

شبیه سازی شبکه در NS2

بهروز شاهقلی قهفرخی

دانشگاه اصفهان

۱۳۹۴

- سرشناسه : شاهقلى قهقرخى، بهروز، ۱۳۶۱ -
- عنوان و نام پديدآور : شبیه‌سازی شبکه در NS2
- مشخصات نشر : اصفهان: دانشگاه اصفهان، ۱۳۹۴.
- مشخصات ظاهري : ۳۹۲ ص.: مصور، جدول .
- فروست : انتشارات دانشگاه اصفهان؛ ۶۳۸
- شابک : ۹۷۸-۶۰۰-۱۱۰-۱۰۲-۱
- وضعیت فهرست نویسی : فیپای مختصر
- یادداشت : فهرست‌نویسی کامل این اثر در نشانی: <http://opac.nlai.ir> قابل دسترسی است
- یادداشت : واژه‌نامه.
- یادداشت : نمایه.
- شماره کتابشناسی ملی : ۳۸۵۹۰۳۶



انتشارات دانشگاه اصفهان

عنوان کتاب: شبیه‌سازی شبکه در NS2، دکتر بهروز شاهقلى قهقرخى

ناشر: دانشگاه اصفهان

نوبت چاپ: چاپ اول - تابستان ۱۳۹۴

شمارگان: ۱۰۰۰ جلد

چاپ و صحافی: چاپخانه دانشگاه اصفهان

قیمت: ۱۶۰/۰۰۰ ریال

کلیه حقوق نشر برای ناشر محفوظ است

مراکز فروش کتاب:

اصفهان: میدان آزادی - خیابان دانشگاه - فروشگاه کتاب دانشگاه اصفهان

تلفن: ۰۳۱ - ۳۷۹۳۲۱۷۷ پُست الکترونیکی: entesharat@ui.ac.ir

تهران: میدان انقلاب - خیابان نصرت - خیابان دکتر قریب، نرسیده به خیابان فرصت - پلاک ۷

مؤسسه کتابیران، مرکز پخش کتاب‌های دانشگاهی - تلفن: ۱۵ - ۶۶۵۶۶۵۱۰ - ۰۲۱

فهرست مطالب

فصل اول: شبیه سازی شبکه های کامپیوتری و روش های آن	۱
۱-۱ روش های مدل سازی و تحلیل شبکه	۲
۱-۱-۱ مدل سازی تحلیلی	۲
۱-۱-۲ شبیه سازی	۳
۲-۱ شبیه سازی وابسته به زمان	۶
۱-۲-۱ شبیه سازی زمان محور	۶
۲-۲-۱ شبیه ساز رخداد محور	۷
۳-۱ معرفی شبیه سازهای رایج شبکه	۸
۱-۳-۱ شبیه ساز NS2	۹
۲-۳-۱ شبیه ساز OPNET	۹
۳-۳-۱ شبیه ساز NS3	۱۰
۴-۳-۱ شبیه ساز OMNET++	۱۰
۵-۳-۱ دیگر شبیه سازهای شبکه	۱۱
۴-۱ خلاصه فصل	۱۱
فصل دوم: معرفی شبیه ساز NS2	۱۳
۱-۲ معماری NS2	۱۴
۲-۲ نصب شبیه ساز NS2	۱۶
۳-۲ پوشه های نرم افزار NS2	۱۷

۱۸	۴-۲ آشنایی مقدماتی با زبان Tcl و OTcl
۲۵	۵-۲ شبیه‌سازی چند سناریوی ساده
۲۶	۵-۲-۱ شبیه‌سازی یک شبکه ساده با اتصالات گره به گره
۳۱	۵-۲-۲ شبیه‌سازی شبکه محلی
۳۴	۵-۲-۳ تولید نتایج شبیه‌سازی از طریق اسکریپت شبیه‌سازی
۳۶	۶-۲ افزودن ماژول‌های جدید به NS2 و توسعه آن
۳۹	۶-۲-۱ اختار Makefile در NS2
۳۹	۶-۲-۲ چگونگی توسعه کد در NS2
۴۰	۷-۲ خلاصه فصل
۴۱	فصل سوم: ساختار دو زبانی NS2
۴۴	۱-۳ کلاس Tcl
۴۴	۱-۳-۱ متد instance
۴۵	۱-۳-۲ متدهای اجرای دستور (eval, evalf, evalc)
۴۶	۱-۳-۳ متدهای انتقال نتیجه‌ی فراخوانی یک تابع بین فضای C++ و OTcl (result و resultf)
۴۷	۱-۳-۴ اعلام خطا و خاتمه‌ی هماهنگ دو فضای کد (error)
۴۷	۱-۳-۵ دسترسی به آدرس شیء معادل در فضای سلسله مراتب کامپایل شونده
۴۸	۲-۳ کلاس InstVar
۵۰	۳-۳ کلاس TclObject

۵۰	۱-۳-۳ ایجاد و حذف شیء سایه
۵۵	۲-۳-۳ مقید کردن متغیرهای اشیاء فضای کامپایل شونده به فضای تفسیر شونده
۵۶	۳-۳-۳ فراخوانی متدهای اشیاء فضای ++C از فضای OTel
۶۰	۴-۳ کلاس TelClass
۶۱	۱-۴-۳ فرآیند ایجاد TelObject
۶۲	۲-۴-۳ قواعد ایجاد و نام گذاری کلاس های نگاشت
۶۲	۳-۴-۳ ایجاد نمونه از متغیرهای نگاشت
۶۳	۵-۳ کلاس TelCommand
۶۴	۶-۳ کلاس EmbeddedTel
۶۴	۷-۳ خلاصه فصل
۶۵	فصل چهارم: NS2 و شبیه سازی رخداد گزسته
۶۷	۱-۴ کلاس های Event و Handler
۶۷	۱-۱-۴ کلاس NSObject
۶۹	۲-۱-۴ کلاس Packet و کلاس AtEvent
۷۰	۲-۴ زمان بندی رخدادها و کلاس Scheduler
۷۳	۱-۲-۴ توابع اصلی در Scheduler
۷۵	۲-۲-۴ نمونه ای از عملیات زمان بندی در NS2
۷۶	۳-۲-۴ رخداد NULL و رخداد Dummy
۷۷	۳-۴ کلاس Simulator

۸۲	۴-۴ خلاصه فصل
۸۳	فصل پنجم: اشیاء شبکه
۸۴	۱-۵ مروری بر اجزای تشکیل دهنده NS2
۸۶	۲-۵ کلاس NSObject
۸۷	۳-۵ کلاس Connector
۹۲	۴-۵ خلاصه فصل
۹۳	فصل ششم: گره‌ها (مسیریاب و میزبان)
۹۴	۱-۶ مروری بر اختار Node
۹۴	۱-۱-۶ معماری یک گره
۹۵	۲-۱-۶ روال‌های مرتبط با Node در فضای OTcl
۹۷	۳-۱-۶ گره‌های پیش فرض و واسطه پیکربندی گره
۹۸	۲-۶ مسیریابی در NS2
۱۰۱	۳-۶ کلاس RouteLogic
۱۰۲	۴-۶ دسته‌بندی کننده
۱۰۳	۱-۴-۶ اجزای اصلی کلاس Classifier
۱۰۷	۲-۴-۶ Hash Classifier
۱۰۸	۳-۴-۶ دسته‌بندی کننده پورت
۱۰۹	۴-۴-۶ نصب دسته‌بندی کننده‌ها در یک گره
۱۱۲	۵-۶ مازول‌های مسیریابی

۱۱۴.....	Routing Module	۱-۵-۶ کلاس
۱۱۸.....	RtModule	۲-۵-۶ کلاس
۱۱۹.....	RtModule/Base و BaseRoutingModule	۳-۵-۶ کلاس‌های
۱۱۹.....	Node	۶-۶ پیکربندی
۱۲۰.....	Node	۱-۶-۶ ارتباط میان اجزای کلیدی
۱۲۲.....	Node	۲-۶-۶ افزودن/حذف مدخل مسیریابی در
۱۲۲.....	Agent	۱۳-۶-۶ ساز جدا کردن یک
۱۲۴.....	Node	۴-۶-۶ ایجاد یک
۱۲۶.....		۵-۶-۶ پیکربندی
۱۲۸.....		۷-۶ خلاصه فصل
۱۲۹.....	فصل هفتم: اتصالات و بافرها	
۱۳۰.....	SimpleLink	۱-۷ مقدمه‌ای بر
۱۳۲.....		۲-۷ مدل کردن رفتار تأخیری اتصال
۱۳۶.....		۳-۷ مدیریت بافر
۱۳۷.....	PacketQueue	۱-۳-۷ کلاس
۱۳۸.....	Queue Handler	۲-۳-۷
۱۳۹.....	callback	۳-۳-۷ شدن صف و عملیات
۱۴۱.....	DropTail	۴-۳-۷ صف
۱۴۲.....		۴-۷ نمونه‌ای از انتقال بسته در یک شبکه با دو گره

۱۴۵.....	۵-۷ خلاصه فصل
۱۴۷.....	فصل هشتم: بسته‌ها در NS2
۱۴۸.....	۱-۸ مدل کردن بسته
۱۵۰.....	۱-۱-۸ ارتباط بسته و رخداد
۱۵۱.....	۱-۱-۸ لیست بسته‌ها
۱۵۱.....	۳-۱-۸ بست بسته‌های آزاد
۱۵۲.....	۲-۸ تخصیص و آزاد کردن بسته
۱۵۶.....	۳-۸ سرآیند بسته
۱۵۷.....	۱-۳-۸ سرآیند مختص پروتکل
۱۶۰.....	۲-۳-۸ نوع بسته و فیلد _padding_ سرآیند عمومی
۱۶۲.....	۳-۳-۸ نحوه تعریف سرآیند مختص پروتکل
۱۶۵.....	۴-۳-۸ دسترسی و ویرایش سرآیند بسته
۱۶۵.....	۵-۳-۸ مدیر سرآیند
۱۶۹.....	۶-۳-۸ ترکیب سرآیندهای مختص هر پروتکل و ایجاد سرآیند نهایی بسته
۱۷۳.....	۴-۸ بدنه بسته
۱۷۶.....	۵-۸ تعریف بسته جدید در NS2
۱۸۰.....	۶-۸ خلاصه فصل
۱۸۱.....	فصل نهم: پروتکل‌های لایه انتقال در NS2
۱۸۲.....	۱-۹ مروری بر پروتکل‌های لایه انتقال

۱۸۵.....	Agent ۲-۹
۱۸۶.....	۱-۲-۹ جایگاه Agent در پشته پروتکل
۱۸۸.....	۲-۲-۹ چگونگی پیکربندی عامل در سناریوی شبیه سازی
۱۸۸.....	۳-۲-۹ عملکرد و ساختار داخلی Agent
۱۹۲.....	۴-۲-۹ روال ایجاد یک عامل جدید لایه انتقال
۱۹۳.....	۳-۹ عامل UDP و عامل Null
۱۹۵.....	۴-۹ عامل های TCP
۱۹۸.....	۱-۴-۹ عملیات ارسال و دریافت در عامل های TCP
۱۹۹.....	۲-۴-۹ سرآیند TCP
۱۹۹.....	۳-۴-۹ معرفی عامل های TCP
۲۰۳.....	۵-۹ عامل گیرنده TCP (TcpSink)
۲۰۴.....	۱-۵-۹ کلاس Acker
۲۰۸.....	۲-۵-۹ کلاس TcpSink
۲۱۱.....	۶-۹ عامل فرستنده در TCP
۲۱۱.....	۱-۶-۹ نحوه شبیه سازی ارسال بسته
۲۱۷.....	۲-۶-۹ پردازش ACK
۲۲۳.....	۷-۹ ارسال مجدد در عامل فرستنده TCP
۲۲۳.....	۱-۷-۹ جمع آوری مشخصات آماری RTT
۲۲۴.....	۲-۷-۹ زمان سنج ارسال مجدد

۲۲۶.....	۳-۷-۹ متدهای مرتبط با زمان‌سنج ارسال مجدد در TcpAgent
۲۲۸.....	۸-۹ تنظیم پنجره ازدحام در TcpAgent
۲۲۹.....	۱-۸-۹ متد openwnd
۲۲۹.....	۲-۸-۹ متد slowdown
۲۳۲.....	۹-۹ خلاصه فصل
۲۳۳.....	فصل دهم: آیه کاربرد در NS2
۲۳۴.....	۱-۱۰ Application
۲۳۷.....	۲-۱۰ مولد ترافیک
۲۴۱.....	۱-۲-۱۰ انواع مولد های ترافیک NS2
۲۴۶.....	۳-۱۰ کاربردهای شبیه سازی شده
۲۴۸.....	۴-۱۰ انتقال ویدئو روی شبکه شبیه سازی شده
۲۴۹.....	۱-۴-۱۰ پیاده سازی Evalvid
۲۵۰.....	۴-۱۰-۲ استفاده از Evalvid
۲۵۴.....	۵-۱۰ خلاصه فصل
۲۵۵.....	فصل یازدهم: استخراج و تحلیل خروجی شبیه سازی
۲۵۵.....	۱-۱۱ روش های استخراج و تحلیل خروجی
۲۵۸.....	۲-۱۱ تعقیب تغییر مقدار متغیرها
۲۶۲.....	TracedVar ۱-۲-۱۱
۲۶۲.....	Tracer ۲-۲-۱۱

۲۶۴.....	۱۱-۲-۳ ارتباط میان Tracer و TracedVar
۲۶۶.....	۱۱-۳ مکانیزم تعقیب بسته‌ها
۲۶۷.....	۱۱-۳-۱ پیکربندی و تنظیمات مربوط به استفاده از مکانیزم تعقیب بسته‌ها
۲۶۹.....	۱۱-۳-۲ معرفی کلاس Trace
۲۷۴.....	۱۱-۳-۳ انواع تعقیب‌کننده بسته
۲۷۶.....	۱۱-۳-۴ قالب گزارش‌های تعقیب بسته
۲۷۷.....	۱۱-۴ خلاصه فصل
۲۷۹.....	فصل دوازدهم: کلاس‌های جانبی
۲۸۰.....	۱۲-۱ زمان‌سنج
۲۸۱.....	۱۲-۱-۱ زمان‌سنج در فضا Tel
۲۸۲.....	۱۲-۱-۲ زمان‌سنج در فضای ++C
۲۸۵.....	۱۲-۲ مولد اعداد تصادفی
۲۸۶.....	۱۲-۲-۱ شبیه‌سازی با یک دنباله شبه تصادفی
۲۸۷.....	۱۲-۲-۲ شبیه‌سازی با چند دنباله شبه تصادفی
۲۹۲.....	۱۲-۳ مدل‌سازی خطا
۲۹۲.....	۱۲-۳-۱ پیاده‌سازی ErrorModel
۳۰۰.....	۱۲-۳-۲ استفاده از ErrorModel
۳۰۳.....	۱۲-۴ خلاصه فصل
۳۰۵.....	فصل سیزدهم: شبیه‌سازی شبکه‌های بی‌سیم

۳۰۶.....	۱-۱۳ شبیه‌سازی یک شبکه‌ی اقتصادی
۳۱۱.....	۲-۱۳ شبیه‌سازی یک شبکه مبتنی بر زیرساخت
۳۱۴.....	۳-۱۳ معماری گره‌های سیار
۳۲۱.....	۱-۳-۱۳ عامل مسیریابی
۳۲۸.....	۲-۳-۱۳ لایه پیوند داده در گره سیار
۳۳۰.....	۲-۳-۱۳ پروتکل IEEE 802.11
۳۳۷.....	۳-۱۳ لایه فیزیکی در گره سیار
۳۴۴.....	۵-۳-۱۳ مازوهای مورد استفاده در شبیه‌سازی شبکه‌های بی‌سیم
۳۴۵.....	۴-۱۳ خلاصه فصل
۳۴۷.....	فصل چهاردهم: توسعه‌ی NS2
۳۴۸.....	۱-۱۴ طراحی مازول ARQ جدید
۳۴۹.....	۱-۱-۱۴ توسعه در فضای C++
۳۵۵.....	۲-۱-۱۴ توسعه در فضای OTcl
۳۵۶.....	۲-۱۴ افزودن یک پروتکل جدید
۳۶۰.....	۱۴-۲ خلاصه فصل
۳۶۳.....	واژه نامه انگلیسی به فارسی
۳۶۵.....	واژه نامه فارسی به انگلیسی
۳۶۷.....	نمایه
۳۷۱.....	مراجع

پیشگفتار

در سال‌های اخیر استفاده از شبیه ساز NS2 برای شبیه سازی و ارزیابی ایده‌ها در تحقیقات مرتبط با شبکه‌های کامپیوتری مورد توجه زیادی قرار گرفته است، به نحوی که ارزیابی روش‌های جدید پیشنهاد شده در مقالات و گزارش‌های علمی منتشر شده، عمدتاً به کمک NS2 صورت می‌پذیرد. اگرچه شبیه سازهای دیگری نیز در این حوزه مطرح بوده و مورد استفاده قرار می‌گیرند، اما متن باز بودن این شبیه ساز و توسعه فراگیر آن توسط محققان باعث شده است تا شبیه سازی به راحتی و بدون نگرانی از بابت هزینه‌های خرید نرم افزار، عملی باشد.

استفاده از شبیه ساز شبکه در پروژه‌ها و تکالیف درسی و همچنین پایان‌نامه‌های دانشجویان مقاطع مختلف مهندسی، فناوری، اطلاعات، مهندسی کامپیوتر، و مهندسی برق-مخابرات مرسوم است و به صورت خاص نیز در ارزیابی شبکه‌های کامپیوتری مورد توجه قرار می‌گیرد. لذا در مدتی که توفیق خدمت در دانشگاه را داشته‌ام، با موارد متعددی از سوالات دانشجویان در خصوص نحوه انجام شبیه سازی و نحوه توسعه شبیه ساز NS2 مواجه بوده‌ام که عمده‌ی این سوالات به دلیل نبود یک منبع فارسی مناسب برای آشنایی دانشجویان با چگونگی فرآیند شبیه سازی و نحوه توسعه پروتکل‌ها و معماری‌ها در شبیه ساز مذکور می‌باشد. اگر چه همراه با شبیه ساز NS2 مستندات فنی نیز ارائه شده است، اما پیچیدگی استفاده از این مستندات و حجم آن موجب می‌شود که یادگیری آن برای کسانی که می‌خواهند به تازگی با NS2 آشنایی پیدا کنند، وقت گیر باشد. لذا وجود یک کتاب مناسب می‌تواند کمک شایانی به این صنف از محققان باشد.

در میان محدود مراجع موجود برای آشنایی با شبیه ساز NS2 می‌توان به کتاب "Introduction to Network Simulator NS2" اشاره کرد که توسط Ekram و Teerawat Issariyakul و Hossain تدوین و توسط انتشارات اشپرنگر منتشر گردیده است و عمده‌ی مطالب این کتاب ترجمه آزاد از مرجع مذکور است. البته در این کتاب سعی شده تا مطالب غیر ضروری از مرجع مذکور منتقل نشود و برخی بخش‌ها و فصول آن نیز خلاصه و در هم ادغام گردد و در عوض،

برخی مطالب ضروری که در مرجع مذکور به آن پرداخته نشده بود، به کمک سایر مراجع اضافه گردد. به عنوان نمونه در فصل اول کتاب سعی شده معرفی جامع تری از روش‌های ارزیابی و شبیه سازی‌های موجود ارائه گردد؛ شبیه سازی پروتکل‌های لایه انتقال در یک فصل خلاصه و ادغام شده و در خصوص شبیه سازی لایه کاربرد نیز مطالب جدیدی اضافه شده است. در خصوص شبیه سازی شبکه‌های بی‌سیم و سیار نیز نسبت به مرجع مذکور بازبینی‌هایی صورت گرفته و مطالبی اضافه گردیده است. همچنین سعی شده ایرادات و اشکالات موجود در مطالب استفاده شده از آن مرجع نیز حتی الامکان رفع گردد. لازم به ذکر است که در نمایش کدها و شکل‌های کتاب حاضر، از تصاویر کتاب مذکور نیز استفاده شده است.

در ادامه در فصل اول کتاب به معرفی روش‌های مدل‌سازی، تحلیل، و ارزیابی شبکه پرداخته می‌شود و در فصل دوم نیز در نصب و استفاده از شبیه ساز تشریح خواهد شد. پس از آن در فصل سوم و چهارم در مورد جزئیات ساختار NS2 و نحوه انجام شبیه سازی توسط آن بحث می‌شود. فصل پنج در مورد انواع اشیاء پایه در شبیه سازی به کمک NS2 است و در فصل ششم و هفتم اجزای تشکیل دهنده گره‌ها و مسیر یاب‌ها و نحوه اتصال میان آن‌ها معرفی می‌گردد. فصل هشتم کتاب در خصوص ساختار بسته‌ها و نحوه‌ی شبیه‌سازی بسته‌ها در NS2 است و پس از آن در فصل نهم و دهم در مورد شبیه سازی پروتکل‌ها در لایه انتقال کاربرد صحبت می‌شود. در فصل یازدهم نحوه استخراج نتایج شبیه سازی مورد بررسی قرار خواهد گرفت. فصل دوازدهم نیز به معرفی برخی کلاس‌ها و ماژول‌های جانبی مورد استفاده در شبیه سازی اختصاص دارد. با اتمام این فصل، معرفی و ارائه چشم انداز کلی از ساختار NS2 خاتمه می‌یابد. پس از آن در فصل یازدهم سعی شده است تا شبیه سازی شبکه‌های بی‌سیم که بخش وسیعی از شبیه‌سازی‌های شبکه مبتنی بر NS2 را تشکیل می‌دهد، مورد توجه قرار گیرد. در فصل چهاردهم نیز چگونگی توسعه NS2 با افزودن یک ماژول نمونه و شبیه سازی یک پروتکل ساده، توضیح داده شده است.

همراه با این کتاب، یک DVD حاوی تصویر یک سیستم عامل لینوکس که NS2 روی آن نصب شده، نسخه‌های اخیر NS2، برخی بسته‌های جانبی معرفی شده در کتاب، و فایل مثال‌های مطرح شده در برخی فصول، عرضه گردیده است.

www.ketab.ir