



دانشکده مهندسی کامپیوتر

طراحی سازوکار برای یک شبکه نظیر به نظیر تک منظوره

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی
در رشته مهندسی کامپیوتر گرایش نرم افزار

محسن عباسی

اساتید راهنما:
دکتر مرتضی آنالویی
دکتر محمدرضا کنگاوری

شهریورماه 1391



دانشکده مهندسی کامپیوتر

طراحی سازوکار برای یک شبکه نظیر به نظیر تک منظوره

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی
در رشته مهندسی کامپیوتر گرایش نرم افزار

محسن عباسی

اساتید راهنما:
دکتر مرتضی آنالویی
دکتر محمدرضا کنگاوری

شهریورماه 1391

چکیده

شبکه‌های نظیر به نظیر در زمینه‌های گوناگونی از قبیل اشتراک فایل، محاسبات توزیع شده، جریان‌سازی داده‌های چندرسانه‌ای و ... کاربرد دارند که همه‌ی آنها در یک ویژگی اولیه مشترک می‌باشند. اساس کار شبکه‌های نظیر به نظیر بر اشتراک منابع توسط کاربران استوار شده است بنابراین همکاری اعضای یک شبکه با یکدیگر، نقشی بسیار مهم در کارایی و عملکرد سیستم خواهد داشت.

در طراحی سیستم‌های نظیر به نظیر کاربران اغلب به صورت عواملی مطیع و فرمان‌بردار در نظر گرفته می‌شوند که از پروتکل از پیش تعریف شده، پیروی کرده و خطایی انجام نمی‌دهند در حالی که کاربران در این گونه شبکه‌ها معمولاً عواملی خودگردان بوده که سعی در بیشینه کردن سود خود دارند که این امر موجب گرایش آنها به سوءاستفاده از همکاری دیگران می‌شود بنابراین همواره تضادی بین عملکرد منطقی کاربران و رفاه جمعی آنها وجود داشته که کارایی و دوام این گونه شبکه‌ها را تهدید می‌کند؛ در نتیجه نیاز به طراحی شبکه‌ها با سازوکاری برای تشویق کاربران به همکاری ضروری به نظر می‌رسد.

برای حل مشکلات بیان شده از روش‌های طراحی مکانیزم به منظور تعریف و پیاده‌سازی شبکه استفاده می‌شود. اصول طراحی مکانیزم مشوق‌هایی را به کاربران ارائه می‌دهد که کاربر (با فرض منطقی بودن) بهترین راه برای کسب سود بیشتر را، در پیروی از قوانین سیستم می‌بیند.

در این پژوهش مدلی از یک شبکه نظیر به نظیر تک‌منظوره، با هدف رفع مشکلات مطرح شده در این گونه سیستم‌ها، ارائه شده که در آن سیستم به صورت مرحله به مرحله و بر اساس بازی معمای زندانی تکرار شونده، تعریف شده است. ویژگی این مدل در استفاده از راه‌کار سرویس‌دهی متغیر می‌باشد به گونه‌ای که هر یک از افراد جامعه، با توجه به سابقه‌ی عملکرد سایر کاربران، برای آنها امتیازی در نظر گرفته و در هر دوره، با توجه به امتیازهای تخصیص داده شده، سرویس‌دهی به درخواست‌های دریافتی را انجام می‌دهد.

در نهایت، با هدف بررسی نحوه‌ی عملکرد کاربران در مدل ارائه شده و روند پیشرفت سیستم، شبیه‌سازی آن صورت گرفته است که نتایج به دست آمده، منطبق بر پیش‌بینی‌های صورت گرفته در تحلیل مدل و نشان‌دهنده گرایش بخش بزرگی از کاربران به رفتار نوع‌دوستانه و همکاری در مدل تعریف شده می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: شبکه‌های نظیر به نظیر، طراحی مکانیزم، رفتار خردگرا، رفتار نوع‌دوستانه، سرویس‌دهی متغیر، مشوق‌ها

فهرست مطالب

1	فصل 1: مقدمه
2	1-1- مقدمه
3	2-1- شرح مسئله
5	3-1- ساختار پژوهش
6	فصل 2: مروری بر منابع
7	1-2- مقدمه
7	2-2- طراحی الگوریتمی مکانیزم
8	2-2-1- توابع رفاه جمعی و انتخاب جمعی
9	2-2-2- مکانیزم‌های مشوق
11	2-2-3- مکانیزم‌های مستقیم
11	2-2-4- مکانیزم‌های بدون پول
12	2-2-5- مکانیزم‌های با پول
15	2-2-6- قانون کلارک
16	2-2-7- مکانیزم‌های غیرمستقیم
20	2-3- ارائه مشوق‌ها برای یک شبکه نظیر به نظیر
21	2-3-1- مشوق شهرت
21	2-3-2- مبادله
24	2-3-3- بررسی شبکه نظیر به نظیر بر اساس تمایل کاربران به همکاری و مشوق شهرت
27	2-3-4- مدل‌سازی شبکه نظیر به نظیر بر اساس بازی معمای زندانی
30	2-4- طراحی مکانیزم توزیع شده
33	فصل 3: روش مدل سازی
34	1-3- مقدمه
34	2-3- ویژگی‌های روش مدل سازی
34	3-2-1- مدل‌سازی سیستم به صورت مرحله به مرحله
37	3-2-2- حافظه مشترک و حافظه اختصاصی
37	3-2-3- نوع کاربران در سیستم و نحوه امتیازدهی به آن‌ها
39	3-2-4- نحوه عملکرد کاربران در سیستم
41	3-2-5- بازدهی کاربر در k دوره بعدی
43	فصل 4: پیاده‌سازی و نتایج
44	1-4- مقدمه
44	2-4- ویژگی‌های شبیه‌سازی

- 45 4-3- تأثیر تعداد کاربران سیستم در تعیین استراتژی آن‌ها
- 46 4-4- تأثیر هزینه همکاری در تابع بازدهی و انتخاب استراتژی کاربران

فصل 5: جمع‌بندی و پیشنهادها 49

- 50 5-1- مقدمه
- 50 5-2- جمع‌بندی
- 51 5-3- نوآوری
- 51 5-4- پیشنهادها

مراجع 53

فهرست اشکال

- شکل (1-1) رتبه‌بندی میزبان‌ها بر اساس تعداد فایل‌های به اشتراک گذاشته شده [5]..... 3
- شکل (2-1) تعداد فایل‌های به اشتراک گذاشته شده در مقابل تعداد نظیرهای یک دامین [5]..... 4
- شکل (1-2) تقابل نمودارهای هزینه همکاری و توزیع گونه‌های کاربران [3]..... 25
- شکل (2-2) نتایج بدست آمده در شبیه‌سازی عملکرد کاربران در شبکه نظیر به نظیر [6]..... 30
- شکل (1-4) نتایج انتخاب استراتژی 60 کاربر در 5000 دوره تکرار..... 45
- شکل (2-4) نتایج انتخاب استراتژی 600 کاربر در 10000 دوره تکرار..... 46
- شکل (3-4) نتایج انتخاب استراتژی 300 کاربر در 5000 دوره تکرار با در نظر گرفتن هزینه همکاری و برابری ارزش سرویس و هزینه سرویس‌دهی..... 47
- شکل (4-4) نتایج انتخاب استراتژی 300 کاربر در 5000 دوره تکرار با در نظر گرفتن هزینه همکاری و 3 برابر بودن نسبت ارزش سرویس به هزینه سرویس‌دهی..... 48

فهرست جداول

27	جدول (1-2).....
	جدول (2-2) بررسی نسبت مقادیر بازدهی در بازی معمای زندانی استفاده شده در مدل سازی
28	شبکه نظیر به نظیر [6].....
29	جدول (3-2) مقادیر بازدهی در نظر گرفته شده در شبیه سازی [6].....
	جدول (1-3) مقادیر بازدهی در نظر گرفته شده در بررسی روند پیشرفت بازی معمای زندانی
35	تکرار شده.....

|

مقدمه

1-1- مقدمه

یک شبکه کامپیوتری پوششی¹، همانگونه که از نام آن پیداست شبکه‌ای است که از یک شبکه کامپیوتری دیگر به عنوان زیرساخت خود استفاده می‌کند. در شبکه‌های پوششی، هر گره به واسطه لینک‌هایی مجازی به سایر گره‌ها متصل می‌شود که هر کدام از این لینک‌های مجازی از یک و یا تعداد بیشتری لینک فیزیکی (لینک‌های موجود در شبکه‌ی پایه) تشکیل شده است.

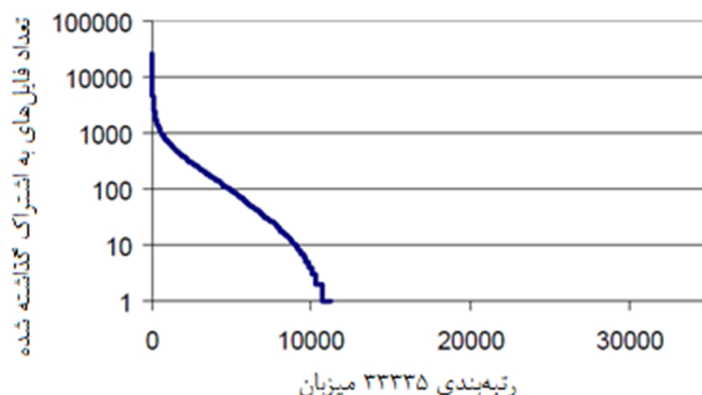
شبکه‌های نظیر به نظیر گونه‌ای از شبکه‌های پوششی هستند که بر روی شبکه اینترنت بنا می‌شوند. ویژگی اصلی شبکه‌های نظیر به نظیر این است که تمامی گره‌ها از لحاظ سرویسی که به دیگر گره‌ها می‌دهند در سطح یکسانی قرار دارند و به عبارتی همتا هستند. این مدل در مقابل شبکه‌های مشتری/خدمتگزار قرار می‌گیرد که در آنها ارتباطات اغلب بین گره‌های عرضه‌کننده سرویسی خاص و گره‌های درخواست‌کننده این سرویس‌ها صورت می‌گیرد. همتا بودن گره‌ها در اعطا و دریافت سرویس در شبکه‌های نظیر به نظیر موجب توزیع منابع در سطح کاربران و در نتیجه تقسیم وظیفه سرویس‌دهی در میان آنها می‌شود. این ویژگی شبکه‌های نظیر به نظیر مزیت‌های فراوانی به دنبال دارد برای مثال در شبکه‌های مشتری/خدمتگزار، واحد مرکزی می‌بایست متناسب با سرویس ارائه شده توسط شبکه از واحدهای ذخیره‌سازی اطلاعات با حجم زیاد، قدرت محاسباتی بالا، دسترسی به پهنای باند گسترده و ... برخوردار باشد که سبب تحمیل هزینه‌ی بالایی در هنگام راه‌اندازی و نگهداری شبکه خواهد شد؛ برای مثال در شبکه‌های اشتراک فایل، فضای ذخیره‌سازی مورد نیاز در میان همه کاربران شبکه تقسیم می‌شود. از دیگر مزیت‌های شبکه‌های نظیر به نظیر توزیع سرویس ارائه شده، به شکلی متعادل و متناسب با درخواست کاربران در سطح شبکه می‌باشد برای مثال در شبکه‌های اشتراک فایل هر کاربر پس از دریافت یک فایل خود تبدیل به سرور می‌شود و به این شکل هر فایل بر اساس میزان محبوبیت در بین کاربران در سطح شبکه گسترش می‌یابد در صورتی که در شبکه‌های مشتری/خدمتگزار، از هر فایل فارغ از میزان محبوبیت تنها یک نسخه در سرور نگهداری می‌شود که در این صورت ممکن است فایلی با وجود اشغال فضا، هیچ‌گاه دریافت نشود و یا فایلی با محبوبیت بالا سبب هجوم کاربران به سرور و افزایش فشار بر روی آن گردد.

¹ overlay networks

1-2- شرح مسئله

در شبکه‌های نظیر به نظیر واحدی مرکزی برای نظارت بر کاربران و اعمال قوانین سیستم وجود ندارد و در نتیجه کارایی این شبکه‌ها وابسته است به تمایل کاربران برای به اشتراک گذاشتن داوطلبانه منابع خود با دیگران. در این گونه شبکه‌ها غالباً دریافت سرویس از سایر کاربران بدون پرداخت هزینه صورت می‌گیرد و در مقابل ارائه سرویس به آنها موجب تحمیل هزینه به کاربر می‌شود بنابراین منطقاً اغلب کاربران در این گونه شبکه‌ها به استفاده صرف از سرویس‌های شبکه و عدم به اشتراک گذاشتن منابع خود روی می‌آورند و در نتیجه منطق کاربران برای کسب سود بیشتر و کارایی کل شبکه در مقابل هم قرار می‌گیرند. کاربران با رویکرد استفاده صرف از سرویس‌های شبکه در اصطلاح freerider نامیده می‌شوند.

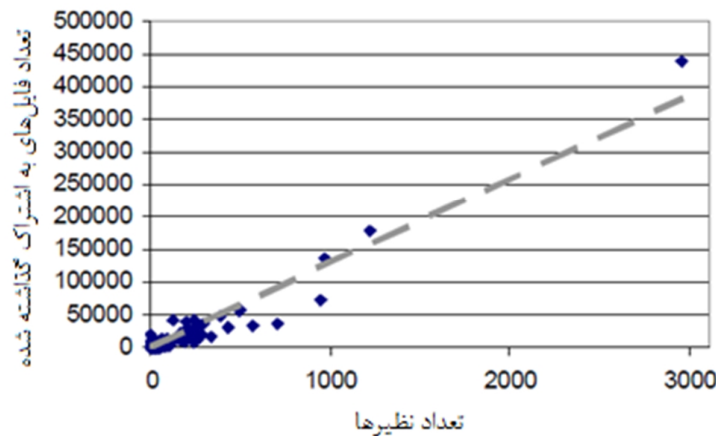
به منظور بررسی نحوه عملکرد کاربران در شبکه‌های نظیر به نظیر تحقیقی بر روی نمونه‌ای متشکل از 33335 نفر از کاربران شبکه اشتراک فایل Gnutella توسط Eytan Adar صورت گرفت. مانیتور پیغام‌های ردوبدل شده در یک بازه 24 ساعته مشخص نمود که در حدود 70٪ از کاربران هیچ فایلی را به اشتراک نگذاشته و 37٪ از فایل‌های به اشتراک گذاشته شده در شبکه متعلق به 1٪ از کاربران بوده است.



شکل (1-1) رتبه‌بندی میزبان‌ها بر اساس تعداد فایل‌های به اشتراک گذاشته شده [5]

همچنین در نتیجه این تحقیقات مشخص شد که درصد کاربران با رویکرد freeriding در دامنه‌های مختلف تا حدودی یکسان بوده و تعداد آنها نیز بصورت خطی و متناسب با افزایش تعداد

کل کاربران زیاد شده است [5].



شکل (2-1) تعداد فایل‌های به اشتراک گذاشته شده در مقابل تعداد نظیرهای یک دامین [5]

به دلیل تمایل کاربران برای کسب سود بیشتر و همچنین عدم وجود یک واحد نظارتی بخش زیادی از کاربران سیاست freeriding را اتخاذ می‌کنند و هرچه این تعداد بیشتر شده کارایی شبکه پایین‌تر می‌آید و در نهایت شبکه از کار می‌افتد. مشکل دیگر این پدیده تحمیل وظیفه اشتراک منابع به کسر کوچکی از جامعه می‌باشد که در این صورت شبکه نظیر به نظیر تا حدی خصوصیات یک مدل مشتری/خدمتگزار را پیدا می‌کند که آسیب‌پذیری بیشتر شبکه را به دنبال خواهد داشت. مشخصات شبکه‌های نظیر به نظیر همانند نبود واحدی مرکزی برای نظارت بر عملکرد افراد، کاربرانی با عملکرد منطقی و نه لزوماً پیرو قوانین سیستم، رفتارهای پنهان و غیرقابل ردیابی و ... موجب شده است که طراحان به طراحی سیستم‌ها با سازوکاری برای تشویق کاربران به همکاری روی بیاورند [11].

برای حل مشکلات بیان شده از روش‌های طراحی مکانیزم به منظور تعریف و پیاده‌سازی شبکه استفاده می‌شود. در طراحی مکانیزم کاربران سیستم به صورت عواملی با عملکردی منطقی مدل می‌شوند که بصورت خودخواهانه سعی در افزایش سودشان حتی در ازای تحمیل هزینه به سایر افراد دارند. طراحی مکانیزم مشوق‌هایی را به کاربران ارائه می‌دهد که کاربر (با فرض منطقی بودن) بهترین راه برای کسب سود بیشتر را در پیروی از قوانین سیستم می‌بیند.

طراحان سیستم توانایی اعمال فشار به کاربران به منظور رعایت قوانین را نداشته به همین دلیل از ویژگی تصمیم‌گیری منطقی و خودخواهی کاربران استفاده کرده و با ارائه مشوق‌هایی آن‌ها را به

پیروی از قوانین سیستم تحریک می کنند.

1-3- ساختار پژوهش

در این پژوهش در فصل دوم مروری کلی بر اصول و روش های طراحی مکانیزم صورت گرفته است و برخی از راهکارهای ارائه شده با هدف رفع مشکلات موجود در شبکه های نظیر به نظیر معرفی گردیده اند. در فصل سوم مدلی از یک شبکه نظیر به نظیر تک منظوره تعریف گردید و در نهایت شبیه سازی این مدل با هدف بررسی نحوه عملکرد کاربران در سیستم تعریف شده، انجام گرفت که نتایج این شبیه سازی محتوای فصل چهارم را تشکیل می دهد.

|

مروری بر منابع

2-1- مقدمه

طراحی مکانیزم شاخه‌ای از علم اقتصاد است و به شکلی «قوانین بازی» و استراتژی سیستم را تعیین می‌کند که سیستم با فرض رفتار منفعت‌گرایانه هرکدام از اعضا از کارایی بالایی برخوردار باشد. در طراحی سازوکار هر یک از افراد اولویت‌های مربوط به خود را داشته که تصمیم‌گیری در مورد وضعیت بعدی سیستم بر اساس این اولویت‌ها انجام می‌شود. خروجی این تصمیم انتخاب جمعی¹ نامیده می‌شود. زمانی که یک فرد اولویت‌های خود را غیرواقعی گزارش کند انتخاب جمعی (احتمالاً به سود شخص مذکور) تغییر خواهد کرد که در این حالت گفته می‌شود سازوکار در برابر فریب عقلانی² آسیب‌پذیر است.

فریب عقلانی به دلیل اینکه موجب افزایش سود یک فرد در ازای تحمیل هزینه به سایرین می‌شود پذیرفتنی نیست بنابراین مکانیزم مشوق‌هایی را به اعضا ارائه می‌کند تا اولویت‌های خود را صادقانه گزارش کنند. در نهایت مکانیزم تابع انتخاب جمعی را به گونه‌ای مشخص می‌کند که رفاه اجتماعی افراد جامعه ماکزیمم شود.

2-2- طراحی الگوریتمی مکانیزم³

طراحی مکانیزم سنتی که در اقتصاد مورد استفاده قرار می‌گیرد به بررسی هزینه محاسباتی مکانیزم نمی‌پردازد اما پس از استفاده از روش‌های طراحی مکانیزم در سیستم‌هایی با خصوصیات محاسباتی، مقیاس‌پذیری راه‌حل‌ها مورد توجه قرار گرفت که این‌گونه طراحی مکانیزم، طراحی الگوریتمی مکانیزم نامیده می‌شود.

در طراحی الگوریتمی مکانیزم تلاش در بالا بردن رفاه اجتماعی به وسیله انتخاب خروجی مناسب است به شرطی که هزینه محاسباتی مکانیزم قابل قبول باشد [2].

¹ social choice

² rational manipulation

³ Algorithmic Mechanism Design

2-2-1- توابع رفاه جمعی و انتخاب جمعی

در سیستمی مانند شبکه نظیر به نظیر که در آن همه افراد برابر هستند رسیدن به یک تصمیم یکپارچه به عنوان خروجی سیستم دشوار است. خروجی در این سیستم می‌بایست مسائلی از قبیل انتخاب منبع فایل مورد نظر برای یک فرد را به گونه‌ای بهینه مشخص نماید. اولویت‌های همه افراد برای انتخاب خروجی باید در نظر گرفته شود تا خروجی توسط همه افراد جامعه قابل پذیرش باشد. دو تابع رفاه جمعی و انتخاب جمعی بر اساس اولویت‌های گزارش شده این خروجی را مشخص می‌کنند به عنوان مثال اگر انتخابات ریاست جمهوری با دو نامزد، سیستم مورد بحث در نظر گرفته شود افراد می‌توانند اولویت خود را با رأی دادن به یکی از آن‌ها مشخص کنند. خروجی، فرد با تعداد بیشتر رأی خواهد بود چرا که اولویت مورد نظر اکثریت جامعه را ارضا می‌کند [2].

در یک سیستم اگر فرض شود مجموعه‌ای از انتخاب‌ها A (نامزدهای ریاست جمهوری) و همچنین مجموعه‌ای از افراد I (افراد رأی دهنده) وجود دارد. مجموعه همه اولویت‌ها بر روی مجموعه A ، L به گونه‌ای که به ازای هر $\succ \in L$ ، یک ترتیب کامل روی A را مشخص می‌کند و همچنین \succ_i اولویت‌های فرد i در جامعه را مشخص می‌کند به گونه‌ای که $a \succ_i b$ به این معنی باشد که a را بر b ترجیح می‌دهد. تابع $F: L^n \rightarrow L$ ، تابع رفاه اجتماعی می‌باشد که مجموعه اولویت‌های همه افراد جامعه را به یک مجموعه اولویت یکپارچه تبدیل می‌کند (در مثال انتخابات خروجی این تابع لیست نامزدها به ترتیب نزولی بر اساس رأی داده شده به آن‌ها است).

تابع $f: L^n \rightarrow A$ تابع انتخاب جمعی است که مجموعه اولویت‌های همه افراد را بررسی کرده و یکی از گزینه‌های موجود با بالاترین اولویت را انتخاب می‌کند (فرد با بیشترین تعداد رأی).

2-2-2- مکانیزم‌های مشوق¹

توابع رفاه و انتخاب جمعی محاسبات خود را بر پایه اولویت‌هایی که توسط افراد جامعه گزارش شده انجام می‌دهند چرا که اولویت‌های هر فرد اطلاعات خصوصی او می‌باشد و واحدی که به محاسبه مکانیزم می‌پردازد از آن اطلاعی ندارد.

برای مثال در انتخابات ریاست جمهوری فرض می‌شود سه کاندید وجود داشته باشد و فردی یک کاندید را به عنوان اولویت اول در نظر دارد اما شانس کمی برای پیروزی او قائل است. اگر اولویت بعدی این فرد کاندید سوم باشد این فرد ممکن است برای جلوگیری از انتخاب شدن کاندید دوم بجای کاندید اول به کاندید سوم رأی دهد. هنگامی که یک فرد برای بدست آوردن اولویت مورد نظر خود به عنوان خروجی سیستم، اولویت‌های خود را به شکلی نادرست گزارش کند در اصطلاح گفته می‌شود فریب استراتژیک² انجام داده است که زمانی این عمل می‌تواند برای فرد مذکور مفید باشد که موجب تغییر در خروجی سیستم شود.

تعریف: اگر گزیده‌های a و a' به ترتیب خروجی $f(<_1, \dots, <_i, \dots, <_n)$ و $f(<_1, \dots, <_i', \dots, <_n)$ باشند و برای مقادیری از $<_i' \in L$, $<_i \in L$, $<_1, \dots, <_i, \dots, <_n \in L$ و برقرار باشد $a' <_i a$ ، آنگاه تابع انتخاب جمعی f ممکن است توسط i به صورت استراتژیک فریب داده شود [2].

فریب استراتژیک غیر قابل قبول است چرا که موجب می‌شود رفاه اجتماعی ماکزیمم نشده و تنها سود یک فرد در ازای ضرر رساندن به دیگران افزایش یابد.

هدف طراحی مکانیزم طراحی تابع انتخاب جمعی به گونه‌ای است که قابل فریب دادن نباشد. این گونه از توابع مشوق³ نامیده می‌شوند.

از توابع رفاه و انتخاب جمعی برای انتخاب خروجی با بالاترین اولویت استفاده می‌شود. این توابع می‌بایست سه ویژگی اصلی داشته باشند:

¹ incentive

² strategic manipulation

³ incentive compatible

- در شرایطی که همه افراد اولویت‌های یکسان دارند، خروجی تابع رفاه جمعی نیز مشابه اولویت‌های افراد جامعه باشد. این ویژگی اتفاق آرا¹ نامیده می‌شود.
- زمانی که خروجی تابع رفاه جمعی همواره برابر با اولویت‌های یک فرد باشد، تابع دیکتاتوری² و فرد دیکتاتور نامیده می‌شوند. یک تابع رفاه جمعی می‌بایست دیکتاتوری نباشد.
- اولویت اجتماعی نهایی بین دو گزینه از انتخاب‌ها تنها به اولویت‌های افراد جامعه مرتبط با همین دو گزینه وابسته باشد به عنوان مثال اولویت نهایی بین a و b به اولویت‌های اعلام شده افراد در مورد a و c و یا b و c ارتباط نداشته باشد. این ویژگی استقلال از انتخاب‌های نامربوط نامیده می‌شود.

نظریه 1: هر تابع رفاه اجتماعی با مجموعه انتخاب A ، شامل بیش از دو عضو ($|A| \geq 3$)، که دو ویژگی اتفاق آرا و استقلال از انتخاب‌های نامربوط را داشته باشد، دیکتاتوری نیز هست.

نظریه 2: اگر f ، تابع انتخاب جمعی مشوق برای مجموعه انتخاب‌های A باشد و $|A| \geq 3$ ، آنگاه f دیکتاتوری است.

اثبات دو نظریه در [2] آمده است.

بر اساس نظریه‌های بیان شده طراحی یک تابع انتخاب جمعی مشوق برای مجموعه انتخاب‌های با اندازه بزرگ‌تر از 2 عضو که ویژگی دیکتاتوری نداشته باشد امکان‌پذیر نیست.

در ادامه روش‌هایی برای قرار دادن محدودیت بر روی مجموعه‌ی انتخاب‌ها و اولویت‌های افراد معرفی خواهد شد که با انجام این عمل ساختن توابع انتخاب جمعی مشوق برای $|A| \geq 3$ ممکن می‌شود.

¹ unanimity

² dictatorship

2-2-3- مکانیزم‌های مستقیم

در این سیستم یک واحد مرکزی در نظر گرفته می‌شود که همه افراد اولویت‌های خود را به این واحد گزارش کرده سپس محاسبات مکانیزم انجام شده و در نهایت خروجی به افراد گزارش می‌شود [2].

2-2-4- مکانیزم‌های بدون پول¹

در سیستم‌هایی مانند تعیین نرخ مالیات بر درآمد، انتخاب زمانی برای جلسه، انتخاب نقطه‌ای از یک جاده بین شهری برای ساختن امکانات رفاهی و ... اولویت افراد به انتخاب یک نقطه از یک بازه تبدیل می‌شود که تابع رفاه اجتماعی می‌بایست بر اساس انتخاب‌های صورت گرفته خروجی را مشخص کند. هر چه این خروجی به انتخاب یک فرد نزدیک‌تر باشد سود او بیشتر خواهد بود. به منظور طراحی مکانیزم برای چنین سیستم‌هایی تابع انتخاب جمعی می‌بایست به گونه‌ای عمل کند که افراد جامعه با تغییر در اولویت‌های گزارش شده خود به سود بالاتری دست نیابند؛ برای مثال در صورتی که تابع رفاه جمعی میانگین انتخاب‌های افراد را به عنوان خروجی تولید کند این تابع در برابر فریب آسیب‌پذیر خواهد بود زیرا در صورتی که فردی تشخیص دهد میانگین سایر افراد جامعه بیشتر (کمتر) از نقطه انتخابی خودش باشد می‌تواند نقطه انتخابی خود را کمتر (بیشتر) از مقدار حقیقی اعلام کند اما در صورتی که تابع رفاه جمعی میانه انتخاب‌های افراد جامعه را به عنوان خروجی تولید کند در برابر فریب آسیب‌پذیر نخواهد بود زیرا در صورتی که مقدار انتخاب شده یک فرد کمتر از میانه جامعه باشد تنها در صورتی خروجی تغییر می‌کند که این شخص انتخاب خود را بالاتر از میانه گزارش کند که در این صورت فاصله خروجی با نقطه مورد نظر فرد بیشتر نیز خواهد شد. همین استدلال برای زمانی که مقدار انتخابی فرد بیشتر از میانه باشد نیز برقرار است.

محدودیتی که در مکانیزم مطرح شده برقرار است این است که انتخاب افراد از بازه مورد نظر باید

¹Mechanisms without money

تک مقداری باشد به شکلی که اگر بازه مورد نظر $A=[0,1]$ باشد و p_i مقدار انتخابی فرد i باشد به

ازای هر مقدار از $\lambda \in [0,1)$ و هر $x \in A$ به غیر از p_i ، رابطه

$$\lambda x + (1 - \lambda)p_i \geq_i x$$

برقرار باشد.

در صورت اعمال محدودیت بیان شده تابع انتخاب جمعی مشوق می باشد

در این مثال گزارش اولویت و شرکت در تابع تصمیم گیری همواره باعث نزدیک تر شدن نقطه خروجی به انتخاب شرکت کننده می شود. سیستمی که شرکت در تصمیم گیری همواره به سود شرکت کننده باشد و همچنین مشوق باشد، مقاوم در برابر استراتژی نامیده می شود.

مکانیزم بیان شده و مکانیزم های مشابه تنها از توابع انتخاب جمعی تشکیل شده اند. یکی دیگر از روش های ارائه شده برای رفع مشکل امکان ناپذیری طراحی مکانیزم معرفی مفهوم پول است.

2-5- مکانیزم های با پول¹

در مکانیزم های بدون پول اولویت افراد به صورت ترتیبی بین انتخاب ها مدل می شود اما نمی توان مشخص کرد یک انتخاب برای یک شخص چقدر از یک انتخاب دیگر با ارزش تر است. مفهوم پول بیان این مقدار را ممکن می سازد همچنین پول می تواند بین افراد جامعه مبادله شود.

حراج قیمت دوم ویکری²

افراد جامعه می توانند وسیله پول اولویت های خود را ارزش گذاری کنند. منظور از پول هر واحد دارای ارزش درون سیستم، می تواند باشد.

در مکانیزم های با پول برای هر یک از افراد جامعه تابع ارزش گذاری $v_i: A \rightarrow R$ تعریف می شود که به هر کدام از اعضای مجموعه انتخاب ها ارزشی را بر اساس اولویت های فرد i اختصاص می دهد

¹ mechanisms with money

² vickrey's second price auction

همچنین در محاسبه سود فرد i علاوه بر ارزش خروجی سیستم برای او ممکن است پولی به/از او پرداخت/دریافت شود و در نهایت سود او به صورت $u_i = v_i(a) + p_i$ محاسبه می‌شود.

در صورتی که یک سیستم حراج در نظر گرفته شود کالای به مزایده گذاشته شده برای هر یک از اعضای جامعه دارای ارزش متفاوتی خواهد بود (w_i). افراد جامعه ارزش مورد نظر خود را اعلام می‌کنند و برنده فرد با بیشترین ارزش خواهد بود.

در صورتی که در سیستم توصیف شده پرداختی بر عهده برنده نباشد آنگاه افراد جامعه ارزشی بالاتر از ارزش واقعی خود را جهت برنده شدن در مزایده اعلام می‌کنند ($w_i' > w_i$). در اینجا مفهوم پول مطرح می‌شود و شخص برنده می‌بایست مبلغی را به صاحب کالا پرداخت کند. ایده اولیه این است که فرد برنده ارزش اعلام شده خود را پرداخت کند اما در این صورت سود او برابر با $u_i = v_i - p_i = w_i - w_i = 0$ خواهد بود که برابر با سود سایر افراد جامعه که در مزایده برنده نشده‌اند است که در این شرایط هیچ کس تمایلی به شرکت در مزایده نخواهد داشت. شخص برنده مزایده، در صورتی می‌تواند سود بالاتر از صفر کسب کند که در حراجی مقداری کمتر از مقدار واقعی خود برای کالا به سیستم گزارش کند (فریب استراتژیک). راه حل مطرح شده برای جلوگیری از فریب استراتژیک در سیستم حراجی این است که شخص با بیشترین ارزش گزارش شده برنده مزایده می‌شود اما مقداری که می‌بایست پرداخت کند برابر با دومین ارزش بالای اعلام شده به سیستم است.

فرض می‌شود کالای به مزایده گذاشته شده برای دو فرد i و j به ترتیب دارای ارزش‌های w_i و w_j می‌باشد و i برنده مزایده شود و j نفر دوم باشد ($w_i > w_j$).

در صورتی که i ارزش خود را $w_i' > w_j$ اعلام کند باز هم برنده مزایده خواهد بود و سود او $u_i = w_i - w_j$ خواهد بود که برابر با حالت اولیه است. اما اگر ارزش خود را $w_i' < w_j$ اعلام کند دیگر برنده مزایده نخواهد بود و سودش برابر با صفر می‌شود پس بهترین عملکرد برای او گزارش صادقانه ارزش است.

حال اگر فرد j ارزش خود را $w_j' < w_i$ اعلام کند باز هم بازنده خواهد بود و سود او برابر با صفر می‌شود اما در حالتی که ارزش خود را $w_j' > w_i$ اعلام کند آنگاه برنده مزایده شده و سودش $u_j =$

$w_j - w_i < 0$ خواهد بود. در نتیجه در سیستم توصیف شده بهترین عملکرد برای هر فرد گزارش صادقانه ارزش خواهد بود بنابراین مکانیزم مشوق می باشد [2].

مکانیزم های VCG

دسته ای از مکانیزم ها وجود داشته که در آن ها مجموعه اولویت های فرد i با تابع ارزش گذاری $v_i: A \rightarrow R$ مشخص می شود که $v_i \in V_i$ و $V_i \subseteq R^A$ مجموعه همه توابع ارزش دهی ممکن بر روی A برای فرد i می باشد.

برای بدست آوردن انتخاب جمعی بردار حاصل از همه توابع ارزش دهی $V = (v_1, v_2, \dots, v_n)$ استفاده می شود و همچنین منظور از v_{-i} بردار v فاقد عضو v_i می باشد $v_{-i} = (v_1, \dots, v_{i-1}, v_{i+1}, \dots, v_n)$. در مکانیزم های با پول علاوه بر مشخص کردن انتخاب جمعی محاسبه پرداخت های افراد جامعه نیز انجام می شود.

به دلیل اینکه افراد جامعه به شکل مستقیم ارزش دهی خود را به سیستم گزارش می کنند این گونه مکانیزم ها آشکار سازی مستقیم نامیده می شوند. مکانیزم های آشکار سازی مستقیم به شکل $M = (f, p)$ تعریف می شوند که $f: v_1 * v_2 * \dots * v_n \rightarrow A$ تابع انتخاب جمعی و p بردار شامل توابع پرداخت افراد جامعه به صورت $p_i: v_1 * v_2 * \dots * v_n \rightarrow R$ می باشد. این گونه مکانیزم ها در صورتی مشوق می باشند که اگر ارزش دهی افراد به صورت $v_1 \in V_1, v_2 \in V_2, \dots, v_n \in V_n$ باشد و به ازای هر v_i' اگر $a' = f(v_i', v_{-i})$ و $a = f(v_i, v_{-i})$ آنگاه رابطه زیر برقرار باشد :

$$v_i(a) - p_i(v_i, v_{-i}) \geq v_i(a') - p_i(v_i', v_{-i})$$

به عبارت ساده تر یک فرد به واسطه گزارش غیرصادقانه خود نمی تواند به سود بالاتر دست پیدا کند.

مکانیزم $M = (f, p)$ یک مکانیزم VCG می باشد در صورتی که :

- تابع رفاه اجتماعی (مجموع ارزش دهی همه ی افراد جامعه به خروجی سیستم) را ماکزیمم کند به عبارتی:

$$f(v_1, \dots, v_n) \in \operatorname{argmax}_{a \in A} \sum_i v_i(a) \quad (1-2)$$

- برای توابع h_1, \dots, h_n به شکل $h_i: v_{-i} \rightarrow R$ h_i به v_i بستگی ندارد) برای همه $v_1 \in V_1, \dots, v_n \in V_n$ رابطه (2-2) برقرار باشد.

$$p_i(v_1, \dots, v_n) = h_i(v_{-i}) - \sum_{j \neq i} v_j(f(v_1, \dots, v_n)) \quad (2-2)$$

نظریه : مکانیزم های VCG مشوق هستند.

اثبات : باید نشان داد هنگامی که فرد i ارزش دهی v_i' را به جای ارزش دهی واقعی خود v_i گزارش می کند سود کمتری بدست می آورد. فرض می شود $a' = f(v_i', v_{-i})$ و $a = f(v_i, v_{-i})$ هنگامی که i را گزارش می کند رفاه اجتماعی حاصل از انتخاب a برابر است با $\sum_{j \neq i} v_j(a)$ و سود فرد برابر با $v_i(a) + \sum_{j \neq i} v_j(a) - h_i(v_{-i})$ است. عبارت $h_i(v_{-i})$ مستقل از مقدار گزارش شده i می باشد پس می توان آن را حذف کرد باید نشان داد که:

$$v_i(a) + \sum_{j \neq i} v_j(a) \geq v_i(a') + \sum_{j \neq i} v_j(a')$$

می دانیم رابطه بالا همواره برقرار است چرا که $a = f(v_i, v_{-i})$ رفاه اجتماعی را ماکزیمم می کند [2].

برای مشخص کردن توابع h باید به دو نکته توجه نمود:

- شرکت در یک مکانیزم عاقلانه¹ است در صورتی که شرکت کنندگان هیچ گاه سود منفی دریافت نکنند به عبارت دیگر برای هر v_i ، $v_i(f(v)) - p_i(v) \geq 0$.
- در یک مکانیزم هیچ انتقال پول مثبتی انجام نمی شود به عبارتی برای هر v_1, \dots, v_n و i ، $p_i(v_1, \dots, v_n) \geq 0$.

2-2-6- قانون کلارک²

در صورتی که $h_i(v_{-i}) = \max_{b \in A} \sum_{j \neq i} v_j(b)$ در نظر گرفته شود، سیستم پرداخت، مبنای کلارک نامیده می شود. به این ترتیب پرداخت برای هر فرد برابر است با:

¹ individually rational

² clarke

$$p_i(v_1, \dots, v_n) = \max_{b \in A} \sum_{j \neq i} v_j(b) - \sum_{j \neq i} v_j(a), a = f(v_i, v_{-i}) \quad (3-2)$$

به صورت شهودی می توان این قانون را این گونه در نظر گرفت که میزان پرداختی هر فرد برابر است با مجموع خسارتی که با شرکت خود در مکانیزم به سایرین وارد کرده است.

اگر در یک مکانیزم از سیستم پرداخت Clarke استفاده شود هیچ گونه پرداخت پول مثبتی صورت نمی گیرد و در صورتی که برای هر فرد i و $a \in A$ $v_i(a) \geq 0$ آنگاه شرکت در مکانیزم برای افراد عاقلانه نیز می باشد زیرا اگر $a = f(v_1, \dots, v_n)$ و $b = \operatorname{argmax}_{j \neq i} v_j(b)$ سود i برابر است با:

$$v_i(a) + \sum_{j \neq i} v_j(a) - \sum_{j \neq i} v_j(b) \geq \sum_{j \neq i} v_j(a) - \sum_{j \neq i} v_j(b) \geq 0$$

2-2-7- مکانیزم های غیرمستقیم

در مکانیزم های مستقیم افراد اولویت های خود را به مکانیزم گزارش می کنند و محاسبات برای به دست آوردن خروجی مطلوب بر اساس این اولویت ها انجام می شود اما مکانیزم هایی وجود دارند که هر کدام از افراد جامعه گونه مخصوص به خود را داشته و بر اساس آن حرکت خود را انتخاب می کنند این مکانیزم ها آشکار سازی غیرمستقیم نامیده می شوند.

هدف در مکانیزم های مستقیم این است که افراد جامعه تحریک به فاش کردن صادقانه اطلاعات خود شوند که مکانیزم با این ویژگی مشوق نامیده می شود در صورتی که شرط لازم برای مشوق بودن یک مکانیزم غیرمستقیم در توازن قرار گرفتن مجموعه استراتژی های افراد سیستم می باشد که بر اساس آن ها حرکات خود را انتخاب می کنند.

در این مکانیزم ها سود هر فرد تنها به نوع خود او وابسته است و نوع سایر افراد تنها به صورت غیرمستقیم و به شکل رفتار انتخابی آن ها در سود فرد تأثیرگذار است. در چنین شرایطی اگر فرد هیچ اطلاعی از توزیع احتمالی گونه دیگران نداشته باشد سیستم توصیف شده ناآگاهی مطلق نامیده می شود.

برای بررسی این سیستم‌ها از نظریه بازی‌ها استفاده می‌شود. یک سیستم ناآگاهی مطلق برای مجموعه‌ای از n بازیکن به صورت زیر مدل می‌شود:

- هر بازیکن i مجموعه‌ای از حرکات، X_i دارد.
- هر بازیکن i مجموعه‌ای از گونه‌ها، T_i دارد. مقدار $t_i \in T_i$ نشانگر اطلاعات خصوصی فرد می‌باشد.
- هر بازیکن i تابع بازدهی $u_i: T_1 * X_1 * X_2 * \dots * X_n \rightarrow R$ داشته و در صورتی که گونه i بوده و پروفایل حرکات X_1, X_2, \dots, X_n توسط بازیکن‌ها انتخاب شده باشد سود او $u_i(t_i, X_1, \dots, X_n)$ خواهد بود.

از تعریف مشخص است که سود هر بازیکن تنها به اطلاعات خصوصی خودش وابسته است و نه اطلاعات خصوصی دیگران. فرد i حرکت X_i را بر اساس گونه t_i انتخاب می‌کند و t_i مستقیماً سود فرد را تحت تأثیر قرار نمی‌دهد و تنها حرکات انتخابی سایرین را مشخص می‌کند.

تابعی که حرکت بازیکن را بر اساس گونه‌اش مشخص می‌کند استراتژی او نامیده می‌شود $T_i \rightarrow X_i s_i$:

فرض می‌شود همه‌ی بازیکن‌ها استراتژی خود را انتخاب کرده باشند و پروفایل استراتژی $S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$ برقرار باشد. در صورتی که به ازای هر $i \in N$ ، بازیکن i با فرض ثابت بودن استراتژی سایرین، نتواند سود خود را با تغییر استراتژی بالاتر ببرد گفته می‌شود سیستم در توازن نش¹ قرار دارد در واقع در این حالت $s_i(t_i)$ بهترین پاسخ بازیکن i در برابر $s_{-i}(t_{-i})$ است. هر بازی ممکن است صفر، یک و یا چند توازن نش داشته باشد.

استراتژی s_i برای بازیکن i استراتژی غالب² نامیده می‌شود در صورتی که به ازای هر t_i ، X_{-i} و X_i' رابطه زیر برقرار باشد:

$$u_i(t_i, s_i(t_i), X_{-i}) \geq u_i(t_i, X_i', X_{-i})$$

¹ Nash equilibrium

² Dominant strategy

و پروفایل استراتژی $S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$ ، توازن استراتژی غالب نامیده می‌شود در صورتی که رابطه بیان شده به ازای هر $i \in N$ صادق باشد. به عبارت ساده‌تر اگر $s_i(t_i)$ استراتژی غالب باشد برای هر x_{-i} ممکن، فارغ از s_{-i} و t_{-i} ، بهترین پاسخ ممکن برای i است.

در سیستم مطرح شده بازیکنان هیچ ایده‌ای درباره‌ی اطلاعات خصوصی یکدیگر نداشته و استراتژی آن‌ها انتخاب حرکت برای رویارویی با بدترین حالت بوده اما در شرایطی همگی بازیکنان از پیش به صورت عمومی اطلاعاتی درباره توزیع احتمالی گونه‌های یکدیگر داشته باشند سیستم مورد نظر بیزی¹ نامیده می‌شود.

در سیستم بیزی بر روی مجموعه گونه‌های بازیکن i یک توزیع احتمال D_i نیز تعریف شده است به عبارت دیگر برای $t_i \in T_i$ ، $D_i(t_i)$ احتمالی را که بازیکن i گونه t_i داشته باشد مشخص می‌کند. در این سیستم بازیکنان گونه یکدیگر را نمی‌دانند و تنها فرض می‌شود توزیع احتمالی گونه هر بازیکن اطلاعات پیش فرض بازی است.

پروفایل استراتژی‌ها $S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$ در توازن نش-بیزین قرار دارد در صورتی که به ازای هر i ، t_i ، x_i' و $s_{-i}(t_{-i})$ رابطه زیر برقرار باشد :

$$ED_{-i}[u_i(t_i, s_i(t_i), s_{-i}(t_{-i}))] \geq ED_{-i}[u_i(t_i, x_i', s_{-i}(t_{-i}))]$$

که ED_{-i} نشان‌دهنده اعمال توزیع D_{-i} بر روی گونه‌های t_{-i} می‌باشد و به شکل زیر محاسبه می‌شود :

$$ED_{-i}[u_i(t_i, s_i(t_i), s_{-i}(t_{-i}))] = \sum_{t_{-i}} D_{-i}(t_{-i}|t_i) u_i(t_i, s_i(t_i), s_{-i}(t_{-i}), t_{-i})$$

در طراحی مکانیزم برای سیستم‌های مطرح شده فرض می‌شود هر فرد i ، گونه $t_i \in T_i$ را دارد که اطلاعات خصوصی او را مشخص می‌کند. مجموعه انتخاب‌های A وجود دارد که بازیکن i برای هر $a \in A$ ارزش $v_i(t_i, a)$ را اختصاص می‌دهد. هدف ترکیب اولویت‌های همه افراد و تولید خروجی سیستم می‌باشد. این عمل با دریافت حرکات بازیکنان به عنوان ورودی مکانیزم و محاسبه ترکیب اولویت‌ها و پرداخت‌های هر کدام از افراد صورت می‌گیرد. در این مکانیزم تابع خروجی، انتخاب از

¹Bayesian

مجموعه A را بر اساس حرکات بازیکنان انجام می‌دهد و در واقع تابع انتخاب جمعی به صورت (4-2) پیاده‌سازی می‌شود:

$$f(t_1, t_2, \dots, t_n) = o(s_1(t_1), s_2(t_2), \dots, s_n(t_n)), f: T_1 * T_2 * \dots * T_n \rightarrow A, \quad (4-2)$$

$$o: X_1 * X_2 * \dots * X_n \rightarrow A$$

در نهایت سود هر بازیکن بر اساس ارزش‌دهی او به خروجی انتخاب شده از A و پرداخت محاسبه شده توسط مکانیزم، تعیین می‌شود.

مکانیزم‌های آشکارسازی مستقیم و غیرمستقیم متناظر هستند. از این جهت که هر مکانیزم آشکارسازی غیرمستقیم که هر تابع انتخاب جمعی را در توازن استراتژی غالب پیاده‌سازی می‌کند قابل تبدیل به یک مکانیزم آشکارسازی مستقیم مشوق است. این ویژگی به نظریه فاش‌سازی¹ معروف است.

اثبات: فرض می‌کنیم مکانیزم آشکارسازی غیرمستقیم M در توازن استراتژی غالب $s = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$ وجود داشته باشد. تابع انتخاب جمعی به شکل $f(t_1, t_2, \dots, t_n) = o(s_1(t_1), s_2(t_2), \dots, s_n(t_n))$ پیاده‌سازی می‌شود و همچنین تابع پرداخت به شکل $p_i(s_1(t_1), s_2(t_2), \dots, s_n(t_n)) = q_i(t_1, t_2, \dots, t_n)$ تعریف می‌شود. مکانیزم آشکارسازی مستقیم $N=(f, q)$ را در نظر می‌گیریم. N در صورتی مشوق است که:

$$v_i(f(v_i, v_{-i})) - q_i(v_i, v_{-i}) \geq v_i(f(v_i', v_{-i})) - q_i(v_i', v_{-i})$$

به این دلیل که M در توازن استراتژی غالب تعریف شده و s_i برای i استراتژی غالب محسوب می‌شود داریم:

$$v_i(t_i, o(s(t_i), x_{-i})) - p_i(s_i(t_i), x_{-i}) \geq v_i(t_i, o(x_i', x_{-i})) - p_i(x_i', x_{-i})$$

بنابراین N مشوق است.

نظریه فاش‌سازی برای مکانیزم‌های طراحی شده در توازن نش و بیزین-نش نیز برقرار است.

¹ Revelation theorem

بیان ساده‌تر نظریه فاش‌سازی به این صورت است که با فرض داشتن مکانیزم آشکارسازی غیرمستقیم M با توازن استراتژی S می‌توان مکانیزم مستقیم N که بر پایه M پیاده‌سازی شده را به شکل یک واحد مرکزی قابل اعتماد در سیستم در نظر گرفت که افراد گونه‌های خود را به آن گزارش کرده و در درون توازن S را شبیه‌سازی می‌کند [1].

2-3- ارائه مشوق‌ها برای یک شبکه نظیر به نظیر

شبکه‌های نظیر به نظیر کاربردهای گوناگونی از قبیل به اشتراک گذاری فایل‌ها، محاسبات توزیع شده و ... دارند. ویژگی مشترک همه این شبکه‌ها به اشتراک گذاشتن منابع توسط کاربران می‌باشد. بدیهی است که هر چه همکاری نظیرها در شبکه بیشتر باشد کارایی شبکه نیز بالاتر خواهد بود و در صورت عدم همکاری بخش بزرگی از کاربران، عملکرد شبکه دچار اختلال خواهد شد. به دلیل اینکه جامعه در شبکه‌های نظیر به نظیر اغلب بسیار بزرگ است احتمال تعامل چندباره کاربران با یکدیگر پایین است در نتیجه همکاری می‌بایست بین نظیرهای غریبه صورت پذیرد که دستیابی به این هدف بدون ارائه مشوق‌هایی با هدف ایجاد انگیزه برای کاربران شبکه به منظور افزایش میل آن‌ها به همکاری با یکدیگر مشکل خواهد بود.

هدف در سیستم‌های نظیر به نظیر، طراحی مکانیزم‌های مشوق برای سیستمی توزیع شده با مقیاس بزرگ مقاوم در برابر رفتارهای استراتژیک کاربران می‌باشد.

در یک سیستم نظیر به نظیر برای مثال به اشتراک گذاری فایل، یک فرد می‌تواند هر دو نقش مشتری و سرور را داشته باشد. در هنگامی که نظیر در نقش مشتری است با استفاده از منابع دیگران سود برده و در هنگامی که سرور است ممکن است در نتیجه همکاری با دیگران، متحمل ضرر شود به همین دلیل استراتژی غالب در چنین سیستمی freeriding است به صورتی که هر فرد در حالت کاربر از منابع دیگران استفاده کرده و در حالت سرور از به اشتراک گذاشتن منابع خود امتناع می‌کند.

2-3-1- مشوق شهرت¹

ویژگی شهرت کاربرد زیادی در ایجاد انگیزه برای همکاری افراد جامعه با یکدیگر در سیستم‌های مختلف از جمله سیستم‌های نظیر به نظیر دارد. کاربرانی که منابع خود را به اشتراک می‌گذارند به مرور زمان شهرت خوبی کسب کرده و در دریافت خدمات، نسبت به دیگر نظیرها اولویت خواهند داشت و به همین شکل کاربرانی که از همکاری امتناع می‌کنند شهرت بدی کسب کرده و خدمات ضعیفی دریافت می‌کنند.

سیستم‌هایی که از مشوق شهرت استفاده می‌کنند مشکلاتی نیز دارند برای مثال ممکن است تعدادی از افراد جامعه تبانی کرده و شهرت خوبی برای یکدیگر ایجاد کنند و بالعکس. همچنین به دلیل رایگان و یا ارزان بودن عضویت در شبکه‌های نظیر به نظیر ممکن است افراد با شهرت بد برای پاک کردن سابقه خود با هویتی جدید به سیستم وارد شوند² و یا یک فرد با تعداد زیادی حساب کاربری به عضویت شبکه در آید که در این صورت باز هم مشکل تبانی پیش می‌آید [3].

2-3-2- مبادله³

شبکه BitTorrent یک شبکه نظیر به نظیر برای به اشتراک گذاری فایل‌ها است. اختلاف اصلی BitTorrent با شبکه‌های مشابه در طراحی مکانیزم مشوق بر پایه همکاری مستقیم در برابر همکاری غیرمستقیم است.

در این شبکه هر فایل به تعدادی بسته با اندازه یکسان تبدیل شده و این بسته‌ها بین نظیرها مبادله می‌شوند. در این سیستم انتقال بسته‌ها بر اساس همکاری متقابل⁴ مستقیم انجام می‌شود به این معنی که در آن فرد سابقه نظیری را که پیش از این با او تعامل داشته است در حافظه اختصاصی خود ذخیره کرده تا در آینده در تعامل دوباره با این نظیر خاص از این اطلاعات استفاده کند. پیاده‌سازی همکاری متقابل به صورت مستقیم و با حافظه اختصاصی مقیاس‌پذیر نیست چرا

¹ reputation

² White washing

³ barter

⁴ tit for tat

که با توجه به اندازه بزرگ جامعه شبکه، احتمال تعامل چندباره دو کاربر با یکدیگر بسیار پایین است. شبکه BitTorrent این مشکل را به این شکل حل کرده که فردی با درخواست یک فایل در گروهی با اندازه‌ای در حدود چهل نفر که بسته‌های همان فایل را مبادله می‌کنند قرار می‌گیرد و کاربر می‌بایست همسایگانی را از همین گروه برای تبادل بسته‌های فایل درخواستی انتخاب کند. به این ترتیب BitTorrent، با محدود کردن گزینه‌های هر نظیر تعامل چندباره بین کاربران را برقرار می‌کند.

در سیستم BitTorrent هنگامی که فردی یک فایل را درخواست می‌کند ابتدا به یک مسیریاب¹ متصل می‌شود. وظیفه اصلی مسیریاب‌ها در این شبکه کمک به نظیرها برای پیدا کردن یکدیگر است. مسیریاب در پاسخ به نظیر لیستی از نظیرهای موجود را به درخواست‌کننده فایل ارسال می‌کند.

همان‌طور که بیان شد در BitTorrent فایل‌ها به بسته‌هایی با اندازه‌های یکسان (معمولاً یک چهارم مگابایت) تقسیم می‌شوند. این عمل به منظور تسهیل بررسی این که هر نظیر چه قسمت‌هایی از فایل را دارد انجام می‌شود. هر نظیر بسته‌هایی را که در اختیار دارد به سایر نظیرها گزارش می‌کند.

شبکه BitTorrent برای انتقال فایل‌ها از TCP استفاده می‌کند و به همین دلیل لازم است چند درخواست به صورت خط لوله‌ای² ارسال شده تا از تأخیر میان درخواست و دریافت فایل اجتناب شود. با این منظور خود بسته‌ها نیز به زیربسته‌ها (با اندازه 16 کیلوبایت) تقسیم می‌شوند و به هنگام انتقال فایل هرگاه یک زیربسته دریافت می‌شود درخواست یک زیربسته جدید ارسال خواهد شد.

در BitTorrent یک واحد مرکزی برای اختصاص منابع به کاربران وجود ندارد و هر نظیر خود مسئول بالا بردن نرخ دانلود خود می‌باشد که این کار بر اساس تکنیک همکاری متقابل صورت گرفته و هر نظیر تصمیم می‌گیرد که آپلود را برای یک نظیر خاص انجام دهد و یا از آپلود فایل برای او امتناع کند یا در اصطلاح او را مسدود³ کند. الگوریتم مسدود کردن جزئی از پروتکل

¹Tracker

²pipeline

³choking

BitTorrent نیست اما برای بالا بردن کارایی سیستم، استفاده بهینه از منابع موجود و مجازات نظیرهایی که دانلود کرده و از آپلود سرباز می‌زنند، لازم است.

در سیستم BitTorrent هر نظیر به صورت دوره‌ای (هر ده ثانیه) تعداد مشخصی از نظیرهای دیگر را از حالت مسدود خارج می‌کند که این نظیرها را بر اساس نرخ دانلود خود انتخاب می‌کند. انتخاب ساده لوحانه نظیرهایی که بالاترین نرخ دانلود را فراهم می‌کنند برای آپلود، این مشکل را داشته که راهی برای کشف نظیرهایی که ارتباط با آن‌ها ممکن است از ارتباطات کنونی بازدهی بیشتری داشته باشد باقی نمی‌گذارد. برای حل این مشکل هر نظیر در هر سه دوره یک انتخاب خوش‌بینانه برای خارج کردن یک نظیر از حالت مسدود، فارغ از نرخ دانلودی که نظیر مذکور هم‌اکنون فراهم می‌کند انجام می‌دهد¹. این انتخاب خوش‌بینانه در هر سه دوره انتخاب نظیرهای غیرمسدود، انجام می‌شود تا زمان کافی برای رسیدن نرخ آپلود به نظیر مورد نظر به ظرفیت کامل، همکاری متقابل نظیر انتخاب شده و رسیدن نرخ دانلود به بالاترین ظرفیت وجود داشته باشد.

علاوه بر انتخاب نظیرها انتخاب ترتیب بسته‌ها برای دانلود نیز نقش مهمی در افزایش کارایی سیستم دارد. چرا که انتخاب نادرست ترتیب دریافت بسته‌ها برای یک نظیر، ممکن است منجر شود به در اختیار داشتن همه بسته‌هایی که در یک بازه زمانی برای دریافت موجود هستند و یا نداشتن بسته‌های درخواستی نظیرهایی که تمایل به ارتباط با آن‌ها دارد.

اولین اولویت برای انتخاب ترتیب دریافت بسته در BitTorrent این است که در صورت درخواست اولین زیربسته از یک بسته خاص سایر زیربسته‌های آن نیز درخواست شوند و در واقع قبل از درخواست بسته جدید یک بسته باید به طور کامل دریافت شود.

دومین اولویت به منظور انتخاب یک بسته جدید جهت دریافت، انتخاب کمیاب‌ترین بسته در میان نظیرها است. این تکنیک موجب می‌شود که افراد با احتمال بیشتری بسته‌هایی را که نظیرهایشان درخواست می‌کنند در اختیار داشته باشند و دریافت بسته‌های دسترس‌پذیرتر به آینده موکول می‌شود.

بدیهی است تا زمانی که اولین نفر دارنده فایل، فایل را به صورت کامل آپلود نکرده باشد دانلود هیچ نظیری تمام نمی‌شود. حال در صورتی که نفر اول نرخ آپلود پایینی نسبت به نرخ دانلود

¹optimistic unchoking

سایرین داشته باشد در حالتی که نظیرهای مختلف بسته‌های متفاوتی را دریافت کنند نسبت به حالتی که بسته‌های تکراری دریافت کنند کارایی بسیار بالاتر خواهد بود. انتخاب کمیاب‌ترین بسته این مشکل را نیز حل می‌کند چرا که هر نظیر بسته‌هایی را که نفر اول تا کنون آپلود کرده (و یک نظیر دیگر آن را در اختیار دارد) نادیده می‌گیرد و بسته‌های جدید را دریافت می‌کند. همچنین از آنجا که ممکن است افرادی که فایل را به طور کامل دریافت کرده‌اند شبکه را ترک کنند تکنیک انتخاب کمیاب‌ترین بسته احتمال عدم موجودیت یک بسته خاص را کاهش می‌دهد.

تنها استثنا در انتخاب کمیاب‌ترین بسته زمانی است که یک نظیر اولین بسته را دریافت می‌کند چرا که کمیاب‌ترین بسته را تعداد نظیر کمتری در اختیار دارند و سرعت دریافت آن پایین‌تر خواهد بود در نتیجه بهتر است هر نظیر اولین بسته‌ها را به گونه‌ای تصادفی انتخاب کند تا سرعت دالود آن‌ها بالاتر بوده و سریع‌تر برای آپلود این بسته‌ها به سایر نظیرها آماده شود [7].

2-3-3- بررسی شبکه نظیر به نظیر بر اساس تمایل کاربران به همکاری و

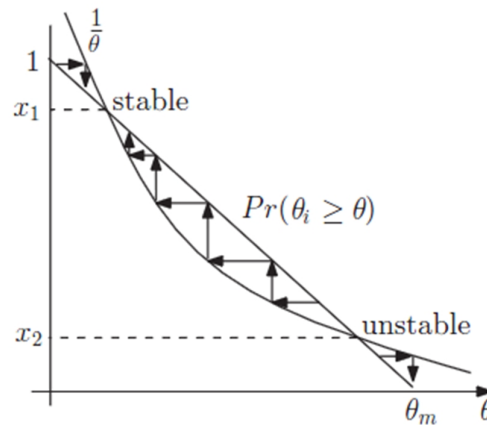
مشوق شهرت

مجموعه‌ای از کاربران با عملکرد منطقی و سطوح مختلف توانایی برای به اشتراک گذاشتن منابع را در یک شبکه نظیر به نظیر در نظر می‌گیریم. هر کاربر i گونه θ_i را داشته که مشخص کننده اطلاعات خصوصی او است. اطلاعات خصوصی در این شبکه می‌تواند در دسترس داشتن و یا نداشتن منبع، حجم کاری که یک نظیر متحمل شده، هزینه به اشتراک گذاری برای فرد و یا اشتیاق او برای همکاری باشد. در این مدل فرض می‌شود θ_i حداکثر هزینه‌ای است که i در به اشتراک گذاشتن منابعش متحمل شود. هر کاربر بر اساس رابطه بین هزینه همکاری و گونه‌اش تصمیم می‌گیرد که منابعش را به اشتراک بگذارد و یا خیر.

به دلیل اینکه بار سیستم را کاربرانی که منابعشان را به اشتراک می‌گذارند به دوش می‌کشند می‌توان هزینه همکاری را به صورت معکوس نسبت این کاربران به اندازه جامعه در نظر گرفت به عبارت دیگر اگر کسر x از جامعه همکاری کنند هزینه همکاری $1/x$ خواهد شد. تابع تصمیم‌گیری کاربران به شکل زیر است [3]:

$$\begin{cases} \text{همکاری} & , \theta_i \geq \frac{1}{x} \\ \text{عدم همکاری} & , \theta_i < \frac{1}{x} \end{cases}$$

فرض می‌شود گونه θ_i به شکلی یکنواخت بین صفر و مقدار ماکزیمم θ_m توزیع شده است $(\theta_i \sim (0, \theta_m))$. در شکل (1-2) منحنی $1/\theta$ نشان‌دهنده هزینه همکاری است. در این سیستم در سه نقطه توازن برقرار است. دو توازن نقاط برخورد منحنی هزینه همکاری و خط توزیع گونه هستند و توازن سوم نقطه $x=0$ است.



شکل (1-2) تقابل نمودارهای هزینه همکاری و توزیع گونه‌های کاربران [3]

در هر مرحله هر کدام از افراد جامعه بر اساس هزینه همکاری و گونه خود تصمیم به همکاری و یا عدم همکاری می‌گیرد و به این ترتیب حالت بعدی سیستم رقم می‌خورد. برای تحلیل سیستم فرض می‌شود در ابتدای کار کسر x از جامعه منابعشان را به اشتراک گذاشته‌اند. نقاطی که منحنی هزینه بالاتر از توزیع قرار گرفته است بیانگر این است که هزینه همکاری نسبت به کسری از جامعه که حاضر به همکاری است زیاد است. این امر برای $x > x_1$ و $x < x_2$ صادق است. در این حالت نسبت x کاهش پیدا می‌کند. اگر x در حالت اولیه بزرگ‌تر از x_1 باشد در مرحله بعد به سوی x_1 حرکت می‌کند اما در صورتی که x اولیه کمتر از x_2 باشد در مرحله بعد به سوی صفر حرکت می‌کند.

اگر منحنی هزینه همکاری پایین‌تر از منحنی توزیع گونه باشد به این معنی است که کسر

بزرگ‌تری از جامعه علاقه‌مند به همکاری است بنابراین x افزایش پیدا می‌کند. اگر x اولیه بین x_1 و x_2 باشد مقدار x به سوی x_1 حرکت می‌کند. بنابراین نقاط x_0 و x_1 نقاط توازن پایدار سیستم هستند.

سودی که هر فرد از سیستم کسب می‌کند با میزان مجموع همکاری در سیستم رابطه مستقیم دارد بنابراین تابعی به صورت αx خواهد بود ($\alpha > 1$).

کارایی مجموع سیستم Ws با کسر هزینه تحمیل شده به کاربران از میزان سود حاصل برای آن‌ها بدست می‌آید بنابراین:

$$Ws = \alpha x - \left(\frac{1}{x}\right)x = \alpha x - 1 \quad (5-2)$$

با اضافه کردن مشوق شهرت به مکانیزم فرض می‌شود سیستم با احتمال p افرادی را که از همکاری امتناع می‌کنند را تشخیص می‌دهد و آن‌ها را از سیستم اخراج می‌کند. تعبیر دیگر این روش این است که سیستم به طور کامل این افراد را شناسایی کرده و خدمت رسانی به این افراد با نسبت $1-p$ کاربرانی که منابع خود را به اشتراک می‌گذارند انجام می‌شود. در این روش تهدیدی که متوجه کاربرانی است که همکاری نمی‌کنند موجب کاهش نسبت آن‌ها می‌شود همچنین کاهش سرویس‌دهی به آن‌ها موجب شده بار سیستم $x + (1-p)(1-x)$ شده بنابراین هزینه همکاری $\frac{x + (1-p)(1-x)}{x}$ خواهد شد.

در این شرایط اگر سود فردی، هزینه همکاری و تهدید به ترتیب با Q ، R و T نشان داده شوند بازدهی برای شخصی که منابع خود را به اشتراک می‌گذارد برابر است با:

$$Q - R = \alpha x - \frac{x + 1(1-p)(1-x)}{x} \quad (6-2)$$

و کارایی شخصی که با سیستم همکاری نمی‌کند برابر است با:

$$Q - T = \alpha x - p\alpha x \quad (7-2)$$

بنابراین با اضافه کردن مشوق شهرت و سرویس‌دهی متفاوت کارایی سیستم برابر خواهد بود با:

$$Ws(p) = x(Q - R) + (1 - x)(Q - T) = (\alpha x - 1)(x + (1 - x)(1 - p)) \quad (8-2)$$

2-3-4- مدل سازی شبکه نظیر به نظیر بر اساس بازی معمای زندانی¹

تعامل افراد در یک شبکه نظیر به نظیر شباهت زیادی با بازی کلاسیک معمای زندانی دارد. بازی معمای زندانی به این صورت تعریف می شود که دو نفر به اتهام جرمی به صورت جداگانه مورد بازجویی قرار می گیرند. اگر هر دو به جرم اعتراف کرده (همکاری کنند) به A سال حبس محکوم می شوند. اگر هر دو انکار کنند (عدم همکاری) به B سال حبس محکوم می شوند و اگر یکی از آن ها اعتراف و دیگری انکار کند شخصی که انکار کرده به C سال حبس و شخصی که اعتراف کرده به D سال حبس محکوم می شود و رابطه زیر برقرار است:

$$D > B > A > C$$

جدول سود بازیکنان در بازی فرم نرمال استراتژیک بازی معمای زندانی به صورت جدول (1-2) است:

جدول (1-2)

	اعتراف (همکاری)	انکار (عدم همکاری)
اعتراف	A,A	D,C
انکار	C,D	B,B

استراتژی غالب برای هر دو نفر در بازی انکار می باشد چرا که هم در صورت انکار و هم در صورت اعتراف شخص مقابل، انکار کردن موجب دستیابی به سود بالاتری می شود. در صورتی که بازی به دفعات تکرار شود از آنجا که استراتژی غالب برای هر دو زندانی انکار (عدم همکاری) است هر دو این استراتژی را اتخاذ می کنند که موجب می شود در هر مرحله از انجام بازی هر دو زندانی به B سال حبس محکوم شوند در صورتی که اگر این دو زندانی در هر مرحله از انجام بازی به جرم اعتراف کنند هر دو به A سال حبس محکوم می شوند که در این صورت سود بالاتری نسبت به حالت قبل بدست می آورند.

¹ prisoner's dilemma

مشخصات بازی معمای زندانی مشابه سیستم نظیر به نظیر است چرا که در سیستم نظیر به نظیر در صورت عدم همکاری نظیرها ممکن است سود بالاتری را در کوتاه مدت نصیب آن‌ها کند اما این عدم همکاری موجب پایین آمدن کارایی شبکه و در نتیجه سود کاربران خواهد شد.

در بازی معمای زندانی کلاسیک مشخصات و توابع بازدهی سیستم متقارن در نظر گرفته شده است اما برای مدل کردن سیستم نظیر به نظیر به مدلی تا حدی متفاوت نیاز است زیرا در هر مرحله از تعامل دو فرد در شبکه نظیر به نظیر یک نفر نقش سرور و دیگری در نقش مشتری را بر عهده داد که در این دو حالت تعریف از سود و هزینه متفاوت خواهد بود به این دلیل برای مدل کردن یک مرحله از تعامل در شبکه نظیر به نظیر از نسخه‌ای نامتقارن و عمومی‌تر از بازی معمای زندانی استفاده کرده که به صورت جدول (2-2) تعریف می‌شود [6]:

جدول (2-2) بررسی نسبت مقادیر بازدهی در بازی معمای زندانی استفاده شده در مدل سازی شبکه نظیر به نظیر [6]

	همکاری (سرور)	انکار (سرور)
همکاری (مشتری)	R_c, R_s	S_c, T_s
عدم همکاری (مشتری)	T_c, S_c	P_c, P_s

روابط زیر بین بازدهی‌های بازی برقرار است:

- همکاری دوسویه مجموع بازدهی بالاتری نسبت به عدم همکاری دوسویه دارد

$$R_s + R_c > P_s + P_c$$

- مجموع بازدهی برای همکاری دوسویه بالاتر از مجموع بازدهی برای همکاری در یک سو و عدم همکاری در سوی دیگر است:

$$R_s + R_c > S_c + T_c \quad \text{یا} \quad R_s + R_c > S_c + T_s$$

- عدم همکاری استراتژی غالب حداقل برای یک نفر است:

$$T_c + P_c > R_c + S_c \quad \text{یا} \quad T_s + P_s > R_s + S_s$$

برای شبیه‌سازی یک شبکه نظیر به نظیر از بازدهی مطابق جدول (2-3) استفاده شده است [6]:

جدول (2-3) مقادیر بازدهی در نظر گرفته شده در شبیه سازی [6]

	همکاری (سرور)	انکار (سرور)
همکاری (مشتري)	7,-1	0,0
عدم همکاری (مشتري)	0,0	0,0

همان طور که مشاهده می شود بازدهی سرور و مشتری در صورت عدم همکاری هر یک از طرفین برابر با صفر در نظر گرفته شده است.

در این شبیه سازی برای هر بازیکن سه نوع استراتژی در نظر گرفته شده است. 100٪ همکاری، 100٪ عدم همکاری و عملکرد متقابل. استراتژی عملکرد متقابل به گونه ای است که عامل اتخاذکننده این استراتژی در صورت بر عهده داشتن نقش سرور بر مبنای تابع احتمال زیر با مشتری همکاری می کند:

$$I, \text{ مشارکتی که مشتری دریافت کرده / مشارکتی که مشتری انجام داده} = \min(P(\text{همکاری با مشتری}))$$

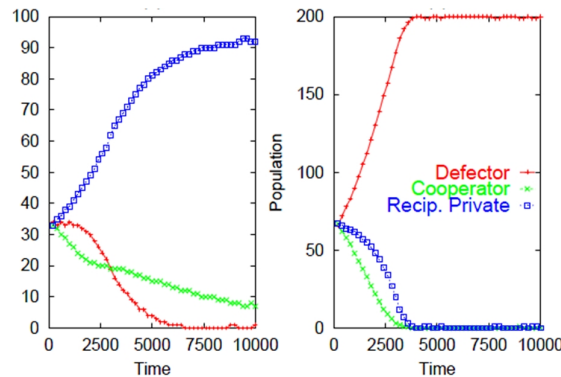
به منظور دستیابی سرور به میزان مشارکت مشتری می توان از دو روش حافظه اختصاصی و حافظه مشترک استفاده کرد. حافظه اختصاصی حافظه سرویس دهنده از مشتری است و حافظه مشترک حافظه همه افراد جامعه از مشتری است.

پیاده سازی تکنیک حافظه اختصاصی در یک سیستم توزیع شده آسان تر است اما این حافظه نسبت به حافظه مشترک مقیاس پذیری کمتری دارد چرا که با زیاد شدن تعداد افراد جامعه احتمال تعامل دوباره دو نظیر پایین آمده و شانس تقلب برای مشتری بیشتر می شود. در مقابل در تکنیک حافظه مشترک احتمال تبانی متقلبان با یکدیگر پیش می آید.

شکل (2-2) نتیجه اجرای شبیه سازی برای کاربران با تعداد 100 و 200 نفر را نشان می دهد. در ابتدا افراد جامعه سه استراتژی 100٪ همکاری، 100٪ عدم همکاری و عملکرد متقابل را با نسبت مساوی اتخاذ کرده اند. تکنیک استفاده شده در این شبیه سازی حافظه مستقیم است.

همان طور که در شکل (2-2) مشاهده می شود بعد از تکرار 10000 نوبت از بازی استراتژی اتخاذ شده توسط اکثریت جامعه همکاری متقابل بوده اما با افزایش تعداد کاربران به 200 نفر استراتژی عدم همکاری توسط افراد جامعه انتخاب می شود. در صورتی که در پیاده سازی تابع انتخاب استراتژی همکاری متقابل از حافظه مشترک استفاده شود به دلیل مقیاس پذیری بالای

تکنیک حافظه مشترک مشکل بیان شده برطرف شده و در جوامع با تعداد بالای افراد نیز استراتژی انتخابی غالب همکاری متقابل خواهد بود [6].



شکل (2-2) بدست آمده در شبیه سازی عملکرد کاربران در شبکه نظیر به نظیر [6]

در استراتژی همکاری متقابل در صورتی که سرور در برخورد با مشتری بیگانه (نظیری که هیچ سابقه ای از او در دسترس نیست) دوستانه عمل کند این رفتار موجب جذب تازه واردها به سیستم می شود اما به دلیل اینکه عضویت در شبکه های نظیر به نظیر اغلب به صورت رایگان انجام می گیرد استراتژی برخورد دوستانه با افراد بیگانه این انگیزه را در متقلبین به وجود می آورد که با خروج از سیستم و ایجاد حساب کاربری جدید اقدام به پاک کردن سابقه بد خود نمایند.

2-4- طراحی مکانیزم توزیع شده

مسائل طراحی مکانیزم در اغلب موارد با فرض موجود بودن یک واحد مرکزی قابل اطمینان به منظور پیاده سازی مکانیزم تحلیل می شوند اما در برخی موارد مانند شبکه های نظیر به نظیر که ماهیتی توزیع شده دارند استفاده از چنین واحدی ناممکن است.

پیش از این در علوم کامپیوتری هنگام طراحی سیستم ها کاربران در دو دسته مطیع، که سیاست های طراح سیستم را اجرا کرده و غیر قابل پیش بینی، که به صورت اتفاقی عمل می کنند تقسیم می شدند اما در سیستمی همچون شبکه های نظیر به نظیر بهتر است که کاربران را موجودیتهایی مستقل و خودخواه در نظر گرفت که تنها سعی در ماکزیمم کردن در آمد خود

دارند. این کاربران از نظر رفتاری مابین دو گروه قبلی قرار می‌گیرند چرا که علاقه ای به پیروی از قوانین طراح مرکزی نداشته و با این وجود رفتارهای آن‌ها قابل پیش‌بینی و مبتنی بر مشوق‌ها می‌باشند.

طراحی مکانیزم نشان داده است که با طراحی مناسب سازوکارها و فراهم آوردن صحیح مشوق‌ها می‌توان رفتار خودخواهانه کاربران را به سوی ماکزیمم کردن بازدهی کل سیستم جهت دهی نمود.

در برخی سیستم‌ها به جای این که واحد مرکزی به طور کامل با مجموعه‌ای از مشوق‌های توزیع‌شده جایگزین شود، فرض می‌شود که یک واحد مرکزی وجود دارد که محاسبات مربوط به مکانیزم را انجام می‌دهد برای مثال در یک سیستم مزایده، هرکدام از افراد شرکت‌کننده هدف‌ها و مشوق‌های خاص خود را دارند اما محاسبات مورد نیاز به منظور تعیین فرد پیروز و همچنین پرداخت‌هایی که می‌بایست انجام شود، توسط واحد مرکزی انجام می‌شود. این ترکیب مشوق‌های توزیع‌شده و محاسبات انجام‌شده در واحد مرکزی، در بسیاری از سیستم‌های کامپیوتری قابل اجراست. اما این رویکرد نیازمند به انتقال همه‌ی اطلاعات مورد نیاز به واحد مرکزی است. برای این منظور برقراری دو شرط ضروری است:

1. امکان برقراری چنین واحد مرکزی وجود داشته باشد.

2. ارتباط مورد نیاز برای انتقال اطلاعات به واحد مرکزی و دریافت نتایج و همچنین بار محاسباتی بر روی واحد مرکزی قابل کنترل باشد.

و هر کدام از این دو شرط برقرار نباشد، رویکردی با میزان توزیع‌پذیری بیشتر مورد نیاز است.

به منظور اعمال روش بیان‌شده بر روی سیستمی همچون مسیریابی در شبکه اینترنت می‌بایست گراف مربوط به اتصالات AS‌های مختلف به صورت کامل به یک واحد مرکزی منتقل شده و با هر به‌روزرسانی تغییر یابد که این روش بار سنگینی هم از نظر هزینه انتقال اطلاعات و هم از نظر محاسباتی بر واحد مرکزی تحمیل می‌کند. به دلیل لزوم مقیاس‌پذیری و قابل اتکا بودن چنین سیستمی طراحی مکانیزم به روش بیان شده تا حدی غیرممکن می‌باشد. بنابراین علاوه بر مشوق‌های توزیع‌شده محاسبات مربوط به مکانیزم نیز می‌بایست به صورت توزیع‌شده انجام شود.

طراحی الگوریتمی مکانیزم توزیع شده همانند طراحی الگوریتم مکانیزم دو جنبه مشوق بودن مکانیزم و پیچیدگی محاسباتی را مورد بررسی قرار می دهد اما از دو نظر متفاوت می باشد. تعریف پیچیدگی محاسباتی در DAMD کاملاً با این تعریف در AMD متفاوت است. در هر تخمین از پیچیدگی محاسباتی الگوریتم اجرا شده در یک سیستم، می بایست حداقل 5 کمیت در نظر گرفته شود :

1. تعداد کل پیغام های رد و بدل شده در سیستم 2. بیشترین تعداد پیغام عبور کننده از یک لینک
3. بزرگ ترین اندازه یک پیغام 4. بار محاسباتی بر روی هر گره 5. فضای ذخیره سازی مورد نیاز در هر گره

در صورتی که هر کدام از این مقادیر بیشتر از منابع موجود در سیستم باشد، مکانیزم غیر قابل قبول محسوب می شود. پیچیدگی محاسباتی با در نظر گرفتن این ویژگی ها، پیچیدگی شبکه نیز نامیده می شود.

در شرایطی که محاسبات مکانیزم به صورت توزیع شده و توسط کاربران انجام شود، تفاوت دیگر میان DAMD و AMD نمایان می شود. در AMD اعضا تنها می توانند با ایجاد تغییر در انتخاب رفتارهای مشخص شده برای آن ها توسط مکانیزم، سیستم را فریب بدهند. چرا که همه ی محاسبات توسط واحد مرکزی و بر اساس استراتژی ها و رفتارهای انتخاب شده اعضا انجام می گیرد. اما در صورتی که محاسبه مکانیزم به شکلی توزیع شده در بین اعضا انجام شود آن ها شانس بیشتری برای فریب دادن مکانیزم خواهند داشت. برای مثال می توانند نتیجه ی محاسبات انجام شده توسط خود را به صورتی غیرواقعی به همسایگان گزارش کنند و یا حتی برای جلوگیری از شرکت همسایگان در بازی، هیچ تعاملی با آن ها نداشته باشند. به این منظور می بایست مشوق های مکانیزم به گونه ای طراحی شوند تا اعضا، اجرای صحیح مکانیزم را بهترین رفتار برای خود بدانند [10].

|

روش مدل سازی

3-1- مقدمه

کارایی سیستم‌های نظیر به نظیر تا حد زیادی وابسته به همکاری مابین کاربران می‌باشد اما در این گونه سیستم‌ها کاربران برای رسیدن به سود بالاتر اغلب به استفاده صرف از منابع سایرین و عدم به اشتراک گذاری منابع خود روی می‌آورند. در این فصل به ارائه مدلی از یک سیستم نظیر به نظیر به همراه مشوق‌هایی برای بالا بردن تمایل کاربران به همکاری و در نتیجه بازدهی کل سیستم خواهیم پرداخت.

3-2- ویژگی‌های روش مدل سازی

مدل سازی این سیستم با فرض مرحله به مرحله انجام شدن فعل و انفعالات صورت گرفته در آن، انجام شده و روند پیشرفت هر دوره از سیستم در میان دو کاربر، همانند یک بازی معمای زندانی در نظر گرفته شده است. از سوی دیگر سیستم امتیازدهی به هر کاربر در هر دوره، به منظور تصمیم‌گیری سایر کاربران برای همکاری و یا عدم همکاری با او در دوره‌های بعدی استفاده شده است که در ادامه به شرح بیشتر این ویژگی‌ها می‌پردازیم.

3-2-1- مدل سازی سیستم به صورت مرحله به مرحله

در این مدل فرض می‌شود مجموعه فعل و انفعالات سیستم به صورت مرحله به مرحله و دوره‌ای انجام می‌شود و در هر مرحله مجموعه رفتارها و تصمیم‌های هر یک از کاربران وضعیت سیستم را برای دوره‌های بعدی تعیین می‌کند؛ به این شکل هر دوره همانند یک بازی فرم نرمال¹ بوده و در نهایت سیستم به صورت یک بازی تکرارشونده² مدل خواهد شد. مزیت اصلی مدل سازی سیستم به شکل بیان شده این است که به سادگی امکان تهدید کاربران خاطی به مجازات در دوره‌های آینده، فراهم خواهد شد.

¹Normal form game

²Repeated game

در بازی فرم نرمال معمای زندانی همان گونه که پیش از این بیان شد در صورتی که بازی تنها در یک مرحله انجام شود استراتژی غالب برای هر دو بازیکن انکار میباشد. حال این بازی را در شرایطی که به دفعات بین دو بازیکن تکرار شود بررسی می کنیم.

می دانیم در شرایطی که یک بازیکن همکاری کرده و انتخاب بازیکن مقابل استراتژی عدم همکاری باشد بازیکن اول پایین ترین و بازیکن دوم بالاترین سود ممکن را بدست می آورند و در صورتی که هر دو همکاری کرده سود آن ها برابر و بیشتر از حالتی است که هیچ یک همکاری نکنند.

حال در صورتی که فرض بر این باشد که دفعات تکرار بازی برای هر دو بازیکن از قبل مشخص باشد به بررسی روند پیشرفت بازی می پردازیم. هنگامی که دوره آخر بازی در حال انجام شدن باشد به دلیل اینکه بازی پس از این دوره ادامه نخواهد داشت می توان همانند یک بازی تک-مرحله ای در مورد آن استدلال نمود. بنابراین در این مرحله استراتژی غالب برای هر دو بازیکن عدم همکاری می باشد و هر دو در مرحله آخر انکار می کنند. با توجه به نحوه پیشرفت مرحله آخر یک دوره قبل از آن را بررسی می کنیم. عملکرد بازیکنان در این دوره هیچ گونه تأثیری در نحوه عملکرد یکدیگر در دوره بعد نخواهد داشت بنابراین در این دوره نیز با یک بازی تک مرحله ای روبرو می شویم و استراتژی هر دو بازیکن عدم همکاری خواهد بود. به همین ترتیب می توان با عقب گرد به نقطه شروع در مورد همه ی دوره های بازی استدلال نمود در نتیجه استراتژی غالب برای هر دو بازیکن عدم همکاری در همه ی دوره ها است.

حال فرض می کنیم تعداد دوره های بازی از قبل مشخص نباشد در این صورت برای حضور هر بازیکن در دوره بعدی احتمالی در نظر می گیریم. بازی با مقادیر بازدهی به صورت جدول (1-3) را در نظر می گیریم.

جدول (1-3) مقادیر بازدهی در نظر گرفته شده در بررسی روند پیشرفت بازی معمای زندانی تکرار شده

	انکار (عدم همکاری)	اعتراف (همکاری)
اعتراف	0,5	3,3
انکار	1,1	5,0

فرض می کنیم در هر دوره احتمال اینکه بازی توسط یک بازیکن ادامه پیدا کند p بوده و در نتیجه احتمال اینکه دوره جاری آخرین دوره بازی باشد $1-p$ است. یک توازن موجود در بازی همانند

حالت قبل عدم همکاری هر دو بازیکن فارغ از بازی انجام شده تا به این لحظه و در نتیجه عدم همکاری در همه‌ی دوره‌ها است.

توازن دیگری که می‌توان در این حالت متصور شد این است که هر دو بازیکن به همکاری ادامه دهند تا زمانی که یکی از آن‌ها سیاست عدم همکاری را اتخاذ کند که در این صورت از آن لحظه به بعد بازیکن مقابل تا آخرین مرحله از همکاری امتناع خواهد کرد. برای بررسی اینکه آیا روند بیان شده یک توازن برای بازی می‌باشد و یا خیر می‌بایست سود نهایی بازیکنان محاسبه شود. بعد از اولین انکار توسط هر یک از بازیکنان سیاست انکار توسط دیگری اتخاذ می‌شود که این روند همانند حالت قبل یک توازن است. بررسی می‌کنیم که آیا همکاری تا زمانی که بازیکن مقابل انکار نکرده است بهترین پاسخ است و یا خیر. در بازی به شکل بیان شده سود نهایی بازیکن در صورت ادامه همکاری برابر است با:

$$3 + 3p + 3p^2 + \dots$$

که برای هر دو بازیکن برابر است. حال با فرض اینکه بازیکن از همکاری امتناع کند سود او برابر خواهد بود با:

$$5 + p + p^2 + \dots$$

در نتیجه سود حاصل در صورت انکار نسبت به ادامه همکاری برای یک بازیکن برابر است با:

$$2 - 2p - 2p^2 - 2p^3 - \dots$$

اگر رابطه زیر برقرار باشد:

$$2 > \frac{2p}{1-p}$$

آنگاه انکار بهترین پاسخ برای و در غیر این صورت ادامه همکاری بهترین پاسخ خواهد بود. بنابراین با توجه به توابع بازدهی انتخاب شده، اگر $p > 1/2$ بازیکن تصمیم به ادامه همکاری گرفته و اگر $p < 1/2$ استراتژی انکار را انتخاب می‌کند [4].

مزیت دیگر مدل‌سازی سیستم به شکل یک بازی تکرارشونده ایجاد شهرت و سابقه برای کاربران سیستم می‌باشد چرا که اعمال همکاری میان کاربران غریبه به سادگی امکان‌پذیر نبوده و تکرار بازی در بین آن‌ها سیستم موجب شناختشان از یکدیگر خواهد شد.

3-2-2- حافظه مشترک و حافظه اختصاصی

مشکل موجود در استفاده از ویژگی شهرت و سابقه برای کاربران به منظور تصمیم‌گیری برای تعاملات بعدی با آن‌ها در این است که به طور معمول تعداد کاربران شبکه‌های نظیر به نظیر بسیار زیاد است و هر چه تعداد کاربران بیشتر باشد احتمال تعامل چندباره دو کاربر پایین‌تر می‌آید. یک راه‌حل برای این مسئله استفاده از حافظه مشترک است؛ به این صورت برای کسب اطلاع از سابقه یک کاربر علاوه بر اطلاعات فردی می‌توان از اطلاعات و شناخت سایر اعضای شبکه کمک گرفت. مزیت این روش مقیاس‌پذیری بالای آن است چرا که به دلیل استفاده از حافظه جمعی و عدم نیاز به شناخت فردی از سابقه‌ی یک کاربر، بیشتر شدن تعداد کاربران شبکه در داشتن شناخت از سابقه او تأثیر چندانی نخواهد داشت اما این روش مشکلاتی نیز دارد برای مثال در صورت استفاده از روش حافظه مشترک حجم پیغام‌های مبادله شده میان کاربران بسیار زیاد می‌شود که موجب کاهش کارایی شبکه می‌شود. مسئله دیگر اعتماد میان کاربران شبکه است چرا که امکان تبانی تعدادی از کاربران برای گزارش غیرواقعی از سابقه یک فرد خاص پیش می‌آید.

در این مدل از حافظه اختصاصی استفاده می‌شود. به دلیل عدم مقیاس‌پذیری این روش به منظور محدود کردن اندازه جامعه، هر کاربر در دسته‌ای با تعداد محدودی از افراد که خواستار سرویسی مشابه از شبکه هستند قرار می‌گیرد و تنها با این کاربران امکان تعامل خواهد داشت برای مثال در یک شبکه اشتراک فایل افرادی که در یک دسته قرار می‌گیرند خواهان دریافت فایلی یکسان هستند. اطلاعات مورد نیاز برای برقراری ارتباط بین کاربران یک دسته در یک واحد مرکزی مربوط به همان دسته قرار می‌گیرد که این واحدهای مرکزی نقش زیرساخت شبکه را خواهند داشت و کاربران در هنگام ورود به شبکه می‌بایست به این واحدها متصل شوند.

3-2-3- نوع کاربران در سیستم و نحوه امتیازدهی به آن‌ها

مدل را برای افرادی که در یک دسته قرار دارند تعریف می‌کنیم. فرض می‌کنیم نوع هر بازیکن با ارزشی که سرویس ارائه شده در شبکه برای او داشته و هزینه‌ای که برای به اشتراک گذاشتن منابعش متحمل خواهد شد مشخص می‌شود به عبارت دیگر نوع بازیکن i با زوج (v_i, c_i) نشان داده می‌شود که c_i هزینه وارد شده بر بازیکن i در یک دوره در صورتی است که منابعش را به طور

کامل در اختیار درخواست کنندگان قرار دهد و V_i برابر با ارزشی است که برای دریافت همین میزان از منابع قائل است.

به منظور سادگی بیشتر در این مدل فرض می شود که توانایی به اشتراک گذاشتن و استفاده از منابع برای همه کاربران یکسان است برای مثال در یک شبکه اشتراک فایل پهنای باند آپلود و دانلود همه کاربران برابر است.

همان طور که بیان شد در این سیستم برای ممکن ساختن همکاری در بین کاربران از ویژگی های تکرار و شهرت استفاده می شود و هر کاربر از حافظه اختصاصی خود از سابقه های دیگران، برای تعاملات بعدی استفاده می کند. امتیاز افرادی که کاربر i تاکنون با آن ها تعامل داشته است نسبت همکاری سرویس دهی آن ها به کاربر i به سرویسی که تاکنون از او گرفته اند می باشد. نحوه محاسبه این امتیاز به این شکل است که اگر امتیاز کاربر j برای بازیکن i تا به این دوره $\frac{D_j}{U_j}$ باشد و پس از انجام دوره ای دیگر از بازی که در آن سرویسی که به کاربر i داده است برابر با d_j و سرویسی که از او گرفته است برابر با u_j باشد امتیاز او به شکل (3-1) محاسبه می شود.

$$(3-1) \quad \frac{D_{j+1}}{U_{j+1}} = x \frac{d_j}{u_j} + (1-x) \frac{D_j}{U_j}$$

که ضریب x در معادله بالا تعیین کننده میزان تأثیر عملکرد کاربر j در دوره اخیر می باشد به این ترتیب هرچه مقدار x بیشتر باشد اثرگذاری دوره های اخیر نسبت به دوره های پیش تر در امتیازدهی بیشتر می شود.

در این مدل امتیازدهی به کاربران، به منظور اولویت گذاری در هنگام سرویس دهی به آن ها، صورت می گیرد به عبارت دیگر اگر کاربری خاص تصمیم به ارائه سرویس به تعدادی از کاربران در یک دوره داشته باشد این سرویس به نسبت امتیازهای این کاربران، بین آن ها تقسیم می شود.

سیاست تهدید به عدم همکاری که پیش از این در ارتباط با بازی های تکرارشونده بیان شد در این مدل به شکل عدم سرویس دهی به کاربران خاطی برای تعداد دوره های مشخصی انجام می شود برای مثال در صورتی که کاربر i درخواستی به کاربر j بدهد اما کاربر j از سرویس دهی به او خودداری کند کاربر i می تواند برای تعداد دوره معینی کاربر j را بلوکه کند.

3-2-4- نحوه عملکرد کاربران در سیستم

حال به منظور پیش‌بینی نحوه‌ی پیشرفت سیستم، بررسی می‌کنیم که در مدل شرح داده شده بهترین استراتژی برای کاربران چه خواهد بود. ابتدا بررسی خواهیم کرد که در این سیستم هر کاربر با به اشتراک گذاشتن چه سهمی از منابع خود به بالاترین سود ممکن دست خواهد یافت. می‌دانیم که نوع هر کاربر با هزینه‌ای که برای به اشتراک گذاشتن منابعش متحمل شده (c_i) و ارزشی که برای سرویس ارائه شده در سیستم قائل است (v_i) مشخص می‌شود. فرض می‌کنیم کاربر i با زوج (v_i, c_i) تعریف می‌شود و n درخواست سرویس، در یک دوره دریافت کرده است. رابطه‌ی زیر بیانگر میزان سودی است که i از سرویس‌دهی به سایر کاربران بدست می‌آورد.

$$\alpha_j = \frac{d_j}{u_j}, \quad S_i = \sum_{j=1}^n \alpha_j \quad (2-3)$$

$$(3-3) \quad U_i = \sum_{j=1}^n \alpha_j \left[\frac{\alpha_j x}{S_i} \right] v_i - x c_i, \quad 0 \leq x \leq 1$$

در (3-3) x نشان‌دهنده کسری از منابع است که به اشتراک گذاشته شده است و α_j نشان دهنده امتیاز کاربر j برای کاربر i است. کاربر i بر اساس امتیازی که برای هر یک از درخواست‌کنندگان سرویس داشته تخمینی از میزان مشارکت احتمالی آن‌ها در آینده به شکل حاصل ضرب این امتیاز (α_j) در سرویسی که به هر کدام می‌دهد ($\frac{\alpha_j x}{S_i}$) دارد. در صورتی که هزینه اشتراک منابع را از این سود کم کرده بازدهی این مشارکت برای کاربر i بدست می‌آید. تابع بازدهی را به صورت (4-3) بازنویسی می‌کنیم.

$$(4-3)$$

$$U_i = x * \left[\sum_{j=1}^n \frac{\alpha_j^2}{S_i} v_i - c_i \right]$$

در صورتی که ضریب x در رابطه بالا بزرگ‌تر از 0 باشد تابع بازدهی صعودی بوده و با x نسبت مستقیم دارد. فرض اول در طراحی مکانیزم عملکرد منطقی افراد است و شرط لازم برای عضویت یک فرد منطقی در شبکه بالاتر بودن نسبت سود نسبت به هزینه می‌باشد بنابراین ($v_i \geq c_i$).

نتیجه: در صورتی که $\sum_{j=1}^n \frac{\alpha_j^2}{s_i} \geq \frac{c_i}{v_i}$ آنگاه بر اساس نسبت مستقیم تابع بازدهی با x ، عملکرد منطقی برای کاربر i به اشتراک گذاشتن تمامی منابعش می باشد ($x=1$) در غیر این صورت کاربر i می بایست از سرویس دهی خودداری کند ($x=0$).

حال بررسی می کنیم که کاربر i برای کسب سود بیشتر می بایست به کدام یک از درخواست ها پاسخ بدهد و فرض می کنیم شرطی که پیش از این بیان شد برقرار می باشد پس کاربر i تمامی منابعش را به اشتراک خواهد گذاشت. این تصمیم گیری باید با منظور بیشینه کردن بازدهی برای کاربر i انجام شود بنابراین با مسئله (3-5) روبرو می شویم.

$$(3-5) U_i = \max z_i \left[\sum_{j=1}^n \frac{\alpha_j^2 v_i z_i}{s_i} - c_i \right], S_i = \sum_{j=1}^n \alpha_j z_i$$

که در عبارت بالا z_i برداری دودویی برای مشخص نمودن حضور و یا عدم حضور یک درخواست کننده در لیست کاربرانی است که در این دوره از کاربر i سرویس دریافت می کنند. به دلیل اینکه v_i و c_i مقادیر ثابت هستند می توان از آن ها در عبارت بالا چشم پوشی نمود. همچنین مقدار ماکزیمم عبارت $\sum_{j=1}^n \frac{\alpha_j^2 z_i}{s_i}$ زمانی بدست می آید که تنها بزرگ ترین مقدار α_j توسط بردار z_i انتخاب شود که به این معنی است که کاربر i همه منابعش را تنها در اختیار درخواست کننده با بالاترین امتیاز قرار دهد. مشکل موجود در این راه حل امکان خروج کاربری که همه سرویس به او داده شده از سیستم در دوره بعدی و یا امتناع او از سرویس دهی به کاربر i می باشد در این صورت با توجه به اینکه کاربر i به دلیل عدم سرویس دهی به سایرین در دوره جاری، توسط آن ها بلوکه خواهد شد، ممکن است بازدهی کاربر i نسبت به حالت پیش بینی شده بسیار پایین تر گردد. در این مرحله احتمالی برای حضور هر کاربر در سیستم در دوره بعدی در نظر می گیریم. در این مدل برای سادگی بیشتر این احتمال برای همه کاربران مساوی فرض شده و با p نشان داده می شود. حال با در نظر گرفتن این احتمال به محاسبه بازدهی کاربر i در دوره های بعدی می پردازیم. در صورتی که کاربر i همه منابعش را با کاربر با بیشترین امتیاز (α_m)، به اشتراک بگذارد خواهیم داشت:

(6-3)

$$U_i = p[\alpha_m v_i - c_i] + (1 - p)[0]$$

در صورتی که کاربر i تصمیم بگیرد به دو نفر از درخواست کنندگان سرویس بدهد خواهیم داشت:

$$(3-7) U_i = p^2 \left[\frac{\alpha_j^2}{s_i} v_i + \frac{\alpha_k^2}{s_i} v_i - c_i \right] + p(1-p) \left[\frac{\alpha_j^2}{s_i} v_i + \frac{\alpha_k^2}{s_i} v_i - c_i \right] + (1-p)^2 [-c_i]$$

و در شرایط کلی تر اگر کاربر i تصمیم بگیرد که به n نفر از درخواست کنندگان سرویس بدهد خواهیم داشت :

$$(3-8) U_i = p^n \left[\sum_{j=1}^n \frac{\alpha_j^2}{s_i} v_i - c_i \right] + (n-1)p^{n-1}(1-p) \left[\sum_{j=1}^n \frac{\alpha_j^2}{s_i} v_i - c_i \right] + \frac{(n-1)(n-2)}{2} p^{n-2}(1-p)^2 \left[\sum_{j=1}^n \frac{\alpha_j^2}{s_i} v_i - c_i \right] + \dots$$

در صورتی که دوره‌ها به اندازه کافی کوچک فرض شوند به گونه‌ای که سرویسی که در هر دوره رد و بدل شده نسبت به کل سرویس درخواستی کاربر ناچیز باشد می‌توان فرض کرد که تعداد دوره‌های حضور هر کاربر در شبکه زیاد بوده و به این ترتیب مقدار p به یک نزدیک و مقدار $1-p$ کوچک شده و می‌توان از ضرایب $(1-p)$ با توان دو و بزرگ‌تر چشم‌پوشی کرد در نتیجه (3-8) به صورت زیر بازنویسی می‌شود:

$$(3-9) U_i \approx p^n \left[\sum_{j=1}^n \frac{\alpha_j^2}{s_i} v_i - c_i \right] + (n-1)p^{n-1}(1-p) \left[\sum_{j=1}^n \frac{\alpha_j^2}{s_i} v_i - c_i \right]$$

در محاسبات صورت گرفته در هر دو حالت، از سود بدست آمده برای کاربر i از کاربرانی که در این دوره به او درخواست سرویس نداده‌اند، صرف نظر شده چرا که عملکرد او در این دوره در دریافت این سود بی‌تأثیر بوده و به این ترتیب خللی در استدلال وارد نمی‌شود.

3-2-5- بازدهی کاربر در k دوره بعدی

با نتایج بدست آمده میزان متوسط سود کاربر i در k دوره بعدی (با این شرط که k از تعداد دوره‌های بلوکه کردن یک فرد کوچک‌تر باشد) را محاسبه می‌کنیم.

در حالت اول که کاربر i همه منابعش را در اختیار یک فرد می گذارد :

$$(3-10) \quad U_i = p[\alpha_m v_i - c_i] + p^2[\alpha_m v_i - c_i] + \dots + p^k[\alpha_m v_i - c_i]$$

در حالت دوم که کاربر i منابعش را با تعداد بیشتری از درخواست کنندگان به اشتراک می گذارد با توجه به اینکه توسط آن ها بلوکه نخواهد شد و همچنین احتمال پایین عدم حضور تعداد زیادی از این افراد به صورت همزمان در دوره های بعدی، می توان بازدهی نسبتاً ثابتی را برای او متصور بود بنابراین:

$$(3-11) U_i = k \left[p^n \left(\sum_{j=1}^n \frac{\alpha_j^2}{s_i} v_i - c_i \right) + (n-1)p^{n-1}(1-p) \left(\sum_{j=1}^n \frac{\alpha_j^2}{s_i} v_i - c_i \right) \right]$$

پیش از این فرض کردیم که در این مدل هر کاربر در دسته ای با تعداد محدودی از افراد قرار خواهد گرفت و بر همین اساس می توان استدلال نمود که تعداد درخواست کنندگان سرویس از کاربر i در یک دوره (n) نیز مقدار کوچکی خواهد بود و همچنین فرض کردیم تعداد تکرار دوره های بازی زیاد خواهد بود بنابراین می توان تعداد دوره های بلوکه کردن فرد خاطی را نیز زیاد در نظر گرفت. با در نظر گرفتن شرایط بیان شده می توان گفت با وجود اینکه بازدهی فرد i ممکن است در یک دوره در حالت اول بیشتر از حالت دوم باشد اما به این دلیل که تابع بازدهی در حالت اول با سرعت بیشتری به صفر همگرا است، سود میانگین در حالت دوم بیشتر خواهد بود در نتیجه با محاسبه سود میانگین در دوره های متوالی می توان بیان نمود که انتخاب استراتژی دوم در درازمدت بازدهی بیشتری برای کاربر i خواهد داشت.

|

پیاده سازی و نتایج

4-1- مقدمه

در این فصل به منظور بررسی نحوه عملکرد کاربران در مدل بیان شده برای شبکه نظیر به نظیر اقدام به شبیه‌سازی سیستم نمودیم. در ادامه به شرح پارامترهای در نظر گرفته شده برای این سیستم و نتایج بدست آمده با توجه به مقداردهی‌های متفاوت به این پارامترها می‌پردازیم.

4-2- ویژگی‌های شبیه‌سازی

به منظور بررسی نحوه عملکرد و انتخاب استراتژی کاربران و روند پیشروی سیستم اقدام به پیاده‌سازی مدل شرح داده شده نمودیم. در این مدل سه گونه استراتژی برای کاربران در نظر گرفته شده است:

1. defector: درخواست‌های سایر کاربران را همگی رد کرده و تنها درخواست سرویس می‌نماید.

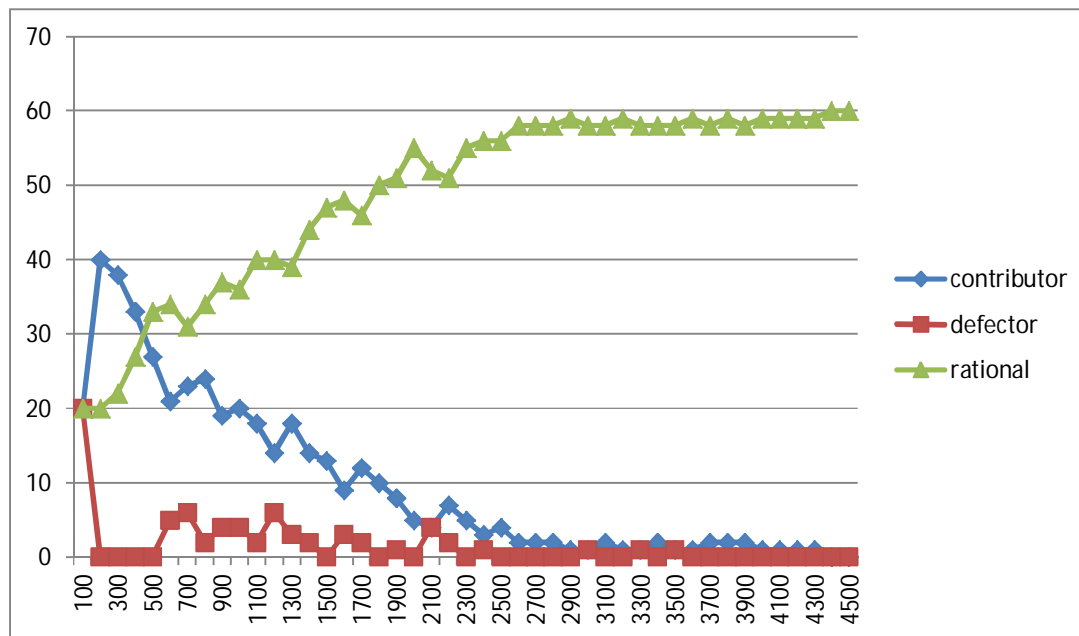
2. contributor: به درخواست همه‌ی کاربران پاسخ مثبت داده و به همه‌ی آن‌ها به نسبت مساوی سرویس‌دهی می‌کند.

3. rational: به درخواست سایر کاربران پاسخ مثبت می‌دهد اما سرویس‌دهی او به آن‌ها به نسبت اولویت هر کاربر برای او است که این اولویت، امتیاز کاربر به صورت نسبت سرویس دریافتی از او به سرویس داده شده به او محاسبه می‌شود.

در ابتدا این سه گونه استراتژی را به نسبت مساوی به کاربران اختصاص می‌دهیم. در شبیه‌سازی انجام شده انتخاب استراتژی کاربران به این گونه صورت می‌گیرد که پس از تکرار تعداد مشخصی از دوره‌های بازی، کاربران میزان بازدهی خود را به سیستم گزارش می‌کنند و سیستم میانگین این مقدار را به آن‌ها اطلاع می‌دهد و در صورتی که مقدار بازدهی کاربر از کسری از این مقدار کمتر باشد-مقدار این کسر از پیش مشخص شده است- استراتژی خود را تغییر می‌دهد. تغییر استراتژی کاربران به این صورت انجام می‌شود که اگر کاربر defector باشد تبدیل به contributor، اگر contributor باشد تبدیل به rational و اگر rational باشد تبدیل به defector می‌شود.

4-3- تأثیر تعداد کاربران سیستم در تعیین استراتژی آنها

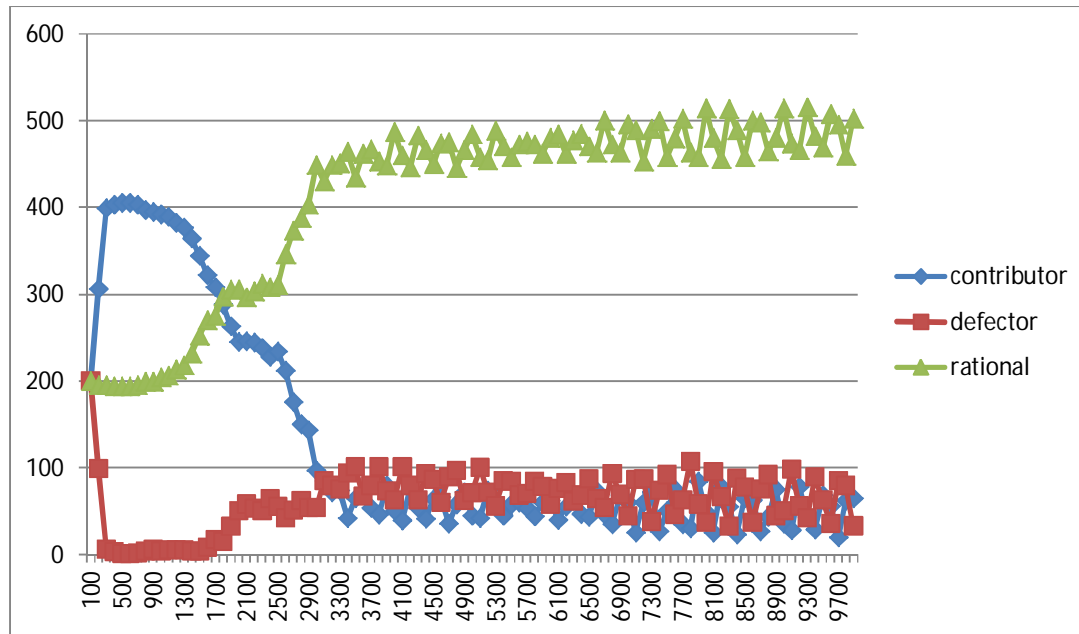
در این اجرا از شبیه سازی تعداد تکرارهای دوره های سیستم 5000 بار در نظر گرفته شد و هر کاربر پس از گذشت 100 مرحله اقدام به تعیین استراتژی بعدی خود می نماید. تعداد دوره های بلوکه کردن فرد خاطی برابر با 10 تکرار و تعداد درخواست هایی که یک کاربر در طول یک دوره ارسال می کند برابر با 8 می باشد. همچنین میزان بازدهی هر فرد در هر دوره تعیین استراتژی، بر اساس میزان سرویس دریافتی او محاسبه شده است. نتایج این شبیه سازی برای 60 کاربر در شکل (1-4) آمده است.



شکل (1-4) نتایج انتخاب استراتژی 60 کاربر در 5000 دوره تکرار

همان طور که مشاهده می شود با گذشت یک دوره تعیین استراتژی همه کاربران defector تبدیل به contributor می شوند و با گذشت تکرارهای بیشتری از بازی نسبتی از کاربران که استراتژی rational را انتخاب می کنند بیشتر می شود و در نهایت با گذشت 43 دوره تعیین استراتژی همه کاربران سیستم استراتژی rational را انتخاب می کنند و تا پایان اجرا این استراتژی را حفظ می کنند.

در صورتی که این شبیه‌سازی را با همین مقادیر با فرض 600 کاربر تکرار کنیم نتایج به صورت شکل (2-4) خواهد بود:



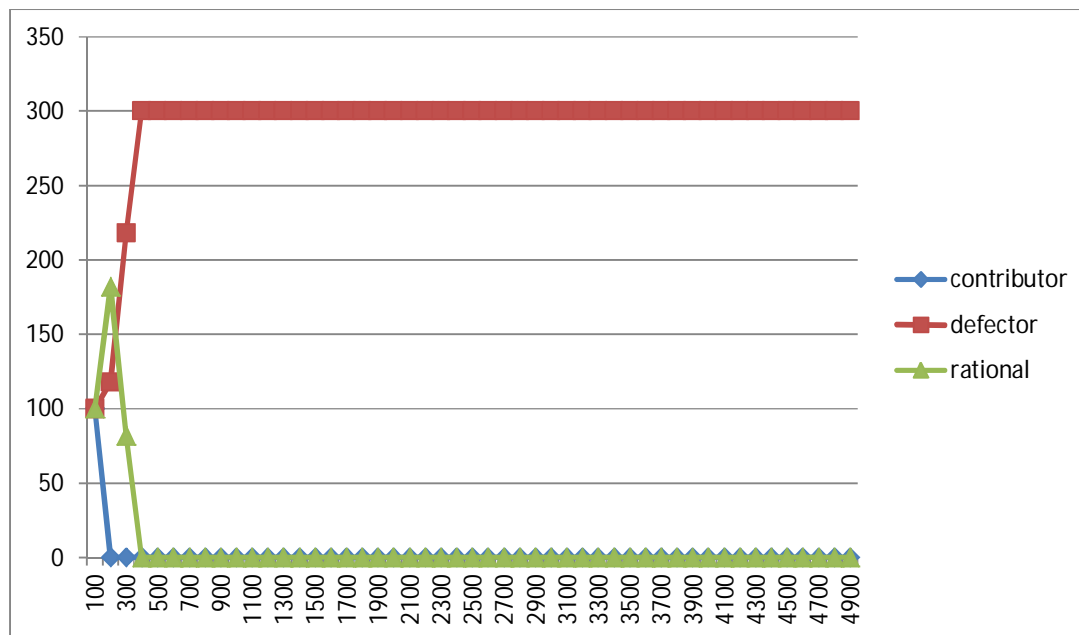
شکل (2-4) نتایج انتخاب استراتژی 600 کاربر در 10000 دوره تکرار

مشاهده می‌شود که در صورت زیاد شدن تعداد کاربرانی که در یک گروه قرار می‌گیرند حتی با وجود تکرار بیشتر دوره‌های سیستم نیز همه کاربران در نهایت استراتژی rational را انتخاب نمی‌کنند در حالی که در اجرای پیشین همگی کاربران در نهایت استراتژی rational را انتخاب کردند. دلیل این رخداد، کاهش در تعامل چندباره کاربران با یکدیگر است که با افزایش تعداد کاربران نسبت معکوس دارد.

4-4- تأثیر هزینه همکاری در تابع بازدهی و انتخاب استراتژی کاربران

بازدهی هر کاربر در دو اجرای قبل، به صورت میزان سرویس دریافتی او در دوره‌های مابین تعیین استراتژی تعریف شده است. این تعریف را تغییر داده و هزینه میزان سرویس ارائه شده به سایر کاربران را از سرویس دریافتی کم می‌کنیم. در صورتی که هزینه و ارزش سرویس را برای هر کاربر

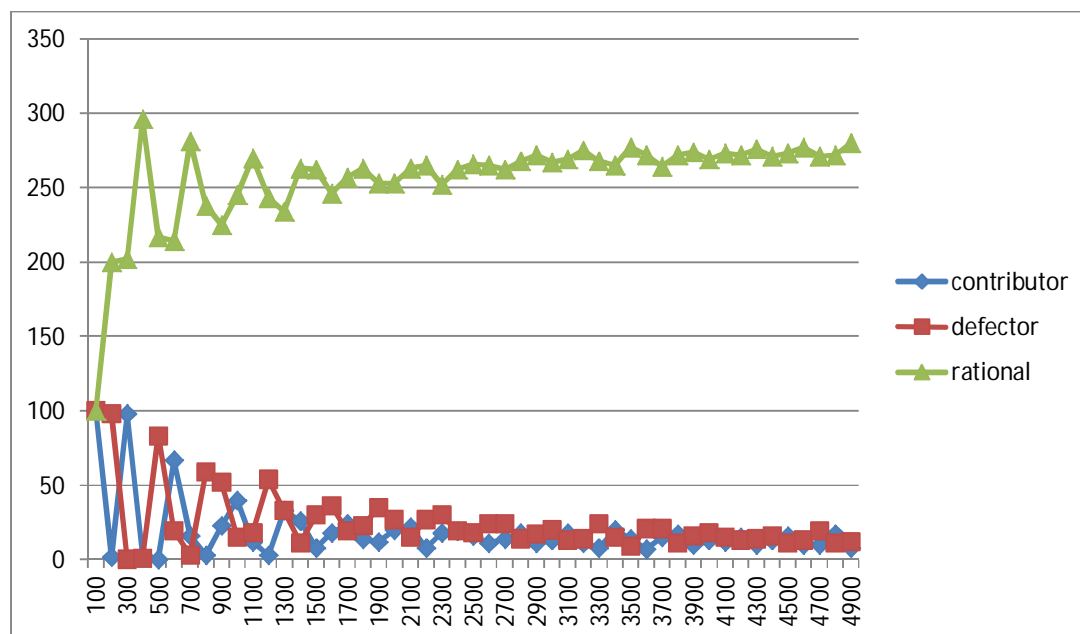
مساوی در نظر بگیریم نتایج برای اجرای شبیه‌سازی با 300 کاربر در شکل (3-4) مشاهده می‌شود:



شکل (3-4) نتایج انتخاب استراتژی 300 کاربر در 5000 دوره تکرار با در نظر گرفتن هزینه همکاری و برابری ارزش سرویس و هزینه سرویس‌دهی

مشاهده می‌شود که تنها با گذشت 400 دوره از بازی تمامی کاربران استراتژی defector را انتخاب می‌کنند. کاربران با استراتژی‌های contributor و rational در هر دوره تمامی منابع خود را به اشتراک می‌گذارند در حالی که کاربران defector هیچ سرویسی به دیگران ارائه نمی‌دهند در نتیجه با تعریف جدید از تابع بازدهی، اگر هزینه و ارزش سرویس برای کاربران سیستم برابر باشد با وجود اینکه کاربران با استراتژی defector، سرویس کمتری دریافت می‌کنند اما در نهایت به بازدهی بالاتری دست می‌یابند.

همین اجرا را برای حالتی که ارزش سرویس برای کاربران 3 برابر هزینه سرویس باشد تکرار می‌کنیم، نتایج شکل (3-4) بدست می‌آید:



شکل (4-4) نتایج انتخاب استراتژی 300 کاربر در 5000 دوره تکرار با در نظر گرفتن هزینه همکاری و 3 برابر بودن نسبت ارزش سرویس به هزینه سرویس‌دهی

همان طور که مشاهده می‌شود در صورتی که ارزش سرویس دریافتی به اندازه کافی بیشتر از هزینه ارائه سرویس در نظر گرفته شود تعداد زیادی از کاربران به استراتژی rational روی می‌آورند.

|

جمع‌بندی و پیشنهادات

5-1- مقدمه

همان‌گونه که در فصل اول بیان شد شبکه‌های نظیر به نظیر در صورت بهره نبردن از سازوکارهایی برای تنبیه سوءاستفاده‌گران در سیستم و تشویق کاربران به همکاری بیشتر، به دلیل رفتار منفعت‌گرایانه اعضای شبکه با کاهش کارایی و یا حتی فروپاشی روبرو می‌شوند. در این پژوهش تلاش بر ارائه‌ی سازوکارهایی با هدف رفع مشکلات بیان شده در شبکه‌های نظیر به نظیر، مبتنی بر اصول طراحی مکانیزم بوده است که نتیجه آن ارائه مدلی ساده از یک شبکه تک‌منظوره با مکانیزم‌هایی برای تشویق کاربران به همکاری بیشتر در سیستم می‌باشد.

5-2- جمع‌بندی

در این پژوهش ابتدا به شرح ویژگی‌های شبکه‌های نظیر به نظیر و همچنین بیان مشکلات موجود در این گونه شبکه‌ها پرداخته شد و ادعا شد که با استفاده از اصول طراحی مکانیزم می‌توان شبکه‌های نظیر به نظیر را به گونه‌ای تعریف نمود که مشکلات آن‌ها تا حد زیادی برطرف شود. در ادامه مروری کلی بر اصول و روش‌های طراحی مکانیزم صورت گرفت و پس از آن برخی از راهکارهای ارائه شده که با منظور رفع مشکلات موجود در شبکه‌های نظیر به نظیر به کار گرفته شده بودند، معرفی گردید و همچنین مدلی از یک شبکه نظیر به نظیر تک‌منظوره و بر اساس قوانین طراحی مکانیزم و با هدف تشویق کاربران به همکاری بیشتر در سیستم تعریف شد سپس نحوه‌ی عملکرد و رفتار کاربران در این مدل و در نتیجه آن روند پیشرفت سیستم، مورد بررسی قرار گرفت. به منظور بررسی صحت ادعاهای صورت گرفته در رابطه با تمایل کاربران به عملکرد نوع‌دوستانه در مدل تعریف شده شبیه‌سازی از این مدل صورت گرفت که نتایج حاصل از اجرای این شبیه‌سازی تأییدکننده ادعاهای صورت گرفته مبنی بر گرایش کاربران شبکه به رفتار نوع‌دوستانه و به عبارت دیگر منفعت بیشتر کاربران سیستم در صورت ارائه بیشتر سرویس، به سایر کاربران بوده و در نهایت بخش اعظم جامعه استراتژی پیش‌بینی شده در تحلیل مدل، که مورد قبول نیز می‌باشد را اتخاذ کردند.

5-3- نوآوری

ایده مطرح شده در [6] با رویکرد مرحله به مرحله فرض کردن فعل و انفعالات سیستم، در مدل پیشنهاد شده برای شبکه نظیر به نظیر در این پژوهش نیز استفاده شده است اما در [6] سرویس‌دهی کاربران به یکدیگر از منظر احتمالی مورد بررسی قرار گرفته است در صورتی که در مدل پیشنهادی این پژوهش از ویژگی سرویس‌دهی متغیر استفاده شده است به گونه‌ای که میزان سرویس‌دهی یک کاربر به سایر کاربران متغیر بوده و به دلخواه او صورت می‌پذیرد.

5-4- پیشنهادها

در مدل مطرح شده در این پژوهش، تفاوتی در انتخاب میان منابع مختلفی که توانایی فراهم آوردن سرویس درخواستی یک کاربر را دارند، در نظر گرفته نشده است در صورتی که در واقعیت انتخاب منبع مناسب برای سرویس‌دهی به درخواست هر کاربر و همچنین تعیین مسیر مناسب بین سرویس‌دهنده و سرویس‌گیرنده، در بالا بردن کارایی شبکه تأثیر بسزایی خواهد داشت. به منظور تخصیص منابع و تعیین مسیر مناسب با هدف بالا بردن کارایی سیستم، می‌توان شبکه را به صورت یک گراف در نظر گرفت که در آن گره‌ها نماینده کاربران شبکه و یال‌های گراف مشخص‌کننده ارتباط‌های برقرار شده در شبکه می‌باشد. به این شکل تخصیص منابع و تعیین مسیرهای مناسب برای سرویس‌دهی تبدیل به یک مسئله MCF^1 شده و به این ترتیب توسط الگوریتم‌های مناسب قابل حل خواهد بود.

از سوی دیگر در مدل مطرح شده در این پژوهش از مشوق شهرت استفاده شده است. در چنین سیستمی که غالباً عضویت در آن نیز به سادگی صورت می‌گیرد، کاربران با سابقه بد می‌توانند با خروج از سیستم و ورود دوباره به آن سابقه خود را پاک کنند². برای رفع این مشکل می‌توان مدت زمان و یا تعداد دوره‌های گذشته از حضور یک کاربر در سیستم را ثبت نمود؛ در این شرایط اگر سیستم به گونه‌ای تعریف شود که با شرط کمتر بودن این پارامتر از مقداری مشخص، برای فردی

¹ multi commodity flow problem

² White washing

خاص، سرویس‌دهی به این فرد با نسبت کمتری انجام گیرد، در این صورت رفتار ترک سیستم و عضویت دوباره کاربران با سابقه بد برای آن‌ها به صرفه نخواهد بود.

مراجع

مراجع

- [1] Y. Narahari · Dinesh Garg · Ramasuri Narayanam, Hastagiri Prakash, Game Theoretic Problems in Network Economics and Mechanism Design Solutions, Springer, 2009.
- [2] Noam Nisan, Tim Røghgarden, Eva Tardos, Vijay V.Vazirani, Algorithmic Game Theory, Algorithmic Mechanism Design 209-267, Cambridge press, 2007.
- [3] Noam Nisan, Tim Røghgarden, Eva Tardos, Vijay V.Vazirani, Algorithmic Game Theory, Incentive in peer to peer systems 593-613, Cambridge press, 2007.
- [4] Kevin Leyton-Brown and Yoav Shoham, Essentials of Game Theory: A Concise, Multidisciplinary Introduction, 2008.
- [5] Eytan Adar and Bernardo A. Huberman, Free riding on gnutella, 2000.
- [6] Kevin Lai, Michal Feldman, Ion Stoica, John Chuang, Incentives for Cooperation in Peer-to-Peer Networks, 2003.
- [7] Bram Cohen, Incentives Build Robustness in BitTorrent, 2003.
- [8] Michal Feldman, John Chuang, Overcoming Free-Riding Behavior in Peer-to-Peer Systems, 2005.
- [9] Chiranjeev Buragohain, Divyakant Agrawal, Divyakant Agrawal, A Game Theoretic Framework for Incentives in P2P Systems, 2003.
- [10] Joan Feigenbaum, Scott Shenker, Distributed Algorithmic Mechanism Design: Recent Results and Future Directions, 2002.
- [11] Jeffrey Shneidman, David C. Parkes, Rationality and Self-Interest in Peer to Peer Networks, 2003

Abstract:

Peer to peer systems support many diverse applications such as file sharing, distributed computation, multimedia streaming and etc yet they all share a basic feature; The foundation of peer-to-peer systems is based on the contribution of resources from peers and such contribution plays a significant role in the efficiency and performance of the system. Much of the existing designs in peer to peer networking assume obedient users which follow prescribed protocols without deviation yet users of these networks usually are automated rational agents who try to maximize their utility which leads to a tendency to freeride, whereupon there is an inherent tension between individual rationality and collective welfare that threatens the viability of these systems. Thus proper design of the mechanisms which induces cooperative behavior by the users seems necessary.

To overcome these problems, mechanism design methods are used to define network's model. Mechanism design offers users incentives, such that user finds in its best to follow system's rules.

In this project, in order to overcome the problems described before in such systems, a model of a single service peer to peer network is presented which considers such system as a step by step prisoners' dilemma game. Differential service approach is used in this modeling thus an individual ranks every other user based on its past behavior and responds to service requests according to these rankings.

At last, in order to study users' strategies in this model some simulations were implemented which their results show altruism behavior among the agents as predicted in model analysis.

Keywords: peer to peer networks, mechanism design, incentives, altruism, freeriding, differential service



Iran University of Science and Technology
Department of computer engineering

Mechanism design for single-service peer-to-peer networks

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for the
Degree of Bachelor of Science in computer engineering**

By:
Mohsen Abbasi

Supervisors:
Dr. Morteza Analoui
Dr. Mohammad Reza Kangavari

September 2012