اینترنت اشیا

پیشران دنیای دیجیتال

مولفان:

عمار رایس - سامر سلام

مترجمان:

محمد قیصری

(کارشناس ارشد مدیریت فناوری اطلاعات)

مریم طاهر

(کارشناس ارشد مدیریت فناوری اطلاعات)

علوم رایانه

IOT IRAN
مرکز تحقیقات اینترنت اشیا
IOT IRAN
Internet of Things

سرشناسه	:	رایس، عمار Rayes, Ammar
عنوان و نام پدیدآور	:	اینترنت اشیا: پیشران دنیای دیجیتال / مولفان عمار رایس، سامر سلام؛ مترجمان محمد قیصری، مریم طاهر.
مشخصات نشر	:	بابل: علوم رایانه، ۱۳۹۷.
مشخصات ظاهری	:	۳۶۶ ص.: مصور، جدول.
شابک	:	۹۷۸-۶۰۰-۲۰۵-۱۳۰-۱
وضعیت فهرست نویسی	:	فیپا
یادداشت	:	عنوان اصلی: .Internet of things-from hype to reality : the road to digitization
یادداشت	:	واژه نامه
موضوع	:	محاسبات ابری، Cloud computing
موضوع	:	اینترنت اشیا، Internet of things
شناسه افزوده	:	سلام، سامر
شناسه افزوده	:	Sāmir salāṃ
شناسه افزوده	:	قیصری، محمد، ۱۳۶۵ - ، مترجم
شناسه افزوده	:	طاهر، مریم، ۱۳۶۱ - ، مترجم
رده بندی کنگره	:	QA۷۶/۵۸۵/ر۲ الف ۹ ۱۳۹۷
رده بندی دیویی	:	۰۰۴/۶۷۸۲
شماره کتابشناسی ملی	:	۵۲۰۰۹۸۴

این اثر، مشمول قانون حمایت مولفان و مصنفان و هنرمندان مصوب ۱۳۴۸ است، هرکس تمام یا قسمتی از این اثر را بدون اجازه‌ی مولف (ناشر) نشر یا پخش یا عرضه کند مورد پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت.

علوم رایانه

www.olomrayaneh.net

بابل، صندوق پستی ۸۹۱-۴۷۱۳۵

تلفن : ۳۲۳۶۰۷۷۲ – ۰۱۱

اینترنت اشیا (پیشران دنیای دیجیتال)

تألیف: عمار رایس - سامر سلام

ترجمه: محمد قیصری - مریم طاهر

ویراستار: عین‌اله جعفرنژاد قمی

طراح جلد: سارا رشیدزاده

چاپ اول

بهار ۱۳۹۷

شمارگان : ۵۰۰ نسخه

قیمت: ۳۵۰۰۰ تومان

چاپ و صحافی: چاپ دیجیتال میلاد بابل

شابک : ۹۷۸-۶۰۰-۲۰۵-۱۳۰-۱

نشانی ناشر: بابل، خیابان شریعتی، مجتمع میلاد، واحد ۱۷

حروفچینی و صفحه‌آرایی : علوم رایانه

تهران، خیابان انقلاب، خیابان منیری جاوید، نبش وحید نظری ، شماره ۱۴۲ - تلفکس : ۶۶۴۰۰۲۲۰ – ۶۶۴۰۰۱۴۴

IOT IRAN
Internet of Things

فهرست مطالب

فصل اول : مروری بر اینترنت اشیا

۱-۱ . اینترنت اشیا (IoT) چیست؟ ۱۸
۱-۲. چارچوب مرجع اینترنت اشیا ۲۴
۱-۳. چرا هم‌اکنون؟ ۱۲ فاکتور برای یک طوفان بزرگ ۲۵
۱-۴. تاریخچه‌ی اینترنت ۴۶
۱-۵. خلاصه ۴۹
۱-۶. مسائل و تمرین‌ها ۴۹
منابع ۵۱

فصل دوم : اینترنت در اینترنت اشیا- OSI، TCP/IP، IPv4، IPv6 و مسیریابی اینترنت

۲-۱. مدل OSI ۵۵
۲-۲. دیدگاه انتها به انتها در مدل OSI ۵۸
۲-۳. پروتکل کنترل انتقال/پروتکل اینترنت (TCP/IP) ۵۹
۲-۴. سطوح شبکه‌ی اینترنت اشیا- همه را کنار هم بگذار ۶۵
۲-۵. مجموعه پروتکل اینترنت ۶۶
۲-۶. خلاصه ۷۷
۲-۷. مسائل و تمرین‌ها ۷۷
۲-۸. منابع ۷۸

فصل سوم : اشیا در اینترنت اشیا: حسگرها و محرک‌ها

۳-۱. معرفی ۸۰
۳-۲. حسگرهای اینترنت اشیا ۸۱
۳-۳. شناساگر فرکانس رادیویی یا RFID ۹۱
۳-۴. ردیابی ویدئویی ۹۴
۳-۵. محرک‌های اینترنت اشیا ۹۶
۳-۶. چگونه اشیا در اینترنت اشیا شناسایی می‌شوند؟ ۹۸
۳-۷. خلاصه ۹۸
۳-۸. مسائل و تمرین‌ها ۹۹
منابع ۱۰۱

فصل چهارم : الزامات پروتکل‌های شبکه در اینترنت اشیا

۴-۱. پشتیبانی از دستگاه‌های محدود ۱۰۴
۴-۲. مقیاس‌پذیری عظیم ۱۰۶
۴-۳. قطعیت ۱۰۹

IOT IRAN
Internet of Things
مرکز تحقیقات اینترنت اشیا

۴-۴. امنیت و حریم خصوصی ۱۱۱
۴-۵. سازگاری برنامه‌های کاربردی ۱۱۳
۴-۶. خلاصه ۱۱۶
۴-۷. مسائل و تمرین‌ها ۱۱۷
منابع ۱۱۸

فصل پنجم : پشته پروتکل اینترنت اشیا: دیدگاه لایه‌ای

۵-۱. لایه پیوند ۱۲۰
۵-۲. لایه‌ی اینترنت ۱۳۷
۵-۳. لایه‌ی پروتکل‌های کاربرد ۱۴۶
۵-۴. لایه‌ی خدمات کاربردی ۱۵۷
۵-۵. خلاصه ۱۶۷
۵-۶. مسائل و تمرین‌ها ۱۶۷
منابع ۱۶۹

فصل ششم : رایانش مه

۶-۱. تعریف رایانش مه ۱۷۱
۶-۲. محرک‌های مه ۱۷۱
۶-۳. ویژگی‌های مه ۱۷۴
۶-۴. فناوری‌ها و پیش‌نیازها ۱۷۵
۶-۵. خلاصه ۱۹۵
۶-۶. مسائل و تمرین‌ها ۱۹۵
۶-۷. منابع ۱۹۸

فصل هفتم : پلتفرم خدمات اینترنت اشیا: عملکردها و الزامات

۷-۱. توابع پلتفرم خدمات اینترنت اشیا ۲۰۳
۷-۲. مدیریت پلتفرم اینترنت اشیا ۲۰۴
۷-۳. کشف: موجودیت‌ها، خدمات و موقعیت مکانی ۲۰۵
۷-۴. مدیریت ارتباطات ۲۰۹
۷-۵. انبار و مدیریت داده ۲۱۰
۷-۶. مدیریت عناصر (مدیریت دستگاه‌های اینترنت اشیا و عناصر شبکه) ۲۱۱
۷-۷. مدیریت میان‌افزار ۲۲۲
۷-۸. مدیریت توپولوژی ۲۲۳
۷-۹. مدیریت گروه ۲۲۴
۷-۱۰. محاسبه و صدور صورت‌حساب ۲۲۵
۷-۱۱. مدیر اطلاع‌رسانی و اشتراک ۲۲۶
۷-۱۲. مدیریت API ۲۲۷
۷-۱۳. خلاصه ۲۲۷
۷-۱۴. مسائل و تمرین‌ها ۲۲۸
منابع ۲۳۰

IOT IRAN
Internet of Things
مرکز تخصصی اینترنت اشیا

فصل هشتم : امنیت و حریم خصوصی اینترنت اشیا

۸-۱. مقدمه ۲۳۳
۸-۲. چالش‌های امنیتی اینترنت اشیا ۲۳۵
۸-۳. الزامات امنیتی اینترنت اشیا ۲۳۷
۸-۴. معماری سه حوزه‌ی اینترنت اشیا ۲۳۷
۸-۵. حملات حوزه‌ی آبر و اقدامات متقابل ۲۳۹
۸-۶. حملات حوزه‌ی مه و اقدامات متقابل ۲۴۹
۸-۷. حملات حوزه‌ی حسی و اقدامات متقابل ۲۵۲
۸-۸. خلاصه و رهنمودهای آتی ۲۶۰
۸-۹. مسائل و تمرین‌ها ۲۶۱
منابع ۲۶۲

فصل نهم : کاربردها و اکوسیستم‌های متصل اینترنت اشیا

۹-۱. کاربردهای اینترنت اشیا ۲۶۷
۹-۲. مدل سرویس اینترنت اشیا - همه چیز به عنوان سرویس ۲۷۸
۹-۳. توانمندسازی «همه چیز به‌عنوان سرویس» ۲۸۴
۹-۴. اکوسیستم‌های متصل ۲۸۸
۹-۵. خلاصه ۲۹۵
۹-۶. مسائل و تمرین‌ها ۲۹۵
منابع ۲۹۸

فصل دهم : سازمان‌های صنعتی و چشم‌انداز استانداردها

۱۰-۱. بررسی اجمالی ۳۰۱
۱۰-۲. IEEE (انجمن مهندسین برق و الکترونیک) ۳۰۲
۱۰-۳. IETF ۳۰۵
۱۰-۴. ITU ۳۰۹
۱۰-۵. اتحادیه‌ی IPSO ۳۱۰
۱۰-۶. OCF ۳۱۱
۱۰-۷. IIC ۳۱۱
۱۰-۸. ETSI ۳۱۲
۱۰-۹. oneM2M ۳۱۲
۱۰-۱۰. گروه AllSeen ۳۱۳
۱۰-۱۱. گروه Thread ۳۱۳
۱۰-۱۲. گروه ZigBee ۳۱۳
۱۰-۱۳. TIA ۳۱۴
۱۰-۱۴. گروه Z-Wave ۳۱۴
۱۰-۱۵. OASIS ۳۱۵
۱۰-۱۶. اتحادیه LoRa ۳۱۵
۱۰-۱۷. شکاف‌ها و پیشرفت استانداردها ۳۱۶

IOT IRAN
مرکز تحقیقات اینترنت اشیا
IOT IRAN Internet of Things

۱۰-۱۸. خلاصه ۳۱۷
۱۰-۱۹. مسائل و تمرین‌ها ۳۱۷
منابع ۳۱۸

فصل یازدهم : نقش راه‌حل‌های منبع باز در اینترنت اشیا

۱۱-۱. تحول راه‌حل منبع‌باز ۳۲۰
۱۱-۲. چرا سیستم‌های منبع‌باز؟ ۳۲۲
۱۱-۳. راه‌حل‌های منبع‌باز در مقابل استانداردها ۳۲۵
۱۱-۴. همکاری سیستم‌های منبع‌باز با استانداردها ۳۲۶
۱۱-۵. نگاهی به فعالیت راه‌حل‌های منبع‌باز در اینترنت اشیا ۳۲۷
۱۱-۶. نتیجه‌گیری ۳۳۲
۱۱-۷. مسائل و تمرین‌ها ۳۳۲
منابع ۳۳۳

واژه‌نامه ۳۳۵

IOT IRAN
مرکز تحقیقات اینترنت اشیا

پیش‌گفتار ۱

در کالیفرنیا، تنها چند ماه پس از آن‌که برای اولین بار دو نفر قدم به ماه گذاشتند، دو کامپیوتر با استفاده از پروتکل‌هایی که برای اتصال آسان کامپیوترها به یکدیگر طراحی شده بودند، شروع به ارسال پیام به یکدیگر کردند. در ۲۹ اکتبر ۱۹۶۹ یک کامپیوتر در آزمایشگاه لئونارد کلاینروک[1] در UCLA و کامپیوتر دیگری در آزمایشگاه دوگ اینگلبرت[2] در SRI، اولین دو گره‌ای[3] را تشکیل دادند که بعدها با نام اینترنت خوانده شد. در دسامبر ۱۹۷۴، وینت سرف[4] به همراه دو همکار خود، اصطلاح اینترنت را به عنوان نسخه‌ی کوتاهی از کار با اینترنت به کار گرفتند. مدت زمان زیادی طول نکشید که کامپیوترها و لوازم جانبی آن‌ها از قبیل شبکه‌های کامپیوتری و حتی تجهیزات صنعتی به یکدیگر متصل شدند و شروع به برقراری ارتباط از طریق پیام، از جمله اشتراک‌گذاری اطلاعات حسگرها و دستورالعمل‌های کنترل از راه دور نمودند. در اوایل سال ۱۹۸۲، اولین دستگاه متصل به اینترنت، یک دستگاه نوشابه درCMU بود که داستان آن به همراه تجهیزات اتصالش با ارسال گسترده از طریق یک پست الکترونیکی، در جهان به اشتراک گذاشته شد. در سال ۱۹۹۱، برای مارک وایزر[5] روشن بود که هر روز چیزهای بیشتری، از جمله تلفن‌های همراه، اتومبیل‌ها، دستگیره‌های درب و حتی روزی لباس‌ها نیز به سیستم کامپیوتری مجهز می‌شوند [۳]. امروزه، سفینه‌های فضایی در مأموریت‌های خود به دیگر سیارات و فضاهای فراتر از منظومه‌ی شمسی برای اتصال دستگاه‌های خود از اینترنت استفاده می‌کنند. حتی برخی از مهندسان ناسا، از فضا به میلیون‌ها طرفدار خود بر روی زمین، در خصوص پیشرفت پروژه‌ی خود، توئیت ارسال می‌کنند.

اینترنت اشیا[6] (که همچنین به عنوان اینترنت همه‌چیز[7] شناخته می‌شود) امروزه به سرعت در حال رشد است. در حقیقت، اینترنت اشیا (IoT) اساس چهارمین انقلاب صنعتی و تحول دیجیتالی کسب‌وکار و جامعه را تشکیل می‌دهد [۱]. اولین انقلاب صنعتی، مربوط به اختراع موتور بخار به عنوان ماشین مرکزی بود، همچنین در انقلاب دوم، ماشین‌آلات تولید انبوه و در انقلاب سوم نیز ماشین‌آلات کامپیوتری ایجاد شدند. در چهارمین انقلاب (امروزه) شاهد تولید ماشین‌آلات و اشیای متصل، از جمله اطلاعات مربوط به مواد و انرژی مصرفی در داخل و خارج از یک سیستم سایبر فیزیکی متصل جهانی[8] هستیم که سطح این ابزار و اتصالات، زیرساختی را برای افزایش هوشمندی شامل محاسبات شناختی[9] پیوسته، ایجاد می‌کند.

چرا اینترنت اشیا همچنان به سرعت در حال رشد است؟ محرک‌های اجتماعی و تجاری رشد سریع آن کدام‌اند؟ ارتباط آن با اینترنت چگونه است؟ چه نوع اشیایی آن را تشکیل می‌دهند؟ و پروتکل‌های اساسی و جدیدی که امروزه استفاده می‌شوند کدام‌اند؟ چگونه لایه‌های خاص پروتکل اینترنت اشیا با یکدیگر در ارتباط هستند؟ لایه‌ی مه[10] چیست؟ لایه‌ی پلتفرم خدمات[11] چیست؟ چالش‌های امنیت اطلاعات و حریم خصوصی چگونه برطرف می‌شوند؟ پیامدهای اقتصادی و تجاری اینترنت اشیا چیست و چه اکوسیستم‌های جدیدی در حال شکل گرفتن هستند؟ مهم‌ترین استانداردهای باز در ارتباط با این تکنولوژی کدام‌اند و چگونه تکامل می‌یابند؟

---

1. Leonard Kleinrock 2. Doug Engelbart 3. Node 4. Vint Cerf 5. Mark Weiser
6. Internet of Things 7. Internet of Everything 8. Globally interconnected cyber-physical system
9. Cognitive computing 10. Fog layer 11. Services platform layer

در این کتاب از طریق پاسخ به سؤالات فوق، خوانندگان را در جهت شناخت بهتری از اینترنت اشیا راهنمایی می‌کنیم و اساتید می‌توانند پرسش‌ها و پاسخ‌های صحیح را در پایان هر فصل مشاهده نمایند که برای مرور و بررسی موضوعات بحث در کلاس درس مناسب هستند. علاوه‌براین، محتویات این کتاب می‌تواند توسط مهندسان و تکنسین‌های فنی جهت به دست آوردن درک فنی عمیق از اینترنت اشیا و همچنین توسط مدیران و راهبران کسب‌وکار برای به دست آوردن توان رقابتی و درک فرصت‌های نوآوری در آینده استفاده شود. بخش سیستم‌های اطلاعاتی مراکز آموزشی مدیریتی، مهندسی و یا علوم کامپیوتری، رویکرد این کتاب درسی را به عنوان یک منبع اصلی یا ثانویه دوره‌ی آموزشی مناسب خواهند دید.

منابع:

1. **J. Lee, H.A. Kao, S. Yang, Service innovation and smart analytics for industry 4.0 and big data environment. Procedia CIRP. 16,3–8 (2014).**
2. **B.M. Leiner et al. A brief history of the Internet. ACM SIGCOMM Computer Communication Review. 39(5), 22–31 (2009)**
3. **M. Weiser, The computer for the 21st century, vol. 265(3) (Scientific American, USA, 1991), pp. 94–104**

IOT IRAN
مرکز تحقیقات اینترنت اشیا

پیش‌گفتار ۲

اینترنت اشیا (IoT) سال‌هاست که در حال تکامل است و در واقع، در طول چندین دهه، این فناوری به معنای استفاده از دستگاه‌های حسگر جهت جمع‌آوری و سپس انتقال داده‌ها به برنامه‌های کاربردی در یک شبکه، به کار رفته است. برای مثال، در حال حاضر، سیستم‌های کنترل منطقی قابل برنامه‌ریزی (PLC)، امکان جمع‌آوری داده‌ها و کنترل عملگرها از راه دور را با استفاده از توپولوژی‌ها و پروتکل‌های تخصصی شبکه فراهم می‌کنند. حتی با این‌که این تنظیمات، محدودکننده و نسبتاً گران هستند اما در بسیاری از مناطق صنعتی به طور گسترده استفاده می‌شوند. در این خلال، محققان دانشگاهی مطالعات و پژوهش‌هایی را در خصوص استفاده از شبکه حسگرها برای کاربردهای مختلف انجام داده‌اند.

به هر حال، ادامه‌ی روند تغییرات در بازار و تکنولوژی در دهه‌ی گذشته به طور چشمگیری ارزش حسگرها و محرک‌های متصل را تغییر داده و به عبارتی، ترکیبی از سخت‌افزار کم‌هزینه و تکنولوژی‌های شبکه پرسرعت - سیمی و بی‌سیم - نسل جدیدی از دستگاه‌های حسگر فشرده را با قابلیت اتصال در هر مکان در سراسر اینترنت امکان‌پذیر کرده است. این سیستم‌ها، جمع‌آوری و به اشتراک‌گذاری داده‌ها در زمان واقعی را تسهیل کرده و ظهور بی‌سابقه‌ای از کنترل دارایی‌ها، کارکنان، عملیات و فرآیندها را فراهم می‌نماید.

استفاده‌ی بیشتر از امکانات رایانشی و ذخیره‌سازی مبتنی بر ابر، قابلیت‌های پیشرفته‌تری از تجزیه و تحلیل داده‌ها را در عصر جدیدی از تصمیم‌گیری هوشمند، کنترل و اتوماسیون، ارائه می‌کند که به طور گسترده، این پارادایم‌های جدید با عنوان اینترنت اشیا (IoT) نام‌گذاری شده‌اند.

در حقیقت، هیجان قابل‌ملاحظه‌ای و شاید حتی بتوان گفت یک وابستگی با اینترنت اشیا همراه شده است. با این حال، از آن‌جا که پیشرفت‌های تکنولوژی و محرک‌های کسب‌وکار از این‌جا شروع به هم‌تراز شدن با یکدیگر نموده‌اند، پارادایم‌های مرتبط نیز در نقطه‌ی عطف رشد اقتصادی قرار می‌گیرند. به عنوان مثال، در حال حاضر، طیف گسترده‌ای از کسب‌وکارها و مأموریت سیستم‌های حیاتی اینترنت اشیا در بازارهای گوناگون، از جمله نظامی، انرژی، حمل و نقل، زیرساخت‌های شهری، مراقبت‌های بهداشتی، اتوماسیون خانگی، امنیت و کشاورزی گسترش یافته است. همچنین سرویس‌های جدید رایانش مه[1] و ابر نیز جهت عملی نمودن بهبود بهره‌وری کسب‌وکار، کاهش هزینه و ریسک در حال ظهور هستند. همان‌طور که این مدل‌های کسب‌وکار جدید شروع به توسعه نموده‌اند، شانس رشد بازار اینترنت اشیا افزایش یافته و پیش‌بینی می‌شود که در دهه‌ی آتی به تریلیون‌ها دلار برسد.

با توجه به موارد فوق، این کتاب، یک نگاه بسیار دقیق و جامع از اکوسیستم اینترنت اشیا را ارائه می‌دهد. این کتاب با معرفی بعضی از تعاریف مهم و مرور نقش‌آفرینان کلیدی بازار در رشد فناوری اینترنت اشیا، آغاز می‌شود و سپس در ادامه بلوک‌های اساسی ساختار آن از جمله سیستم‌های شبکه و فناوری‌های حسگر را ارائه می‌دهد. مهم‌تر از همه، چالش‌ها و الزامات شبکه اختصاصی اینترنت اشیا از جمله محدودیت‌های دستگاه‌ها، تشخیص هویت، لزوم عملکرد، امنیت و قابلیت همکاری مورد بررسی قرار می‌گیرند. پس از آن،

1. Fog computing services

ظهور پشته‌های پروتکل اینترنت اشیا به طور دقیق با موضوعاتی مانند لایه‌بندی، مسیریابی و آدرس‌دهی توضیح داده شده و انواع اصلی فناوری‌های سنجش نیز همراه با دستگاه‌های کنترل بررسی می‌گردند. توجه داشته باشید که قسمت اول این کتاب، بر مفاهیم و چارچوب‌های اصلی اینترنت اشیا تمرکز دارد و بعد از آن روش‌های خاص بیشتری برای صنعت و کاربردها ارائه می‌شود.

در بخش اول کتاب، موضوعات گسترده‌ای در رابطه با مدیریت داده‌های هوشمند و کنترل در اینترنت اشیا مطرح می‌گردد. به عبارت دیگر، در ابتدا پلتفرم رایانش مه توزیع‌شده، شامل محرک‌های بازار، پیش‌نیازها و فناوری‌های مهم در این زمینه تعریف می‌شود و همچنین مفهوم حیاتی پلتفرم سرویس اینترنت اشیا که به موضوعاتی نظیر استقرار، تنظیم، نظارت و عیب‌یابی می‌پردازد، تشریح می‌گردد. سپس به نگرانی‌های امنیتی و مسائل مربوط به حفظ حریم خصوصی، با دسته‌بندی انواع سناریوهای تهدید و مشخص کردن اقدامات مؤثر در این فناوری اشاره شده و چند طرح موفق در دنیا را نیز معرفی می‌کند.

بخش دوم کتاب به برخی از جنبه‌های کسب‌وکار فناوری اینترنت اشیا می‌پردازد که شامل نگاهی دقیق به بازارهای عمودی در حال ظهور، اکوسیستم‌ها و همکاری‌های آن‌ها در بخش‌هایی از قبیل انرژی، صنعت، خرده‌فروشی، حمل‌ونقل، مالی، مراقبت‌های بهداشتی و کشاورزی است. نمونه‌هایی از کسب‌وکارها نیز جهت نشان دادن گره خوردن صنعت با مفاهیم و چارچوب‌های تعمیم‌یافته اینترنت اشیا عنوان شده است و در آخر نیز نقش حیاتی و تلاش سازمان‌های استانداردسازی اینترنت اشیا همراه با نگاه به برخی از ابتکارات مهم منبع‌باز بررسی می‌شود.

به طور خلاصه، این کتاب، یک مطالعه‌ی بسیار دقیق در فضای اینترنت اشیا ارائه کرده و توازن بسیار خوبی بین تمرکز مهندسی/تکنولوژی و زمینه‌ی کسب‌وکار ایجاد می‌نماید. بدین ترتیب، این متن به هر کس که علاقه‌مند به پیشرفت سریع در این زمینه است توصیه می‌شود و موجب جذب گسترده‌ی بخش وسیعی از خوانندگان، ازجمله متخصصان مهندسی، تحلیل‌گران کسب‌وکار، دانشجویان و استادان می‌شود. علاوه‌براین، در انتهای هر فصل یک مجموعه‌ی جامع از سؤالات تعریف‌شده که به خوانندگان اجازه می‌دهد تا دانش خود را در مورد آن موضوع بیازمایند (و راهنمای پاسخ نیز در دسترس است) و به همین ترتیب، یک مجموعه‌ی ایده‌آل از محتوا برای دوره‌های جدید دانشگاهی با تمرکز بر فناوری اینترنت اشیا در مهندسی و کسب‌وکار فراهم می‌کند.

Prof. Nasir Ghani
Department of Electrical Engineering
Florida Center for Cybersecurity (FC2)
University of South Florida, Tampa, FL, USA

IOT IRAN
مرکز تحقیقات اینترنت اشیا

مقدمه

تقریباً فناوری در حال تبدیل‌شدن به همه‌چیز در زندگی ما است و اگر به اطراف خود نگاه کنید، خواهید دید که اینترنت به طور کامل از طریق (گوشی‌ها، لوازم و اتومبیل‌های هوشمند) بر بسیاری از جنبه‌های زندگی ما تأثیر گذاشته است. اکنون هر چیزی که می‌خواهید را می‌توانید فوراً، با فشار یک دکمه سفارش داده و در عرض چند روز یا چند دقیقه، تحویل بگیرید.

امروزه، تولیدکنندگان، حسگرهای کوچکی را به طور موثر در هر وسیله‌ای که ساخته می‌شود نصب می‌کنند و از اینترنت و رایانش ابری برای اتصال چنین دستگاه‌هایی به مراکز داده جهت جمع‌آوری اطلاعات حیاتی استفاده می‌نمایند. با اتصال اشیا به فناوری ابر و ایجاد امکان تحرک‌پذیری[1]، داده‌های کسب‌شده می‌توانند در هر مکان و هر زمانی به اشتراک گذاشته شوند. پس از آن، داده‌ها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته تا بتوانند برای کسب‌وکارها و مصرف‌کنندگان خود ارزش‌هایی را که تنها تا یک دهه قبل برای آن‌ها غیر قابل دسترس بود، فراهم کنند.

تا این لحظه، اطلاعاتی که به دست آمده‌اند در مورد موقعیت و مکان خدمات هستند. علاوه‌براین، کسب‌وکارها از حسگرها برای جمع‌آوری داده‌های مهم کاری در سراسر فرآیند کسب‌وکار خود استفاده می‌کنند که بدین‌ترتیب می‌توانند به صورت بلادرنگ نگاهی به مکان، حرکت، وضعیت دارایی‌ها، افراد و معاملات خود داشته و تصمیمات هوشمندانه‌تری بگیرند. همان‌طور که اشیای بیشتری با حسگرها تجهیز شده و توانایی برقراری ارتباط را پیدا می‌کنند، مدل‌های جدید کسب‌وکار نیز در سراسر صنعت ایجاد می‌شوند. این مدل‌ها برای بهبود فرآیندهای کسب‌وکار، کاهش هزینه‌ها، خطرات و از همه مهم‌تر ایجاد فرصت‌های بزرگ در جهت تغییر ظاهر و سرعت کار پیشنهاد می‌گردند. کارشناسان معتقدند که اینترنت اشیا در دهه‌های آتی فراتر از به رسمیت شناخته‌شدن رفته و تحولی عمیق در کسب‌وکار ایجاد می‌کند.

دلیل اصلی موفقیت اینترنت و یکی از اصول پایه‌ی آن، حضور یک لایه پروتکل مشترک[2] به نام لایه‌ی IP است که تعداد زیادی از برنامه‌ها (مانند ایمیل، وب، صدا و ویدئو) را بر روی برخی رسانه‌های انتقال (مانند اترنت[3]، WiFi و شبکه‌ی سلولی[4]) استانداردسازی می‌کند. در ظاهر، اینترنت را می‌توان به شکل یک ساعت شنی[5] در نظر گرفت که IP به عنوان کمر باریک این ساعت شنی در میان آن قرار گرفته است. این مدل توانسته است تاکنون و به خصوص در طی سه دهه‌ی گذشته که قابلیت اتصال افزایش یافت و شبکه‌ها در سراسر جهان به هم متصل شدند، به خوبی عمل کند. هنگامی که اینترنت به اینترنت اشیا تبدیل می‌شود، تمرکز از اتصالات به داده‌ها تغییر می‌یابد. همان‌طور که در بالا بحث شد، اینترنت اشیا عمدتاً در مورد داده‌ها و کسب درک عملی از آن‌هاست و از دیدگاه فناوری، این مفهوم می‌تواند با فراهم شدن قابلیت دسترسی به پروتکل‌های شبکه، برطرف کردن محدودیت‌های دستگاه‌های جدید اینترنت اشیا و از همه مهم‌تر با در دسترس بودن رابط‌های استاندارد و مکانیزم‌های سرویس‌های کاربردی[6] از قبیل دسترسی به داده، ذخیره‌سازی، تجزیه و تحلیل و مدیریت آن، به دست آید. حال سؤال این است که چگونه می‌توان این فناوری را به ساعت شنی بدل

1. Mobility 2. Common 3. Ethernet 4. Cellular 5. Hourglass 6. Application services

کرد؟ برای این کار حداقل، کمر باریک دومی مورد نیاز است که یک لایه‌ی نرمال‌سازی مشترک را برای سرویس‌های کاربردی فراهم آورد.

حرکت به سمت اینترنت اشیای مبتنی بر استانداردها شروع خوبی در این فناوری محسوب می‌شود و این صنعت پیشرفت‌های قابل توجهی در راستای همگرایی با پروتکل اینترنت، به عنوان مبنایی مشترک داشته است. استانداردهای چندگانه، یا مشخص شده‌اند و یا در حال تعیین شدن هستند تا نیاز اتصال "اشیا" به اینترنت را برطرف کنند. بااین‌حال، بسیاری از شکاف‌ها به خصوص در رابطه با قابلیت همکاری کاربردی، رابط‌های[1] قابل برنامه‌ریزی مشترک و معانی داده‌ها، در جای خود باقی خواهد ماند. در خصوص این‌که چگونه اینترنت اشیا در دهه‌های آینده انعطاف می‌یابد و به ساعت شنی IP شکل می‌دهد، باید گفت که ما به عنوان مهندسان، توسعه‌دهندگان، محققان، راهبران کسب‌وکار و مصرف‌کنندگان این انعطاف‌پذیری و تغییر را ایجاد خواهیم کرد.

در این کتاب، ما تصمیم گرفتیم که مفاهیم و چارچوب اینترنت اشیا (IoT) را در فصل‌های اول معرفی کنیم و از نمایش نمونه‌هایی از به‌کارگیری آن مفاهیم در یک صنعت خاص یا یک سیستم مشخص، اجتناب کنیم و در فصل‌های آخر، نمونه‌هایی را ارائه می‌دهیم که نشان می‌دهد مفاهیم و چارچوب‌های این فناوری که در فصل‌های قبلی بیان گردیده، چگونه با صنعت پیوند خورده است.

بنابراین، تمرکز ما بر بیان مفاهیم اصلی اینترنت اشیا است و سعی داریم شکاف‌های عمده‌ای را که باید به منظور عبور از مرحله‌ی فرا واقعیت[2] به واقعیت محض برطرف گردد را شناسایی کنیم. ما همچنین بر روی ارائه‌ی دانش اساسی موردنیاز جهت درک جهان گسترده‌ی اینترنت اشیا و به‌کارگیری دانش آن در توسعه و ارائه‌ی راه‌حل‌های مختلف، به جای ارائه‌ی راه‌حل خاص برای مشکلات خاص تمرکز داریم و علاوه بر آن، نمونه‌هایی که اجرا و کاربرد عملی مفاهیم انتزاعی را نشان می‌دهد، با جزئیات ارائه می‌دهیم. در نهایت، در پایان هر فصل، به مشکلات کسب‌وکار و مهندسی با ارائه‌ی راهنمایی‌های دقیق پاسخ می‌دهیم.

در این قسمت، فصول کتاب بر اساس محتویات آن آورده شده است. فصل ۱ اصول اینترنت اشیا و تعریفی جامع از آن را ارائه می‌دهد. این فصل چارچوبی برای نظارت و کنترل اشیا در هر نقطه از جهان فراهم می‌کند و توجیهات تجاری را در این خصوص که چرا این نظارت و کنترل اشیا برای شرکت‌ها و مؤسسات مهم است را شرح می‌دهد. سپس ۱۲ عامل که اینترنت اشیا را به یک واقعیت کنونی تبدیل می‌سازد را معرفی می‌کند.

این ۱۲ عامل شامل (۱) همگرایی فناوری اطلاعات[3] و تکنولوژی عملیاتی[4] (۲) خلق کسب‌وکار مبتنی بر اینترنت با اشاره به اوبر[5]، ایربی‌ان‌بی[6]، اسکوئر[7]، آمازون[8]، تسلا[9] و خودروهای بدون راننده[10] (۳) تحول عظیم دستگاه‌های تلفن همراه، (۴) تحول عظیم شبکه‌ی اجتماعی، (۵) تجزیه و تحلیل در لبه، (۶) رایانش ابری و مجازی‌سازی، (۷) تحول عظیم تکنولوژی، (۸) همگرایی/تبدیل دیجیتال، (۹) رابط‌های کاربری پیشرفته (۱۰) نرخ سریع تطابق فناوری اینترنت اشیا (پنج برابر بیشتر از برق و تلفن)، (۱۱) افزایش الزامات امنیتی و (۱۲) قانون مور بدون توقف[11] است و در بخش آخر نیز تاریخچه‌ی دقیقی از اینترنت بیان می‌شود.

1. Interfaces 2. hype 3. IT 4. OT 5. Uber 6. Airbnb 7. Square 8. Amazon
9. Tesla 10. Self-driving cars 11. None-stop Moore's law

فصل ۲ "اینترنت" در "اینترنت اشیا" را توصیف می‌کند. این قسمت با خلاصه‌ای از لایه‌های مدل مرجع (OSI) آغاز شده و سپس مدل TCP/IP را تشریح می‌کند که پایه و اساس اینترنت است. این مدل دارای دو مزیت بزرگ در مقایسه با دیگر پروتکل‌های شبکه‌ی قبلی است: (۱) قابلیت اطمینان، (۲) انعطاف‌پذیری جهت توسعه. در ابتدا، پروتکل TCP/IP برای حفظ قابلیت اطمینان برای ارتش ایالات‌متحده (مقاومت در برابر خرابی خطوط ارتباطی در زمان جنگ) طراحی شده بود و اینک رشد چشمگیر برنامه‌های کاربردی اینترنت را می‌توان به این مدل قابل ارتقا و قابل اعتماد نسبت داد.

سپس این فصل، با توجه به رشد تعداد دستگاه‌های متصل به ۲۶/۳ میلیارد دستگاه در فناوری اینترنت اشیا، نسخه‌ی ۴ آدرس‌های IP را با نمایش محدودیت‌های آن، با نسخه‌ی ۶ مقایسه می‌کند. نسخه‌ی ۴، حدود ۴/۳ میلیارد دستگاه را می‌تواند آدرس‌دهی کند، درحالی‌که نسخه‌ی ۶ با فضای آدرس ۱۲۸ بیتی، دارای 2^{128} یا ۳۴۰ تریلیون تریلیون تریلیون آدرس است. در نهایت، شرح مفصلی از مسیریابی شبکه‌ی اینترنت اشیا که شامل پروتکل‌های مسیریابی داخلی و خارجی می‌شود، ارائه شده و آن را با پروتکل‌های مسیریابی کلاس‌بندی شده مقایسه می‌کند.

فصل ۳ به "اشیا" در فناوری اینترنت اشیا می‌پردازد و نیازهای کلیدی اشیا برای برقراری ارتباط در اینترنت شامل حس کردن و آدرس‌دهی را شرح می‌دهد زیرا که حس کردن برای شناسایی و جمع‌آوری پارامترهای کلیدی جهت تجزیه و تحلیل و آدرس‌دهی برای شناسایی منحصربه‌فرد "اشیا" در اینترنت ضروری است. با وجود این‌که حسگرها در جمع‌آوری اطلاعات کلیدی جهت نظارت و تشخیص "اشیا" بسیار حیاتی هستند، معمولاً قابلیت کنترل یا تعمیر این «اشیا» در مواقع ضروری را ندارند. این فصل به این پرسش پاسخ می‌دهد که اگر اشیا نمی‌توانند کنترل شوند، چرا هزینه‌ی زیادی صرف "حس کردن" آن‌ها می‌گردد؟ در ادامه این فصل نشان می‌دهد که محرک‌ها[1] در پاسخ به این سؤال مهم مورداستفاده قرار می‌گیرند و با توجه به این، الزامات کلیدی "اشیا" در اینترنت اشیا شامل موارد حس کردن، فعال کردن و شناسایی منحصربه‌فرد می‌شود. در نهایت، این فصل، فناوری‌های اصلی سنجش شامل حسگرهای فیزیکی، RFID و ردیابی ویدئویی را شناسایی کرده و مزایا و معایب این راه‌حل‌ها را مورد بحث قرار می‌دهد.

فصل ۴ الزامات اینترنت اشیا که پروتکل‌های شبکه را تحت تأثیر قرار می‌دهد را تشریح می‌کند و مفهوم دستگاه‌های محدودشده[2] که انتظار می‌رود تعداد قابل‌توجهی از دستگاه‌های جدید متصل به اینترنت در فناوری اینترنت اشیا را شامل شوند، معرفی می‌کند. این دستگاه‌ها شامل دستگاه‌هایی با قابلیت‌های محاسباتی و قدرت محدود هستند که ازاین‌رو ملاحظات خاصی به طراحی پروتکل‌های شبکه‌ی قدیمی که برای کامپیوترهای متصل قدرتمند ساخته شده بودند را تحمیل می‌کنند. این فصل سپس تأثیر مقیاس‌پذیری عظیم اینترنت اشیا در آدرس‌دهی دستگاه‌ها با توجه به محدودیت‌های آدرس‌های IP نسخه‌ی ۴، مدیریت اعتبار و نحوه‌ی حرکت به سمت یک مدل سبک‌وزن با درک پایین[3]، سطح کنترل شبکه به عنوان تابعی از تعداد گره‌ها در شبکه و طیف شبکه‌ی بی‌سیم که میلیاردها دستگاه بی‌سیم در اینترنت اشیا برای اتصال به آن رقابت خواهند کرد را نشان می‌دهد.

در ادامه الزامات ضروری برای تشخیص تأخیر و بحران شبکه به عنوان مجوزی برای اجرای برنامه‌های کنترلی اینترنت اشیا در زمان واقعی، از قبیل اتوماسیون کارخانه و سیستم‌های کنترل خودرو مطرح شده و با

1. Actuators 2. Constrained devices 3. Low-touch lightweight model

IOT IRAN Internet of Things

یک مرور کلی از الزامات امنیتی اینترنت اشیا دنبال می‌گردد. سپس، به الزامات مربوط به قابلیت همکاری کاربردی با تمرکز بر ضرورت تعریف چکیده‌های استاندارد و رابط‌های برنامه‌ریزی کاربردی[1] (API) برای برنامه‌ها، دستگاه‌ها و مدیریت داده‌ها و همچنین نیاز به قابلیت همگام‌سازی معنایی برای اطمینان از این‌که تمام موجودیت‌های اینترنت اشیا می‌توانند داده‌ها را به صورت یکنواخت تفسیر کنند، می‌پردازد.

فصل ۵ پروتکل اینترنت اشیا را تعریف کرده و آن را با پروتکل اینترنت موجود مقایسه می‌کند. این کار یک پیاده‌سازی لایه به لایه از پروتکل پشته اینترنت اشیا را ارائه می‌دهد و برای هر یک از لایه‌ها، چالش‌های به وجود آمده از سوی الزامات اینترنت اشیا، پیشرفت صنعت برای حل این چالش‌ها و فاصله‌های باقی‌مانده که نیاز به کار بر روی آن در آینده وجود دارد را مطرح می‌نماید. با شروع از لایه‌ی پیوند[2]، این فصل در مورد تأثیر محدودیت‌های دستگاه محدودشده، ویژگی‌های ترافیک قطعی، ویژگی‌های دسترسی بی‌سیم و مقیاس‌پذیری گسترده در این لایه بحث می‌کند و سپس پاسخ صنعت را به این چالش‌ها از طریق استانداردهای IEEE 802.15.4، TCSH، IEEE 802.11ah و شبکه‌ی حساس به زمان (TSN) پوشش می‌دهد. پس از آن با انتقال به لایه‌ی اینترنت[3]، در مورد چالش‌های شبکه‌های کم‌توان و با اتلاف[4] (LLNs) و تلاش صنعت بر روی 6LowPAN ، RPL و ۶ TiSCH بحث می‌کند و در ادامه، در خصوص لایه‌ی پروتکل‌های کاربردی[5] با تمرکز بر ویژگی‌های پروتکل‌های این لایه هنگامی که وابسته به اینترنت اشیا هستند صحبت شده و الزامات و چالش‌های برنامه‌های کاربردی تحمیل‌شده آن بر این پروتکل‌ها مورد بحث قرار می‌گیرد. در ادامه‌ی فصل، یک بررسی و مقایسه بین زیرمجموعه‌ای از پروتکل‌های موجود، از جمله CoAP، MQTT و AMQP ارائه شده و در نهایت، لایه‌ی خدمات کاربردی[6]، محرک‌ها و پیشران‌های این لایه و نیز کار در ETSI M2Mو oneM2M برای تعریف سرویس‌های میان‌افزار کاربردی استاندارد را پوشش می‌دهد.

فصل ۶، رایانش مه، یک پلتفرم بسیار توزیع‌شده و مجازی برای محاسبات یکپارچه، ذخیره‌سازی و خدمات شبکه است تعریف می‌کند. این فصل در مورد پیشران‌های اصلی مه شامل تحویل داده‌ها، تحرک سریع، کنترل قابل‌اعتماد، مدیریت داده‌ها و تجزیه و تحلیل اطلاعات بحث کرده و ویژگی‌های مه را که به وضوح آن را از رایانش ابری متمایز می‌کند توصیف می‌نماید. پس از آن، به پیش‌نیازها و فناوری‌های توانمند رایانش مه از جمله فناوری‌های مجازی‌سازی مانند ماشین‌های مجازی، راه‌حل‌های تحرک شبکه[7] مانند EVPN و LISP، راه‌حل‌های هماهنگی مه برای توپولوژی مدیریت، اتصال اشیا، ارائه‌ی تضمین‌های عملکرد شبکه، مدیریت داده‌های در حال حرکت و جستجوی توزیع‌شده در زمان واقعی، اشاره می‌کند و با بیان شکاف‌های مختلفی که در مدل‌های تنظیم، امنیت و برنامه‌نویسی باید مورد توجه قرار گیرد، پایان می‌یابد.

فصل ۷ پلتفرم خدمات[8] اینترنت اشیا را که به عنوان اساس راه‌حل‌های موفقیت‌آمیز آن شناخته می‌شود، معرفی می‌کند و نشان می‌دهد که پلتفرم خدمات، مسئول بسیاری از بخش‌های چالش‌برانگیز و پیچیده راه‌حل است و این پلتفرم، امکان خودکارسازی قابلیت نصب، تنظیم، رفع عیب، امنیت، مدیریت و نظارت بر موجودیت‌های اینترنت اشیا، از حسگرها تا برنامه‌های کاربردی به لحاظ نصب و راه‌اندازی نرم‌افزار، انجام اصلاحات، اشکال‌زدایی و نظارت را فراهم می‌سازد. پلتفرم خدمات همچنین توابع لازم را برای مدیریت و

1. Application programmatic interfaces 2. Link layer 3. Internet layer
4. Low power and lossy networks 5. Application protocols layer 6. Application services layer
7. Network mobility 8. Service platform

تجزیه و تحلیل داده‌ها، ذخیره‌سازی موقت، ذخیره‌سازی دائمی، نرمال‌سازی داده‌ها، کنترل دسترسی مبتنی بر سیاست و در معرض نمایش قرار گرفتن آن‌ها ارائه می‌دهد.

با توجه به پیچیدگی پلتفرم خدمات در اینترنت اشیا، این فصل قابلیت‌های اصلی را به ۱۱ حوزه‌ی پلتفرم، کشف و ثبت[1]، ارتباط (ارائه‌ی تحویل[2])، مدیریت داده و مخزن[3]، نرم‌افزار، مدیریت توپولوژی، مدیریت گروه، صدور صورت‌حساب و حسابداری، ادغام سرویس ابر، API و مدیریت تنظیمات آدرس‌دهی عنصر شبکه[4]، مدیریت خطا، مدیریت عملکرد و مدیریت امنیت در تمام موجودیت‌های اینترنت اشیا، تقسیم‌بندی می‌کند.

فصل ۸ بر تعریف امنیت و الزامات کلیدی حریم خصوصی در اینترنت اشیا تمرکز دارد. نادیده گرفتن امنیت و حریم خصوصی نه تنها استفاده از آن را محدود می‌کند، بلکه نتایج جدی را نیز برای تمام اشیای فیزیکی محیط اطراف ما که به شبکه متصل می‌شوند به همراه خواهد داشت. در این فصل، چالش‌ها و الزامات امنیتی اینترنت اشیا شناسایی می‌شوند و یک معماری سه‌بعدی برای تجزیه و تحلیل در نظر گرفته شده است که در آن ما حملات به سمت حوزه‌ی ابر، حوزه‌ی مه و حوزه‌ی حسگرها را تحلیل می‌کنیم. این تجزیه و تحلیل نشان می‌دهد که حملات مختلف به هر حوزه چگونه کار می‌کند و چه اقدامات دفاعی می‌تواند برای جلوگیری، تشخیص و یا مقابله با این حملات استفاده شود.

این فصل با ارائه‌ی برخی از راه‌کارهای آینده برای حفظ امنیت و حریم خصوصی اینترنت اشیا شامل امنیت دامنه‌ی مه، دفاع مشترک، رمزنگاری سبک[5]، پروتکل‌های امنیتی شبکه‌ی سبک و قوانین دیجیتال[6] به پایان می‌رسد.

فصل ۹ کاربردهای اینترنت اشیا و اکوسیستم‌های متصل را توصیف کرده و کاربردهای اصلی اینترنت اشیا شامل کشاورزی و زمین‌داری، انرژی، سرمایه‌گذاری، تأمین مالی، خدمات بهداشتی، صنعت، خرده‌فروشی و حمل‌ونقل را معرفی می‌کند. این کاربردها[7] شامل تعداد فراوانی حسگر هستند که اطلاعات جدیدی را درباره‌ی وضعیت، موقعیت، رفتار، استفاده، تنظیم سرویس و عملکرد دستگاه ارائه می‌دهند. سپس مدل جدیدی از کسب‌وکار را که عمدتاً توسط اطلاعات جدید هدایت می‌شود، تشریح کرده و مزایای کسب‌وکار جدید برای شرکت‌های تولیدی، پشتیبانی و خدماتی محصولات اینترنت اشیا، به ویژه از نظر رضایت مشتری را نشان می‌دهد. در پایان نیز الزامات کلیدی را برای ارائه‌ی "هر شیء به عنوان یک سرویس" در اینترنت اشیا به همراه یک نمونه‌ی خاص تشریح می‌کند.

در نهایت، فصل ۹، کاربردهای اینترنت اشیا را با مدل کسب‌وکار جدید ترکیب می‌کند و فرصت‌های مشارکت نوآورانه را شناسایی می‌نماید. این کار، اهمیت مشارکت‌های اکوسیستم را با توجه به این واقعیت که هیچ فروشنده‌ای به‌تنهایی قادر به پاسخگویی به تمام نیازهای تجاری نیست، نشان می‌دهد.

فصل ۱۰ یک مرور کلی از چشم‌انداز استانداردسازی اینترنت اشیا که نشانگر ایجاد همگرایی به سمت پروتکل اینترنت به عنوان لایه‌ی نرمال‌سازی اینترنت اشیا است را ارائه می‌دهد و نگاهی به سازمان‌های تعریف‌کننده‌ی استانداردهای اصلی مرتبط با آن و همچنین شمایی از پروژه‌های در حال اجرا دارد. در این بخش

1. Discovery & registration 2. Delivery handling 3. Repository
4. Element manager addressing configuration management 5. Lightweight cryptography
6. Digital forensics 7. Verticals

به فعالیت سازمان‌های صنعتی IEEE، IETF، ITU، اتحادیه‌ی IPSO، OCF، IIC، ETSI، oneM2M، اتحادیه‌ی AllSeen، گروه Thread، اتحادیه‌ی ZigBee، TIA، اتحادیه‌ی Z-Wave، OASIS و اتحادیه‌ی LoRa نیز اشاره شده است و با خلاصه‌ای از شکاف‌ها پایان یافته و امتیاز پیشروی صنعت را به‌روز می‌کند.

فصل ۱۱، طراحی به صورت منبع‌باز[1] را در صنعت کامپیوتر تعریف کرده و مراحل توسعه‌ی پروژه‌های منبع‌باز و منبع‌بسته[2] را با هم مقایسه می‌نماید. این فصل همچنین در مورد پیشران‌های راه‌حل‌های منبع‌باز از منظر مشتریان و همکاران پروژه‌های منبع‌باز بحث می‌کند و تعامل بین راه‌حل‌های منبع‌باز و استانداردهای صنعت را تشریح می‌نماید و همچنین بر همکاری نزدیک‌تر در میان آن‌ها تأکید دارد.

این فصل نگاهی به فعالیت‌های منبع‌باز در بخش‌های اینترنت اشیا از سخت‌افزار و سیستم‌عامل‌ها تا پلتفرم‌های خدمات دارد.

در نهایت یک واژه‌نامه‌ی جامع اینترنت اشیا ارائه می‌شود که شامل تعریف بیش از ۱۲۰۰ اصطلاح با استفاده از اطلاعات منابع مختلف، استانداردهای کلیدی و جدیدترین تحقیقات می‌شود.

San Jose, USA Ammar Rayes
Vancouver, Canada Samer Salam

IOT IRAN
مرکز تحقیقات اینترنت اشیا

1. Open source 2. Closed source