

به نام خدا

سیستم‌های اینترنت اشیا

نویسندگان:

Dimitrios Serpanos

Marilyn Wolf

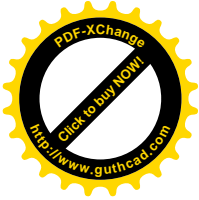
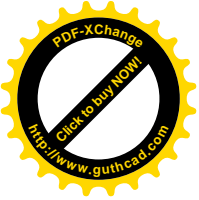
مترجمان:

دکتر مسعود رفیعی

(عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی مالک اشتر)

مهندس نغمه معتضدی

(کارشناس ارشد امنیت فناوری اطلاعات)



مدیر تولید و ناظر چاپ: حسین رعشندی

طراحی جلد و صفحه‌آرایی: همتا بیداریان

سیستم‌های اینترنت اشیا

مترجمان: دکتر مسعود رفیقی، مهندس نغمه معتضدی

ناشر: انتشارات آتی‌نگر

ناشر همکار: انتشارات وینا

چاپ اول، ۱۳۹۷

شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه

قیمت: ۱۲۰,۰۰۰ ریال

شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۶۱۰۲-۰۱-۸

ISBN: 978-622-6102-01-8

حق چاپ برای انتشارات آتی‌نگر محفوظ است.

نشانی دفتر فروش: خیابان جمالزاده جنوبی، روبه‌روی کوچه رشتچی، پلاک ۱۴۴ واحد ۱

نمابر: ۶۶۵۶۵۳۳۷

تلفن: ۸-۶۶۵۶۵۳۳۶



www.ati-negar.com * info@ati-negar.com

سرشناسه: سرپانوس، دیمیتریوس نیکولاو، Serpanos, Dimitrios -

سیستم‌های اینترنت اشیا/ نویسندگان [دیمیتریوس نیکولاو سرپانوس]؛ مترجمان: مسعود رفیقی، نغمه معتضدی

تهران: آتی‌نگر، وینا ۱۳۹۷

۱۲۰ ص: مصور، جدول، نمودار.

ISBN: 978-622-6102-01-8

فیبا.

یادداشت: عنوان اصلی کتاب: Internet-of-Things (IoT) Systems: Architectures, Algorithms, Methodologies, 2017.

موضوع: اینترنت اشیا- Internet of things -- تدابیر ایمنی Internet of things -- Security measures

موضوع: اینترنت اشیا -- کاربردهای صنعتی Internet of things -- Industrial applications

شناسه افزوده: ولف، مریلین، ۱۹۵۸ - م. Wolf, Marilyn

شناسه افزوده: رفیقی، مسعود، ۱۳۶۲ - مترجم.

شناسه افزوده: معتضدی، نغمه، ۱۳۷۲ - مترجم.

رده‌بندی کنگره

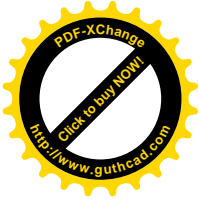
رده‌بندی دیویی

شماره کتابشناسی ملی

۱۳۹۷ ۹س ۴س/ ۵۹۱۵/ QA۷۶

۰۰۴

۵۱۴۸۱۷۸



فهرست مطالب

پیشگفتار ۷

فصل اول: چشم‌انداز اینترنت اشیا ۹

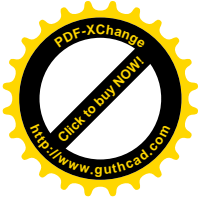
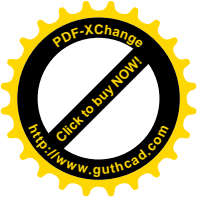
- ۱-۱ اینترنت اشیا چیست؟ ۹
- ۱-۲ کاربردها ۱۱
- ۱-۳ معماری‌ها ۱۲
- ۱-۴ شبکه‌های بی‌سیم ۱۳
- ۱-۵ دستگاه‌ها ۱۳
- ۱-۶ امنیت و حریم خصوصی ۱۴
- ۱-۷ سیستم‌های مبتنی بر رویداد ۱۴
- ۱-۸ این کتاب ۱۵
- منابع ۱۶

فصل دوم: معماری‌های سیستم اینترنت اشیا ۱۷

- ۲-۱ مقدمه ۱۷
- ۲-۲ مفاهیم پروتکل ۱۷
- ۲-۳ پروتکل‌های مبتنی بر اینترنت اشیا ۲۰
- ۲-۴ پایگاه‌های داده ۲۴
- ۲-۵ پایه‌های زمانی ۲۵
- ۲-۶ امنیت ۲۶
- منابع ۲۶

فصل سوم: دستگاه‌های اینترنت اشیا ۲۹

- ۳-۱ فضای طراحی دستگاه اینترنت اشیا ۲۹
- ۳-۲ هزینه مالکیت و مصرف انرژی ۳۰
- ۳-۳ هزینه هر ترانزیستور و اندازه‌ی تراشه ۳۱



۳۳	۳-۴ چرخه‌ی وظیفه و مصرف انرژی
۳۵	۳-۵ طراحی پلتفرم
۳۵	۳-۶ خلاصه
۳۶	منابع

۳۷

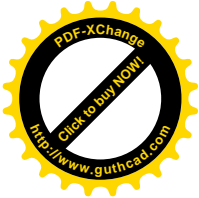
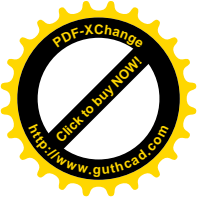
فصل چهارم: تحلیل سیستم رویدادمحور

۳۷	۴-۱ مقدمه
۳۸	۴-۲ کارهای پیشین
۳۹	۴-۳ مثال انگیزشی
۴۰	۴-۴ مدل شبکه اینترنت اشیا
۴۰	۴-۴-۱ رویدادها
۴۱	۴-۴-۲ شبکه‌ها
۴۱	۴-۴-۳ دستگاه‌ها و هاب‌ها
۴۲	۴-۴-۴ شبکه‌های تک‌هابی
۴۲	۴-۴-۵ شبکه‌های چندهابی
۴۳	۴-۴-۶ مدل‌های شبکه و شبکه‌های فیزیکی
۴۳	۴-۵ تحلیل رویداد اینترنت اشیا
۴۳	۴-۵-۱ جمعیت‌های رویدادی
۴۶	۴-۵-۲ جمعیت‌های رویدادی تصادفی
۴۸	۴-۵-۳ مدل‌سازی تعامل محیطی
۵۰	۴-۵-۴ مهاجرت و انتقال رویداد
۵۱	منابع

۵۳

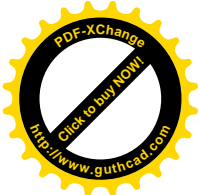
فصل پنجم: اینترنت اشیا صنعتی

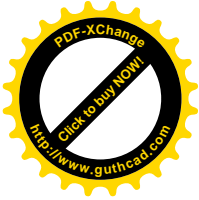
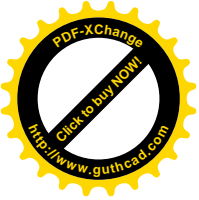
۵۳	۵-۱ مقدمه
۵۵	۵-۲ Industrie 4.0
۵۸	۵-۳ اینترنت اشیا صنعتی (IIoT)
۵۹	۵-۴ معماری اینترنت اشیا صنعتی
۶۸	۵-۵ فناوری‌های پایه
۷۰	۵-۶ کاربردها و چالش‌ها
۷۲	منابع



۷۵	۶-۱ مقدمه
۸۱	۶-۲ امنیت سیستمها
۸۳	۶-۳ امنیت شبکه
۸۶	۶-۴ امنیت کاربرد عمومی
۸۸	۶-۵ امنیت و ایمنی فرایند کاربردی
۸۹	۶-۶ کاربردهای اینترنت اشیای قابل اطمینان و امن توسط طراحی
۹۰	۶-۷ پایش زمان اجرا
۹۱	۶-۸ رویکرد ARMET
۹۶	۶-۹ حریم خصوصی و قابلیت اطمینان
۹۷	منابع

۱۰۳	۷-۱ مقدمه
۱۰۵	۷-۲ آزمایش فازی برای امنیت
۱۰۷	۷-۲-۱ Fuzzing جعبه‌ی سفید
۱۰۷	۷-۲-۲ Fuzzing جعبه‌ی سیاه
۱۰۹	۷-۳ سیستمهای شبکه کنترل صنعتی Fuzzing
۱۱۰	۷-۴ Fuzzing Modbus
۱۱۰	۷-۴-۱ پروتکل Modbus
۱۱۳	۷-۴-۲ آزمایش کننده‌ی فازی Modbus/TCP
۱۱۵	منابع

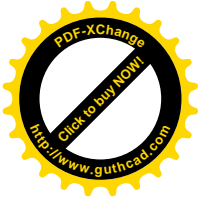
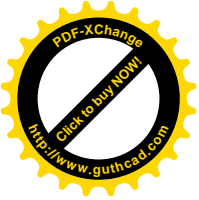




پیشگفتار

اینترنت اشیا، گام تکاملی اینترنت، زیرساختی ایجاد می‌کند که ماشین‌ها و انسان‌ها را به هم متصل می‌کند. همان‌طور که در اوایل دهه‌ی ۱۹۹۰، اینترنت عمومی شد، اولین موج بهره‌وری و استقرار آن به‌طور عمده بر تأثیر به خدمات و برنامه‌های کاربردی روزمره متمرکز شد که مدل‌های شناخته‌شده برای معاملات مالی، خرید، خبرگزاری و به اشتراک‌گذاری اطلاعات را تغییر داد. این یک انقلاب بود که طیف گسترده‌ای از خدماتی که ما آن‌ها را می‌شناختیم، دیجیتالی کرد، از بانکداری و خرید خرده‌فروشی تا ارتباطات رو-در-رو و خدمات دولتی. دو دهه‌ی اول از انقلاب اینترنت به‌شدت بر خدمات مصرف‌کننده و کسب‌وکار متمرکز بود، اما انسان-محور بود. مدل‌های کسب‌وکار جدیدی برای بانکداری، برای خرید آنلاین، ارتباطات تصویری و غیره برای مصرف‌کنندگان ظاهر شد. مدل‌های بنگاه به بنگاه و ابر به‌طور قابل‌توجهی بر کسب‌وکار تأثیر گذاشته‌اند، بخش‌های بزرگی از صنعت را که با سرعت سریع انقلاب سازگار نیستند، حذف کرده‌اند. تأثیر بر اقتصاد، شگرف شده است. در حال حاضر، به دلیل رسیدن اینترنت به خانه‌ها و محیط‌های کاری ما، بیش از دو دهه بعد، ما شاهد زندگی جدیدی خواهیم بود و آن را تجربه خواهیم کرد.

پیشرفت فناوری ارتباطی که باعث استقرار و موفقیت اینترنت در خانه و محل کار می‌شود، یک تأثیر اضافی دارد: توسعه اتصالات سطح بالا بین ماشین‌ها در محیط عملیاتی؛ ما محیط فناوری عملیاتی (OT) که دستگاه‌های فیزیکی را کنترل می‌کند، با محیط فناوری اطلاعات (IT) که در آن انسان‌ها از کامپیوترها برای کار استفاده می‌کنند، مقایسه کرده‌ایم. محیط صنعتی خودکار کنونی، فناوری‌های در حال ظهور را به‌خوبی دریافت کرده است، موارد مناسب را پذیرفته است و یک زیرساخت شبکه‌ای ایجاد کرده است که فرایندهای صنعتی بسیار تولیدکننده را فراهم می‌کند. استنتاج خود اینترنت برای دربرداشتن این فرایندها، تنها یک گام طبیعی است. به‌علاوه، مدل‌های کنترل محیط صنعتی، از دستگاه‌های هوشمند سود می‌برند - به‌عنوان مثال دستگاه‌هایی که شامل پردازش، حافظه و منابع شبکه هستند - که در محیط‌های مختلف مستقر شده‌اند، در انواع گسترده‌ای از حوزه‌های کاربردی گسترش یافته‌اند و مورد استفاده قرار گرفته‌اند. حوزه‌های کاربردی متعارف مانند حمل‌ونقل، هواپیما، تولید و توزیع انرژی، تولید و سلامت، مدل‌های کنترل مشابه را می‌پذیرند، از حسگرهای هوشمند، راه‌اندازها و دستگاه‌هایی استفاده می‌کنند که اتوماسیون کنترل را برای کاربردهای سطح بالا فراهم می‌کنند. امروزه زیرساخت‌های بحرانی کشورها، با استفاده از این فناوری‌ها اجرا می‌شوند. اینترنت



۸ | سیستم‌های اینترنت اشیا

اشیای (IoT) در حال ظهور، گام تکاملی طبیعی از انقلاب اینترنت است که از حدود سه دهه‌ی پیش آغاز شده است. این مسئله مهم است که اینترنت اشیا، در حال ساخت یک زیرساخت جهانی است که بر تمام جنبه‌های زندگی ما، از کشاورزی تا معدن، از خدمات سلامتی تا تولید و حمل‌ونقل تأثیر خواهد گذاشت. روشن است که اینترنت اشیا، زیرساختی فراهم می‌کند که انقلاب نوظهور AI بر آن آغاز خواهد شد.

این کتاب به فناوری‌های بنیادی، معماری، حوزه‌های کاربردی و جهت‌های اینترنت اشیا می‌پردازد. توسعه‌ی یک سیستم کامل اینترنت اشیا و خدمات، شامل چندین جزء است. پایه‌ی سخت‌افزاری شامل پردازنده‌های تعبیه‌شده، انواع مختلف حافظه، حسگرها، راه‌اندازها، سرورهای ابر، سیستم‌های پردازش میانی، سیستم‌های شبکه و دروازه‌ها است. پایه‌ی نرم‌افزاری شامل سیستم عامل‌ها، پایگاه داده‌ها و برنامه‌های کاربردی کنترل برای حوزه‌های کاربردی متعدد است. ترکیب اجزای سخت‌افزاری و نرم‌افزاری برای برنامه‌های کاربردی کنترل، مبنایی برای تکامل سیستم‌های فیزیکی-سایبری تشکیل می‌دهد. قابلیت‌های VLSI نقش مهمی در طراحی سیستم‌های اینترنت اشیا بازی می‌کند. عملیات رویدادمحور و توزیع‌شده، طراحی معماری‌ها و برنامه‌های کاربردی را شکل می‌دهند. پروتکل‌های تخصصی شبکه، ارتباطات کارآمد در این محیط را فراهم می‌کنند، از جمله مدل‌های ارتباطی مناسب ماشین-به-ماشین (M2M). این فناوری‌ها با محدودیت‌هایی برای محیط اینترنت اشیا پدیدار می‌شوند که به دلیل الزامات ایمنی، پاسخ‌های بی‌درنگ، عملیات کم‌مصرف و غیره، از محیط فناوری اطلاعات معمولی متفاوت هستند. امنیت، حریم خصوصی و ایمنی، به توجه خاص و تکنیک‌های ویژه نیاز دارند.

اینترنت اشیا یک زمینه با سرعت بالای تغییر است. این کتاب تصویری از وضعیت کنونی اینترنت اشیا فراهم می‌کند. ما همچنان در این زمینه کار می‌کنیم و امیدواریم به‌روزرسانی‌هایی به‌عنوان پیشرفت‌های زمینه، در این کتاب ایجاد کنیم.