



شبکه‌های کامپیوتری

نیم‌سال دوم ۱۴۰۳-۰۴

استاد: امیرمهدی صادق‌زاده

تمرین چهارم

پاسخ‌دهنده: معین آعلی - ۴۰۱۱۰۵۵۶۱

فهرست مسائل

۱	.....	مسئله ۱
۱	.....	الف
۱	.....	ب
۲	.....	ج
۳	.....	مسئله ۲
۳	.....	الف
۳	.....	ب
۴	.....	مسئله ۳
۴	.....	الف
۴	.....	ب
۵	.....	ج
۵	.....	د

پاسخ مسئله‌ی ۱.

الف

	$Dc(e)$	$Dc(d)$	$Dc(c)$	$Dc(b)$	$Dc(a)$
$t = ۱$	∞	۰	∞	∞	∞
$t = ۲$	∞	۲	۰	۶	∞
$t = ۳$	۵	۲	۰	۵	۷
$t = ۴$	۵	۲	۰	۵	۶

ب

در پروتکل‌های مسیریابی بردار فاصله، مشکل شمارش تا بی‌نهایت تنها زمانی رخ می‌دهد که هزینه یک لینک افزایش یابد یا لینکی به طور کامل قطع شود. در شرایط دیگر، این مشکل بروز نمی‌کند.

حالت اول: کاهش هزینه یک لینک

گره‌های مجاور به سرعت هزینه جدید و کمتر را از طریق تبادل اطلاعات دریافت می‌کنند. این خبر خوب به سرعت در شبکه منتشر می‌شود. هر گره، با دریافت آپدیت جدید، جدول مسیریابی خود را به‌روزرسانی کرده و مسیر بهینه‌تر را انتخاب می‌کند. این فرآیند منجر به همگرایی سریع شبکه به یک حالت پایدار جدید می‌شود و لوپ بی‌نهایت ایجاد نمی‌شود.

حالت دوم: اتصال دو گره جدید

برقراری یک لینک جدید، مسیرهای جدید و کوتاه‌تری را به شبکه معرفی می‌کند. این خبر خوب توسط گره‌های دو سر لینک به سرعت در شبکه منتشر می‌شود. سایر گره‌ها با دریافت این اطلاعات، جداول مسیریابی خود را به‌روزرسانی کرده و مسیرهای بهینه‌تر جدید را کشف می‌کنند. این فرآیند نیز منجر به همگرایی سریع شده و از ایجاد لوپ بی‌نهایت جلوگیری می‌کند.

ج

الگوریتم‌های متمرکز (Centralized)

- ویژگی‌ها: در این مدل، تمام اطلاعات توپولوژی و وضعیت لینک‌ها به یک گره مرکزی (کنترل‌کننده مسیر) ارسال می‌شود. این گره دیدی کامل و سراسری از شبکه دارد و تمام مسیرها را از این دیدگاه جامع محاسبه می‌کند.
- مزایا و معایب: مزیت اصلی، توانایی محاسبه مسیرهای کاملاً بهینه است. اما این ساختار یک Single Point of Failure ایجاد می‌کند؛ اگر کنترلر از کار بیفتد، کل فرآیند مسیریابی مختل می‌شود. همچنین با بزرگ شدن شبکه، با چالش‌های مقیاس‌پذیری روبرو می‌شود.
- مثال: معماری شبکه‌های نرم‌افزارمحور (SDN) که در آن یک کنترلر مرکزی مسئولیت تصمیم‌گیری و مدیریت جریان ترافیک را بر عهده دارد.

الگوریتم‌های توزیع‌شده (Distributed)

- ویژگی‌ها: منطق مسیریابی بین تمام روترها تقسیم می‌شود. هر گره مسیرهای خود را بر اساس اطلاعات محلی و داده‌هایی که به صورت تکرارشونده از همسایگان مستقیم خود دریافت می‌کند، محاسبه می‌نماید. هیچ گرهی نقشه کامل شبکه را در اختیار ندارد.
- مزایا و معایب: این رویکرد به دلیل نداشتن نقطه شکست واحد، بسیار مقاوم و مقیاس‌پذیر است. با این حال، چون تصمیمات با اطلاعات ناقص گرفته می‌شود، فرآیند همگرایی پس از تغییرات شبکه کندتر است و ممکن است به مشکلات موقتی مانند حلقه‌های مسیریابی منجر شود.
- مثال: پروتکل‌های خانواده بردار فاصله (Distance-Vector) مانند RIP و پروتکل‌های Link-State مانند OSPF که در آن هر روتر به طور مستقل الگوریتم دایجسترا را اجرا می‌کند.

پاسخ مسئله‌ی ۲.

الف

مرحله	N'	$D(t)$	$D(u)$	$D(v)$	$D(w)$	$D(x)$	$D(y)$	$D(z)$
۰	$\{\}$	۰	∞	∞	∞	∞	∞	∞
۱	$\{t\}$	۰	۲	۴	∞	∞	۷	∞
۲	$\{t, u\}$	۰	۲	۴	۵	∞	۷	∞
۳	$\{t, u, v\}$	۰	۲	۴	۵	۷	۷	∞
۴	$\{t, u, v, w\}$	۰	۲	۴	۵	۷	۷	∞
۵	$\{t, u, v, w, y\}$	۰	۲	۴	۵	۷	۷	۱۹
۶	$\{t, u, v, w, y, x\}$	۰	۲	۴	۵	۷	۷	۱۵
۷	$\{t, u, v, w, y, x, z\}$	۰	۲	۴	۵	۷	۷	۱۵

ب.

مرحله	N'	$D(t)$	$D(u)$	$D(v)$	$D(w)$	$D(x)$	$D(y)$	$D(z)$
۰	$\{\}$	∞	۰	∞	∞	∞	∞	∞
۱	$\{u\}$	۲	۰	۳	۳	∞	∞	∞
۲	$\{u, t\}$	۲	۰	۳	۳	∞	۹	∞
۳	$\{u, t, v\}$	۲	۰	۳	۳	۶	۹	∞
۴	$\{u, t, v, w\}$	۲	۰	۳	۳	۶	۹	∞
۵	$\{u, t, v, w, x\}$	۲	۰	۳	۳	۶	۹	۱۴
۶	$\{u, t, v, w, x, y\}$	۲	۰	۳	۳	۶	۹	۱۴
۷	$\{u, t, v, w, x, y, z\}$	۲	۰	۳	۳	۶	۹	۱۴

پاسخ مسئله‌ی ۳.

الف

اینترنت به دلیل مقیاس عظیم و نیاز به استقلال مدیریتی، به یک ساختار سلسله‌مراتبی از سیستم‌های خودمختار تقسیم شده است. این تفکیک، ایجاب می‌کند که از دو نوع پروتکل مسیریابی با اهداف کاملاً متفاوت استفاده شود:

- مقیاس‌پذیری و کنترل سربار:

یک پروتکل واحد برای کل اینترنت غیرممکن است. اگر تمام روترهای جهان در یک دامنه مسیریابی قرار داشتند، حجم اطلاعات مسیریابی (تغییرات لینک، آپدیت‌ها) به حدی زیاد می‌شد که هیچ روتری توان پردازش آن را نداشت و شبکه به دلیل سربار ارتباطی فلج می‌شد. تقسیم شبکه به AS ها باعث می‌شود که پروتکل‌های درون ناحیه‌ای IGP تنها اطلاعات مربوط به شبکه داخلی خود را مدیریت کنند و از انتشار جزئیات غیرضروری به کل اینترنت جلوگیری نمایند.

- استقلال مدیریتی و اعمال سیاست:

هر AS توسط یک سازمان مستقل مدیریت می‌شود و می‌خواهد کنترل کاملی بر ترافیک ورودی و خروجی خود داشته باشد. پروتکل‌های بین ناحیه‌ای، برای اعمال سیاست‌های پیچیده طراحی شده‌اند. این سیاست‌ها می‌توانند بر اساس توافقات تجاری، مسائل امنیتی یا هزینه‌ها باشند. در مقابل، پروتکل‌های درون ناحیه‌ای، هیچ ابزاری برای درک یا اعمال چنین سیاست‌هایی ندارند.

- اهداف متفاوت بهینه‌سازی:

هدف در مسیریابی درون ناحیه‌ای، معمولاً یک هدف فنی است: یافتن سریع‌ترین یا کوتاه‌ترین مسیر در داخل یک شبکه. اما در سطح بین ناحیه‌ای، بهترین مسیر لزوماً سریع‌ترین مسیر نیست. بهترین مسیر ممکن است مسیری باشد که هزینه کمتری دارد، از طریق یک شریک تجاری معتبر عبور می‌کند، یا از عبور از شبکه یک رقیب اجتناب می‌کند. هدف در اینجا بهینه‌سازی بر اساس سیاست است، نه عملکرد فنی.

ب

خیر، یک روتر BGP همیشه مسیری با کوتاه‌ترین طول AS-PATH را انتخاب نمی‌کند. هدف اصلی BGP یافتن سریع‌ترین یا کوتاه‌ترین مسیر نیست، بلکه اعمال سیاست‌های مدیریتی و تجاری است. برای این منظور، BGP از یک الگوریتم تصمیم‌گیری مرحله به مرحله استفاده می‌کند که در آن چندین ویژگی به ترتیب اولویت بررسی می‌شوند. طول مسیر AS-PATH تنها یکی از این ویژگی‌هاست و در مراحل اولیه قرار ندارد. فرآیند کلی انتخاب مسیر به صورت زیر است:

۱. بررسی ویژگی‌های با اولویت بالا: روتر ابتدا ویژگی‌هایی مانند LOCAL_PREF را بررسی می‌کند. یک مسیر با LOCAL_PREF بالاتر، صرف‌نظر از طول AS-PATH آن، همیشه برنده خواهد بود. این ویژگی ابزار اصلی برای اعمال سیاست در یک سیستم خودمختار است.

۲. بررسی طول AS-PATH : تنها در صورتی که تمام ویژگی‌های با اولویت بالاتر برای دو یا چند مسیر یکسان باشند، روتر به سراغ بررسی طول AS-PATH می‌رود و در این مرحله، مسیر با طول کوتاه‌تر را انتخاب می‌کند.

۳. سایر معیارها: اگر طول مسیرها نیز یکسان باشد، معیارهای دیگری مانند نوع مسیر و... برای شکستن تساوی به کار می‌روند.

اطمینان از بدون حلقه بودن مسیرها در BGP به صورت مستقل و پیش از فرآیند انتخاب مسیر انجام می‌شود. یک روتر هر آپدیت مسیری را که دریافت می‌کند، بررسی کرده و اگر شماره AS خود را در لیست AS-PATH آن مسیر

ببیند، آن را به طور کامل نادیده می‌گیرد تا از ایجاد حلقه جلوگیری کند. بنابراین، تمام مسیرهایی که وارد فرایند انتخاب مسیر می‌شوند، از قبل تضمین شده است که بدون حلقه هستند. نتیجه‌گیری: مسیر انتخابی توسط BGP همواره بدون حلقه است، اما به دلیل اولویت بالاتر سیاست‌ها، این مسیر لزوماً کوتاه‌ترین مسیر از نظر تعداد AS ها نیست.

ج

هر روتر بر اساس موقعیت خود در شبکه (داخلی یا مرزی) و نوع پیشوند (داخلی یا خارجی)، از پروتکل متفاوتی برای یادگیری مسیر استفاده می‌کند.

- روتر 3a:
- این روتر با eBGP از روتر 4c یاد می‌گیرد.
- روتر 1c:
- این روتر با eBGP از روتر 4a یاد می‌گیرد.
- روتر 3c:
- این روتر با iBGP از روتر 3a یاد می‌گیرد.

د

رابط روی I2 تنظیم خواهد شد.

این انتخاب صورت می‌گیرد زیرا الگوریتم BGP در AS1، پس از بررسی سیاست‌های محلی، مسیر از طریق AS3 را به دلیل داشتن طول مسیر AS-PATH کوتاه‌تر یا دیگر ویژگی‌های برتر، بهینه تشخیص داده است. تصمیم‌گیری بین دو مسیر دریافتی برای پیشوند x (یکی از سمت AS2 و دیگری از سمت AS3)، کاملاً به الگوریتم انتخاب مسیر BGP در AS1 بستگی دارد. این فرآیند سلسله‌مراتبی است:

۱. اولویت با سیاست است: ابتدا، BGP ویژگی‌های سیاستی مانند LOCAL_PREF را بررسی می‌کند. مدیر شبکه AS1 می‌تواند با تنظیم LOCAL_PREF بالاتر برای مسیری که از AS3 می‌آید، تمام روترهای داخلی از جمله d1 را مجبور کند که رابط I2 را انتخاب نمایند، حتی اگر آن مسیر طولانی‌تر باشد.

۲. طول مسیر به عنوان معیار دوم: تنها در صورتی که مقادیر LOCAL_PREF برای هر دو مسیر یکسان باشند، BGP به سراغ معیار بعدی، یعنی طول AS-PATH، می‌رود. در این حالت، هر مسیری که تعداد AS‌های کمتری در مسیر خود داشته باشد، به عنوان مسیر بهینه انتخاب خواهد شد.

بنابراین، انتخاب نهایی به تنظیمات و سیاست‌های خاصی که در AS1 پیکربندی شده است، بستگی دارد و انتخاب I2 به معنای برتری آن مسیر بر اساس این معیارهاست.