

# در باره معماری گرید

حسین رأسی\*

## پیشگفتار

در پایان این پیشگفتار، شایسته است به تعریفی نیز که شرکت «آی‌بی‌ام» از رایانش در گرید در شریات تخصصی و صنفی جا انداخته است، اشاره‌ای به کنیم: «قانون دسترسی، به کمک مجموعه‌ای از پروتکل‌ها و استانداردهای باز، به کاربردها، داده‌ها، نیروی پردازش، و ظرفیت ذخیره‌ای «گردایه»‌های بزرگی از منابع محاسباتی روی اینترنت.» به بیان دیگر، گرید محاسباتی گونه‌ای از سیستم موازی و توزیع یافته است که امکان انتخاب، تجمعیع، و اشتراک منابع توزیع یافته را در گستره «دامنهای اجرایی» (administrative domains) متعدد و بر پایه قابلیت دسترسی، ظرفیت، کارایی، هزینه، و پیش‌نیازهای «کیفیت سرویس» (quality of service) فراهم می‌کند.

هدف این مقاله، ارائه یک گزارش کلی درباره نمودهای معماری رایانش در گرید و چالش‌های اصلی طراحی گریدهای محاسباتی است. در ادامه این مقاله، از تک‌واژه «گرید» به عنوان معادل عبارت «گرید محاسباتی» استفاده خواهیم کرد.

## ۱. ویژگی‌های اصلی در معماری گرید (grid architecture)

معماری گرید به فرایند شناسایی، تبیین، و شرح مشخصات ساختار کلی گرید اطلاق می‌شود. در این فرایند، نخست در سطح بالا، به شرح مؤلفه‌های اصلی ساخت افزاری، نرم‌افزاری، و «میان‌افزاری» (middleware) گرید و تعریف رابطه‌ها و «واسطه‌های» (interfaces) منطقی میان آنها پرداخته می‌شود، و سپس در مرحله دوم، ساختار منطقی هریک از این مؤلفه‌ها را به همراه جزئیات عملکردی و رفتاری آنها تشریح کرده و به تصویر در می‌آورند. خروجی این فرایند دو مرحله‌ای، نقشه کلی سازمان گرید است که طراحان و توسعه‌دهنگان از آن برای طراحی، ساختار فیزیکی، پیاده‌سازی، و «آزمودن» (test) گرید استفاده می‌کنند.

از دیدگاه بهره‌وری، معماری گرید عبارت است از فن و مهارت تفسیر و تبیین نیازها و خواسته‌های کاربران و آنگاه شناسایی مؤلفه‌های مناسبی که بتوان با چیدمان و پیوند آنها، در چارچوب کلی شرح مشخصات گرید، به تأمین این نیازها و خواسته‌ها پرداخت. اگرچه معماری گرید نزوماً با توجه به محدودیت‌های اقتصادی و زمانی صورت می‌گیرد، اما ملاحظات فنی و

- اصطلاح «grid computing» (رایانش در گرید یا شبکه) را نخستین بار ایان فاستر (Ian Foster) در اوایل دهه ۱۹۹۰ ميلادي با اقتباس از «electrical power grid» (شبکه برق)، که در آن کاربران بدون اینکه از منشأ یا پیچیدگی‌های تولید و توزیع نیرو باخبر باشند صرفاً مصرف‌کننده آن هستند، معرفی کرد. امروزه، تعریف‌های گوناگونی از مفهوم «رایانش در گرید»، و نمود فیزیکی آن، «گرید محاسباتی»، در فرهنگ علوم و فناوری‌های کامپیوتر دیده می‌شود. فاستر که از پیشگامان ایجاد و توسعه این نوع رایانش محسوب می‌شود، سه ویژگی اصلی رایانش در گرید را این گونه تعریف کرده است:
  - مدیریت نامتمرکز (منابع ناهمگون) (heterogeneous resources) محاسباتی و ذخیره‌ای:
  - استفاده از «استانداردهای باز» (open standards):
  - کیفیت برتر سرویس.

ایان فاستر به همراه «کارل کسلمن»، در نوشتاری جداگانه [۱]، تعریف مبسوط‌تری از رایانش در گرید به این شرح ارائه می‌دهد: «رایانش در گرید، تجمعیع و اشتراک منابع توزیع یافته سخت‌افزاری و نرم‌افزاری را از طریق دسترسی روان، قابل اتکا و نامرئی فراهم می‌سازد». در این تعریف، منظور از واژه «نامرئی» همان پنهان بودن پیچیدگی‌های ساختاری و معماری گرید از دید کاربر است که در «شبکه برق» هم صادق است. در همین حال، تعریف ساده‌تری از رایانش گرید نیز در سازمان «سین» (CERN) رایج شده است: «نوعی سرویس یکپارچه برای اشتراک نیروی محاسباتی کامپیوتر و ظرفیت انبارش داده‌ها روی اینترنت.» به هر صورت، اکنون نوعی توان اعام پیرامون توان گرید محاسباتی در فراهم کردن امکان گردآوری و اشتراک گونه‌های متنوعی از منابع محاسباتی و توزیع یافته (مانند آبرکامپیوترها، «خوشه‌های محاسباتی» (compute clusters)، سیستم‌های امبارشی، مجموعه‌های انبوهی از داده‌ها، ابزارها و «حس‌گرها» (sensors)، و نظایر اینها) و ارائه آنها به صورت منبعی یکپارچه و واحد برای استفاده در کاربردهایی که نیازمند قابلیت‌های بالایی از لحاظ امکانات محاسباتی و ذخیره‌ای هستند، پدید آمده است.

\* پروژه ملی تورین، پژوهشگاه.

شده باشد، نظیر «گرید محاسباتی China Grid» [۳]، «LHC» [۴]، «GARUDA» [۵]، «NAREGI» [۶]، «OSG» [۷]، و نظائر اینها که هم‌اینک پیاده‌سازی شده و در اختیار کاربران قرار گرفته‌اند.

چهار ویژگی برجسته که معماری گرید را از «معماری‌های توزیع یافته با موازی» مشابه تمایز می‌سازند عبارت‌اند از:

(ا) هم‌آرایی و هماهنگ‌سازی منابع، سایت‌ها، و بسترهای «ناهمگون» (ساخت افزاری و نرم‌افزاری) بدون تحمیل کنتل مرکزی؛

(ب) به کارگیری «واسطه‌ها»، «سیاست‌نامه‌ها» (policies)، و پروتکل‌های «منت باز» (open source) و همه‌منظوره؛

(پ) ظرفیت و توان ارائه سرویس با کیفیت پرتو و با «قرارداد سطح سرویس» (Service-Level Agreement (SLA))؛

(ت) امنیت و صیانت از داده‌ها، منابع قابل دسترس، و حریم خصوصی کاربران.

افزون براین ویژگی‌ها، نیازها و خواسته‌های کاربران به نحوی تأمین می‌شوند که بهره‌وری کل سیستم به مراتب بیش از حاصل جمیع بهره‌وری اجزای تشکیل‌دهنده آن باشد.

## ۲. سیر تکامل معماری گرید

از بسیاری از جهات، وضعیت امروزی گریدها را می‌توان با وضعیت اینترنت در طول دهه ۱۹۹۰ میلادی مقایسه کرد. مشخصه‌های اصلی این فیاس عبارت‌اند از: تمرکز کاربردها عمده در حوزه علمی، پژوهشی، و آزمایشگاهی؛ استانداردها، سیاست‌نامه‌ها، و پروتکل‌های در حال ظهور؛ و اینکه در آغاز پیدایش اینترنت، قائم‌روصنعت و تجارت‌تها یک زمینه کاربردی بالقوه به حساب می‌آمد. در مسیر تکامل اینترنت، شاهد عبور از چالش‌های ارتباط انسان با ماشین (HTML) به دامنه گستردگی ارتباط ماشین با ماشین (XML) بودیم و به نظر می‌رسد که این گذار عیناً در سیر تکامل گرید نیز در شرف تکوین است. از این گذشتہ، پارادایم «سروریس‌های وب» (web services) نیز نقش مهمی را در زیرساخت گرید ایفا کرده است. در عین حال، این انتظار که فناوری‌های گرید هم بتواند از همان رشد اعجاب‌انگیز تصاعدی اینترنت برخوردار شوند بعيد به نظر می‌رسد چرا که کاربردهای گرید به مراتب پیچیده‌تر از کاربردهای اینترنت‌اند و عموماً نیاز به منابع سترگ و نیرومند تخصصی دارند. براین اساس، طبیعی است که دامنه این کاربردها بسیار محدود‌تر از دامنه کاربردهای اینترنت باشد، و این به نوبه خود موجب بروز محدودیت‌هایی در برابر نفوذ و توسعه همه‌جانبه گرید خواهد شد. در طول سه دهه اخیر، نوآوری‌های هم‌گونه در سه عرصه مجزا، به تکامل سریع گرید کمک کرده‌اند. این عرصه‌ها عبارت‌اند از: پیدایش فناوری‌های تازه در زمینه پهنانی باند شبکه، ظهور فزاینده استانداردها، «واسطه‌های برنامه‌های کاربردی» (Application Program Interfaces (APIs))، و پروتکل‌های باز

## گرید، تور، تورین، تورینه

اصطلاح کامپیوتری grid را در فارسی با چه واژه‌ای بیان کنیم؟ آیا باید عین همین کلمه تازهوارد را (به صورت «گرید» در نوشته‌ها) به کار برد یا برابر نهاده‌ای فارسی (تور، تورین، شبکه، مشبکه، یا چیزی دیگری) به جای آن برگزید؟ به نظر نویسنده این سطور (و عده‌ای از متخصصان و دست‌اندرکاران کامپیوتر، از جمله در همین پژوهشگاه) کاربرد این واژه انگلیسی در فارسی چندان پستدیده نیست به خصوص که صورت نوشتاری آن ممکن است با گرید (grade) که لغت آشنازی است، اشتباه شود و صفت منسوب به آن را باید «گریدی» گفت که مقبول به نظر نمی‌رسد. وانگهی این کلمه در زبان معمولی انگلیسی معنای تخصصی عمیقی ندارد که هیچ واژه فارسی از عهده بیان آن برناید. واژه grid در زبان انگلیسی یک کلمه کاملاً معمولی است که معنی اصلی اش شبکه یا توری است و انگلیسی زبان غیرمتخصص هم همین معنای کلی را از آن دریافت می‌کند. چنانکه در مقاله‌ای آقای رأسی گفته شده، در انتخاب واژه grid از electrical grid (شبکه برق) الهام گرفته‌اند. به عبارت دیگر، اهل کامپیوتر یک کلمه معمولی زبان را برگزیده و مفهوم تخصصی مورد نظر خود را بر آن «بارکرده‌اند» و این شیوه -- بارکردن معانی جدید تخصصی بر لغات معمولی و عمومی -- یک شیوه رایج واژه‌گزینی در زبان انگلیسی است. چرا ماده فارسی این کار را نکنیم؟

اما از میان معادلهای فارسی که در بالا برای grid ذکر شد، واژه «شبکه» چون قبل از برای network، net، و حتی lattice به کار رفته در این مورد قابل استفاده نیست. «مشبکه» هم خیلی قدیمی و سنگین است. می‌ماند لغت‌های خانواده «تور» (یا لغت‌های دیگری که صاحب‌نظران پیشنهاد کنند). از این خانواده، واژه «تورین» شناس آن را داشته که در پژوهشگاه دانش‌های بنیادی، دست‌کم در نوشتار، کمابیش رایج شود. اما «تورین» صفت منسوب به اسم است نه اسم. اگر هم، با قدری تسامح، آن را جانشینیم اسم بگیریم؛ باید grid را در حالت صفتی، «تورینی» بگوییم مثلاً «رایانش تورینی» برای grid computing. واژه «تورینه» هم سنگین به نظر می‌رسد. شاید بهتر باشد ساده‌ترین عضواً این خانواده یعنی «تور» را به کار ببریم و نگران نباشیم که مثلاً با تور ماهیگیری اشتباه می‌شود یا از ابهه و قدر و منزلت grid می‌کاهد. در صورت انتخاب «تور»، می‌توان grid computing را «رایانش تورین» و computational grid را «تور محاسباتی یا رایانشی» گفت.

کاربرد و اهمیت روزانه grid در محیط‌های علمی ایجاد می‌کند و از مناسب

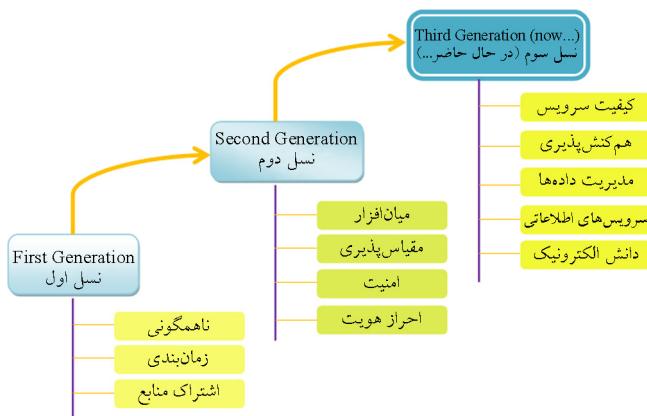
واحدی برای آن در زبان فارسی داشته باشیم. امیدواریم با مشارکت اهل فن در این بحث و مساعدت فرهنگستان زبان فارسی، چنین واژه‌ای انتخاب و تثبیت شود.

### سیامک کاظمی

طراجی نیز باید مدد نظر قرار بگیرند تا بتوان تضمین کرد که نقشه‌ای که از فرایند این معماری به دست می‌آید هم از نظر اقتصادی مقرر و به صرفه است و هم از نظر فنی امکان‌پذیر.

معماری گرید ممکن است یا یک «مدل پایه‌ای و مأخذ» باشد، مانند OGSA [۲]، که در آن نوعی چارچوب و پیکربندی کلی برای معماری گرید تعریف شده است؛ و یا خود یک معماری مشخص و تعریف

نسل دوم، که نمود و مشخصه باز آن توسعه میان افزار تخصصی به منظور تأمین مقیاس پذیری و امنیت بود؛ و نسل سوم، که تا امروز ادامه دارد و نمودها و مشخصه های اصلی آن عبارت اند از: «سرویس گرایی» (serviceability)، همکنش پذیری، مدیریت و بهرهوری داده ها، «سیستم های اطلاعاتی» (information systems)، نگرش جامع به زیرساخت «دانش الکترونیکی» (e-Science)، معماری «گرید به گرید»، و حتی درجه ای از «رایانش خود مختار» [۸]. در شکل ۱ تصویر سه نسل پی در پی معماری گردید به نمایش گذاشته شده است.



شکل ۱. سه نسل پیاپی از معماری گردید و نوآوری های اساسی.

### ۳. مجازی سازی و سازمان مجازی

#### ۱.۳ مجازی سازی

هرگاه دسترسی به یک سیستم سخت افزاری مانند یک «سروور» (server) به نحوی تنظیم و هماهنگ شود که بتوان چندین نرم افزار «میهمان» (client) (مثل نرم افزار سیستم، نرم افزار کاربردی، و یا کتابخانه نرم افزاری) را که ممکن است ناهمگون هم باشند (مانند سیستم های عامل ویندوز لینوکس، و یا «مک او اس» (Mac OS)) روی آن سیستم سخت افزاری به صورت اشتراکی به اجرا درآورد، حاصل کار مجموعه ای از «محیط های اجرایی مجازی» خواهد بود. در چنین وضعیتی، نرم افزارها باید هیچ گونه تداخلی با یکدیگر نداشته و حتی از حضور یکدیگر و یا چگونگی اشتراک منابع ساخت افزاری بی اطلاع باشند. هر یک از این محیط های اجرایی مجازی می تواند در زمان اجرا عملاً تمامی امکانات سیستم ساخت افزاری را در اختیار داشته باشد، درست به همان گونه که اگر به تنها یک صورت یک محیط اجرایی حقیقی را روی سیستم ساخت افزاری نصب می شد، در اختیار می داشت. برای اینکه این محیط های اجرایی مجازی بتوانند همزیستی داشته باشند و به شکل پایدار به کارگرفته شوند، یک لایه نرم افزاری اختصاصی، که خود بخشی از سیستم عامل «میزبان» را تشکیل می دهد، مسئولیت تنظیم و هماهنگ سازی دسترسی به سخت افزار

برای مدیریت منابع محاسبه ای و داده ها، و سرانجام توسعه میان افزارهای توانمند. اما به رغم این پیشرفت های اساسی، پژوهشگران و توسعه دهندگان گرید کماکان در جهت تعریف یک معماری فراگیر و جهان شمول با شش چالش اصلی، به شرح زیر، رو به رو هستند:

(۱) ناهمگونی منابع، که از مشخصه های اصلی گردید به شمار می رود؛ این ناهمگونی در تنوع بسترهای ساخت افزاری و نرم افزاری، سیاست نامه های اجرایی و اشتراک منابع، و مدیریت منابع مستقر در سایت های دور دست به چشم می خورد؛

(۲) «مقیاس پذیری» (scalability) که فضای کافی برای رشد هموار و روان ظرفیت کلمی گردید را فراهم می سازد؛ جدعاً از مسائل ارتباطی و مدیریتی، مشکل تنزیل کارایی از چالش های اصلی در مقابل این رشد مقیاسی است؛

(۳) «قابلیت پذیری» (adaptability) که به توان گردید در برخورد با ا نوع از کارافتادگی منابع (یا سایت ها) اطلاق می گردد؛ ناهمگونی منابع، احتمال از کارافتادگی در گردید را به شدت افزایش می دهد و به همین دلیل گردید باید از قابلیت «تحمل خطأ» (fault tolerance) برخوردار باشد، بتواند فروریزی های عمدی و غیر عمدی را ترمیم کند، و سیستم را در همه حالت ها به وضعیت پایدار بازگرداند؛

(۴) تضمین امنیت، که از طریق احراز و تأیید هویت، تعیین نحوه و اختیار دسترسی به منابع گردید، و نظارت چندلایه ای، امنیت افرادی و دسته جمعی، امنیت منابع، و نیز حدود اختیارات کاربران را تضمین می کند؛

(۵) «کیفیت سرویس» (quality of service)، که به دلیل ناهمگونی در محیط گردید، چالش های منحصر به فرد خود را پیدا می آورد زیرا وضعیت و سلامت منابع قابل دسترس در همه حالت ها قابل پیش بینی نیست؛ سیاست گذاری های مربوط به کیفیت سرویس، اجرای سیاست نامه ها، و بهینه سازی کارایی سراسری گردید تحت این سیاست نامه ها، از جمله دشواری های ارائه سرویس مورد انتظار کاربران است؛ و

(۶) «همکنش پذیری» (interoperability)، که توان گردید را برای اتصال «نامرئی» (transparent) به گردیدهای همکنش دیگر و ادامه بی وقفه کار می سنجد؛ امروزه، گردیدهای جهانی در واقع نوعی تجمعی و تشکل گردیدهای کوچکتر اما سازگار و همکنش پذیر هستند.

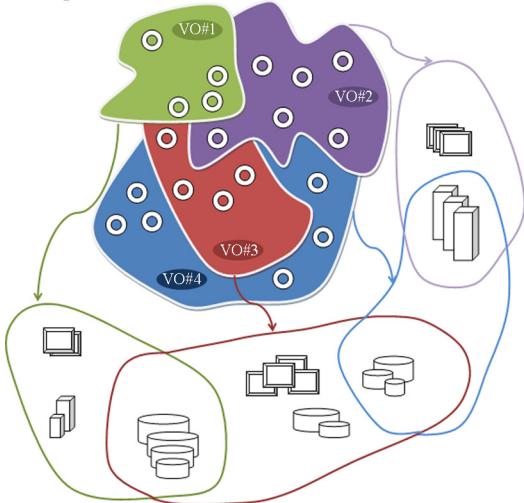
سیر تحول معماری گردید را در طول سه دهه اخیر می توان به همراه پیدا یش نوآوری های کلیدی اساسی، در قالب سه نسل پیاپی تکاملی، به شرح زیر خلاصه کرد:

نسل اول، که نمود و مشخصه باز آن به کارگیری، مدیریت، و «زمان بندی» (scheduling) منابع ناهمگون و تنظیم راه کارهای اشتراک این منابع بود؛

ب) گستردگی و پهنانی توزیع یافتنگی.

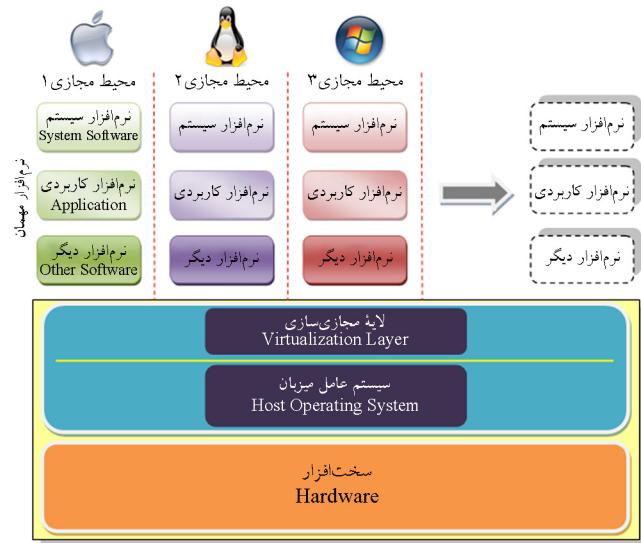
را به عهده می‌گیرد. این تعریف از مجازی‌سازی (virtualization) در

شکل ۲ به تصویر کشیده شده است.



شکل ۳. چهار سازمان مجازی که اعضای هرکدام به زیرمجموعه‌های متفاوتی از منابع

موجود دسترسی دارند.



شکل ۲. تشکیل چندین محیط کار مجازی.

### الف) گوناگونی منابع قابل دسترس

گریدها که منابع (غالباً ناهمگون) خود را به صورت اشتراکی در اختیار کاربران می‌گذارند به چهار دسته، به شرح زیر، تقسیم می‌شوند. در این دسته‌بندی، برخی از گریدها ممکن است در دو یا حتی چند دسته قرار بگیرند:

- «گریدهای محاسباتی» (computational grids)
 

این گریدها عمدهاً منابع محاسباتی را به اشتراک می‌گذارند. به عنوان نمونه‌هایی از این گریدهای محاسباتی می‌توان از «TeraGrid» [۹] نام برد که فراتر از ۷۵۰ «ترافلپ» (Teraflop) نیروی محاسباتی در دسترس کاربران قرار می‌دهد، و نیز «SETI@home» [۱۰] که نیروی محاسباتی میلیون‌ها کامپیوتر شخصی را مهار ساخته و به صورت یکپارچه در اختیار کاربران می‌گذارد. در قلمرو تجارتی نیز بجاست از گرید «SGE» [۱۱] به عنوان یک گرید محاسباتی نام بده شود.
- گریدهای داده‌ای (data grids)
 

این گریدها به منظور اشتراک منابع عظیم داده‌ها، مانند نتایج پردازه آزمایش‌های علمی و پژوهشی، ساخته می‌شوند. در این گریدها توده‌های انبوحی از داده‌های توزیع یافته پردازش و یا جابه‌جا می‌شوند. به عنوان نمونه‌هایی از این گریدهای داده‌ای می‌توان از «QCDGrid» [۱۲] و همچنین از «گرید محاسباتی LHC» واقع در سازمان «سرن» که پیشتر هم از آن نام بردیم، یاد کرد.

- «گریدهای انبارشی» (storage grids)
 

در این نوع گریدها مقادیر عظیمی از داده‌ها ذخیره‌سازی و به صورت قبل دسترس در اختیار کاربران قرار می‌گیرند. در حال حاضر، یکی از پرکاربرترین نمونه گریدهای انبارشی، «Amazon S3» [۱۳] است.

### ۲.۳. سازمان مجازی

در قلمرو «رایانش در گرید»، سازمان مجازی (Virtual Organization (VO)) به گروه خودگردانی اطلاق می‌شود که متشکل از یک یا چند نفر و یا سازمانی است که حول محور مجموعه‌ای از قاعده‌ها، شرایط، و پروتکل‌های معینی که نحوه دسترسی آنها را به منابع اشتراکی تعریف می‌کند، گرد آمده‌اند. اعضای یک سازمان مجازی که در محیط گرید شکل می‌گیرند دارای نیازهای مشترک و وابستگی‌های تعریف شده هستند. این نیازها و وابستگی‌ها معمولاً از یک سازمان مجازی به سازمان مجازی دیگر، حتی در محدوده یک سازمان حقیقی واحد، متفاوت هستند.

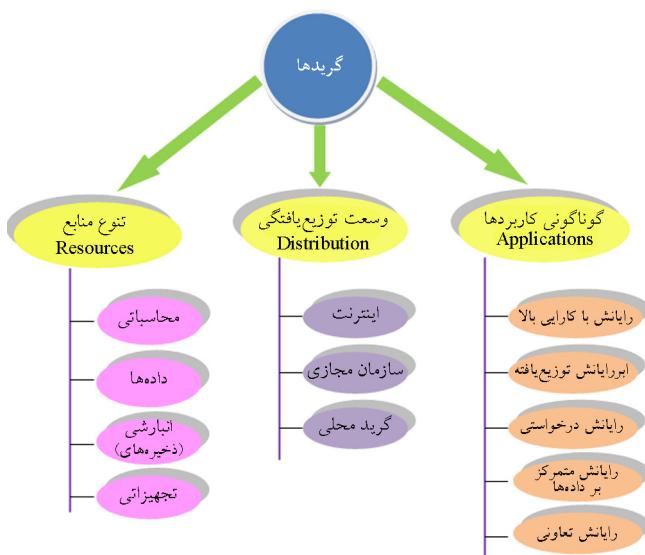
آنچه اعضای یک سازمان مجازی را به هم پیوند می‌دهد، تخصص‌های مشترک، دامنه فعالیت مشترک، و اهداف مشترک آنها از یک سو، و جستجوی راهکارهای مشابه برای مسائلی که رو در روی آنها قرار می‌گیرند، از سوی دیگر است. در شکل ۳ این مفهوم از سازمان مجازی در قالب چندین گروه کاربر به نمایش در آمده است. در این ترکیب نمونه، کاربرها هم‌زمان به سازمان‌های مجازی گوناگون تعلق یافته‌اند و به این ترتیب از راه‌های مختلف به زیرمجموعه‌های تعریف شده و معینی از منابع مشترک دسترسی پیدا می‌کنند.

### ۴. دسته‌بندی گریدها

از دیدگاه ملاحظات و تفاوت‌های معماری، گریدها را می‌توان بر اساس معیارهای زیر تقسیم کرد:

- الف) گوناگونی منابع قابل دسترس؛

- تراشه‌ها (یا مدارهای مجتمع)، پرداخت گرافیکی، و مدل‌سازی اقتصادی و مالی.
  - «ابرایانش توزیع‌یافته» (distributed supercomputing) شامل کاربردهایی که از منابع مشترک گردید به صورت «تنگاتنگ» (tightly coupled) استفاده می‌کنند، مانند مدل‌سازی اقليمی (هواسنایی و پیش‌بینی آب و هوا)، شبیه‌سازی‌های شیمیایی، و کاربردهای پژوهشی.
  - «رایانش درخواستی» (on-demand computing) و «رایانش ابری» (cloud computing) شامل کاربردهایی که صرفه‌جویی در هزینه‌ها را از طریق مشارکت در استفاده از منابع میسر می‌سازند، مانند Amazon EC3، Microsoft Azure، Google App Engine، GoGrid، و GoGrid.
  - «رایانش متتمركز بر داده‌ها» (data-intensive computing) شامل کاربردهای مربوط به «فیزیک انرژی بالا» (high-energy physics) و مقادیر عظیمی از داده‌ها (در مقیاس «پتاپایت» (petabyte)) که مورد استفاده کاربران دور دست در سراسر جهان قرار می‌گیرند.
  - «رایانش تعاونی» (collaborative computing) شامل کاربردهایی که در «زمان حقیقی» (real time) از منابع گردید استفاده می‌کنند، مانند محیط‌های مجازی کار، کلاس‌های مجازی درس، ارتباط‌های «شخص به شخص» از طریق اینترنت در زمان حقیقی.
- شکل ۴ دسته‌بندی گریدها را نمایش می‌دهد.



شکل ۴. نمایش دسته‌بندی گریدها و گوناگونی کاربردهای آنها.

- «گریدهای تجهیزاتی» (equipment grids) این گریدها با هدف دسترسی به منابع غیرمحاسباتی، مانند تلسکوپ‌های «پروژه eSTAR» [۱۴]، ساخته می‌شوند. نمونه دیگری از این گریدها «گریدهای حسن‌گر» می‌باشد.

## ب) گستردگی و پهنای توزیع‌یافتنگی

گریدها را می‌توان بر حسب ابعاد توزیع‌یافتنگی آنها به سه دسته، به شرح زیر، تقسیم کرد.

- «گریدهای اینترنتی» برای استفاده از گریدهایی که در سطح اینترنت گستردگه هستند، کاربران تنها به یک مرورگر رایج نیاز دارند. به عنوان نمونه‌هایی از این گریدها می‌توان از «SETI@home» [۱۵] که در بالا نیز به آن اشاره کردیم و نیز «WCG» [۱۶] نام برد که هرکدام امکان دسترسی به هزاران کامپیوتر پراکنده در سراسر جهان را برای کاربران مهیا می‌سازند.
- «سازمان مجازی» مفهوم و کاربردهای «سازمان مجازی» را در بخش ۳ شرح دادیم. بر اساس همین تعریف از سازمان مجازی، اکثر گریدهای امروزی در این دسته قرار می‌گیرند، نظیر TeraGrid و QCGrid که پیشتر هم از آنها نام بردیم.

- «گریدهای محلی» این گریدها منحصرًا در محدوده دسترسی و کاربری یک گروه، تشکیلات، یا سازمان خاص قرار می‌گیرند. این، در اصل، همان «معماری خوش‌های» (cluster architecture) است که برای تأمین نیازها و خواسته‌های مجموعه معینی از کاربران تعریف می‌شود. به عنوان نمونه‌ای از این گریدها می‌توان از (graphics rendering) که برای خوش‌های «پرداخت گرافیکی» ساختن فیلم‌های سینمایی کارتونی نظیر «داستان عروسکی» (Toy Story- Pixar Studios) به کارگرفته شده‌اند، نام برد.

## ۱۰.۴ گوناگونی کاربردهای قابل اجرا برای کاربران

از دیدگاه کاربران، آنچه معماری گردید را از معماهی‌های مشابه متمایز می‌کند سرعت عمل، امنیت، و گوناگونی سرویس‌ها و کاربردهای مختلفی هستند که در اختیار کاربران قرار می‌گیرند. زمینه‌های کاربردی گردید را از لحاظ عملکرد می‌توان به پنج دسته، به شرح زیر، تقسیم کرد.

- «رایانش با کارایی بالا» (High Performance Computing (HPC)) شامل کاربردهایی که از منابع مشترک گردید به صورت «غیرتنگاتنگ» (loosely coupled) (یا سُسیت) استفاده می‌کنند، مانند طراحی

۳. بهینه‌سازی اشتراک منابع در جهت تأمین نیازهای ویژه «سرвис سازان» (service providers) و کاربران.

۴. تضمین کیفیت سرویس و قرارداد سطح سرویس.

۵. مدیریت داده‌ها و سرویس‌های مربوط (دسترسی، پایداری، امنیت، رونویسی، وغیره).

۶. اجرای کار (زمانبندی، «نگاشت» (mapping) منابع، وغیره).

۷. امنیت داده‌ها، منابع، و حریم کاربران:

- لایه‌های چندگانه امنیتی.

- «احراز و تصدیق هویت» (authentication) و صدور مجوز کاربری.

- «تعیین حدود اختیارات» (authorization) برای کاربران.

- شناخت و ممانعت از دسترسی غیرمجاز.

۸. مدیریت هزینه‌های اجرایی و مدیریتی.

۹. مقیاس پذیری.

۱۰. دسترسی پذیری (قابلیت استفاده):

- تحمل خطأ.

- ترمیم از کارافتادگی در سطوح و ابعاد مختلف.

۱۱. توسعه پذیری و آسان بودن کاربری.

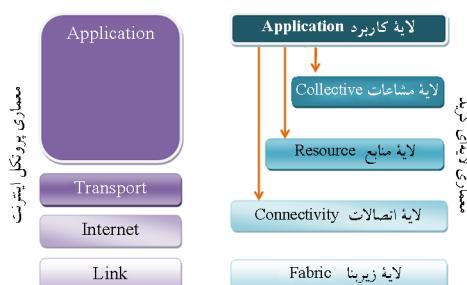
۱۲. سرویس‌های اطلاعاتی (نگهدارنده اطلاعات در مورد همه منابع موجود و وضعیت کاربران)

۱۳. هماهنگ‌سازی و همزمان‌سازی کارها با توجه به ناهمگونی و توزیع یافتنگی منابع.

۱۴. کاربرد مناسب و درخور قابلیت‌های گردید و خواسته‌های کاربران.

## ۶. نمودار کلی و مؤلفه‌های اصلی گردید

شکل ۶ مؤلفه‌های اصلی ساخت افزار گردید را در پنج لایه به نمایش می‌گذارد. در سمت چپ این شکل، لایه‌های اصلی معماری پروتکل اینترنت نیز نشان داده شده‌اند. به این ترتیب، می‌توان نگاشت و ارتباط لایه‌های دو فناوری اینترنت و گردید را در کار هم مشاهده و مقایسه کرد.

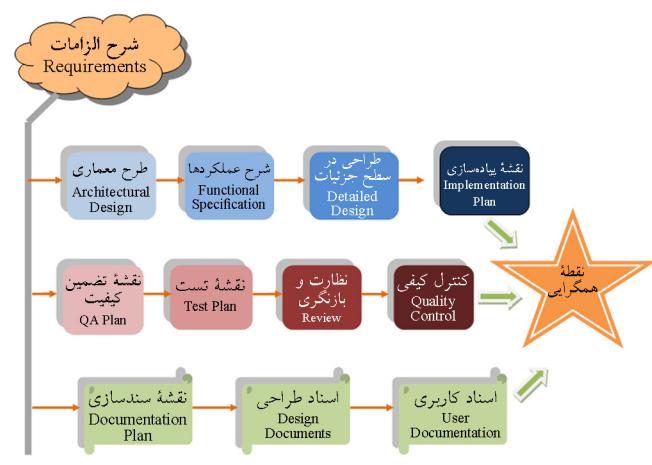


شکل ۶. معماری لایه‌ای گردید و مقایسه آن با معماری پروتکل اینترنت.

## ۵. «پیش‌نیازهای سطح بالا»

### (high-level requirements) برای معماری گردید

آنچه ما امروز «معماری گردید» می‌خوانیم، دستاوردهای بیش از بیست سال پژوهش، توسعه، و آزمون و تجربه است. نقطه شروع این معماری در واقع شرح و تفصیل دقیق، شفاف، و بدون ابهام پیش‌نیازها (یا الزاماً) است که برای طراحی و ساخت گردید تعریف شده‌اند. شکل ۵ فرایند کلی معماری گردید را، از زمان تعریف پیش‌نیازها تا پیاده‌سازی، و سرانجام نقطه همگرایی فعالیت‌های گوناگون در مسیر این فرایند را، نشان می‌دهد. شایان ذکر است که در عمل، در هر مرحله از این فرایند یک (یا چند) بازنگری با هدف راستی‌آزمایی و اعمال دقت بیشتر در کار منظور می‌شود.



شکل ۵. فرایند «سه‌باندی» معماری، توسعه، و پیاده‌سازی گردید.

الزامات طراحی گردید را می‌توان در سطح بالا و در چهارده حوزه، به

شرح زیر، مورد مطالعه قرار داد:

۱. پشتیبانی از محیط‌ها و بسترها پویا و ناهمگون:

شامل محیط‌های میزبان (J2EE, .NET)، سیستم‌های عامل (Window, Linux, Unix, Mac OS, Embedded)، ابزارها و تجهیزات ساخت افزاری و نرم‌افزاری (کامپیوترها، System ابزار و لوازم آزمایشگاهی، حسگرها، سیستم‌های ذخیره‌ای و اینبارشی، پایگاه‌های داده‌ای، شبکه‌ها، و نظایر اینها)، و سایر سرویس‌های مورد نیاز. برای تأمین پیش‌نیاز ناهمگونی، توانایی‌های زیر ضروری هستند:

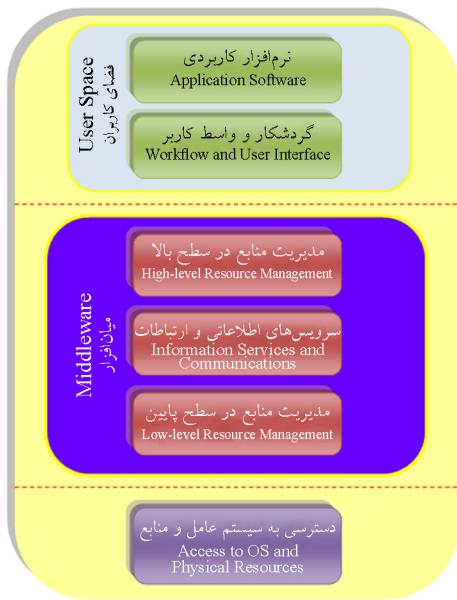
- مجازی‌سازی منابع؛

- مدیریت اشتراکی منابع؛

- اکتشاف و جستار (query) منابع؛

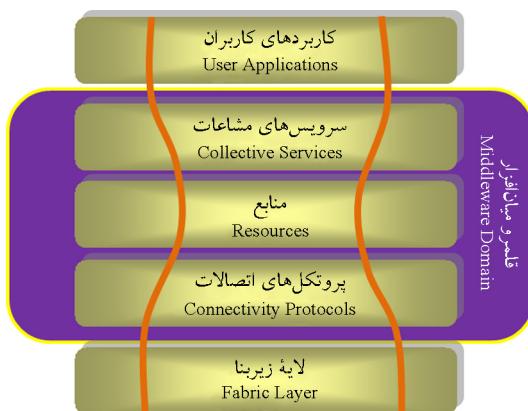
- پروتکل‌ها و «شیما» (schema)‌های استاندارد.

۲. اشتراک منابع «خودگردان» (autonomous) در سایت‌های پراکنده و دوردست جغرافیایی.



شکل ۷. معماری لایه‌ای نرم‌افزار گردید.

مدل رایج دیگری که برای نمایش معماری گردید به کار می‌رود به «ساعت شنبه» موسوم است (شکل ۸). در سه لایه مبینی این «ساعت شنبه»، مجموعه پروتکل‌ها، سرویس‌ها، و API‌های میان‌افزار تعریف می‌شوند که در حوزه اختیار و عملکرد میان‌افزار قرار می‌گیرند. در لایه پایه ساعت شنبه فناوری‌های زیربنایی، و در بالاترین لایه آن سرویس‌ها و کاربردهای کاربران قرار می‌گیرند.



شکل ۸. مدل «ساعت شنبه» معماری گردید.

لایه زیربنایی را که دسترسی اشتراکی به آنها از طریق پروتکل‌های گردید کنترل می‌شود، فراهم می‌سازد. لایه اتصالات، پروتکل‌های مرکزی ارتباطات و احراز هویت را که برای تراکنش‌های شبکه‌ای مخصوص گردید ضروری هستند، تعریف می‌کنند. لایه منابع، مدیریت منابع فیزیکی را به عهده دارد. لایه سرویس‌های مشاعات، با سرویس‌های مربوط به زمان بندی، سرویس‌های بازسازی و رونویسی داده‌ها، و سرویس‌های نظارت و تشخیص خطأ سروکار دارد. و سرانجام، لایه کاربردهای کاربران، کاربردهایی را در بر می‌گیرد که در محدوده محیط‌های سازمان مجازی عمل می‌کنند.

در این معماری لایه‌ای، هر لایه در حالی که از ویژگی‌های مخصوص خودش برخوردار است، قابلیت‌های لایه‌های زیرین را نیز در بر می‌گیرد. درون هر لایه، مجموعه‌ای از پروتکل‌های بدقت تعریف شده قرار دارد که از طریق آنها دسترسی به سرویس‌های مختلف گردید فراهم می‌شود. ویژگی‌ها و قابلیت‌های هریک از این لایه‌های پنج‌گانه به شرح زیر است.

#### ۱. «لایه زیربنایی» (fabric layer)

در این لایه، منابعی که به صورت اشتراکی از طریق پروتکل‌های گردید مورد استفاده قرار می‌گیرند، گردید می‌آیند. این منابع شامل منابع محاسباتی، سیستم‌های ذخیره‌ای، منابع شبکه‌ای، حسگرهای، و نظایر اینها هستند.

#### ۲. «لایه اتصالات» (connectivity layer)

در این لایه، هسته مرکزی پروتکل‌های ارتباطات و احراز هویت که مورد نیاز «تراکنش» (transaction)‌های شبکه‌ای خاص گردید قرار می‌گیرند، تعریف می‌شوند. پروتکل‌های ارتباطات، رد و بدل داده‌ها را میان منابع لایه زیربنایی میسر می‌سازند، در حالی که پروتکل‌های احراز هویت، به کمک سرویس‌های ارتباطات، مسئول تأمین سازوکارهای امن برای شناسایی کاربران و منابع گردید هستند.

#### ۳. «لایه منابع» (resources layer)

در این لایه، پروتکل‌های ارتباطات و احراز هویت، قابلیت لایه اتصالات را توسعه داده و از این طریق پروتکل جدیدی برای شناسایی، نظارت، کنترل، حسابرسی، و اشتراک هریک از منابع تعریف می‌کنند.

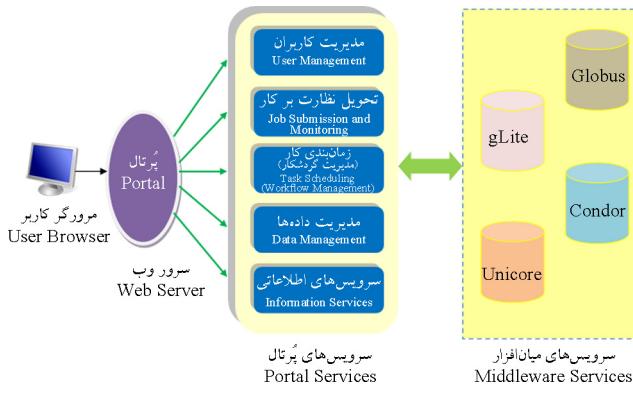
#### ۴. «لایه مشاعات» (collective layer)

در این لایه، سرویس‌ها و پروتکل‌ها لزوماً با تک‌تک منابع مرتبط نیستند بلکه ماهیت «جامع» (global) دارند و با گردایه‌های مختلفی از منابع سروکار پیدا می‌کنند. این در حالی است که پروتکل‌های لایه منابع ماهیت عمومی داشته و در سطح گسترده‌تر مورد استفاده قرار می‌گیرند. پروتکل‌های لایه مشاعات ممکن است هم به صورت همه‌منظوره و هم در بستر منظورهای خاص — مثل سازمان مجازی — به کارگرفته شوند.

#### ۵. «لایه کاربردها» (application layer)

این آخرین لایه در معماری ساخت‌افزار گردید است و شامل کاربردهای کاربرانی است که در محدوده محیط یک سازمان مجازی به کار مشغول هستند. در این لایه، پروتکل‌ها و واسطه‌های برنامه‌های کاربردی تعریف می‌شوند که از طریق آنها می‌توان به قابلیت‌های لایه‌های زیرین نیز دست یافت.

شکل ۷، معماری لایه‌ای نرم‌افزار گردید نمایش را می‌دهد. در این معماری، میان‌افزار گردید به طور تنگاتنگ با سه لایه اصلی یعنی «مدیریت منابع در سطح بالا»، «سیستم‌های اطلاعاتی و ارتباطات»، و «مدیریت منابع در سطح پایین» که مسئول فراهم آوردن «زیرلایه‌های» لازم جهت کارکرد کلی نرم‌افزار گردید هستند، در ارتباط است.



## ۱.۶. میان افزار گرید

میان افزار گرید، الگوریتم‌ها و نرم افزار دسترسی یکپارچه به منابع ناهمگون در محیط گرید را به صورتی برای کاربران مدیریت می‌کند که پیچیدگی‌ها و ریزه‌کاری‌های سخت افزاری، ارتباطی، شبکه‌ای، و توزیع یافتنگی این منابع از دید و دسترسی آنها پنهان بماند. نحوه تحویل، اجرا، و نظارت بر وضعیت کارها نیز به عهده میان افزار گرید است. میان افزار گرید در واقع گردایه‌ای از پروتکل‌ها، سرویس‌ها، و API‌هایی است که برای کاربران ضروری می‌سازد. یکی از ویژگی‌های اصلی گرید این است که برای کاربران نیاز پیدا نمی‌سست بدانند کارهایشان به چه زیرمجموعه‌هایی از منابع گرید نیاز پیدا خواهد کرد. این دسترسی‌ها را میان افزار گرید تمام‌اکسل و مدیریت می‌کند.

معماری میان افزار، شبیه معماری کلی گرید، از یک طرح لایه‌ای تعییت می‌کند. این طرح لایه‌ای در شکل‌های ۷ و ۸ به نمایش درآمده است. لایه‌های میان افزار در واقع بین دو لایه پایینی و بالایی گرید قرار می‌گیرند. هسته مرکزی میان افزار از سرویس‌های پایه‌ای مدیریت پردازه‌های دور دست، تخصیص و اشتراک منابع، دسترسی به منابع ذخیره‌ای، ثبت منابع و اکتشاف اطلاعاتی، امنیت منابع و کاربران، و جوهری از کیفیت سرویس تشکیل می‌شود. به عنوان نمونه‌ای از میان افزارهایی که در حال حاضر در معماری‌های متداول گرید مورد استفاده قرار می‌گیرند می‌توان از پروژه‌ای موسوم به GridOS [۱۸] نیز در دست اجراست که هدف آن توسعه نوعی سیستم عامل مرکزی است که بتواند میان افزار گرید را به طور کامل از درون خود و به صورت سرویس‌های تخصصی پشتیبانی کند.

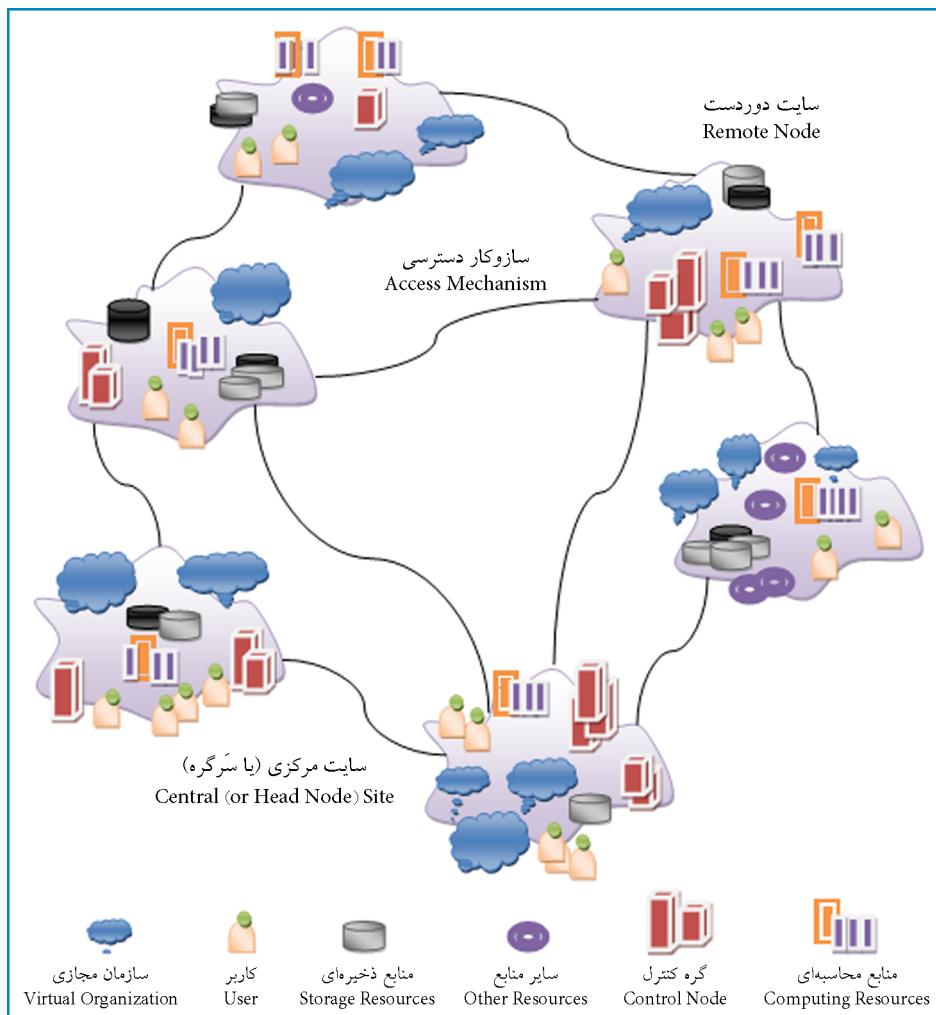
## ۲.۶. پرتال [درگاه] گرید

از پرتال‌های «مبتنی بر وب» در بعضی از گریدها به منظور روان سازی دسترسی و به کارگیری مؤثر منابع استفاده می‌شود. در معماری کلی گرید، پرتال نزدیک‌ترین لایه به فضای دید کاربران است و علاوه بر اینکه پیچیدگی‌های سرویس‌های وب را از دید کاربران پنهان نگاه می‌دارد، یک واسطه یکپارچه وب را نیز برای کار با گرید و دسترسی به منابع آن در اختیار کاربران قرار می‌دهد. شکل ۹ نمایش معماری لایه پرتال را به همراه لایه‌های بالایی گرید تا عمق میان افزار نشان می‌دهد.

کاربران می‌توانند از طریق پرتال گرید، به جای درگیری با پیچیدگی‌های ذاتی مربوط به مدیریت کارها و یا تخصیص منابع، وقت خود را بیشتر در حوزه تخصصی خودشان صرف کنند. در حال حاضر، برای توسعه پرتال‌های خاص منظوره یا سفارشی، استانداردها و بسته‌بازارهای نرم افزاری متعددی وجود دارند. به طور مشخص، می‌توان از استانداردهای در حال گمسترش «سرویس‌های وب» و «پرتال سرویس وب» نام برد که در توسعه پرتال‌های نسل بعدی گرید نقش مهمی را به عهده خواهد داشت.

در شکل ۱۰، معماری یک گرید، که شامل یک «سرگره» (head node) (یا سایت مرکزی) و پنج سایت دور دست است، به تصویر درآمده است. با رجوع به این تصویر می‌توان قابلیت‌ها و ویژگی‌های اصلی معماری گرید را در سطح کلی به صورت زیر جمع‌بندی کرد:

- منابع قابل دسترس ناهمگون در مقیاس کلان با مالکیت‌های گوناگون فردی و یا سازمانی؛
- سیاست‌نامه‌ها و پیش‌نیازهای امنیتی چند لایه‌ای؛
- میان افزار نیرومند و مدیریت و تخصیص منابع (نرم افزاری و سخت افزاری) ناهمگون؛
- توزیع یافتنگی منابع در گستره جغرافیایی وسیع و پراکنده؛
- سیاست‌نامه‌های گوناگون مدیریت، زمان‌بندی، و بهینه‌سازی منابع؛
- مجازی‌سازی و سازمان مجازی؛
- استفاده از استانداردها و پروتکل‌های باز؛
- اتصال‌های چندلایه‌ای و ناهمگون شبکه‌ای؛
- سرویس‌های اطلاعاتی و اطلاع رسانی؛
- مدیریت نامت مرکز داده‌ها؛
- تضمین کیفیت سرویس برتر و یا مبتنی بر قرارداد؛
- پنهان سازی پیچیدگی‌های معماری و ساختاری از دید کاربران؛
- پایداری سیستم و تحمل خط تحت شرایط غیرقابل پیش‌بینی؛
- توسعه پذیری، مقیاس پذیری، تطبیق پذیری، و هم‌کنش پذیری؛
- مجموعه قابل توجهی از کاربردهای مفید در زمینه‌های عمومی، صنعتی، تجاری، و غیره.



شکل ۱۰. نمایش یک گردید متشکل از سایت مرکزی و پنج سایت دوردست با ترکیب‌های مختلف از منابع نامهمگون.

10. SETI@home,  
<http://setiathome.berkeley.edu/>
11. SGE: Sun Grid Engine (now Oracle Grid Engine),  
<http://www.oracle.com/us/products/tools/oracle-grid-engine-075549.html>
12. QCDGrid,  
<http://www.gridpp.ac.uk/qcdgrid/>
13. Amazon S3,  
<http://aws.amazon.com/s3/>
14. eSTAR Project,  
[http://www.estar.org.uk/wiki/index.php/Main\\_page](http://www.estar.org.uk/wiki/index.php/Main_page)
15. WCG: World Community Grid,  
<http://www.worldcommunitygrid.org/>
16. Amazon EC3,  
<http://aws.amazon.com/ec2/>
17. Google App Engine,  
<http://code.google.com/appengine/>
18. Microsoft Azure,  
<http://www.windowsazure.com/en-us>
19. GoGrid,  
<http://www.gogrid.com/>

## مراجع

1. Ian Foster and Carl Kesselman, *The Grid*, Blueprint for a new computing infrastructure, 2004.
2. OGSA: Open Grid Service Architecture,  
<http://www.globus.org/ogsa/>
3. LHC Computational Grid,  
<http://lcg.web.cern.ch/lcg/public/>
4. ChinaGrid: China Education and Research Grid,  
<http://ncc.dlut.edu.cn/ChinaGrid2011/>
5. CARUDA-National Grid Computing Initiative of India,  
<http://www.garudaindia.in/>
6. NAREGI-National Grid Computing Initiative of Japan,  
<http://www.naregi.org/>
7. OSG: Open Science Grid,  
<http://www.opensciencegrid.org/>
8. Autonomic Computing,  
<http://www.research.ibm.com/autonomic/>
9. TeraGrid,  
[http://www.teragridforum.org/mediawiki/index.php?title=Main\\_Page](http://www.teragridforum.org/mediawiki/index.php?title=Main_Page)