМ хост. ВММ контролира работата на виртуализиращия слой и виртуалните машини.

### 2. Частична виртуализация (включваща и „виртуализация на адресното пространство“)

При частичната виртуализация се симулират повечето от елементите (но не всички) на хардуерната среда и най-

вече адресното пространство. Повечето от симулираните елементи работят едновременно с няколко свои копия. Такава среда поддържа споделяне на ресурси и изолация на процесите, но не позволява съществуването на отделен гост операционна система.

Този подход при виртуализация, макар и да не се определя като виртуална машина, е бил важен за историческото развитие на компютърните системи и се прилага днес при операционните системи Microsoft Windows и GNU/Linux.

### 3. Паравиртуализация

При този подход отново се създават множество виртуални машини със собствена ОС които работят едновременно върху един физически сървър. За разлика от пълната виртуализация се създава допълнителна ОС, наричана привилегирована, чиито хардуерни драйвери комуникират директно с хардуерните устройства, без да използват виртуализиращ слой.

Паравиртуализацията изисква значителна промяна в кода на операционните системи, които могат да се виртуализират и за момента е достъпна само за Linux, поради отворения код на тази ОС.

### 4. Виртуализация на нивото на операционната система

Алтернативен метод на виртуализация е стартирането на множество ОС в потребителския дял на една основна ОС, наречена хост ОС. При този метод физическият сървър общува с една ОС, в чиито потребителски дял работят множество „приложни ОС“, всяка със свои приложения. Такъв подход налага сериозни модификации в кода на приложните ОС и е достъпен само за Linux.

Този метод на виртуализация е известен като UML (User Mode Linux).

### 5. Виртуализация на приложните програми

При този метод на физическия сървър се инсталира само една ОС, като потребителския ѝ дял се разделя на множество части. Всяка от тези части служи за контейнер на едно или повече приложения. От гледна точка на приложенията всеки контейнер представлява отделен, виртуален сървър, наречен Virtual Private Server (VPS). Ядрото на операционната система се споделя между контейнерите.

Всяко едно десктоп или сървърно приложение работи локално, използвайки локалните ресурси на компютърната система, но е обвито в своя собствена виртуална машина, а не е инсталирано на локалната система. Неговата виртуална машина съдържа всички компоненти, които са му нужни, за да работи. Тези компоненти могат да включват файлове, глобални обекти, както и елементи от потребителския интерфейс. Виртуалната машина работи като преходен слой между приложението и операционната система, като по този начин елиминира конфликти вътре в приложението и конфликти, които могат да възникнат между приложението и операционната система. Примери за такива виртуални машини са: Sun Java Virtual Machine, Softfricity, Thinsall, Altritis, Portable Apps и Trigence.

### Примери за съвременни приложения на виртуализацията:

- **Консолидация на сървъри** – виртуалните машини могат да се използват за консолидиране на множество

физически сървъри в по-малък брой сървъри, на които се съхраняват виртуалните машини. Всеки физически сървър се трансформира във виртуален и работи под формата на виртуална машина. Това става със специализиран софтуер за трансформация, а самата процедура е известна като „физически – виртуална трансформация“ (Physical-to-Virtual Transformation).

- **Възстановяване от аварии** – виртуалните машини могат да се използват като резервни на физическите. Когато една физическа машина претърпи авария, нейния потребител може да продължи работата си на виртуална машина, до която получава достъп чрез компютърна мрежа, а самите виртуални машини се съхраняват на сървър, предназначен да работи без прекъсване.

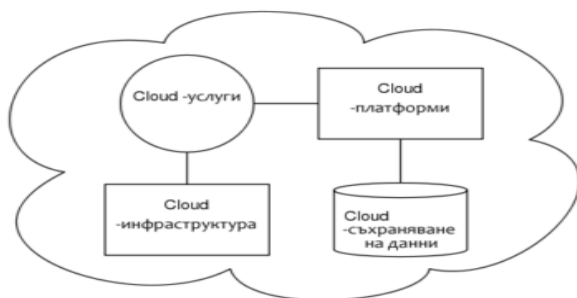
- **Мобилни приложения** – много от съвременните приложения, особено тези създадени да работят под операционна система Microsoft Windows, не могат да работят, ако не са инсталирани по някакъв начин под операционната система. Чрез виртуализирането им можем да ги абстрахираме от системата, на която ги изпълняваме и те ще могат да работят от преносим носител на информация.

- **Мобилни работни среди** – тези среди представляват набор от мобилни приложения, които се намират на външно дисково устройство. Когато свържем това устройство с компютър, на който има инсталирана операционна система можем да работим с приложенията. По този начин и приложенията ни и данните се съхраняват на мобилното устройство, което ни прави независими от физическата машина.

## Cloud computing

Виртуализацията е водеща технология за модела Cloud computing (Chappell, 2008).

Моделът Cloud computing предоставя услуги чрез ново поколение центрове за данни (data centers), които са базирани на технологията на виртуализация. На фигура 2 е показана в най-общ вид архитектурата на Cloud computing.



Фиг. 2. Архитектура на Cloud

Тенденциите в информационните технологии са преминаване към софтуер, който да се използва от милиони потребители в Интернет като услуга – SaaS (Software as a Service). За да са конкурентно способни, тези услуги трябва да са надеждни, динамични и автономни. Потребителите сами избират нивото на качеството на услугата – QoS (Quality of Service) или нивото на поддръжка – SLA (Service Level Agreements) или колко от услугата да ползват – utility computing.

Възможността да ползваш само когато ти трябва и да заплащаш само ресурсите, които си потребил, звучи много привлекателно за съвременния бизнес.

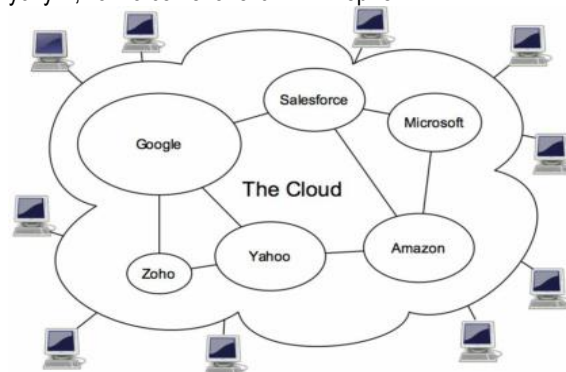
Потребителите могат да имат достъп до данните си от всяка точка на света. Cloud computing променя начина, по който се съхранява информация и се изпълняват приложения.

Вместо традиционния подход програмите и данните да се намират на собствения ни компютър, всичко се пренася в Cloud среда – архитектура от сървъри, достъпна чрез Интернет. Тази технология прави приложенията и данните ни достъпни от цял свят и улеснява сътрудничеството чрез Интернет.

Услугите от типа Cloud computing се предлагат под различни наименования:

- услуги по поискване (on-demand services),
- cloud-услуги („cloud services“),
- софтуер като услуга („Software-as-a-Service – SaaS“) и други.

На фигура 3 са показани част от най-популярните Cloud услуги, които се използват в Интернет.



Фиг.3. Cloud услуги предлагани в Интернет

## Софтуерни решения за виртуализация

Комерсиалният софтуер, реализиращ виртуализацията като технология се предлага като от няколко фирми.

Лидер в пазара на софтуер за виртуализация е компанията VMware, която предлага различни продукти за виртуализация ([www.vmware.com](http://www.vmware.com)) – VMware ESX server, VMware Workstation, VMware Player, VMware Server, които се прилагат в зависимост от типа на средата и функционалността която е необходима.

VMware предлага и особено необходимите във връзка с прилагането на виртуализация продукти за системно управление, осигуряващи оптимизация на виртуалната инфраструктура и по-добро администриране.

В последно време VMware започна да акцентира върху виртуализацията на настолните компютри, чрез която се дава достъп до отдалечени виртуални машини.

VMware предлага и множество решения в областта на Cloud computing.

Според анализатори в IT сектора основната борба във виртуализационния сектор ще бъде между Microsoft ([www.microsoft.com](http://www.microsoft.com)) с техния нов хипервайзор Hyper-V (Viridian) и VMware. Това се дължи на факта, че в Microsoft разбират перспективата от използването на виртуализацията, както и предимствата, които дава.

Първата стъпка бе пускането на Microsoft Virtual Server 2005, като основните му функции са създаването и консолидацията на виртуални сървъри. В следствие се оказа, че тази платформа не е в състояние да се конкурира с продуктите на VMware поради своята сложност и некачествено функциониране.

Новият Windows Server 2008 предлага опростена и лесна за настройване виртуализационна платформа. Windows Server 2008 поддържа на 32- и 64-битови архитектури, виртуални SMP машини, динамично добавяне на виртуални ресурси (памет, процесор, мрежови адаптери и др.) и динамичен пренос на операционни системи и приложения.

Интерфейсът на Windows Server 2008 позволява интегриране с конзолата за управление System Center Virtual Machine Manager (SCVMM), което опростява управлението на виртуалната среда. Инфраструктурното решение на Microsoft Virtualized Infrastructure включва не само хипервайзора и виртуализация на сървъра, но и решения за виртуализационното представяне (Terminal Services), системата за персоналните компютри (Virtual PC), както и приложението SoftGrid.

Важно място в стратегията на Microsoft заема партньорството им със Citrix, демонстрирано във взаимната поддръжка на продукти им. Microsoft System Center Virtual Machine Manager (VMM) може да управлява приложенията Citrix XenServer и Citrix Presentation Server, а продукт на Citrix за виртуализация на настолни системи поддържа хипервайзора Hyper-V.

Някои от по-значимите нововъведения в **Hyper-V** на този етап включват:

- За първи път е възможна инсталация на x64 операционна система във виртуална среда;
- Виртуалните машини поддържат възможност за директен достъп до твърдия диск (т. н. pass-through disks), без да използват файловата система на Hyper-V хост сървъра;
- Поддръжка на някои XEN базирани Linux дистрибуции, като *SUSE Linux Enterprise Server 10 Service Pack 2* и *Red Hat Enterprise Linux 5.2*;
- Възможност за моментни снимки (Snapshots) на виртуалните ОС;
- Поддръжка на *VLAN tagging*;
- Поддръжка на *Quick Migration* заедно с *Failover Cluster*;
- Възможност за работа в *Server Core* инсталация на Windows Server 2008;
- Поддръжка на *Volume Shadow Copy Services* (VSS) за откопиране на работещи виртуални машини;
- Възможност за заделяне на повече памет (64 GB), процесори и виртуални *Scsi* дискове;

Технологията VSO (Virtual Storage Optimizer) е разработена от IBM ([www.ibm.com](http://www.ibm.com)) и се базира на използване на услуги за достъп до виртуална инфраструктура VIA (Virtual Infrastructure Access). VIA услугите предоставят на потребителя опосредстван достъп до различни ресурси, представляващи своеобразен „облак“ (cloud), от който може да се „вземат“ най-различни ресурси – складове за данни, услуги, виртуални сървъри и т.н.

HP навлиза в технологиите за виртуализация с новите си услуги HP Microsoft Virtualization Infrastructure Service и HP Virtual Desktop Infrastructure (VDI) Service. ([www.hp.com](http://www.hp.com)) Тези услуги са ориентирани към потребители, които преобразуват сървърната си инфраструктура с проекти за консолидация, внедряване на средства за управление и гарантиране на сигурността на виртуализираните среди.

Разработчици на технологии за виртуализация са също Citrix, Sun, Oracle, Virtual Iron, Novell, Red Hat, а фирми като Cassatt, Egenera и Parallels анализаторите считат за нишови.

Според специалисти приложението Citrix XenDesktop ([www.citrix.com](http://www.citrix.com)) на компанията Citrix systems е най-добрият способ за виртуализация на настолни Windows системи.

Така нареченият свободно достъпен софтуер за виртуализация е представен от редица продукти, като някои от тях като VMware Server на водещи компании са само за ползване на лични компютри. VMware Server е домакин платформа за виртуализация, която се инсталира като прилагането на всички съществуващи сървърен хардуер и дялове на един физически сървър в множество виртуални машини.

Единственият некомерсиален професионален продукт за виртуализация, който се представя добре за корпоративни клиенти е VirtualBox. ([www.virtualbox.org](http://www.virtualbox.org)) Той е изключително богат на функции и е свободно достъпен софтуер с отворен код при условията на GNU General Public License (GPL) версия 2.

VirtualBox работи на следните хост операционни системи:

- Windows, версии:
  - Windows XP;
  - Windows Server 2003;
  - Windows Vista;
  - Windows Server 2008 (32-bit и 64-bit);
  - Windows 7 (32-bit и 64-bit).
- Mac OS X версии:
  - 10.5 (Leopard, 32-bit);
  - 10.6 (Snow Leopard, 32-bit и 64-bit).
- Linux (32-bit и 64-bit), включващи:
  - Ubuntu;
  - Debian GNU/Linux;
  - Oracle Enterprise Linux и Oracle Linux;
  - Redhat Enterprise Linux;
  - Fedora Core;
  - Gentoo Linux;
  - SUSE Linux и openSUSE;
  - Miriva.
- Solaris (32-bit и 64-bit) с известни ограничения:
  - Solaris 10 и 11;
  - OpenSolaris 2008.05 и по-високи версии.

На фигури 4 и 5 са виртуални машини, реализирани с помощта на VirtualBox 4.1.

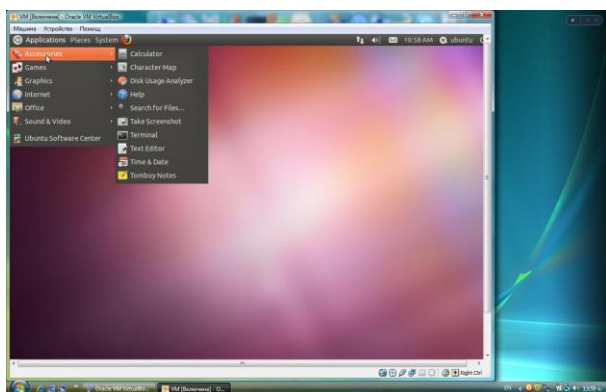
Важно е се отбележи, че сигурността на виртуалните устройства е сред актуалните въпроси, които вълнуват разработчиците и потребителите на тази платформа.

Като водеща компания VMware предлага набор от приложни интерфейси API за създателите на приложения за сигурност. Производители на системи за ИТ сигурност, сред които McAfee, Symantec и Check Point, използват

възможностите на тези интерфейси в своите продукти, за да подсилват виртуализационните платформи.



Фиг. 4: Виртуална машина с Windows XP, стартирана върху Windows Vista хост



Фиг. 5: Виртуална машина с Ubuntu, стартирана върху Windows Vista хост

Освен това VMware разработиха приложението VMsafe, което позволява реализирането на защитни механизми, които са невъзможни за физическите сървъри, използващи Windows. Това се дължи на факта, че инфраструктурата на безопасността се извежда от нивото на хипервайзора. На базата на това може да се очаква появата на инструменти, опростяващи управлението на сигурността във виртуалната среда.

## Заключение

Виртуализацията като технология има потенциала да промени корпоративната информационна среда. Тази

Препоръчана за публикуване от  
катедра „Информатика“, МЕМФ

концепция е настоящият революционен скок в развитието на информационните технологии.

Основните предимства от внедряване на виртуализацията са:

- Намаляване на времето, необходимо за осигуряване на определен ресурс за крайните потребители на системите;
- Повишаване на мобилността;
- Достъпност и сигурност на системите;
- Намаляване на площта, която заема информационно-изчислителния център;
- Намаляване на ограниченията за квалифицираност на обслужващия персонал;
- Намаляване на разходите по поддръжка;
- Намаляване на изразходваната електроенергия;
- Намаляване на времето, необходимо за възстановяване на системите след срив, в случай на хардуерни дефекти или други инциденти с негативен характер;
- Качествено и количествено увеличаване на мащабируемостта на системите.

С помощта на софтуер от типа на VirtualBox, който е с Open Source лиценз, е възможно лесно да се конфигурират и управляват виртуални машини под различни операционни системи и платформи, което значително ще облекчи както бюджета на дадена организация, така и работата на системните администратори.

## Литература

Brian Ward, 2002, *The Book of VMware – The Complete Guide to VMware Workstation*, Publishers Group West.

Chappell D, 2008, *A Short Introduction to Cloud Platforms*, Chappell & Associates.

Chris Wolf, Erick M. Halter, 2005, *Virtualization: From the Desktop to the Enterprise*, Apress.

[www.ibm.com](http://www.ibm.com)

[www.citrix.com](http://www.citrix.com)

[www.microsoft.com](http://www.microsoft.com)

[www.virtualbox.org](http://www.virtualbox.org)

[www.wmware.com](http://www.wmware.com)