

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Dr. Abolfazl Esfandi

مقدمه‌ای بر سیستم‌های توزیع شده
و پردازش موازی
(جلد دوم)

مؤلفان:

مهندس ابوالفضل اسفندی

عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد بروجرد

مهندس سارا صادقی

استاد حق‌التدریس دانشگاه آزاد اسلامی واحد بروجرد



۱۳۹۵

- : سرشناسه
- : عنوان و نام پدیدآور
- : مشخصات نشر
- : مشخصات ظاهری
- : شابک
- : فهرست‌نویسی
- : یادداشت
- : موضوع
- : شناسه افزوده
- : رده‌بندی کنگره
- : رده‌بندی دیویی
- : شماره کتابشناسی ملی



دانشگاه آزاد اسلامی بروجرد

مقدمه‌ای بر سیستم‌های توزیع شده و پردازش موازی (جلد دوم)

مؤلفان: مهندس ابوالفضل اسفندی، مهندس سارا صادقی

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی واحد بروجرد

مدیر مسؤول: دکتر علی آریاپور

ناظر چاپ: حسام یاریار

لیتوگرافی، چاپ و صحافی: نویسنده

نوبت چاپ: اول/۱۳۹۵

شمارگان: ۲۰۰۰

بها: ۱۲۰۰۰ تومان

شابک:

حق چاپ برای ناشر محفوظ است

بروجرد - میدان نواب - خیابان یادگار امام - مجتمع دانشگاهی امام خمینی (ره)
تلفکس ۰۶۶-۴۲۵۱۸۰۱۳

Email: Publisher@iaub.ac.ir

سخن ناشر

به نام خداوند لوح و قلم
حقیقت نگار وجود و عدم
خدایی که داننده رازهاست
نخستین سرآغاز آغازهاست

دانشگاه آزاد اسلامی، به عنوان یکی از ارکان نظام آموزش عالی کشور در چشم‌انداز بیست ساله خود، توسعه کیفی را به طور جدی مدنظر قرار داده است. دانشگاه آزاد اسلامی بروجرد به عنوان یکی از با سابقه‌ترین واحدهای دانشگاهی سطح کشور با عنایت به پتانسیل‌های موجود و در راستای این حرکت عظیم علمی و فرهنگی و به منظور ایجاد سرعت، دقت و هماهنگی بیشتر در اجرای کلیه امور مربوط به تأمین منابع آموزشی مورد نیاز و همچنین تشویق و ترغیب محققان، مؤلفان و مترجمان دانشگاهی به نگارش و ترجمه کتب معتبر علمی، شورای انتشارات علمی خود را تشکیل داد. بدیهی است که ورود به این عرصه‌ی خطیر جز با استمداد از خداوند متعال و چشم یاری داشتن از محققان و پژوهشگران و استادان ارجمند امکان‌پذیر نیست. لذا از همه صاحب‌نظران ارجمند دعوت می‌شود ما را از نقطه‌نظرها و راهنمایی‌های ارزشمند خود بهره‌مند سازند. در پایان بر خود لازم می‌دانم از ریاست دانشگاه آزاد اسلامی و معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه آزاد اسلامی به سبب برقراری شرایط و بستر مناسب انجام فعالیت‌های حوزه پژوهش واحد در بخش توسعه فعالیت‌های چاپ و نشر، تشکر و قدردانی نمایم. ضمناً شایسته است از فعالیت‌ها و تلاش‌های علمی آقای مهندس ابوالفضل اسفندی و خانم مهندس سارا صادقی در تألیف کتاب مقدمه‌ای بر سیستم‌های توزیع شده و پردازش موازی (جلد دوم) مراتب سپاسگزاری خود را ابراز نمایم.

دکتر مجید شمس

رئیس دانشگاه آزاد اسلامی واحد بروجرد

تقديم به:

امیدها و آینده سازان کشور عزیزمان:

🌸 محمد صالح 🌸 و 🌸 هانا 🌸

پیش گفتار مؤلفان

در دنیای امروز نیاز مبرم به سیستم‌های کامپیوتری و فنآوری‌های کامپیوتری، در زمینه‌های مختلف زندگی روزمره و علوم مختلف غیر قابل انکار است و این نیاز و استفاده روز به روز بیشتر نیز می‌شود. به همین دلیل گسترش زیاد این خدمات و افزایش بسیار زیاد استفاده کنندگان از آنها، دیگر کامپیوترهای عادی و شبکه‌های عادی کامپیوتری جوابگوی نیازهای امروزی نیست. بنابراین ساختارهای جدیدی برای انجام کارها و پردازش‌های مورد نیاز بوجود آمده‌اند که تحت عنوان سیستم‌های توزیع شده و پردازش‌های موازی از آنها یاد می‌شود که علاوه بر امکان پذیر کردن پردازش‌های مورد نیاز، مزایایی همچون سرعت بخشیدن به این اعمال، بالا رفتن قابلیت اطمینان، دسترس پذیری و تحمل پذیری بالاتر خطاها را نیز موجب می‌شود.

در زمینه معرفی و توصیف سیستم‌های توزیع شده کتاب‌های مختلفی وجود دارد، که البته اکثر آنها به زبان فارسی ترجمه نشده‌اند، اما مشکل اصلی که ما را بر آن داشت که این کتاب را تالیف نماییم آن است که بیشتر این کتابها درباره اصول اولیه سیستم‌های توزیع شده صحبت کرده و تا حدودی از پیشرفت‌های امروزه جهان عقب مانده‌اند. بطور مثال در تعداد انگشت شماری از آنها درباره ابرها و محاسبات ابری سخنی گفته شده‌است، در حالی که این مفهوم در محاسبات و دنیای فنآوری امروز، بسیار مهم و حائز اهمیت است. البته این نکته را نیز نباید فراموش کرد که به دلیل آنکه اکثر کتابهای مناسب موجود در زمینه محاسبات موازی و توزیع شده به زبان فارسی ترجمه نشده، فقدان یک کتاب فارسی در این زمینه به شدت احساس می‌شود.

ما در کتاب "مقدمه‌ای بر سیستم‌های توزیع شده و پردازش موازی"، سعی کرده‌ایم علاوه بر بیان اصول سیستم‌های توزیع شده و مسائل مربوط به آن، اشاره‌ای به موضوعات جدید و مفاهیم امروزی مرتبط با آنها نیز کنیم و مثالهایی از سیستم‌های واقعی را نیز ذکر نماییم. شایان ذکر است که بخش اعظمی از مطالب این کتاب (فصل دوم به بعد)، برداشت و ترجمه‌ای آزاد از کتاب بسیار ارزشمند "Distributed and

Cloud Computing, From Parallel Processing to the Internet of Things" است که متأسفانه تا زمان چاپ این کتاب، هنوز بطور کامل به فارسی ترجمه و چاپ نشده است. این کتاب برای دانشجویان رشته کامپیوتر و کلیه افراد علاقمند به مباحث سیستمهای توزیع شده و پردازشهای موازی، نوشته شده است. در این کتاب سعی شده در کمال سادگی و مختصر گویی، کلیه مطالب مورد نیاز دانش پژوهان به همراه مثالهایی از سیستمهای واقعی امروزی ارائه گردد. علاوه بر این ویژگیها، کتاب حاضر اکثر سرفصل مطالب درس سیستمهای توزیع و همچنین درس رایانش ابری، مطابق با سرفصل مصوب وزارت علوم، تحقیقات و فناوری را در بر میگیرد و حتی برای درس سیستمهای همروند نیز قابل استفاده است.

ساختار کتاب

در مجموعه دو جلد این کتاب برای حفظ یک روند منطقی همراه با پیوستگی مطالب و جلوگیری از سردرگمی دانشجو در بین مطالب مختلف، سعی کرده ایم در پنج فصل به بررسی مفاهیم سیستمهای توزیع شده و پردازشهای موازی بپردازیم:

فصل اول. مفاهیم پردازشهای موازی: در این فصل ابتدا به برخی مفاهیم اولیه در زمینه پردازش موازی و کامپیوترهای موازی پرداخته شده و محاسبات موازی و برنامه نویسی موازی نیز بررسی خواهد شد.

فصل دوم. مدل های سیستمهای توزیع شده و فناوریهای آن: در فصل دوم، به بررسی ساختار و معماریهای سیستمهای توزیع شده و فناوریهای مورد استفاده شده در آنها می پردازیم.

فصل اول از جلد دوم. خوشه های کامپیوتری و محاسبات موازی: در این فصل مفهوم خوشه های کامپیوتری و مباحث مرتبط با آنها را بیان کرده و به بررسی نحوه محاسبات موازی در آنها می پردازیم.

فصل دوم از جلد دوم. ماشین های مجازی و مجازی سازی خوشه ها: یکی از مباحث بسیار مهم در سیستمهای توزیع شده و بخصوص خوشه ها، بحث مجازی سازی و ایجاد خوشه های مجازی است که علاوه بر مزایا بسیار زیاد، بستری برای ایجاد ابرها و مفاهیم

مربوط به آن می‌باشد. در این فصل به بررسی به موضوع و ساختار و انواع آن خواهیم پرداخت.

فصل سوم از جلد دوم. معماری سرویس‌گرا برای محاسبات توزیع‌شده: از جمله مهمترین معماری‌هایی که امروزه بصورت عملی در سیستم‌ها و پردازش‌های توزیع شده مورد استفاده قرار گرفته و پر کاربرد است، معماری سرویس‌گرا می‌باشد. در فصل پنجم به بررسی این معماری به عنوان یکی از نمونه معماری‌های مورد استفاده در سیستم‌های توزیع شده، می‌پردازیم.

در اینجا لازم می‌دانم که از جناب آقای دکتر مجید شمس ریاست محترم دانشگاه آزاد اسلامی واحد بروجرد، دکتر محمدرضا معظمی گودرزی معاونت پژوهش و فناوری واحد و همچنین مهندس حسام یاریار مدیر انتشارات علمی واحد به خاطر همکاری‌های بی‌دریغشان قدردانی کرده و همچنین از داوران محترم که با نظرات اصلاحی و سازنده خود موجب ارتقای علمی این کتاب شده‌اند، سپاسگزاری نمایم.

با آنکه زمان بسیاری برای این کتاب صرف شده، لیکن نمی‌تواند خالی از ایراد و اشکال علمی و چاپی باشد. بدیهی است که فرستادن راهنمایی‌ها و انتقادات سازنده اساتید، دانشجویان و سایر دانش‌پژوهان به آدرس ناشر یا ایمیل اینجانب (Esfandi@IAUB.AC.IR) می‌تواند موجب تصحیح کتاب و دلگرمی نویسنده گردد.

ابوالفضل اسفندی

سارا صادقی

فهرست مطالب

فصل اول: خوشه‌های کامپیوتری و محاسبات موازی

۱-۱ مقدمه.....	۱۸
۲-۱ خوشه‌بندی برای موازی‌سازی عظیم.....	۱۸
۱-۲-۱ روند توسعه خوشه.....	۱۹
۲-۲-۱ اهداف طراحی خوشه‌های کامپیوتری.....	۲۲
۳-۲-۱ موضوعات اساسی طراحی خوشه.....	۲۶
۴-۲-۱ تحلیل ۵۰۰ ابرکامپیوتر برتر.....	۲۹
۳-۱ خوشه‌های کامپیوتری و معماری‌های MPP.....	۳۶
۱-۳-۱ سازمان خوشه و اشتراک منبع.....	۳۶
۲-۳-۱ معماری گره و بسته‌بندی MPP.....	۴۰
۳-۳-۱ اتصالات سیستم خوشه.....	۴۲
۴-۳-۱ پشتیبانی سخت‌افزار، نرم‌افزار و میان‌افزار.....	۴۷
۵-۳-۱ خوشه‌های GPU برای موازی‌سازی عظیم.....	۴۷
۴-۱ اهداف طراحی خوشه‌های کامپیوتری.....	۵۳
۱-۴-۱ ویژگی‌های تصویر یگانه سیستم (SSI).....	۵۳
۲-۴-۱ دسترس‌پذیری بالا از طریق افزونگی.....	۶۷
۳-۴-۱ پیکربندی خوشه تحمل‌پذیر خطا.....	۷۴
۴-۴-۱ روش‌های نقطه بازرسی و بازیابی.....	۷۸

۵-۱ کار خوشه و مدیریت منبع	۸۴
۱-۵-۱ روش‌های زمان‌بندی کار خوشه	۸۴
۲-۵-۱ سیستم‌های مدیریت کار خوشه	۸۹
۳-۵-۱ تسهیلات اشتراک بار (LSF) برای محاسبات خوشه	۹۴
۴-۵-۱ MOSIX، سیستم‌عاملی برای ابرها و خوشه‌های لینوکس	۹۶
۶-۱ مطالعات سیستم‌های ابر کامپیوترهای برتر	۱۰۰
۱-۶-۱ Tianhe-1A، سریع‌ترین ابر کامپیوتر سال ۲۰۱۰	۱۰۰
۲-۶-۱ CrayXT5Jaguar، برترین ابر کامپیوتر سال ۲۰۰۹	۱۰۶
۳-۶-۱ IBM Roadrunner، ابر کامپیوتر برتر سال ۲۰۰۸	۱۱۰
۷-۱ سوالات فصل اول	۱۱۳

فصل دوم: ماشین‌های مجازی و مجازی‌سازی خوشه‌ها

۱-۲ مقدمه	۱۱۶
۲-۲ پیاده‌سازی سطوح مجازی‌سازی	۱۱۶
۱-۲-۲ سطوح پیاده‌سازی مجازی‌سازی	۱۱۷
۲-۲-۲ تهیه‌کنندگان و نیازمندی‌های طراحی VMM	۱۲۲
۳-۲-۲ پشتیبانی مجازی‌سازی در سطح سیستم‌عامل	۱۲۵
۴-۲-۲ پشتیبانی میان‌افزار برای مجازی‌سازی	۱۳۱
۳-۲ مکانیزم‌ها و ساختارها/ابزارهای مجازی‌سازی	۱۳۴
۱-۳-۲ فوق‌ناظر و معماری Xen	۱۳۵
۲-۳-۲ ترجمه دودویی با مجازی‌سازی کامل	۱۳۷
۳-۳-۲ نیمه مجازی‌سازی با پشتیبانی کامپایلری	۱۴۰
۴-۲ مجازی‌سازی CPU، حافظه و دستگاه‌های ورودی/خروجی	۱۴۴
۱-۴-۲ پشتیبانی سخت‌افزاری برای مجازی‌سازی	۱۴۵
۲-۴-۲ مجازی‌سازی CPU	۱۴۶
۳-۴-۲ مجازی‌سازی حافظه	۱۴۹

۱۵۳	..... مجازی سازی ورودی/خروجی
۱۵۷	..... مجازی سازی در پردازنده های چند هسته ای
۱۶۱	..... ۵-۲ مدیریت منابع و خوشه های مجازی
۱۶۲	..... ۱-۵-۲ خوشه های فیزیکی در مقابل مجازی
۱۶۷	..... ۲-۵-۲ مراحل مهاجرت زنده VM و اثرات کارایی
۱۷۳	..... ۳-۵-۲ مهاجرت حافظه، فایل ها و منابع شبکه
۱۷۹	..... ۴-۵-۲ استقرار پویای خوشه های مجازی
۱۸۴	..... ۶-۲ مجازی سازی برای اتوماسیون مراکز داده
۱۸۵	..... ۱-۶-۲ یکپارچگی سرویس دهنده در مراکز داده
۱۸۷	..... ۲-۶-۲ مدیریت انبار مجازی
۱۹۱	..... ۳-۶-۲ سیستم عامل ابری و مراکز داده مجازی
۱۹۶	..... ۴-۶-۲ مدیریت قابل اعتماد در مراکز داده مجازی
۲۰۱	..... ۷-۲ سوالات فصل دوم

فصل سوم: معماری سرویس گرا برای محاسبات توزیع شده

۲۰۲	..... ۱-۳ مقدمه
۲۰۵	..... ۲-۳ سرویس ها و معماری سرویس گرا
۲۰۷	..... ۱-۲-۳ REST و سیستم هایی از سیستم ها
۲۱۴	..... ۲-۲-۳ سرویس ها و سرویس های وب
۲۲۳	..... ۳-۲-۳ معماری چندلایه ای سازمانی
۲۲۶	..... ۴-۲-۳ سرویس های شبکه و OGSA
۲۳۲	..... ۵-۲-۳ دیگر سیستم ها و معماری های سرویس-گرا
۲۳۴	..... ۳-۳ میان افزار پیام-گرا
۲۳۵	..... ۱-۳-۳ گذرگاه سازمانی
۲۳۷	..... ۲-۳-۳ مدل انتشار-تقبُّل و هشدار
۲۳۸	..... ۳-۳-۳ سیستم های پیام رسانی و صف بندی
۲۳۹	..... ۴-۳-۳ برنامه های کاربردی میان افزار توری یا ابر

- ۲۴۲ ۴-۳ پورتال‌ها و دروازه‌های علمی
- ۲۴۴ ۱-۴-۳ مثال‌هایی از دروازه علمی
- ۲۴۷ ۲-۴-۳ بستر نرم‌افزاری HUBzero برای همکاری علمی
- ۲۵۵ ۳-۴-۳ محیط‌های محاسباتی دروازه باز
- ۲۶۱ ۵-۳ کشف، رجیستری، فراداده‌ها و پایگاه‌های داده
- ۲۶۲ ۱-۵-۳ UDDI و رجیسترهای سرویس
- ۲۶۷ ۲-۵-۳ پایگاه‌های داده و انتشار - تَقَبُّل
- ۲۷۰ ۳-۵-۳ کاتالوگ‌های فراداده
- ۲۷۲ ۴-۵-۳ توری و وب‌معنایی
- ۲۷۶ ۵-۵-۳ محیط‌های اجرای کار و نظارت
- ۲۸۰ ۶-۳ جریان کار در معماری سرویس-گرا
- ۲۸۱ ۱-۶-۳ مفاهیم جریان کار پایه
- ۲۸۳ ۲-۶-۳ استانداردهای جریان کار
- ۲۸۵ ۳-۶-۳ معماری و مشخصات جریان کار
- ۲۸۸ ۴-۶-۳ موتور اجرای جریان کار
- ۲۹۱ ۵-۶-۳ اسکریپت‌نویسی سیستم Swift
- ۲۹۴ ۷-۳ سوالات فصل سوم
- ۲۹۵ واژه نامه انگلیسی به فارسی و فارسی به انگلیسی
- ۳۴۵ منابع و مراجع

خوشه‌های کامپیوتری و محاسبات موازی

در این فصل با مفاهیم زیر آشنا می‌شوید:

- آشنایی با ساختار خوشه‌ای در کامپیوترها
- آشنایی با خوشه‌های فیزیکی
- آشنایی با بحث مقیاس‌پذیری و برنامه‌ریزی
- آشنایی با چند نمونه از معماری‌های خوشه‌ای

۷-۱ سوالات فصل اول

- ۱- تفاوت بین اصطلاحات زیر را بیان کنید
الف) خوشه‌های باز و بسته
ب) کنترل متمرکز یا نامتمرکز
ج) خوشه‌های اختصاصی و مشارکتی
- ۲- پنج سیستم‌عامل محبوب در میان ۵۰۰ ابرکامپیوتر امروزی را به ترتیب استفاده ذکر کنید و بیان کنید چند سیستم با چند پردازنده از این سیستم‌عامل‌ها استفاده می‌کنند.
- ۳- ویژگی‌های سلسله‌مراتب فایل یگانه را نام برده و توضیح دهید.
- ۴- تفاوت بین خرابی دائمی و گذرا و همچنین تفاوت بین خطای برنامه‌ریزی شده و خطای برنامه‌ریزی نشده را شرح دهید.
- ۵- سیاست‌های اشتراک زمانی را نام برده و توضیح دهید.
- ۶- فرض کنید در خوشه‌ای، بعد از خرابی یک گره، ترتیب رخ داده‌های زیر رخ خواهند داد:
الف) تمام سیستم خاموش می‌شود.
ب) اگر خرابی سخت‌افزاری باشد، گره خطادار جایگزین می‌شود.
ج) سیستم روشن می‌شود.
د) برنامه کاربردی کاربر دوباره بارگذاری شده و از اول آغاز می‌شود.
حال یکی از گره‌های خوشه هر ۸۰ ساعت خراب می‌شود. مرحله ۱ تا ۳ سه ساعت طول می‌کشد. به طور متوسط، میانگین زمان برای مرحله ۴، دو ساعت است. دسترس‌پذیری خوشه چقدر است؟ اگر هر یک ساعت خرابی ۶۳.۰۰۰ دلار هزینه داشته باشد، هزینه خرابی سالانه چقدر است؟
- ۷- انواع سیاست‌های زمان‌بندی موازی مربوط به اشتراک زمانی را نام برده و توضیح دهید.
- ۸- بخش‌های سیستم مدیریت کار (JMS) خوشه را توضیح دهید.

ماشین‌های مجازی و مجازی‌سازی خوشه‌ها

در این فصل با مفاهیم زیر آشنا می‌شوید:

- آشنایی با مفهوم مجازی‌سازی و نحوه کارکرد آن
- آشنایی با انواع سطوح مجازی‌سازی
- آشنایی با مزایا مجازی‌سازی
- آشنایی با فوق ناظر و VMM
- آشنایی با روشهای مختلف مجازی‌سازی
- آشنایی با نقش مجازی‌سازی در محاسبات ابری
- آشنایی با بحث مهاجرت در حالت مجازی‌سازی

۷-۲ سوالات فصل دوم

- ۱- اصطلاحات زیر را توضیح دهید
- الف) فوق‌ناظر ب) مجازی‌سازی انباره ج) محفظه
- ۲- هر چه درباره مجازی‌سازی سطح کتابخانه (تقلید API) می‌دانید، بنویسید.
- ۳- مزایا و معایب ضمیمه‌های سیستم‌عامل را توضیح دهید.
- ۴- حوزه Xen معماری و نحوه عملکرد آن را توضیح دهید
- ۵- مجازی‌سازی کامل را با نیمه‌مجازی‌سازی مقایسه کنید.
- ۶- نیمه‌مجازی‌سازی باعث بروز چه مشکلاتی می‌شود؟
- ۷- مراحل مهاجرت زنده VM را بیان کنید.
- ۸- یک VM در چه حالتی ممکن است باشد؟ نام برده و توضیح دهید.
- ۹- مزایای معماری VM ثانویه را شرح دهید.
- ۱۰- اثرات جانبی مجازی‌سازی سرویس‌دهنده را شرح دهید.
- ۱۱- مهاجرت حافظه به چه صورت انجام می‌شود.
- ۱۲- مجازی‌سازی کامل را در مقابل نیمه‌مجازی‌سازی شرح دهید.
- ۱۳- اثرات جانبی مجازی‌سازی سرویس‌دهنده را ذکر کنید.
- ۱۴- انواع روش‌های مدیریت خوشه مجازی را بیان کنید.

معماری سرویس‌گرا برای محاسبات توزیع شده

در این فصل با مفاهیم زیر آشنا می‌شوید:

- آشنایی با مفهوم معماری سرویس‌گرا
- آشنایی با سرویس‌های وب
- آشنایی با وب معنایی
- آشنایی با توری معنایی
- آشنایی با میان افزار پیام‌گرا

۷-۳ سوالات فصل سوم

- ۱- اصطلاحات زیر را مختصراً توضیح دهید:
الف) کاتالوگ‌های فراداده
ب) توری معنایی
ج) نرم‌افزار دروازه کلیددار
- ۲- شبکه جهانی وب (W3C)، SOA را با چه مشخصاتی تعریف می‌کند؟
- ۳- طبقه‌بندی رجیستری‌ها را برای اطلاعات بیان کرده، سپس رجیستری عمومی را در مقابل رجیستری اختصاصی توضیح دهید.
- ۴- اصول سبک معماری REST را بیان کنید.
- ۵- لایه‌های یک سیستم اطلاعاتی را نام برده و توضیح دهید.
- ۶- موارد کاربرد OGSA را ذکر کنید و همچنین توضیح دهید که OGSA به چند ناحیه تقسیم شده و هر ناحیه را به‌طور خلاصه بیان کنید.
- ۷- ناحیه پشتیبانی کاربر نرم‌افزار HUBzero به چه شکل عمل می‌کند؟
- ۸- داده‌ها در رجیستری UDDI به چند دسته تقسیم می‌شوند؟ شرح دهید.

**واژه‌نامه انگلیسی به فارسی
و فارسی به انگلیسی**

منابع و مراجع

- 1- Kai Hwang, Geoffrey C. Fox, Jack J. Dongarra, **Distributed and Cloud Computing, From Parallel Processing to the Internet of Things**, First Edition, Morgan Kaufmann Publishers, October 31, 2011.
- 2- NVIDIA Corp. **Fermi: NVIDIA's Next-Generation CUDA Compute Architecture**, White paper, 2009.
- 3- D. Culler, J. Singh, A. Gupta, **Parallel Computer Architecture**, Morgan Kaufmann Publishers, 1999.
- 4- L. Barroso, U. Holzle, **The Datacenter as a Computer: An Introduction to the Design of Warehouse-Scale Machines**, Morgan & Claypool Publishers, 2009.
- 5- K. Birman, **Reliable Distributed Systems: Technologies, Web Services, and Applications**, Springer-Verlag, 2005.
- 6- G. Coulouris, J. Dollimore, T. Kindberg, **Distributed Systems: Concepts and Design**, Wesley, 2005.
- 7- J. Dean, S. Ghemawat, **MapReduce: Simplified Data Processing on Large Clusters**, in: *Proceedings of OSDI 2004*. Also, *Communication of ACM*, Vol. 51, 2008, pp. 107–113.
- 8- I. Foster, Y. Zhao, J. Raicu, S. Lu, **Cloud Computing and Grid Computing 360-Degree Compared**, Grid Computing Environments Workshop, 12–16 November 2008.
- 9- B. Sotomayor, R. Montero, I. Foster, **Virtual Infrastructure Management in Private and Hybrid Clouds**, *IEEE Internet Computing*, September 2009
- 10- K. Hwang, Z. Xu, **Support of clustering and availability**, in: *Scalable Parallel Computing*, McGraw-Hill, 1998, Chapter 9.
- 11- O. Celebioglu, R. Rajagopalan, R. Ali, **Exploring InfiniBand as an HPC cluster interconnect**, October, 2004.
- 12- Cray, Inc, **CrayXT System Specifications**. www.cray.com/Products/XT/Specifications.aspx, January 2010.
- 13- Wikipedia, **IBM Roadrunner**. http://en.wikipedia.org/wiki/IBM_Roadrunner, 2010 .
- 14- J. Dongarra, **Visit to the National Supercomputer Center in Tianjin, China**, Technical Report, University of Tennessee and Oak Ridge National Laboratory, 20 February 2011.
- 15- V. Kindratenko, et al., **GPU Clusters for High-Performance Computing**, National Center for Supercomputing Applications, University of Illinois at Urban-Champaign, Urbana, IL, 2009.
- 16- TOP500.org. **Top-500 World's fastest supercomputers**, www.top500.org, November 2010.
- 17- K. Hwang, H. Jin, R.S. Ho, **Orthogonal striping and mirroring in distributed RAID for I/O-Centric cluster computing**, *IEEE Trans. Parallel Distributed Systems*, 2002, pp. 26–44.

- 18- L. Barroso, J. Dean, U. Holzle, Web search for a planet: The Google cluster architecture, *IEEE Micro*, 2003, pp. 22–28.
- 19- L. Shi, H. Chen, J. Sun, vCUDA: GPU accelerated high performance computing in virtual machines, in: *Proceedings of the IEEE International Symposium on Parallel and Distributed Processing*, 2009.
- 20- M. Steinder, I. Whalley, et al., Server virtualization in autonomic management of heterogeneous workloads, *ACM SIGOPS Operating Systems*, 2008, pp. 94–95.
- 21- A. Menon, J. Renato, Y. Turner, Diagnosing performance overheads in the Xen virtual machine environment, in: *Proceedings of the 1st ACM/USENIX International Conference on Virtual Execution Environments*, 2005.
- 22- P. Wells, K. Chakraborty, G.S. Sohi, Dynamic heterogeneity and the need for multicore virtualization, *ACM SIGOPS Operating Systems*, 2009, pp. 5–14.
- 23- M. Marty, M. Hill, Virtual hierarchies to support server consolidation, in: *Proceedings of the 34th Annual International Symposium on Computer Architecture (ISCA)*, 2007.
- 24- J. Frich, et al., On the potential of NoC virtualization for multicore chips, in: *IEEE Int'l Conf. on Complex, Intelligent and Software-Intensive Systems*, 2008, pp. 801–807.
- 25- Intel Open Source Technology Center, *System Virtualization—Principles and Implementation*, Tsinghua University Press, Beijing, China, 2009.
- 26- P. Ruth, et al., *Automatic Live Migration of Virtual Computational Environments in a Multi-domain Infrastructure*, Purdue University, 2006.
- 27- Y. Song, H. Wang, et al., Multi-tiered on-demand resource scheduling for VM-based data center, in: *Proceedings of the 9th IEEE/ACM International Symposium on Cluster Computing and the Grid*, 2009.
- 28- R. Fielding, *Architectural Styles and the Design of Network-Based Software Architectures*, University of California at Irvine, 2000, p. 162, <http://portal.acm.org/citation.cfm?id=932295>
- 29- G. Fox, D. Gannon, A Survey of the Role and Use of Web Services and Service Oriented Architectures in Scientific/Technical Grids, <http://grids.ucs.indiana.edu/ptliupages/publications/ReviewofServicesandWorkflow-IU-Aug2006B.pdf>, 2006.
- 30- LabVIEW Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench, <http://en.wikipedia.org/wiki/LabVIEW>.
- 31- LabSoft LIMS laboratory information management system, www.labsoftlims.com/.
- 32- LIMSource Internet LIMS resource, <http://limsource.com/home.html>.
- 33- L. Ramakrishnan, B. Pale, A multi-dimensional classification model for scientific workflow characteristics, in: *1st International Workshop on Workflow Approaches to New Data-Centric Science*, Indianapolis, 2010.

- 34- J. Edwards, 3-Tier server/client at work, first edition, John Wiley & Sons, 1999.
- 35- H. Shen, Content-based publish/subscribe systems, in: X. Shen, et al., (Eds.), Handbook of Peer-to-Peer Networking, Springer Science+Business Media, LLC, 2010.
- 36- S. Marru, S. Perera, M. Feller, S. Martin, Reliable and Scalable Job Submission: LEAD Science Gateways Testing and Experiences with WS GRAM on TeraGrid Resources, in: TeraGrid Conference, 2008.
- 37- J. Yu, R. Buyya, A taxonomy of workflow management systems for grid computing, in: Technical Report, GRIDS-TR-2005-1, Grid Computing and Distributed Systems Laboratory, University of Melbourne, Australia, 2005.
- 38- S. Weerawarana, F. Curbera, F. Leymann, T. Storey, D.F. Ferguson. Web Services Platform Architecture: SOAP, WSDL, WS-Policy, WS-Addressing, WS-BPEL, WS-Reliable Messaging, and More, Prentice Hall, 2005.

Dr. Abolfazl Esfandi