



کدگذاری شبکه برای سیستم های ذخیره سازی توزیع شده

استاد راهنما: دکتر احمد یوسفیان دارانی

استاد مشاور: دکتر نگین کریمی

پژوهشگر: ندا مستوفی

زمستان ۱۳۹۹



مقدمه و هدف

فصل ۱

مبانی و پیشینه تحقیق

فصل ۲

نتایج و یافته های پژوهش

فصل ۳

از ابتدای قرن ۲۱ دوره جدیدی از دوران دیجیتال آغاز شد به طوری که در سال های ۱۹۸۶ تا ۲۰۰۷ میزان رشد داده ها برای هر شخص به % ۲۳ در سال افزایش یافت. در نتیجه روزانه مقدار عظیمی از داده های دیجیتال تولید شدند.

ذخیره سازی داده ها در طول سال ها برای تامین نیازهای روز افزون شرکت ها و افراد، تکامل یافت و اکنون به نقطه اوج خود رسیده است که در آن روش سنتی ذخیره سازی (استفاده از یک جعبه ذخیره سازی مستقل و اختصاصی) به دو دلیل فنی و اقتصادی دیگر کارایی ندارد. اکنون نه تنها به درایوها و شبکه های سریع تری نیازمندیم، بلکه به یک رویکرد و مفهوم جدید برای انجام ذخیره سازی داده ها نیاز داریم. در حال حاضر بهترین روش برای تامین تقاضای فعلی ذخیره سازی اطلاعات، ذخیره سازی توزیع شده است. این مفهوم در طول سال ها به اشکال مختلف ظاهر شده است. اگرچه تعریف دقیق و پذیرفته شده ای برای سیستم های ذخیره سازی توزیع شده وجود ندارد، اما می توانیم آن را به صورت خلاصه چنین بیان کنیم:

”ذخیره سازی داده ها در چند سرور استاندارد که مانند یک سیستم ذخیره سازی رفتار می کنند در حالی که داده ها بین این سرورها توزیع شده است.”



طراحی و ارزیابی سیستم های ذخیره سازی توزیع شده P2P

مراجع: [۳]، [۱۱]، [۱۸]،
[۲۰]

استراتژی مدیریت افزودنی برای سیستم های ذخیره سازی توزیع شده p2p

مراجع: [۳]، [۱۲]، [۲۵]،
[۳۱]، [۳۹]

مقایسه کدحک و تکثیر از لحاظ فضای توازن پهنای باند و قابلیت اطمینان

مراجع: [۳]، [۱۲]، [۳۱]

معرفی کدگذاری شبکه برای شبکه های حسگر بی سیم

مراجع: [۱۵]، [۱۶]



این پایان نامه کاربرد کدگذاری شبکه برای مشکل تعمیر در ذخیره سازی توزیع شده را بررسی می کند. توجه به پهنای باند تعمیر شبکه و مفهوم نگهداری کد در طول زمان مشکلات منحصر بفرد بسیاری را ایجاد می کند. هدف اصلی ما بررسی توازن اساسی بین ذخیره سازی و تعمیر پهنای باند شبکه است. ما یک چهارچوب تئوری ارائه دادیم که می تواند اطلاعات لازم برای تعمیر آسیب دیده ها را در کدگذاری سیستم ها و شناسایی توازن بین ذخیره سازی و پهنای باند تعمیر را مشخص کند.

مفاهیم مقدماتی علوم کامپیوتر

۱.۲

افزونگی

۲.۲

سیستم های ذخیره سازی توزیع شده

۳.۲

کدگذاری شبکه

۴.۲

کدهای MDS

۵.۲

کدهای بازیابی

۶.۲

استراتژی هایبیرید

۷.۲

گراف جریان اطلاعات

۸.۲

کدهای بازسازی MSR و MBR

۹.۲



افزونگی شامل داده‌هایی اضافی است که طی فرایند کدگذاری به داده‌ها افزوده می‌شوند تا جبران خطاهای احتمالی مسیر را بکنند و داده در صورت از دست رفتن بخشی از آن قابل دست‌یابی باشد.

ساده‌ترین طرح افزونگی، تکثیر است که در بسیاری از سیستم‌های ذخیره‌سازی کاربردی از آن استفاده شده. به عنوان یک تعمیم از تکثیر، کدگذاری حک کارایی بهتری برای ذخیره‌سازی ارائه می‌دهد.



تکثیر (Replication)

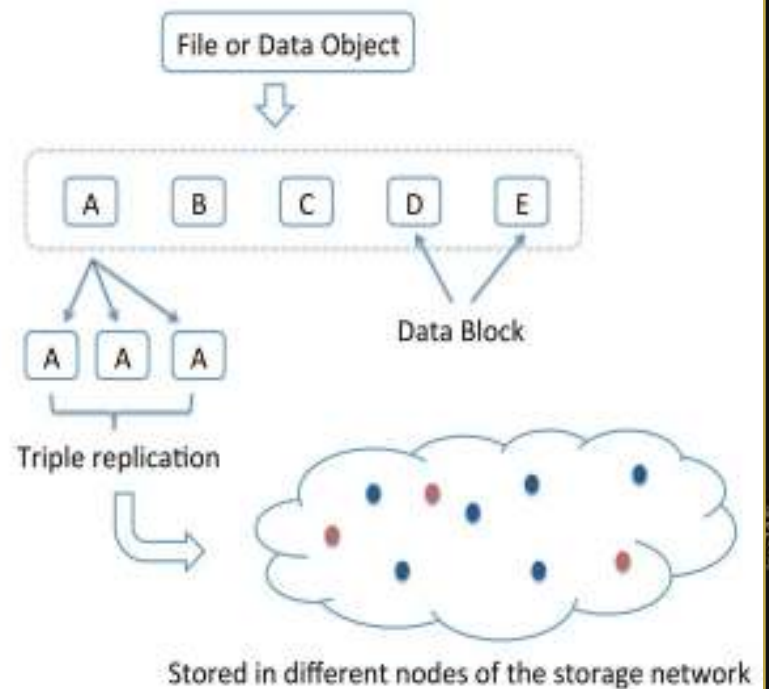
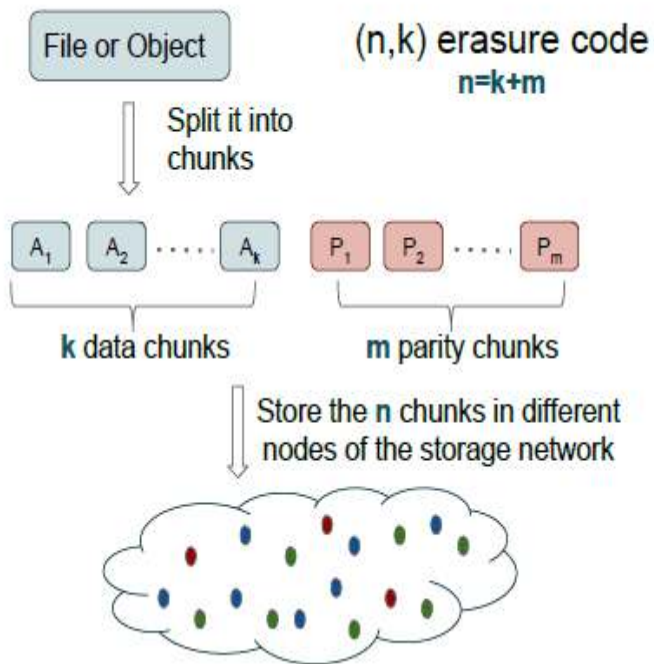
به زبان ساده به فرآیند ایجاد یک کپی دقیق از اطلاعات گفته می‌شود. نسخه کپی، این امکان را محیا می‌کند که در زمان بروز مشکلات، در کمترین زمان ممکن سیستم را به حالت قبل بازگردانیم. هدف این روش، بالا بردن قابلیت دسترسی داده‌ها و سرعت بخشیدن به محاسبات است. این طرح، ساده‌ترین طرح افزونگی است که در آن k کپی یکسان از هر شی داده توسط اعضای سیستم نگهداری می‌شود.

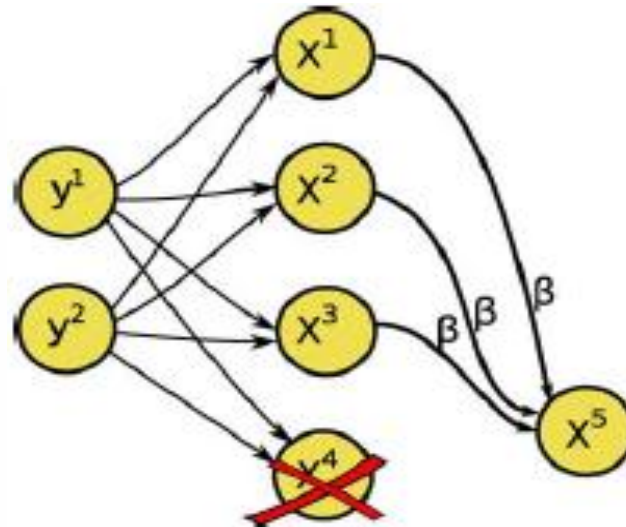


کدحک (Erasure Code)

روشی برای محافظت از داده‌هاست که در آن اطلاعات به قطعات متعدد کوچک‌تری تقسیم شده سپس با اضافه کردن بلوک‌های توازن در گره‌های موجود در سیستم ذخیره می‌شوند. هدف این نوع کدگذاری، بازیابی داده‌های از بین رفته با استفاده از داده‌های باقی مانده است.

در کدگذاری حک از یک عملکرد ریاضی $n=k+m$ برای توصیف مجموعه‌ای از اعداد استفاده می‌شود که توسط آن می‌توان از بین رفتن داده‌ها را تشخیص و آن را بازیابی کرد. در این عملکرد k بلوک‌هایی است که قطعات متعدد داده اصلی در آن ذخیره شده، m بلوک‌های توازن و n تعداد کل قطعاتی است که بعد از روند کدگذاری حک به دست می‌آید. این عملکرد از لحاظ قابلیت اطمینان-افزونی مطلوب است چون k قطعه، که هر یک دارای اندازه m/k است، حداقل داده‌ها را برای بازیابی فایل به اندازه M فراهم می‌کنند.





فرض کنید یک کد حک MDS $(4, 2)$ برای تولید ۴ قطعه (ذخیره شده در گره های x^1, \dots, x^4) استفاده شده، با این ویژگی که هر دو قطعه برای بازسازی (احیا کردن) داده ی اصلی y^1 و y^2 میتواند استفاده شود.



بطور کلی اگر شیء ای با اندازه M به k قطعه اولیه تقسیم شده باشد، با این استراتژی پهنای باند تعمیر برای تولید یک قطعه با اندازه M/k ، M بیت است. در مقابل اگر از تکثیر به جای کد حگ استفاده شود جایگزین جدید میتواند به راحتی از هر گره موجود دیگر کپی شود و هدر رفت پهنای باندی وجود نداشته باشد.



در سیستم‌های ذخیره‌سازی توزیع‌شده، اطلاعات با حجم زیاد به بخش‌های کوچکتر تقسیم شده و هر قسمت در یک دیسک (مرکز ثبت اطلاعات) ذخیره می‌شود. طراحی سیستم باید به گونه‌ای باشد که حتی با وجود تعدادی دیسک غیر قابل دسترسی، کل اطلاعات همچنان قابل بازیابی باشد. به بیان دیگر، لازم است که نسخه‌های متعددی از اطلاعات در سیستم ذخیره شود تا با وجود از دست رفتن بخشی از دیسک‌ها، اطلاعات اولیه از بین نرود. از این رو کل حجم دیسک‌های مورد نیاز بسیار بیشتر از حجم اطلاعات ذخیره‌سازی شده است.

علاوه بر این، ترمیم پذیری، به معنای امکان جایگزینی یک دیسک معیوب با دیسک جدید با قابلیت‌های سیستم قبلی، از خاصیت‌های کلیدی سیستم‌های توزیع شده می‌باشد.



شبکه: به اتصال دو یا چند سیستم که قابلیت انتقال اطلاعات بین خود را دارند شبکه گفته می‌شود. هرگاه یک فرآیند ارتباطی به لااقل یک فرآیند ارتباطی دیگر متصل شود، یک شبکه ارتباطی ایجاد می‌شود.

Peer-to-peer: نظیر به نظیر یا peer-to-peer نوعی از شبکه‌های کامپیوتری می‌باشد. در این نوع از شبکه، رایانه‌های ارائه دهنده و درخواست کننده هر دو در یک راستا کار می‌کنند، به این معنی که هر کامپیوتر می‌تواند از اطلاعات کامپیوتر دیگری استفاده کرده و یا به رایانه دیگری اطلاعات بفرستد و کامپیوترهای موجود در شبکه دارای وظایف و مسئولیت‌های معادل و مشابه هستند. این نوع از شبکه ساده‌ترین و سریع‌ترین روش شبکه سازی می‌باشد.

کدگذاری شبکه یک تعمیم از روش مسیریابی متداول (ذخیره‌سازی و ارسال) است. در مسیریابی متداول شبکه، هر گره واسطه در شبکه به سادگی اطلاعاتی که دریافت کرده را ذخیره و ارسال می‌کند. در مقابل، کدگذاری شبکه به گره‌های واسطه اجازه می‌دهد تا داده‌های خروجی را توسط کدگذاری تولید کنند.



یک کد خطی با پارامترهای (n, k, d) که در آن $d = n - k + 1$ باشد، کد MDS یا کد حداکثر فاصله مجزا نامیده می‌شود.

کدهای MDS فایلی با اندازه M را به k چانک تقسیم، سپس در n گره توزیع شده ذخیره می‌کنند، که در آن $k < n$ و هر گره M/k واحد از اطلاعات را ذخیره می‌کند. مهم‌ترین خاصیت این کدها بازیابی فایل اصلی با استفاده از هر k گره از n گره است.



دسته جدیدی از کدهای حک، که با نام کدهای بازیابی نیز نامیده می‌شود اخیراً معرفی شده که برای اصلاح کدهای معیوب، عملکرد خیلی بهتری دارند.

ویژگی اصلی کدهای بازیابی دائلود کردن تنها بخشی از داده‌ها برای اصلاح نود است.

از جمله مزایای کدهای بازیابی، مینیمم سازی همزمان فضای ذخیره‌سازی و پهنای باند تصحیح، کاهش پیچیدگی عملکرد، عدم نیاز به فراخوانی اطلاعات از روی دیسک در نودهای کمکی در طول روند اصلاح نود و در نهایت نیز تشخیص و تصحیح خطاهای احتمالی است.



استراتژی هایبرید، یک گره ذخیره‌سازی خاص یک کپی کامل را علاوه بر قطعات کدگذاری شده متعدد نگهداری می‌کند. گرهی که کپی در آن ذخیره شده می‌تواند قطعات جدیدی را تولید کند و این قطعات را به تازه‌واردان منتقل کند، بنابراین برای قطعه جدید فقط M/K بایت را انتقال می‌دهد. به هر حال، نگهداری نسخه اضافی در یک گره راندمان پهنای باند گدهای حک را کاهش می‌دهد و طراحی سیستم را پیچیده‌تر می‌کند. برای مثال، اگر کپی از دست برود، تا زمانی که بازسازی نشده قطعات جدید نمی‌توانند ایجاد شوند.



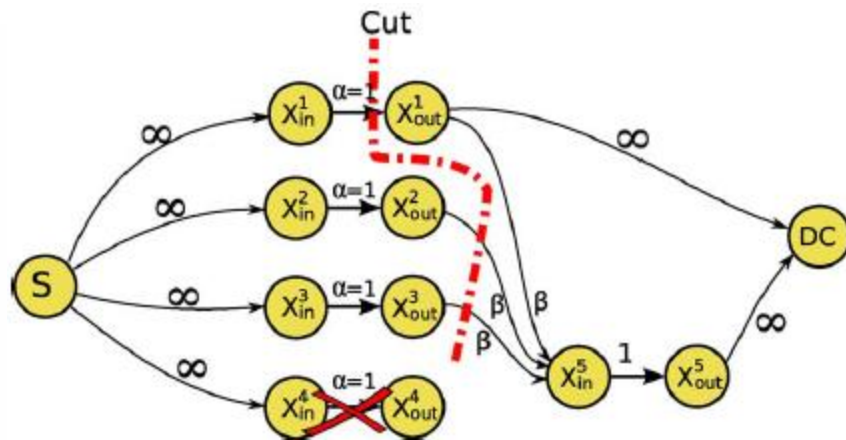
گراف جریان اطلاعات، یک گراف خطی جهت دار شامل سه نوع گره است: یک منبع داده تنها S ، گره های ذخیره سازی X_{in}^i ، X_{out}^i و جمع کننده های داده ها DC_i . گره تنهایی که مربوط به منبع داده اصلی است. گره ذخیره سازی A در سیستم توسط یک گره ورودی ذخیره سازی X_{in}^i و یک گره خروجی ذخیره سازی X_{out}^i نشان داده می شود؛ این دو گره توسط یک یال جهت دار $X_{in}^i \rightarrow X_{out}^i$ به هم متصل هستند. ظرفیت X_{in}^i و X_{out}^i برابر هم و ظرفیت هر دو برابر با ظرفیت گره A است. در زمان اولیه، تنها گره منبع S فعال است، سپس به یک مجموعه اولیه از گره های ذخیره سازی تماس می گیرد و به ورودی های آنها (X_{in}^i) با یال های مستقیم از ظرفیت نامتناهی متصل می شود. در گام بعدی، گره های ذخیره سازی منتخب اولیه فعال می شوند که نشان دهنده یک گدحک توزیع شده ی مشابه به حالت مطلوب در سیستم هستند. اگر گره جدید Z به سیستم بپیوندد، فقط میتواند به گره های فعال متصل شود. اگر گره تازه وارد Z بخواهد به گره ذخیره سازی فعال A متصل شود، آنگاه یک یال مستقیم از X_{out}^i به X_{in}^i اضافه میکنیم که ظرفیت آن برابر است با مقدار اطلاعات منتقل شده از گره A به گره تازه وارد.

در نهایت، یک گرد آورنده اطلاعات DC ، گرهی مربوط به درخواست برای بازسازی داده ها است. گردآورنده های داده به زیر مجموعه ای از گره های فعال، از طریق یال هایی با ظرفیت نامتناهی متصل می شوند.



حداقل برش ها

یک مفهوم مهم مربوط به گراف جریان اطلاعات، حداقل برش‌ها، هستند: یک برش، (جهت‌دار) در گراف G ، بین منبع S و گره گردآورنده‌های داده DC یک زیرمجموعه C از رئوس است بطوری که، هیچ مسیر جهت‌دار که از S شروع شود و به DC باشد (انتها DC باشد) در C یک راس یا بیشتر نداشته باشد. حداقل برش، برشی بین S و DC است که در آن مجموع کل ظرفیت رئوس کمترین است.



تصویری از گراف گردش اطلاعات G متناظر با کد $(4,2)$ در ۱.۲. یک طرح ذخیره سازی توزیع شده که از یک کد $(4,2)$ استفاده می کند بطوری که هر ۲ قطعه برای بازیابی داده ی اصلی کافی است. اگر گره X^4 غیر قابل دسترس شود و یک گره جدید به سیستم پیونددهد، ما نیاز به ساخت قطعه ی کد گذاری جدید در X^5 داریم. پس برای این کار، گره به $d=3$ گره ذخیره سازی فعال متصل می شود. فرض کنیم از هر یک از گره های ذخیره سازی فعال β bit منتقل شود، میزان مورد توجه کمترین مقدار β لازم است. $\min\text{-cut}$ برای جدا کردن منبع از گره آورنده داده باید بزرگتر از $M=2\text{mb}$ برای بازسازی امکان پذیر باشد. برای این گراف، مقدار $\min\text{-cut}$ توسط $1+2\beta$ در نظر گرفته شده، یعنی این که $\beta \geq 0.5 \text{ mb}$ لازم و کافی است.



حال دو نقطه مضاعف روی منحنی مبادله بهینه را مطالعه می‌کنیم، که به ترتیب مطابق با بهترین راندمان ذخیره‌سازی و حداقل پهنای باند تعمیر است. به کدهایی که به این نقاط دست می‌یابند به ترتیب کدهای بازسازی حداقل ذخیره‌سازی (MSR) و کدهای بازسازی حداقل پهنای باند (MBR) می‌گوییم. نقطه حداقل ذخیره‌سازی توسط زوج مرتب زیر به دست می‌آید:

$$(\alpha_{MSR}, \gamma_{MSR}) = \left(\frac{M}{k}, \frac{Md}{k(d-k+1)} \right)$$

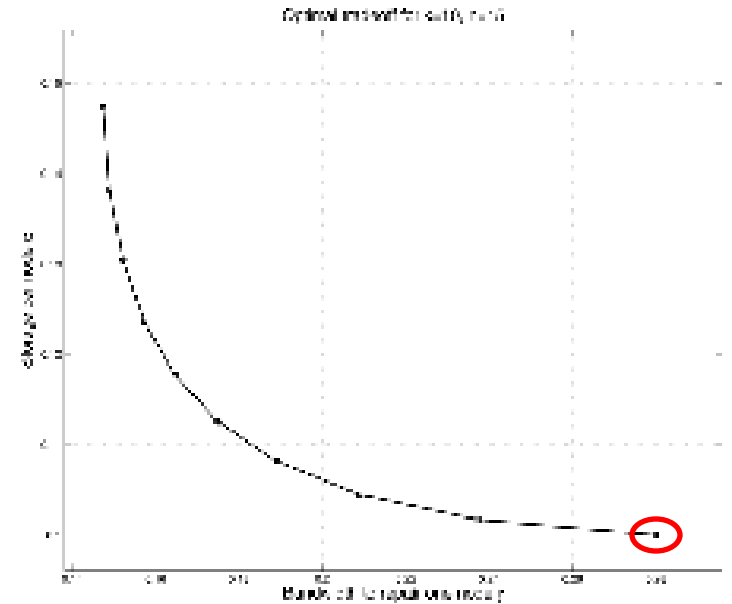
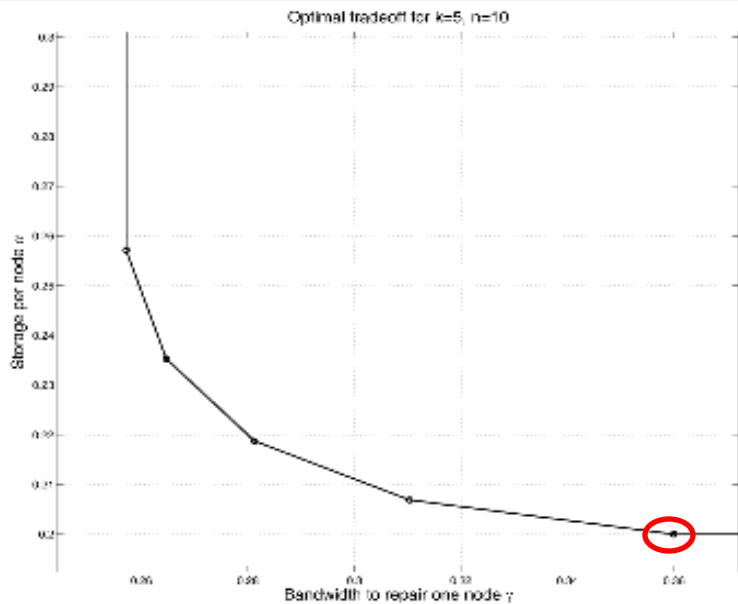
کدهای MSR معادل کدهای حداکثر فاصله مجزا (MDS) هستند.



اگر در فرمول بالا به جای d, k را جایگذاری کنیم، مشاهده خواهیم کرد که ارتباطات کل برای تعمیر M است، برابر با اندازه فایل اصلی. بنابراین اگر ما تنها به یک تازه وارد اجازه دهیم که به k گره متصل شود، آنگاه ارتباط برقرار کردن تازه وارد با کل شی داده برای تعمیر یک قطعه جدید اجتناب ناپذیر خواهد شد و این یک روش تعمیر ساده است که می تواند برای هر کد MDS اجرا شود. اگر برای یک تازه وارد ممکن باشد که به بیشتر از k گره متصل شود، آنگاه کدهای MSR می توانند ارتباط تعمیر γ_{MSR} را کاهش دهند، که برای $d=n-1$ حداقل است.

$$(\alpha_{MSR}, \gamma_{MSR}^{\min}) = \left(\frac{M}{k}, \frac{M}{k}, \frac{n-1}{n-k} \right)$$

نتیجه: کدهای MSR با $\frac{n-1}{n-k}$ فاکتور بیشتر از آنچه که ذخیره می کنند در ارتباط هستند.



منحنی توازن بهینه بین ذخیره سازی α و پهنای باند γ ، برای $k=5$ و $n=10$ (چپ) و $k=10$ و $n=15$ (راست) برای هر دو نمودار $M=1$ و $d=n-1$ به کد حگ متداول متناظر با نقاط $(\gamma=1, \alpha=0.2)$ و $(\gamma=1, \alpha=0.1)$ در نمودارهای چپ و راست، توجه کنید.



در انتهای دیگر از معامله، کدهای MBR هستند که دارای حداقل پهنای باند تعمیرند. نقطه حداقل پهنای باند تعمیر توسط رابطه زیر به دست می آید:

$$(\alpha_{MBR}, \gamma_{MBR}) = \left(\frac{2Md}{2kd - k^2 + k}, \frac{2Md}{2kd - k^2 + k} \right)$$

توجه کنید که در کدهای MBR، اندازه ذخیره سازی α برابر است با γ ، به تعداد کل بیت هایی که در طی تعمیر انتقال می یابد. اگر ما مقدار بهینه را $d = n - 1$ قرار دهیم، رابطه زیر را به دست خواهیم آورد:

$$(\alpha_{MBR}^{min}, \gamma_{MBR}^{min}) = \left(\frac{M}{k}, \frac{2n-2}{2n-k-1}, \frac{M}{k}, \frac{2n-2}{2n-k-1} \right)$$

نتیجه: کدهای MBR به یک فاکتور گسترش $\frac{2n-2}{2n-k}$ در مقدار اطلاعات ذخیره شده نیاز دارند.



نتایج و یافته های پژوهش

فصل ۳

توازن ذخیره سازی و پهنای باند

۱.۳

تابع آستانه

۲.۳

پویایی گره و اهداف

۳.۳

مدل

۴.۳

تخمین f و a

۵.۳

نتایج کیفی

۶.۳

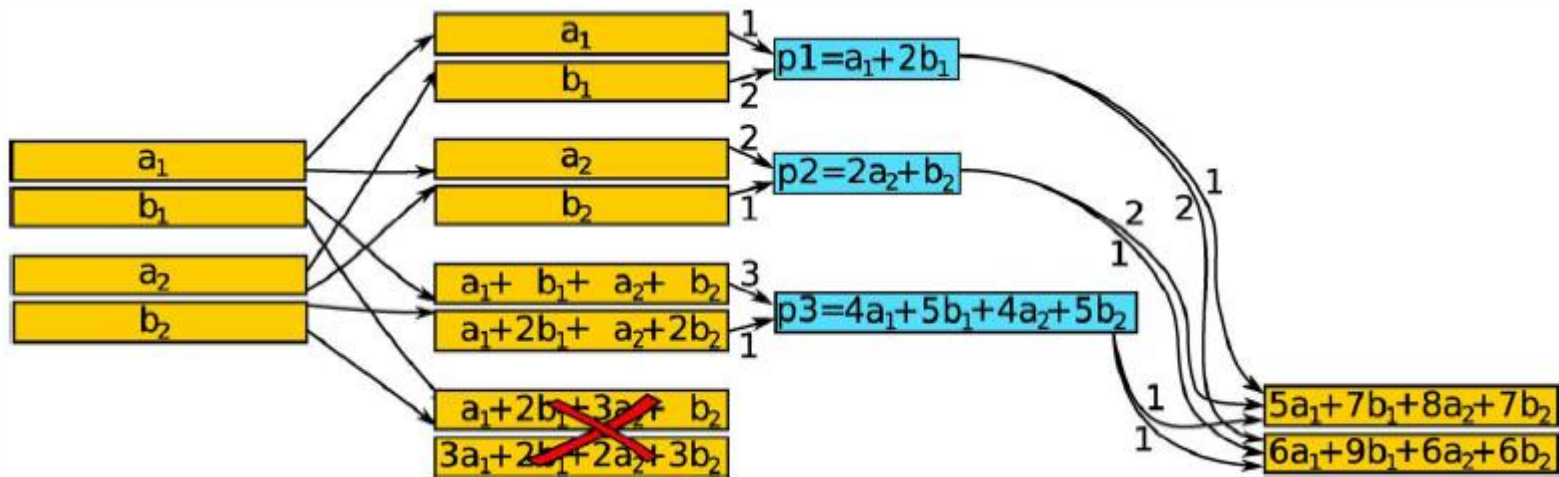
مقایسه کیفی

۷.۳



برای هر مجموعه از پارامترهای $(n, k, d, \alpha, \gamma)$ ، یک خانواده از گراف های گردش اطلاعات وجود دارد، که هر گراف در آن با تکامل خاص از گره های شکست خورده یا گره های تعمیر شده مطابق است. ما این خانواده از گراف های بدون لوپ جهت دار را با $G(n, k, d, \alpha, \gamma)$ نشان می دهیم. یک $(n, k, d, \alpha, \gamma)$ تایی امکان پذیر خواهد بود، اگر یک کد با ذخیره سازی α و پهنای باند تعمیر γ وجود داشته باشد.

توجه کنید که n و k و d باید عدد صحیح باشد، اگر فقط یک گره آسیب دیده وجود داشته باشد، تازه وارد می تواند به حداکثر $n-1$ گره باقیمانده متصل شود، بنابراین $d < n-1$ و α و β و $\gamma = d\beta$ پارامترهایی با مقادیر حقیقی نامنفی از روند تعمیر هستند.



تعمیر برای یک کد حگ حداقل ذخیره سازی (۴,۲). تمامی بسته ها (جعبه ها) در این شکل با سایز ۰.۵mb هستند و هر گره دو بسته را ذخیره می کند. توجه کنید که هر دو گره، چهار معادله دارد که می توان از آن برای بازیابی داده a_1, a_2, b_1, b_2 استفاده کرد. بسته ی توازن p_1, p_2, p_3 برای ساخت دو بسته ی تازه وارد استفاده می شود. پهنای باند مورد نیاز ۱.۵ mb است. ضرایب بطور تصادفی انتخاب شده اند و مثال برای سادگی روی اعداد صحیح نشان داده شده است. نکته ی اصلی این است که گره ها اطلاعات خود را ارسال نمی کنند بلکه یک بسته ی کوچکتر توازن را از داده های خود تولید کرده و آن را برای تازه وارد ارسال می کنند، که با کمک ترکیب آن ها (توازن ها) دو بسته ی تازه وارد تولید می شود.



تابع آستانه $\alpha^*(n,k,d,\gamma)$

قضیه: برای هر $\alpha \geq \alpha^*(n,k,d,\gamma)$ نقاط (n,k,d,α,γ) امکان پذیر هستند و گدهای شبکه خطی برای رسیدن به آنها کافی است. این اطلاعات از لحاظ تئوری برای رسیدن نقاط با $\alpha < \alpha^*(n,k,d,\gamma)$ غیرممکن است. تابع آستانه $\alpha^*(n,k,d,\gamma)$ بصورت زیر است:

$$\begin{cases} \frac{M}{k}, & \gamma \in [f(i), +\infty) \\ \frac{M - g(i)\gamma}{k - i}, & \gamma \in [f(i), f(i - 1)) \end{cases}$$

بطوری که:

$$f(i) \triangleq \frac{2Md}{(2k-i-1)i+2k(d-k+1)}$$

$$g(i) \triangleq \frac{(2d-2k+i+1)i}{2d}$$

که $d < n-1$ برای n و k مفروض، حداقل پهنای باند تعمیر γ بصورت زیر است:

$$\gamma_{\min} = f(k-1) = \frac{2Md}{2kd - k^2 + k}$$



ما بین خرابی‌های دائمی و موقت گره تمایز قائل می‌شویم. یک خرابی دائمی، مانند خروج دائمی یک گره از سیستم یا خرابی دیسک، باعث از بین رفتن اطلاعات ذخیره شده در آن گره می‌شود. در مقابل، اطلاعات در طول خرابی موقت حفظ می‌شود، مانند راه اندازی مجدد یا قطع موقت شبکه. گوییم یک گره موجود است، هر گاه اطلاعات آن را بتوان در طول شبکه بازیابی کرد. سیستم‌های ذخیره‌سازی توزیع شده قصد ارائه دو نوع از قابلیت اطمینان را دارند: قابل دسترس بودن و ماندگاری. یک فایل قابل دسترس است هر گاه بتواند توسط اطلاعات ذخیره شده روی گره‌هایی که هنوز در دسترس هستند، بازیابی شود. اگر در اثر خرابی‌های دائمی گره، فایل از بین نرود آنگاه ماندگاری فایل حفظ می‌شود؛ یعنی، ممکن است در برخی نقاط در آینده در دسترس باشد. هر دو ویژگی مطلوب هستند، اما در این پایان نامه، ما نتایج را فقط برای در دسترس بودن گزارش می‌کنیم.



این مدل دارای دو پارامتر کلیدی a و f است. ابتدا فرض می‌کنیم، کسر f از گره‌هایی که اطلاعات فایل را ذخیره می‌کنند، بطور دائم در هر واحد زمان خراب می‌شوند، و باعث انتقال داده‌ها برای ترمیم افزونگی از دست رفته می‌شوند. دوم، فرض می‌کنیم که در هر زمان معین تا وقتی یک گره داده را ذخیره می‌کند، به احتمال a قابل دسترس است (و به احتمال $1-a$ در حال حاضر یک خرابی موقت را تجربه می‌کند) علاوه بر این، این مدل فرض می‌کند که پیش آمد در دسترس بودن یک گره مستقل از قابل دسترس بودن تمام گره‌های دیگر است. تحت این فرضیات، می‌توانیم قابلیت دسترسی و پهنای باند نگهداری مورد انتظار از طرح‌های مختلف افزونگی را برای حفظ یک فایل با M بایت، محاسبه کنیم. ما از این واقعیت استفاده می‌کنیم که برای همه‌ی طرح‌ها بجز کدهای MSR، مقدار پهنای باند استفاده شده، برابر است با مقدار افزونگی‌ای که باید جایگذاری شود، که طبق انتظار f برابر میزان ذخیره‌سازی مورد استفاده است.



احتمال غیر قابل دسترس بودن فایل	میزان اطلاعات منتقل شده در هر واحد زمان	میزان اطلاعات جایگزین شده در هر واحد زمان	n	مقدار کل اطلاعات ذخیره شده	نام طرح
$(1-a)^R$	f.R.M	f.R.M	-	R.M	تکثیر
$U_{ideal}(n,k) := \sum_{l=0}^{k-1} \binom{n}{l} a^l (1-a)^{n-l}$	f.R.M	f.R.M	k.R	R.M	کد حک ایده آل
$(1-a) \cdot U_{ideal}(n,k)$	f.R.M	f.R.M	k.(R-1)	R.M	هایبرید
$U_{ideal}(n,k)$	f.R.M. δ_{MSR}	f.R.M	k.R	R.M	کدهای MSR
$U_{ideal}(n,k)$	f.M.n. δ_{MBR}	f.M.n. δ_{MBR}	-	M.n. δ_{MBR}	کدهای MBR



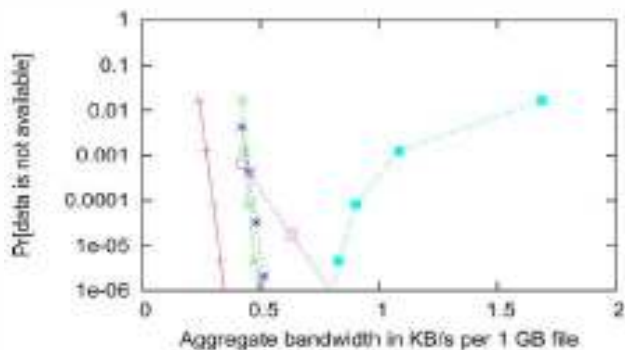
اغلب سیستم‌ها از یک وقفه ابتکاری استفاده می‌کنند: وقتی یک گره در مدت زمان t ، به کاوشگر سطح-شبکه پاسخ نداده باشد به نظر می‌رسد که برای همیشه شکست خورده است. برای تقریب رفتار سیستم ذخیره‌سازی، از همان ابتکار استفاده می‌کنیم. در دسترس بودن گره a ، میانگین (بر حسب زمان) کسری از گره‌های قابل دسترس در آن زمان است که بطور دائم شکست خورده در نظر گرفته نمی‌شود.

تاکید می‌کنیم که روش شرح داده شده در بالا فقط تخمینی از f و a را ارائه می‌دهد که ممکن است به چند طریق پایه گذاری شده باشد. برخی از طرح‌ها، داده‌های موجود در گره‌هایی که بعد از خرابی‌های موقت بازگردانده شده‌اند را مجدداً ترکیب می‌کند که طولانی‌تر از وقفه t است و باعث کاهش f می‌شود.

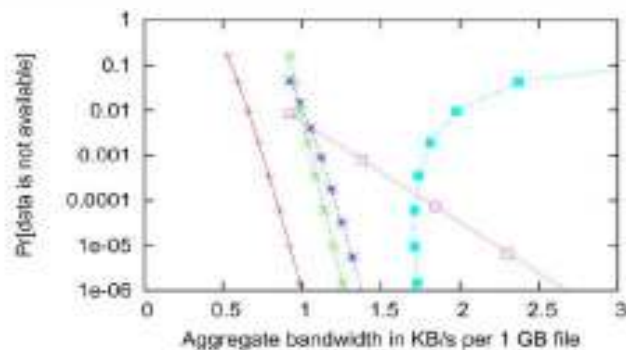


Trace	Length (days)	Start date	Mean # nodes up	f (fraction failed per day)	a
PlanetLab	527	Jan. 2004	303	0.017	0.97
Microsoft PCs	35	Jul. 6, 1999	41970	0.038	0.91
Skype	25	Sept. 12, 2005	710	0.12	0.65
Gnutella	2.5	May, 2001	1846	0.30	0.38

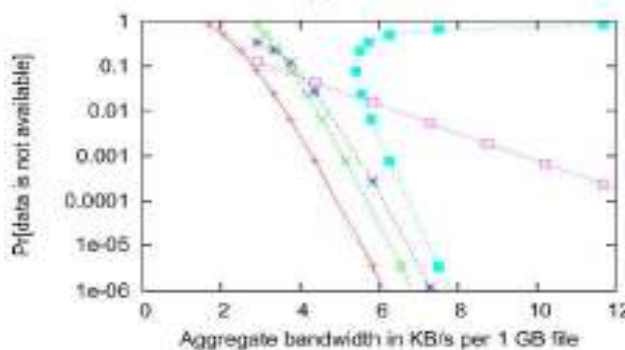
این جدول بر اساس پینگ هایی که هر ۱۵ دقیقه در **PlanetLab**، هر یک ساعت در **Microsoft PCs**، هر ۱۵ دقیقه در **Skype** و هر ۷ دقیقه در **Gnutella** ارسال می شود، پایه گذاری شده است. مقادیر f و a ظاهر شده در جدول فوق با در نظر گرفتن ۱ روز برای وقفه t حاصل شده است.



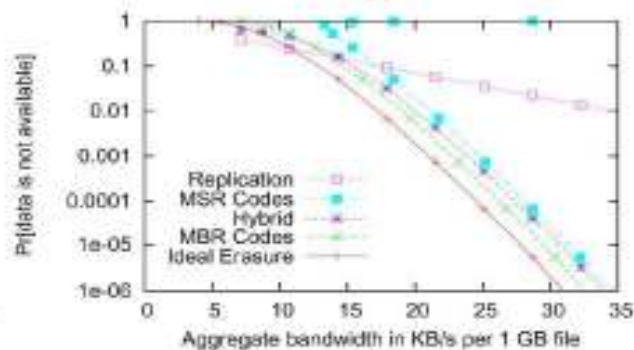
(a)



(b)



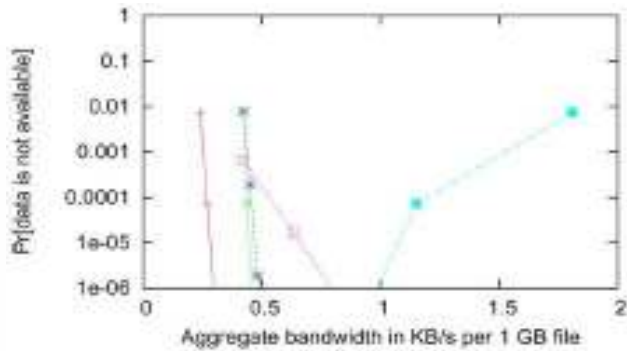
(c)



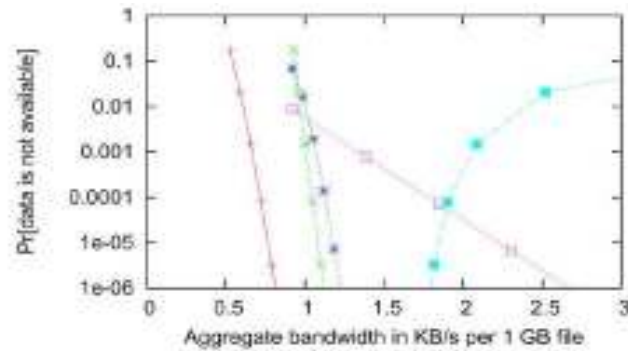
(d)

K=7

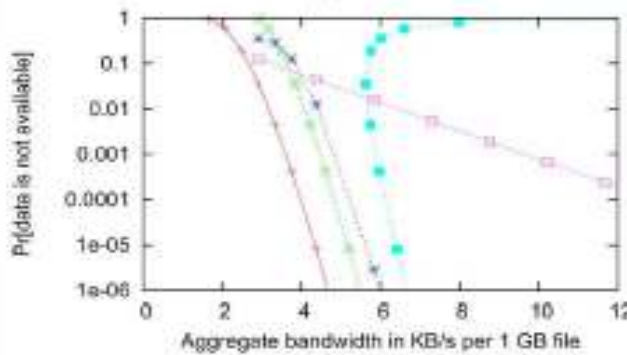
توازن بین میانگین غیر قابل دسترس بودن و میانگین پهنای باند نگهداری در هر یک از استراتژی‌های بخش دوم، با استفاده از مقادیر α و β بخش سوم را نشان می‌دهد. نقاط امکان پذیر در فضای توازن، توسط تغییر دادن فاکتور افزونگی R ، تولید می‌شود.



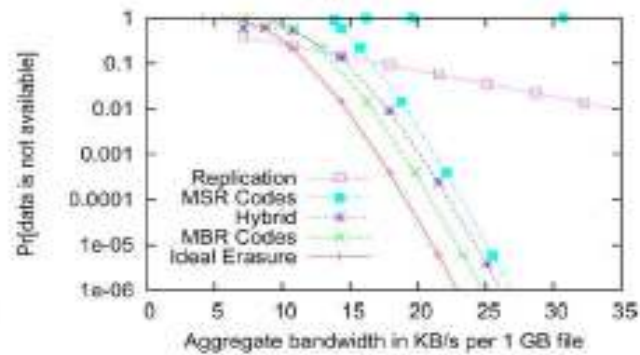
(a)



(b)



(c)



(d)

K=14

توازن بین میانگین غیر قابل دسترس بودن و میانگین پهنای باند نگهداری در هر یک از استراتژی‌های بخش دوم، با استفاده از مقادیر α و β بخش سوم را نشان می‌دهد. نقاط امکان پذیر در فضای توازن، توسط تغییر دادن فاکتور افزونگی R ، تولید می‌شود.



برای همه طرح‌هایی که ارزیابی کردیم به استثنای گدهای MSR، استفاده از دیسک با پهنای باند متناسب است. چون گدهای MSR تنها طرحی هستند که در آن داده منتقل شده به تازه وارد با مقدار داده‌ای که نهایتاً در تازه وارد ذخیره می‌شود برابر نیست. در مقابل، ذخیره‌سازی‌ای که در گدهای MSR استفاده شده برابر است با ذخیره‌سازی استفاده شده توسط گدهای حک ایده‌آل فرضی، و بنابراین، فضای استفاده شده گدهای MSR متناسب با پهنای باند استفاده شده توسط گدهای حک ایده‌آل است.



مزایا و معایب دو کد بازیابی در مقایسه با طرح کدگذاری هایبرید چیست؟

مزایای گدهای MBR در مقایسه با هایبرید:

- i. فضای ذخیره سازی کمتر،
- ii. پهنای باند نگهداری کمتر،
- iii. معماری ساده تر سیستم (دارای یک نوع افزودنی)

معایب گدهای MBR در مقایسه با هایبرید:

- i. برقراری ارتباط با $n-1$ گره به جای یک گره برای ساخت یک تازه وارد،
- ii. وجود سربار δ_{MBR}



مزایای گدهای MSR در مقایسه با هایبرید:

- ۱. فضای ذخیره سازی کمتر،
- ۲. پهنای باند نگهداری کمتر،
- ۳. معماری متقارن و ساده تر سیستم

معایب گدهای MSR در مقایسه با هایبرید:

پهنای باند نگهداری بیشتر



با تشکر