HI

ICANN85 मुंबई | CF – यह कैसे काम करता है: रूट सर्वर ऑपरेशन्स
मंगलवार, 10 मार्च 2026 – 15:00 से 16:00 IST

जेनिफर ब्राइस

नमस्कार, आप सभी का स्वागत है। इस सेशन का शीर्षक है "यह कैसे काम करता है": रूट सर्वर ऑपरेशन्स। मेरा नाम जेनिफर है और मैं इस सेशन की सहभागिता प्रबंधक हूँ। कृपया ध्यान दें कि यह सेशन रिकॉर्ड किया जा रहा है और यह ICANN समुदाय के प्रतिभागी आचार संहिता, ICANN के अपेक्षित व्यवहार मानक और ICANN की समुदाय विरोधी उत्पीड़न नीति के तहत संचालित है। इस सत्र में भाग लेने के लिए कृपया नीचे दिए गए दिशा-निर्देशों का पालन करें। मैं इन्हें आपके संदर्भ के लिए चैट में भी पोस्ट कर दूंगी। सत्र के दौरान केवल सवाल-जवाब पॉड में पूछे गए प्रश्नों को ही समय की उपलब्धता के अनुसार और सत्र के अध्यक्ष के निर्देशानुसार जोर से पढ़ा जाएगा। अगर आप बोलना चाहते हैं, तो कृपया Zoom में अपना हाथ उठाएं या किसी और तरीके से मेरा ध्यान आकर्षित करें और मैं आपको बोलने का अवसर दूंगी। बोलते समय कृपया अपना नाम स्पष्ट रूप से बताएं और मध्यम गति से स्पष्ट रूप से बोलें। मैं बस इतना ही कहूंगी कि कुछ लोगों के लिए बैठने की जगह है। अगर आपको सहज लगे, तो आपका हमारे साथ जुड़ने के लिए हार्दिक स्वागत है। इसी के साथ, मैं केन को मंच सौंपती हूँ। धन्यवाद।

नोट: ऑडियो फ़ाइल को word/text डॉक्यूमेंट में ट्रांसक्राइब करने से आगे दिया गया परिणाम मिलता है। हालांकि ट्रांसक्रिप्शन काफ़ी हद तक सटीक है, फिर भी कुछ मामलों में सुनाई नहीं देने वाले पैसेज और व्याकरण संबंधी गड़बड़ियों के कारण वह अधूरा या गलत हो सकता है। उसे मूल ऑडियो फ़ाइल की सहायक के रूप में पोस्ट किया गया है, लेकिन उसे आधिकारिक रिकॉर्ड नहीं माना जाना चाहिए।

केन रेनार्ड

धन्यवाद और ICANN रूट सर्वर सिस्टम सूचना सेशन में आपका स्वागत है। मेरा नाम केन रेनार्ड है। मैं रूट सर्वर ऑपरेटरों में से एक, H रूट के साथ काम करता हूँ। आज हम आपको रूट सर्वर सिस्टम और उसके काम करने के तरीके के बारे में बताने जा रहे हैं। हम साथ-साथ सवाल पूछने के लिए प्रोत्साहित करते हैं। अगर आप आखिरी दो लाइनों में बैठे हैं, तो आपको एक सवाल पूछना होगा। इसलिए, अगर आप चाहें तो आगे आ जाइए। अब हम अगली स्लाइड पर जा सकते हैं, जिसमें एजेंडा दिया गया है।

आज हम डोमेन नेम सिस्टम और Anycast के बारे में बात करने जा रहे हैं, जो रूट सर्वर सिस्टम के स्केल करने और आजकल इतना लचीला होने में एक बहुत ही महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है। रूट सर्वर सिस्टम कैसा दिखता है, इसके बारे में हम थोड़ी और बात करेंगे, फिर RSAC और ICANN कॉकस के बारे में और कुछ ऐसी चीज़ों के बारे में जो आपके लिए अधिक प्रासंगिक हैं, जैसे कि आप रूट सर्वर सिस्टम का उपयोग कैसे कर सकते हैं, उसका आकलन कैसे कर सकते हैं। हम अगली स्लाइड पर जा सकते हैं, असल में अगली दो स्लाइड पर। इस विषय पर बात शुरू करने से पहले, मैं पहले ही माफी मांगना चाहता हूँ अगर यह सब आपके लिए बहुत जाना-पहचाना है, लेकिन DNS कैसे काम करता है इसकी बुनियादी समझ होना अच्छा है, और इससे हमें यह समझने में मदद मिलती है कि रूट सर्वर सिस्टम पूरी तस्वीर में कहां फ़िट बैठता है।

IP एड्रेस इंटरनेट पर मूलभूत पहचानकर्ता है। हम आमतौर पर उन्हें नीचे दाईं ओर संख्याओं के रूप में देखते हैं, लेकिन दरअसल वे एक और शून्य की स्ट्रिंग हैं और इसी तरह कंप्यूटर एक दूसरे को संबोधित करते हैं। वे आपस में इस तरह बात करते हैं। इसे फ़ोन नंबर की तरह समझें। आजकल हमें किसी का फोन नंबर पता नहीं होता; हम बस एक बटन पर क्लिक कर देते हैं। लेकिन इन्हीं मूल भावों के माध्यम से हम एक दूसरे से बात करते हैं। अब हम अगली स्लाइड पर जा सकते हैं। मुझे लगता है कि DNS को मूल रूप से 1984 में लागू किया गया था। जिस मूल समस्या का समाधान करने की कोशिश की जा रही थी, वह यह थी कि IP एड्रेस याद रखना वाकई मुश्किल होता है और वे बदलते रहते हैं। मुझे यह याद ही नहीं कि मैंने नाश्ते में क्या खाया था, इन लंबे भाषणों को याद रखना तो दूर की बात है। लेकिन इंटरनेट के विस्तार के साथ-साथ समस्याएं इस तथ्य में तब्दील हो गई हैं कि IP एड्रेस साझा किए जा सकते हैं। एक ही वेब सर्वर या एक ही IP एड्रेस पांच, दस या सौ अलग-अलग वेब सर्वर चला सकता है, जिनके DNS नाम अलग-अलग होते हैं। इसका विपरीत यह है कि आपके पास एक ही सेवा या वेबसाइट हो सकती है जो कई पतों पर उपलब्ध हो। तो आप कौन सा विकल्प चुनते हैं? DNS इन समस्याओं को हल करने में मदद करता है।

अब हम अगली स्लाइड पर जा सकते हैं। यहां हम एक बहुत ही परिचित चीज देखते हैं, नेमस्पेस पदानुक्रम, और यह एक रूट से शुरू होता है, और फिर उसके

नीचे, शीर्ष-स्तरीय डोमेन, जैसे .uk और .org होते हैं। हमारे पास अलग-अलग चरित्र समूह भी हैं। ये शीर्ष स्तर हैं, फिर दूसरा स्तर और फिर तीसरा स्तर आता है। DNS का मुख्य उद्देश्य, या वह उद्देश्य जिसके बारे में हम इसका उपयोग करते समय सबसे अधिक सोचते हैं, वह उस नाम को, www.example.org जैसा कुछ, एक IP एड्रेस में मैप करना है, जैसे कि ऊपर वाला, 198.51.100.52। इसके अलावा DNS के कई अन्य उपयोग भी हैं, उदाहरण के लिए, IPv6 पते। इस तरह ईमेल सिस्टम दुनिया भर के मेल सर्वरों को रूट करते हैं और ढूंढते हैं। DNS में अन्य प्रकार की सुरक्षा संबंधी जानकारी भी मौजूद होती है जो DNS के साथ-साथ इंटरनेट पर मौजूद अन्य सेवाओं की सुरक्षा के लिए उपलब्ध होती है। अब हम अगली कुछ स्लाइड्स पर जाएंगे और डोमेन नाम समाधान प्रक्रिया के बारे में जानेंगे।

हम इस सत्र में उस आरेख का उपयोग करने जा रहे हैं जो लगभग हर पाठ्यपुस्तक में उपयोग किया जाता है। आप शायद इससे परिचित होंगे और इसे पहले भी देख चुके होंगे। यह अच्छा और सरल है, और हम आपको बताएंगे कि यह आरेख कहां भ्रामक है या रूट सर्वर सिस्टम के संबंध में हमारे लिए वास्तव में मायने रखने वाली कुछ सच्चाइयों को छुपाता है। इसकी शुरुआत अंतिम उपयोगकर्ता के डिवाइस से होती है। यह आपका फोन, आपका लैपटॉप, आपका सर्वर, आपका रेफ्रिजरेटर या आपका टोस्टर हो सकता है। इंटरनेट से जुड़ी लगभग हर चीज DNS के उपयोगकर्ता के रूप में यह भूमिका निभाने वाली

है। यहां से अगली स्लाइड पर, नेटवर्क से जुड़ने पर उस अंतिम डिवाइस को आमतौर पर एक या अधिक रिकर्सिव रिज़ॉल्वर के पते के साथ कॉन्फ़िगर किया जाता है। यह एक DNS सर्वर है जो संभवतः आपके संगठन के नेटवर्क में, आपके ISP में, या यह आपके संगठन के बाहर भी हो सकता है, लेकिन ये आमतौर पर स्वचालित रूप से कॉन्फ़िगर किए जाते हैं। जाहिर है, आप इसे ओवरराइड कर सकते हैं। लेकिन यह DNS रिज़ॉल्वर, और दुनिया भर में ऐसे सैकड़ों, हजारों और लाखों रिज़ॉल्वर मौजूद हैं, जो रूट सर्वर सिस्टम नहीं बल्कि DNS का मुख्य आधार हैं। आप यह प्रश्न इस रिकर्सिव रिज़ॉल्वर से पूछने जा रहे हैं, जो आमतौर पर आपके काफी करीब होता है: www.example.com का पता क्या है?

अगली स्लाइड। यहीं पर पाठ्यपुस्तकें अक्सर हमें गुमराह करती हैं। पाठ्यपुस्तकों में कहा गया है कि पहला कदम रूट के आधिकारिक सर्वर, रूट सर्वर सिस्टम यानी हम तक पहुंचना है, और हम यह प्रश्न पूछते हैं: www.example.com का पता क्या है? और हम कहते हैं, "मुझे नहीं पता, लेकिन मुझे पता है कि .com कहाँ है।" यही वह है। हमें केवल शीर्ष-स्तरीय डोमेन के बारे में ही पता है। हमें इसके बारे में बहुत कम जानकारी है। हम बहुत स्मार्ट नहीं हैं। अगले चरण में, वह रिकर्सिव रिज़ॉल्वर उस उत्तर को प्राप्त करेगा और उसे अपने कैश में डाल देगा। वहां से, वह रिकर्सिव रिज़ॉल्वर .com सर्वर पर जाएगा, जिसे खोजने में हमने उनकी मदद की थी, और वही सवाल

पूछेगा, "www.example.com का पता क्या है?" और .com कहेगा, "मुझे इसका जवाब नहीं पता, लेकिन example.com से बात करने के लिए यहां क्लिक करें।" अंत में, वह रिकर्सिव रिज़ॉल्वर example.com के आधिकारिक नाम वाले सर्वर पर जाएगा, और वह पता लेकर वापस आएगा और फिर उसे अंतिम उपयोगकर्ता को दे देगा। इस प्रकार के बार-बार दोहराए जाने वाले पैटर्न में ही यह रिकर्सिव रिज़ॉल्वर अंतिम उपयोगकर्ता की ओर से उत्तर खोजने का काम करेगा। यह सब कुछ मिलीसेकंड में हो जाएगा।

पाठ्यपुस्तकों में हमें जो गलत जानकारी दी जाती है, वह यह है कि उस रिकर्सिव रिज़ॉल्वर में कैश की भूमिका अविश्वसनीय रूप से महत्वपूर्ण है, और यह सिस्टम में कुछ अविश्वसनीय दक्षताओं को जन्म देती है। अब जब स्टब रिज़ॉल्वर अगली बार .com डोमेन में कुछ भी मांगेगा, तो हमें रूट सर्वर पर वापस जाने की जरूरत नहीं होगी। हमें पहले से ही पता है कि .com कहां स्थित है, इसलिए हमारे पास उत्तर का वह हिस्सा पहले से ही हमारे कैश में मौजूद है, और वह रिकर्सिव रिज़ॉल्वर रूट सर्वर सिस्टम पर जाने के चरण को छोड़ देता है। यह सिलसिला बार-बार चलता रहता है। हम इस डेटासेट को बनाते हैं, और इसमें हमारे पास बहुत सारी जानकारी होती है। इस आरेख का दूसरा हिस्सा जो थोड़ा भ्रामक है, वह इस रिकर्सिव रिज़ॉल्वर के उपयोगकर्ताओं की संख्या है। यह सिर्फ एक व्यक्ति नहीं है; बल्कि सैकड़ों, हजारों या लाखों अलग-अलग अंतिम-उपयोगकर्ता के डिवाइस इस रिकर्सिव रिज़ॉल्वर और उस कैश का

उपयोग कर रहे हैं। वह मेमरी, और वे सभी अलग-अलग चीजें जिन्हें खोजा जाता है, उस कैश को बहुत तेजी से और मजबूती से बनाती हैं। उस रिकर्सिव रिज़ॉल्वर को भेजी गई किसी भी क्वेरी के परिणामस्वरूप रूट सर्वरों को क्वेरी भेजे जाने की संभावना बहुत कम है। अनुमान क्या है? .0002% या बहुत ही कम संख्या में क्वेरी वास्तव में रूट सर्वर तक पहुंचती हैं। रूट से, .com से, या example.com से मुझे मिले इन सभी उत्तरों में एक TTL एक Time To Live होता है, और यह रिकर्सिव रिज़ॉल्वर को बताता है कि वह इसे कैश में कितनी देर तक रख सकता है, इससे पहले कि उसे वापस आकर प्रश्न दोबारा पूछना पड़े क्योंकि कुछ बदल सकता है। रूट के लिए, सामान्य TTL 48 घंटे होता है। यहां मौजूद रिकर्सिव रिज़ॉल्वर रूट सर्वर सिस्टम में सभी प्रविष्टियों से क्वेरी कर सकता है और उसे 48 घंटों तक उससे दोबारा बात करने की आवश्यकता नहीं होगी। फिर भी, रूट को भेजे जाने वाले प्रश्न काफी दुर्लभ होते हैं।

अब हम अगली स्लाइड पर जा सकते हैं। यह कैशिंग और यह कितना महत्वपूर्ण है के बारे में थोड़ी और जानकारी है। हमारे पास वह TTL है। यहां यह याद रखना महत्वपूर्ण है कि रूट सर्वर केवल शीर्ष-स्तरीय डोमेन सर्वरों और उनके स्थान के बारे में ही जानते हैं। हम आपको केवल यह बता सकते हैं कि शीर्ष-स्तरीय डोमेन सर्वरों के बारे में जानकारी कहाँ से प्राप्त करें, और वहाँ से वे आपको बताते हैं कि आगे कहाँ जाना है। एक बार फिर, उन रिकर्सिव रिज़ॉल्वर और वहां मौजूद कैश का उपयोग करके अविश्वसनीय दक्षता

हासिल की जा सकती है। हम अगले पर जा सकते हैं। यह 1980 के दशक का क्लासिक DNS था, लेकिन सिस्टम विकसित हो चुका है। सुरक्षा, DNS सुरक्षा एक्सटेंशन, DNS डेटा पर क्रिप्टोग्राफ़िक हस्ताक्षर जोड़ना। एक सुरक्षा विशेषज्ञ के तौर पर, मैं कभी भी जोखिम को समाप्त करता है शब्द का प्रयोग नहीं कर सकता, इसलिए मैं कहूंगा कि यह स्पूफिंग के जोखिम को कम करता है। अब वह रिज़ॉल्वर उन उत्तरों को सत्यापित कर सकता है। वह रिज़ॉल्वर वास्तव में उन क्रिप्टोग्राफ़िक हस्ताक्षरों की जांच करेगा। अगर इसमें कुछ भी गलत है—हो सकता है किसी ने जवाब को स्पूफ करने की कोशिश की हो, या यह थोड़ा बिट फ्लिप हो सकता है—तो यह उन सभी जवाबों को खारिज कर देगा जिन्हें यह प्रामाणिक के रूप में सत्यापित नहीं कर सकता।

निजता की दुनिया के भीतर, हमने पहले दिए गए आरेख में देखा कि पूरी क्वेरी, www.example.com, अंततः रूट सर्वरों तक पहुंच गई। रूट सर्वर को उदाहरण में www की परवाह भी नहीं होती। उन्हें सिर्फ .com की ही परवाह है क्योंकि उनके पास यही एकमात्र जानकारी है। एक मानक है जिसे QName मिनिमाइजेशन या क्वेरी नाम का मिनिमाइजेशन कहा जाता है, जो हमें वास्तव में कुछ निजता बनाए रखने की सुविधा देता है ताकि हम, रूट सर्वर, केवल इसका अंतिम भाग ही देख सकें। हमें सिर्फ इतना पता है कि आप .com के बारे में पूछ रहे हैं, क्योंकि हमें इस बात से कोई फर्क नहीं पड़ता कि आप क्या ढूंढ रहे हैं। मैं HairClub फॉर मेन जा सकता हूँ; उस जानकारी को रूट सर्वर

सिस्टम को देने की आवश्यकता नहीं है। केवल वही प्रश्न पूछें जिसका उत्तर आप प्राप्त करना चाहते हैं, ताकि आप अतिरिक्त जानकारी न दें। निजता के ऐसे उपाय भी मौजूद हैं जो न केवल उपयोगकर्ता और रिज़ॉल्वर के बीच, बल्कि रिज़ॉल्वर और दूसरे छोर पर स्थित आधिकारिक सर्वर के बीच भी संपूर्ण संचार को एन्क्रिप्ट कर सकते हैं। जहां तक लचीलेपन की बात है, हम एक ही IP एड्रेस वाले कई सर्वर रखने के लिए कई उपाय करते हैं, और हम अगली स्लाइड में इसके बारे में बात करेंगे।

Anycast हमारे रूट सर्वर सिस्टम को तैनात करने के तरीके का एक बहुत ही महत्वपूर्ण हिस्सा है जो इसे बहुत मजबूत बनाता है। हम पहले यूनिकास्ट के बारे में बात करेंगे। यह एक ही स्रोत है और एक ही गंतव्य है। यह एक फोन कॉल की तरह है; मेरा फोन सीधे आपके फोन से बात कर रहा है, बस इतना ही। उम्मीद है कि आपके फोन की कोई और कॉपी नहीं होगी। Anycast के साथ, कई ऐसे स्थान बन जाते हैं जो एक ही पते को साझा करते हैं और इस सेवा को प्रदान करते हैं। आप इसे Starbucks जाने जैसा समझ सकते हैं। मैं किसी भी Starbucks में जा सकता हूँ; इससे कोई फर्क नहीं पड़ता। मैं बस सबसे पास वाले पर जा रहा हूँ। जब मैं अपने कंप्यूटर से या रिज़ॉल्वर से किसी आधिकारिक सर्वर को पैकेट, यानी DNS अनुरोध भेजता हूँ, तो इंटरनेट रूटिंग यह तय करेगी कि यह कई इंस्टेंस में से किस पर जाएगा। यह ठीक किसी एक के पास ही जाएगा। हम इसे थोड़ी देर में चित्र के माध्यम से देखेंगे, लेकिन यह

हमें कई ऐसे इंस्टेंस प्रदान करता है जहां हम कहीं अधिक लचीलापन दिखा सकते हैं। अगली स्लाइड।

यहां यूनिकास्ट का एक संक्षिप्त नेट आरेख दिया गया है: एकल स्रोत, एकल गंतव्य, और हम पथ देख सकते हैं। असल में, वहां मौजूद वे वृत्त मार्ग पर राउटर या हॉप्स की तरह काम करते हैं। एक स्रोत से एक गंतव्य तक, और यही वह मार्ग है जिस पर यह जाएगा। वहां तक पहुंचने के कई रास्ते हैं, लेकिन मुख्य बात यह है कि स्रोत और गंतव्य एक ही हैं। अगला। Anycast की मदद से अब मेरे पास तीन अलग-अलग लोकेशन हैं। अगर नीचे स्थित मेरा गंतव्य स्थान काम करना बंद कर दे—हो सकता है कि मैं उसे हटा दूं या मशीन पर रखरखाव का काम कर रहा हूँ—तो इंटरनेट पर रूटिंग स्वचालित रूप से उन प्रश्नों को अन्य गंतव्य स्थानों में से किसी एक पर भेजने का ध्यान रखेगी। यह एक ऐसी प्रक्रिया है जिसके कारण 13 रूट सर्वर पहचानकर्ताओं के पास वास्तव में दो हजार से अधिक नेटवर्क स्थान हो सकते हैं। जब आप सुनते हैं कि रूट सर्वर सिस्टम में 13 रूट सर्वर हैं, तो वास्तव में Anycast का उपयोग करके यह संख्या दो हजार से अधिक हो जाती है। और एक। इसका एक और फायदा यह है कि अगर कोई हमलावर सेवा से इनकार का खतरा पैदा कर दे, तो इंटरनेट के विशाल दायरे में, हमलावर का स्रोत बहुत ही सीमित होगा और अधिकांश ट्रैफिक एक या कुछ ही Anycast साइटों पर जाएगा, जिससे बाकी साइटें और इंटरनेट का बड़ा हिस्सा इससे अप्रभावित रहेगा। यह Anycast है। यदि इस

समय कोई प्रश्न हों जिन्हें हम लेना चाहें, तो मैं बाकी काम लिमन को सौंप दूंगा।

लार्स-जोहान लिमन

धन्यवाद, केन। मैं यहीं से आगे जारी रखूंगा। मेरा नाम लार्स-जोहान लिमन है। मैं NetNod के लिए काम करता हूँ, जो रूट सर्वर ऑपरेटर संगठनों में से एक है। मेरे मामले में, मैं स्वीडन के स्टॉकहोम में रहता हूँ। आज रूट सर्वर सिस्टम के बारे में बात करते हुए, हम कुछ महत्वपूर्ण नामों और शब्दों का उल्लेख करके शुरुआत करेंगे ताकि मेरे पास बात करने के लिए कुछ विषय हो। आपने इंटरनेट असाइन्ड नंबर्स अथॉरिटी, या IANA के बारे में सुना होगा। यह ICANN संगठन का वह हिस्सा है जो अन्य बातों के अलावा, रूट ज़ोन से संबंधित प्रशासनिक और तकनीकी कार्य करता है। रूट ज़ोन के संदर्भ में, IANA के लिए शीर्ष-स्तरीय डोमेन और रूट ज़ोन भाग महत्वपूर्ण हैं। रूट ज़ोन वह डेटाबेस है जो रूट सर्वरों में मौजूद होता है, जिसे वे संग्रहीत करते हैं और जिससे वे प्रतिक्रियाएँ देते हैं। यह डेटा का एक सीमित समूह है, और वास्तव में यह काफी छोटा है। जब मैं बीस साल पहले इस तरह के प्रेज़ेंटेशन देता था, तब मैं कह सकता था कि इसे एक फ्लॉपी डिस्केट में फिट किया जा सकता है। अब ऐसा नहीं है, और फ्लॉपी डिस्केट भी अब मौजूद नहीं हैं, लेकिन फिर भी यह बहुत कम मात्रा में डेटा है, और यह वास्तव में सार्वजनिक रूप से उपलब्ध है। आप इसे अपने वेब ब्राउज़र का उपयोग करके डाउनलोड कर सकते हैं। आप इसे देख

सकते हैं, और यह नकली नहीं है। यह वही वास्तविक ज़ोन फ़ाइल है जिसका उपयोग हम रूट सर्वर ऑपरेटर के रूप में करते हैं। यही वह जानकारी, वह डेटा है जो रूट सर्वर के पास होता है।

आज रूट सर्वर सिस्टम इन सभी 2,015 सर्वरों का संपूर्ण सिस्टम है। यह एक ऐसी संख्या है जो लगातार बदलती रहती है; आमतौर पर, यह धीरे-धीरे बढ़ती है। ये सभी सर्वर मिलकर एक जुड़ा हुआ सिस्टम बनाते हैं, और आप इन 2,015 सर्वरों में से किसी से भी बात कर सकते हैं, और आपको उस रूट ज़ोन से बिल्कुल वही जानकारी मिलेगी जिसका मैंने अभी उल्लेख किया है। हमारे पास रूट सर्वर ऑपरेटर भी हैं। ये 12 संगठन हैं जो दुनिया भर में फैली 2,015 मशीनों के इस पूरे बेड़े का प्रबंधन करते हैं। वे अपने संगठनात्मक प्रकारों और स्थानों के मामले में बहुत भिन्न हैं, और हम कई मामलों में यथासंभव विविधतापूर्ण होने का प्रयास करते हैं। हमारा एक आदर्श वाक्य भी है, "विविधता अच्छी है," क्योंकि हम किसी एक विफलता बिंदु से बचना चाहते हैं। यदि किसी एक रूट सर्वर ऑपरेटर के लिए कुछ गड़बड़ हो जाती है, तो दूसरे ऑपरेटर को अलग होना चाहिए और इसलिए उसमें वह गड़बड़ वाला हिस्सा नहीं होना चाहिए, चाहे वह सोचने का तार्किक तरीका हो, देश में कोई कानूनी समस्या हो, या मशीन में खराबी आ गई हो। हम रूट ज़ोन को छोड़कर बाकी सब कुछ अलग बनाने की कोशिश करते हैं। हम बिल्कुल एक जैसा डेटा प्रदान करते हैं।

हम रूट सर्वर इंस्टेंसेस या रूट सर्वर Anycast इंस्टेंसेस के बारे में भी बात करते हैं। ये वही मशीनें हैं, पूरी दुनिया में फैली हुई ये 2,015 मशीनें जो यह सेवा प्रदान करती हैं। हमारे पास रूट सर्वर सिस्टम एडवाइजरी कमेटी, या RSAC भी है। यह ICANN संगठन के भीतर की वह समिति है जो रूट सर्वर सिस्टम से संबंधित मामलों के बारे में ICANN बोर्ड और ICANN समुदाय को सलाह देने के लिए जिम्मेदार है, और सभी रूट सर्वर ऑपरेटर का RSAC में प्रतिनिधित्व होता है। मैं इसके बारे में और विस्तार से बात करूंगा। इसमें 13 पहचानकर्ता हैं। इन्हें अक्षरों द्वारा दर्शाया जाता है, और इनमें से प्रत्येक पहचानकर्ता का एक IP एड्रेस होता है, या वास्तव में दो IP एड्रेस होते हैं, एक IPv4 के लिए और एक IPv6 के लिए। आप इन अक्षरों, IP एड्रेस और उस संगठन के नाम को देख सकते हैं जो उस पहचानकर्ता को संचालित करने के लिए जिम्मेदार है। आप देख सकते हैं कि वहां विविधता मौजूद है। हमारे पास निगम, विश्वविद्यालय, सरकारी एजेंसियां और सदस्यता संगठन हैं। ICANN स्वयं उनमें से एक का संचालन करता है। वहां बहुत विविधता है। इनमें से कई लोग आमतौर पर ICANN सम्मेलनों में भी भाग लेते हैं, और हमें आपसे बात करके खुशी होगी। हमें आपसे बात करना अच्छा लगता है, इसलिए बेझिझक हमारे पास आएं और कहें, "हे, मेरे पास रूट सिस्टम के बारे में एक सवाल है। यह क्या है, या इसे इस तरह क्यों किया गया है?" हम वास्तव में समुदाय के साथ जुड़ना चाहते हैं।

मोहित

मुझे लगता है आपने बताया था कि ये विविध हैं। मैंने देखा कि ये सभी कंपनियां अमेरिका में स्थित हैं। क्या यह एक जोखिम है क्योंकि ये केंद्रीकृत हैं, क्योंकि इंटरनेट वैश्विक है? यदि ये सभी अमेरिका में स्थित हैं तो इसका क्या निहितार्थ है?

लार्स-जोहान लिमन

धन्यवाद। एक लिस्टिंग है। हाँ, अमेरिकी पक्ष में इनकी संख्या काफी अधिक है, लेकिन उनमें से सभी अमेरिका में स्थित नहीं हैं। तीन ऐसे नहीं हैं, और वे ये हैं: स्वीडन में स्थित I रूट, NetNod; नीदरलैंड के एम्स्टर्डम में स्थित K रूट, RIPE NCC; और जापान में स्थित M रूट, वाइड प्रोजेक्ट। लेकिन मैं मानता हूँ कि अमेरिका में इसका एक बहुत ही गंभीर पक्ष है, और हमें इस बात से तसल्ली मिलती है कि अमेरिका के बाहर भी हमारे पास ऐसे कुछ पक्ष मौजूद हैं। ऐतिहासिक रूप से, यह सिस्टम वर्षों से विकसित होता रहा है। जैसा कि केन ने बताया, इसकी शुरुआत 1984 में चार सर्वरों के साथ हुई थी, क्योंकि 1984 में इंटरनेट एक ऐसी चीज थी जिसे आप शायद मेरी जेब में रख सकते थे। यह धीरे-धीरे वर्षों में बढ़ता गया है। 1998 तक, हमारे पास 13 पहचानकर्ता थे। उस समय, हमारे पास 13 फिजिकल मशीनें थीं, और 2001 तक नेटवर्क पर 13 से अधिक फिजिकल मशीनें नहीं थीं। लेकिन फिर हमें एहसास हुआ कि हमें कुछ करना होगा, और Anycast का आविष्कार हुआ, और हमने कहा, "हाँ, यही सही

तरीका है। यह हमारे लिए है।" हम भी उसी राह पर चल पड़े। यहां दी गई संख्या 1,900 से अधिक है, और हाँ, अब यह 2,000 से अधिक हो गई है।

रूट सर्वर ऑपरेटर root-servers.org नामक एक वेबपेज का रखरखाव करते हैं। ध्यान दें कि यह root-servers.net से भिन्न है। Root-servers.net का उपयोग वास्तविक सेवा के लिए किया जाता है। यह वह महत्वपूर्ण नाम है जिसके तहत हम सेवा का संचालन करते हैं। हम root-servers.org का उपयोग करते हैं क्योंकि यह उतना महत्वपूर्ण नहीं है। हमें इस सिस्टम को वास्तविक सेवा के समान स्तर की अतिरेक क्षमता के साथ बनाए रखने की आवश्यकता नहीं है। यह सिर्फ एक वेबपेज है जो यह दर्शाता है कि क्या हो रहा है और हम, रूट सर्वर ऑपरेटर के रूप में, यहां संपर्क कर सकते हैं और जानकारी दे सकते हैं। इस वेबपेज पर एक क्लिक करने योग्य मानचित्र है जहाँ आप क्लिक करके देख सकते हैं कि इंस्टेंस कहाँ तैनात हैं, वे कहाँ स्थित हैं, और कौन सा अक्षर, और इस प्रकार कौन सा संगठन, उस सर्वर का संचालन कर रहा है। कृपया क्लिक करें।

अज्ञात वक्ता

मुझे लगता है यह एक पुराना नक्शा है। भारत में कोई भी नहीं दिखाया गया है, लेकिन मुझे लगता है कि भारत में इसके कई इंस्टेंस मौजूद हैं।

लार्स-जोहान लिमन

आप बिलकुल ठीक कह रहे हैं। यह एक पुराना नक्शा है। आपको लगभग 1,900 इंस्टेंस दिखाई देते हैं, इसलिए यह शायद एक या दो साल पुराना है, लेकिन यह देखने में लगभग वैसा ही है। आज आंकड़े अलग हैं, इसलिए कृपया जाकर खुद देख लें। जी श्रीमान।

अज्ञात वक्ता

धन्यवाद। स्पष्टीकरण के लिए, क्या ये सभी इंस्टेंस 13 रूट सर्वर ऑपरेटरों में से किसी एक द्वारा संचालित किए जाते हैं?

लार्स-जोहान लिमन

हाँ। प्रत्येक इंस्टेंस 13 में से किसी एक से जुड़ा हुआ है। यह सही है। हम सिंगापुर में एक सर्वर संचालित करते हैं, और कोई और कुआलालंपुर में एक सर्वर संचालित करता है। अक्सर हम एक ही स्थान पर कई सर्वर रखते हैं ताकि उस स्थान पर भी डेटा की सुरक्षा सुनिश्चित हो सके। हम दोनों के पास जोहान्सबर्ग में एक सर्वर हो सकता है, शायद; मैं बस यूं ही कुछ नामों का अनुमान लगा रहा हूँ। यह भी प्रश्नों की संख्या दर्शाने वाला एक अपेक्षाकृत आधुनिक आरेख है। हम ढेरों प्रश्नों का उत्तर देते हैं। आप देख सकते हैं कि वहां प्रतिदिन 150 अरब क्वेरी का उच्चतम स्तर है। इन 2,000 सर्वरों को अभी काफी काम करना है, लेकिन दूसरी ओर, वे इससे कहीं अधिक काम संभाल सकते हैं। सिस्टम में अत्यधिक मात्रा में संसाधन मौजूद हैं। हम ग्राफ पर दिखाई देने वाले भार से कई गुणा अधिक भार को संभाल सकते हैं। हम विभिन्न प्रकार के ओवरलोड

हमलों से निपट सकते हैं और अब तक, ईश्वर की कृपा से, इन हमलों का काफी अच्छे से सामना करने में सक्षम रहे हैं। आपने आखिरी बार कब देखा था कि रूट सर्वर सिस्टम काम नहीं कर रहा था? मुझे उम्मीद है कि यह ऐसे ही रहेगा।

ऐसा लगा कि कोई व्यक्ति सवाल पूछना चाहता था। शायद नहीं। 2021 में एक दिलचस्प गिरावट दिखाई देती है और मेरा मानना है कि यह Chrome वेब ब्राउज़र के पुनः कॉन्फ़िगरेशन के कारण हुई थी, जो पहले यह पता लगाने के लिए कुछ विशेष DNS क्वेरीज़ करता था कि वह सार्वजनिक इंटरनेट पर है या किसी होटल नेटवर्क या निजी नेटवर्क में सीमित है। यह ऐसा रूट सर्वर्स को क्वेरी भेजकर करता था। हर बार जब कोई Chrome वेब ब्राउज़र शुरू करता था, तो हमें कुछ क्वेरीज़ मिलती थीं, और आप देख सकते हैं कि ये वास्तव में काफ़ी बड़ी संख्या में थीं। हमने Google से बात की और समस्या समझाई, फिर उन्होंने इसे देखा और कोड को ठीक कर दिया। जब उन्होंने Chrome का नया वर्ज़न जारी किया, तो आप देख सकते हैं कि क्वेरीज़ कम हो गईं।

रूट सर्वर सिस्टम को लेकर कई तरह की भ्रांतियां प्रचलित हैं, और मैं उनमें से कुछ को दूर करने का प्रयास करूंगा। यह एक मिथक है कि रूट सर्वर सिस्टम इंटरनेट ट्रैफिक को नियंत्रित करता है, जबकि ऐसा बिल्कुल नहीं है। ये दो हजार सर्वर वेब ट्रैफिक और वीडियो ब्राउज़िंग के सबसे छोटे हिस्से को भी संभालने में असमर्थ थे। यह उससे कहीं अधिक है, और रूट सर्वरों का उद्देश्य कभी भी ऐसा करना नहीं था। आप उनसे बात करते हैं, ताकि यह समझ सकें कि आपको

जिस वीडियो सर्वर से जुड़ना है वह कहाँ है या जिन वेबसाइट्स से आप जुड़ना चाहते हैं वे कहाँ हैं या आपको अपना ईमेल संदेश कहाँ भेजना है। यह केवल इस बात का मार्गदर्शन है कि किस सर्वर से बात करनी है। इंटरनेट पर ट्रैफिक को संभालने वाले उपकरणों को राउटर कहा जाता है और ये नेटवर्क उपकरण ही इंटरनेट सेवा प्रदाताओं का आधार बनते हैं। आपके घर पर एक छोटा राउटर होता है, आमतौर पर एक Wi-Fi राउटर या छोटा होम राउटर। इंटरनेट के केंद्रीय भागों के जितना करीब आप पहुँचेंगे, ये राउटर उतने ही बड़े होते जाएंगे।

अगला मिथक यह है कि अधिकांश DNS क्वेरीज़ को रूट नेम सर्वर संभालते हैं, लेकिन केन ने पहले ही यह दिखाकर इस मिथक को दूर कर दिया कि यह वास्तव में कैसे काम करता है, और यह कि कैश ही DNS क्वेरीज़ का अधिकांश भार संभालते हैं। जैसा कि बताया गया, कैश बहुत तेजी से बन जाता है और एक बार कैश बन जाने के बाद, अधिकांश क्वेरीज़ का जवाब उसी कैश से दिया जाता है, क्योंकि उसमें पहले से ही जानकारी मौजूद होती है। यह Time To Live समाप्त होने तक एक ही जानकारी का कई बार पुनः उपयोग कर सकता है, और अंत में इसे डेटा को रीफ्रेश करना होगा। यह वही जानकारी कई बार उपयोग कर सकता है, जब तक कि Time To Live समाप्त न हो जाए और उसके बाद इसे डेटा को फिर से रिफ्रेश करना पड़ता है। रूट ज़ोन का ऐडमिनिस्ट्रेशन रूट सर्वर ऑपरेटर्स द्वारा संभाला जाता है। नहीं, यह सच नहीं है। इसका ऐडमिनिस्ट्रेशन IANA द्वारा संभाला जाता है। हम डेटा के साथ कुछ

भी नहीं करते हैं। हमें यह प्राप्त होता है, हम इसे अपने सर्वरों पर रखते हैं और हम इसे वहीं छोड़ देते हैं, ताकि पूरा इंटरनेट इसके लिए क्वेरी कर सके और जानकारी प्राप्त कर सके। हम इसे बदल भी नहीं सकते, क्योंकि अगर हमने ऐसा करने की कोशिश की तो तुरंत पता चल जाएगा, ऐसा केन द्वारा बताए गए सुरक्षा हस्ताक्षरों के कारण है। हमें इन सुरक्षा कुंजियों का ऐक्सेस नहीं है। वह पूरी तरह से रूट ज़ोन मेंटेनर है, जो इस प्रक्रिया में बीच में होता है और जिसके पास ये कीज़ होती हैं। हमारे पास नहीं होतीं। अगर हम कुछ बदलने की कोशिश करते हैं, तो ये हस्ताक्षर मेल नहीं खाएंगे और आपका रिज़ॉल्वर तुरंत समझ जाएगा कि कुछ गड़बड़ हो रही है। यह उस डेटा को नहीं छुएगा और उसे वैसे ही छोड़ देगा।

इसके बाद, रूट सर्वर पहचानकर्ताओं का विशेष महत्व होता है। पहले यह माना जाता था कि a.root-servers.net का कोई विशेष मतलब है, जो b.root-servers.net से अलग है, लेकिन ऐसा बिल्कुल नहीं है। वे सब बराबर हैं। ऐसा नहीं है कि किसी के पास किसी और से पहले जानकारी हो या कोई व्यक्ति तेजी से या किसी अन्य तरीके से प्रतिक्रिया दे रहा हो। असल में ये सभी एक जैसे ही हैं, और हमारे पास ये अक्षर केवल इसलिए हैं, ताकि इस ट्रैफ़िक को इन 26 पहचानकर्ताओं या 26 IP एड्रेस में बाँटा जा सके। कुल मिलाकर, 13 से अधिक रूट सर्वर हैं; यह बात पहले सच थी, लेकिन यह 25 साल पहले की बात है। आज हमारी संख्या 2,000 से अधिक है। रूट सर्वर ऑपरेटर्स अपने संचालन को

स्वतंत्र रूप से संचालित करते हैं। हाँ, हम कुछ हद तक स्वतंत्र रूप से काम करते हैं, लेकिन हम काफ़ी सहयोग भी करते हैं, क्योंकि पूरा रूट सर्वर सिस्टम — ये सभी लगभग 2,000 मशीनें — एक ही तरीके से प्रतिक्रिया देने की ज़रूरत होती है। इसका मतलब यह है कि हमें यह सुनिश्चित करने के लिए सहयोग करना होगा कि ऐसा हो। हमारी मीटिंग अक्सर होती हैं; हम साल में तीन बार मिलते हैं। हम ICANN मीटिंग्स में नहीं मिलते; इसके बजाय हम IETF, यानी मानक संगठनों की मीटिंग्स में मिलते हैं, क्योंकि यह पुरानी परंपराओं का हिस्सा है। हम तकनीकी मुद्दों, सुरक्षा मुद्दों और सहयोग करने के तरीकों पर चर्चा करते हैं। हमारे पास सहयोगात्मक उपकरण भी हैं। मैं यहाँ से अभी एक फोन कॉल कर सकता हूँ और दुनिया भर में लगभग पचास जगहों पर फोन बजने लगेंगे, ताकि यह बताया जा सके कि हमें तुरंत एक टेलीफोन कॉन्फ़्रेंस करनी है, क्योंकि कोई बड़ी समस्या आ गई है। हमें किसी बड़ी समस्या के लिए इसका उपयोग करने की आवश्यकता नहीं पड़ी है, लेकिन हमने यह सुनिश्चित करने के लिए प्रत्येक मीटिंग में इसे एक अभ्यास के रूप में किया है कि यह काम करता है। हमारे पास ईमेल लिस्ट और वीडियो कॉन्फ्रेंसिंग की सुविधा है, ताकि हम एक दूसरे से संपर्क कर सकें। इन लगातार मुलाकातों की बदौलत हम एक दूसरे को काफी अच्छे से जान गए हैं। अगर केन मुझे कॉल करते हैं, तो मैं उनकी आवाज़ पहचान लेता हूँ, क्योंकि हम पिछले 25 वर्षों में कई कॉन्फ़्रेंस में साथ शामिल हुए हैं।

रूट सर्वर इंस्टेंस को संपूर्ण DNS क्वेरी प्राप्त होती है। यह बात पहले भी सही हो सकती थी, लेकिन जैसा कि केन ने बताया, अब हमारे पास आधुनिक मानक हैं जो क्वेरी की सामग्री को सीमित करते हैं, इसलिए रिज़ॉल्वर को स्टब रिज़ॉल्वर से पूरी क्वेरी दिखाई देती है। आपका फोन या लैपटॉप पास के स्टब रिज़ॉल्वर को पूरी क्वेरी भेजता है, लेकिन आजकल स्टब रिज़ॉल्वर आमतौर पर रूट नेम सर्वर को डोमेन नाम का केवल वही हिस्सा भेजता है, जो बिल्कुल आवश्यक होता है — यानी आमतौर पर सिर्फ उस टॉप-लेवल डोमेन का नाम, जिसे वह खोज रहा होता है।

जेनिफर ब्राइस

एक सवाल है। मैं यहां चैट में मौजूद एक प्रश्न को जोर से पढ़कर सुनाने जा रही हूँ। अगर अधिकांश DNS क्वेरीज़ बिना रूट सर्वर की आवश्यकता के ही संभाल ली जाती हैं और अब वैश्विक स्तर पर केवल 13 नहीं बल्कि 1,900 से अधिक इंस्टेंसेस हैं, तो यह हमें रोज़मर्रा के इंटरनेट संचालन में रूट सर्वर सिस्टम की वास्तविक भूमिका और उसके कार्यभार के वितरण के बारे में क्या बताता है?

लार्स-जोहान लिमन

धन्यवाद। प्रत्येक सर्वर पर भार बहुत भिन्न होता है। यह इस बात पर निर्भर करता है कि वह कहाँ स्थित है और उसके आसपास कितने रिज़ॉल्वर हैं, प्रत्येक रिज़ॉल्वर के आसपास के क्लाइंट्स क्या पूछते हैं और कितनी क्वेरीज़ सीधे कैश से उत्तरित की जा सकती हैं। हमने इतने सारे सर्वर इसलिए तैनात किए

हैं, ताकि सुरक्षा का पूरा ध्यान रखा जा सके। हम यह सुनिश्चित करना चाहते हैं कि यह सेवा यथासंभव विश्व के हर कोने में उपलब्ध हो। हम, एक रूट सर्वर ऑपरेटर्स के रूप में, क्या कर सकते हैं इसकी कुछ सीमाएँ हैं, लेकिन हम पूरी कोशिश करते हैं कि हर जगह सेवा बहुत अच्छी रहे। किसी भौगोलिक स्थान पर तैनाती करने से नेटवर्क के पार DNS क्वेरी को रूट नेम सर्वर तक पहुँचने और उत्तर पाने में लगने वाला समय कम हो जाता है, इसलिए यदि रूट सर्वर रिज़ॉल्वर के पास हो, तो जवाब और तेज़ मिलते हैं। यह हमले की स्थितियों में ट्रैफिक को नियंत्रित करने में भी मदद करता है। अगर कोई सिस्टम पर अधिक लोड डालने की कोशिश करता है, तो कई सर्वर होने से उस ट्रैफ़िक को बाँटने में मदद मिलती है और सिस्टम बिना ओवरलोड हुए उसे संभाल सकता है। इतने सारे सर्वर रखने के ये मुख्य कारण हैं।

मैं सहमत हूँ कि रूट सर्वर्स का महत्व धीरे-धीरे कम हो रहा है, आंशिक रूप से इसलिए क्योंकि नेटवर्क पर चीज़ों को खोजने के लिए अन्य तंत्रों का उपयोग किया जा रहा है। आपने आखिरी बार अपने ब्राउज़र में पूरा डोमेन नाम कब टाइप किया था? नहीं, आप कुछ दिलचस्प खोजने के लिए Google का इस्तेमाल करते हैं या AI का उपयोग करते हैं और फिर जो लिंक मिलते हैं, उन पर क्लिक करते हैं। मेरे व्यक्तिगत विचार से, यह धीरे-धीरे डोमेन नेम सिस्टम पर एक पहचान प्रणाली के रूप में निर्भरता को कम कर देता है। यह लंबे समय तक, मेरे सेवानिवृत्ति के बाद भी, बना रहेगा, लेकिन मुझे लगता है

कि निर्भरता में धीरे-धीरे कमी आ रही है। एक और कारण यह है कि आजकल रूट ज़ोन को डाउनलोड करके, बिना कभी रूट नेम सर्वर से बात किए भी DNS रिज़ॉल्यूशन के लिए रिज़ॉल्वर चलाना संभव है। मैंने कहा था कि यह सार्वजनिक रूप से उपलब्ध है और यह सच है। आप इसे अपने रिज़ॉल्वर में डाउनलोड कर सकते हैं, जिससे रिज़ॉल्वर के पास पहले से ही रूट ज़ोन की सारी जानकारी मौजूद होगी। यह बहुत अधिक डेटा नहीं है और यह रूट नेम सर्वर से बात किए बिना ही उस जानकारी का उपयोग कर सकता है। फिर यह आपके बहुत पास ही होगा। लेकिन इसे अपडेट करने के लिए आपके पास एक तंत्र होना चाहिए। रूट ज़ोन दिन में दो बार अपडेट होता है और आपको अपनी कॉपी को उसी अनुसार अपडेट रखना होता है। ऐसे दस्तावेज़ मौजूद हैं, जो बताते हैं कि यह कैसे किया जाता है; इसे हाइपरलोकल रूट कहा जाता है। अगर आपको ऐसा करने के तरीके के बारे में मार्गदर्शन चाहिए, तो मुझसे आकर बात करें।

जेनिफर ब्राइस

क्या मैं कुछ और प्रश्न पूछ सकती हूँ? यहां दो-तीन हैं। सबसे पहले, यह देखते हुए कि रूट सर्वर ऑपरेटर्स अपने संचालन को स्वतंत्र रूप से नहीं बल्कि सामूहिक रूप से समन्वित करते हैं और IANA, RSO नहीं, रूट ज़ोन का ऐडमिनिस्ट्रेशन संभालता है, यह जिम्मेदारियों का विभाजन DNS इंफ्रास्ट्रक्चर की स्थिरता और सुरक्षा में कैसे योगदान देता है?

केन रेनार्ड

यह केन है। हम इसे अगली एक-दो स्लाइड में देखेंगे, लेकिन जिम्मेदारी का विभाजन जानबूझकर किया गया है। हम नहीं चाहते कि किसी एक संगठन का पूरे सिस्टम पर नियंत्रण हो या उसे अपने दम पर बदलाव करने की क्षमता प्राप्त हो। IANA सामग्री को नियंत्रित करता है। वास्तव में, इसमें एक और चरण होता है: RZM, रूट ज़ोन मेंटेनर, क्रिप्टोग्राफ़ी और सिग्नेचर का कार्य करता है। हम तो बस ऐसे हैं जैसे बेसमेंट में बैठा IT विभाग, जो कंप्यूटर चलाता है। यह सरल है, लेकिन यह जिम्मेदारी का विभाजन एक सुरक्षा विशेषता है, जिसे सिस्टम में इस तरह डिज़ाइन किया गया है ताकि दुष्ट तत्वों के पास बहुत अधिक नियंत्रण न हो।

जेनिफर ब्राइस

धन्यवाद। एक और सवाल। RSO अपने व्यवसाय को रूट सर्वर्स तक पहुँच के माध्यम से कमाई करते हैं? अगर नहीं, तो वे इन सभी रूट सर्वरों का रखरखाव कैसे करते हैं?

लार्स-जोहान लिमन

यह एक बहुत ही अच्छा और स्पष्ट प्रश्न है। रूट सर्वर ऑपरेटर्स को किसी से भी रूट सेवा के लिए भुगतान नहीं मिलता। इस सेवा के लिए ICANN भुगतान नहीं करता है, न ही कोई और करता है। सभी रूट सर्वर ऑपरेटर इंटरनेट की भलाई के लिए ऐसा करते हैं। यह एक प्रो बोनो सेवा है, जो हम प्रदान करते हैं। हालाँकि, दुनिया भर में दो हजार सर्वर चलाना सस्ता नहीं है, इसलिए इसमें

पैसे लगते हैं और इसे चलाने का वित्तपोषण खोजने की जिम्मेदारी प्रत्येक रूट सर्वर ऑपरेटर पर है। यहां भी हमें काफी विविधता देखने को मिलती है। विभिन्न रूट सर्वर ऑपरेटर्स अपनी सेवाओं का वित्तपोषण पूरी तरह अलग-अलग तरीकों से करते हैं। मैं NetNode के बारे में बता सकता हूँ। हम दुनिया भर में सर्वर तैनात करते हैं और जब हम ऐसा करते हैं, तो हम एक ऐसा प्लैटफ़ॉर्म इंस्टॉल करते हैं जो केवल रूट को चलाने से कहीं अधिक काम कर सकता है। हम अन्य DNS उद्देश्यों के लिए भी सेवा प्रदान कर सकते हैं, जिसे हम बेच सकते हैं, और उस वाणिज्यिक व्यवसाय से मिलने वाले पैसे का उपयोग हम रूट सेवा के लिए करते हैं। यही हमारा तरीका है। उदाहरण के लिए, आप RIPE NCC को देख सकते हैं। वे यूरोपीय क्षेत्र में IP एड्रेस आवंटित करने और सौंपने के लिए जिम्मेदार हैं। वे एक सदस्यता संगठन हैं; हर सदस्य सदस्यता शुल्क देता है, और उस शुल्क में से कुछ पैसा K रूट को चलाने में इस्तेमाल किया जाता है। केन, क्या आपके पास कोई दूसरा तरीका है?

केन रेनार्ड

मैं प्रश्न के एक अन्य भाग पर भी बात करना चाहता हूँ। हम डेटा का मुद्रीकरण नहीं करते हैं। हम इस डेटा को गोपनीय मानते हैं। हम डेटा का उपयोग केवल सेवा को सुचारू रूप से चलाने और उसे प्रभावी बनाए रखने के लिए करते हैं। यही वह है। हम न तो डेटा बेचते हैं और न ही इसे किसी को आर्थिक उद्देश्यों के

लिए जारी करते हैं। हमारे मूल सिद्धांतों में से एक यह है कि हम ऐसा कभी नहीं करेंगे।

लार्स-जोहान लिमन

बहुत अच्छा मुद्दा है। कोई भी रूट सर्वर ऑपरेटर डेटा नहीं बेचता है। हम यहाँ-वहाँ अनुसंधान प्रयासों में योगदान देते हैं, लेकिन यह हमेशा बहुत सख्त गोपनीयता समझौतों के तहत होता है। जब हम डेटा प्रदान करते हैं, तो हम अक्सर उसे अनाम कर देते हैं, ताकि आप यह देख सकें कि क्वेरी किस बारे में थी, लेकिन आप यह नहीं देख सकते कि इसे किस IP एड्रेस से भेजा गया था। इसका उपयोग सिस्टम को अधिक कुशल बनाने और ICANN के अंदर नामों के टकराव जैसी चीज़ों को समझने के लिए किया जा सकता है। नाम टकराव के जोखिमों को समझने के लिए ट्रैफ़िक की सामग्री को समझना महत्वपूर्ण था।

अज्ञात वक्ता

मुझे लगता है कि दर्शकों के मन में एक स्वाभाविक सवाल यह भी आएगा कि इसे 13 तक ही सीमित क्यों रखा गया है? उसमें भी रुचि लेना उचित होगा।

लार्स-जोहान लिमन

रूट सर्वर के 13 पहचानकर्ता क्यों हैं? यह डोमेन नेम सिस्टम में एक पुराने प्रतिबंध के कारण था, जहाँ आप सभी रूट सर्वर्स और उनके IP एड्रेस की सूची

को नेटवर्क पर एक ही पैकेट में फिट करना चाहते थे ताकि यह अधिक कुशल हो। तब से, नेटवर्क और DNS प्रोटोकॉल विकसित हो चुके हैं और आज इसे किसी विभिन्न तरीके से किया जा सकता है। लेकिन जब से यह विकास शुरू हुआ है, तब से रूट सर्वर ऑपरेटर को बदलने की कोई प्रक्रिया नहीं हुई है। किसी को भी यह नहीं पता कि रूट सर्वर ऑपरेटर को कैसे जोड़ा जाए या हटाया जाए। मैं छोड़ नहीं सकता; मैं यहीं फंसा हुआ हूँ। उस समस्या का समाधान करने के लिए, रूट सर्वर सिस्टम सलाहकार समिति ने सबसे पहले समस्याओं की सूची तैयार की। यह एक लंबे समय तक चलने वाला ऑनगोइंग प्रोजेक्ट है। सबसे पहले RSAC ने एक समस्या सूची बनाई और कहा, "हम रूट सर्वर्स के गवर्नेंस सिस्टम में बदलाव करना चाहेंगे ताकि यह समय के साथ विकसित हो और अधिक पारदर्शी बने।" इसके परिणामस्वरूप ICANN में एक क्रॉस-कम्युनिटी वर्किंग ग्रुप बना, जिसे कहा गया रूट सर्वर सिस्टम गवर्नेंस वर्किंग ग्रुप, जिसने एक या दो हफ्ते पहले अपनी अंतिम रिपोर्ट ICANN बोर्ड को भेजी, जिसमें यह सिफ़ारिशें थीं कि आगे कैसे बढ़ा जाए और रूट सर्वर ऑपरेटर्स के चारों ओर नई संरचनाएँ बनाई जाएँ। उम्मीद है कि भविष्य में चीजों को जोड़ने, हटाने या बदलने के लिए एक प्रक्रिया होगी। लेकिन बदलाव करने का कोई ठोस कारण भी नहीं है। यह प्रणाली अपने वर्तमान स्वरूप में काफी अच्छी तरह से काम करती है। 2001 से, वास्तव में हमारे पास 99.9999% अपटाइम नहीं, बल्कि

100.0000% अपटाइम है, यह प्रत्येक व्यक्तिगत सर्वर के लिए नहीं, बल्कि पूरे सिस्टम के लिए है। भगवान करे ऐसा न हो।

केन रेनार्ड

"Why 13" पर एक और बात यह है कि: हमने इतिहास के दस्तावेज़ में देखा कि जैसे-जैसे इंटरनेट अस्सी और नब्बे के दशक में बढ़ा, हमें और अधिक जोड़ने की ज़रूरत पड़ी। लेकिन Anycast के आगमन के साथ, हम पूरी तरह से एक अलग दिशा में विस्तार कर सकते हैं। अब उन 13 में से प्रत्येक अनिश्चित रूप से बढ़ सकता है। वह 13 अब दो हजार से अधिक हो गया है। तकनीकी इन्फ्रास्ट्रक्चर पर्याप्त है। 13 से आगे जाने की आवश्यकता क्या है? धन्यवाद।

अज्ञात वक्ता

अभी के लिए और कोई प्रश्न नहीं। ओह, कमरे में कुछ लोग हैं जो पूछना चाहते हैं।

लार्स-जोहान लिमन

कृपया।

सनसिका रोसिक

रिकॉर्ड के लिए बता दें, यह सनसिका है। मेरा एक सवाल Anycast और पैकेट फ्रैगमेंटेशन के बारे में है। मैं निश्चित रूप से Anycast की इंटरनेट रेज़िलिएंस में महत्वपूर्ण भूमिका को समझती हूँ, लेकिन ऐसी स्थिति में क्या होता है जब

हमारे पास एक IP एड्रेस हो जिसमें बहुत सारे पैकेट्स हों? क्या ऐसा हो सकता है कि ये पैकेट्स किसी अलग Anycast नोड को भेज दिए जाएँ? अगर ऐसा होता है, तो इसे कैसे संभाला जाता है, खासकर UDP के तहत, जहाँ स्पीड काफी मायने रखती है? धन्यवाद।

लार्स-जोहान लिमन

अब आप तकनीकी बारीकियों में अच्छी तरह से जान रहे हैं। मुझे जवाब देने में खुशी होगी। आप सही कह रहे हैं; ऐसा हो सकता है कि ये पैकेट अलग-अलग Anycast नोड तक पहुंच जाएं। यह संभव है, लेकिन यह काफी असामान्य है। ऐसा तब होता है जब आपके पास लोड-शेयरिंग सिस्टम होता है जहां ट्रैफिक को अलग-अलग लिंक पर साझा किया जाता है, और यदि आप बदकिस्मत हैं, तो यह इन समानांतर लिंक के दूसरे छोर पर अलग-अलग रास्ते ले सकता है। ऐसा तब भी हो सकता है जब राउटिंग सिस्टम में फ्लैप्स नामक कोई चीज मौजूद हो। जब इंटरनेट पर राउटिंग सिस्टम बदलता है, तो दुर्भाग्यवश, आपके दो पैकेट एक छोटे से अंतराल के बीच से गुजरते हैं और वे अलग-अलग दिशाओं में जा सकते हैं। जब तक आप सिंगल UDP क्वेरी की बात कर रहे हैं, तब तक आमतौर पर सब ठीक रहता है। लेकिन यदि आपके पास खंडित पैकेट हैं, तो दोनों खंड अलग-अलग सर्वरों पर जा सकते हैं, और फिर आपको कोई प्रतिक्रिया नहीं मिलेगी क्योंकि दोनों में से कोई भी पैकेट पूर्ण नहीं है। सर्वर उस सामग्री को पढ़ पाने की वजह से उससे कोई प्रतिक्रिया जनरेट नहीं कर पाता

है। इसके इर्द-गिर्द समस्याओं का एक पूरा दायरा है, लेकिन कुल मिलाकर यह एक छोटी सी समस्या है। सैद्धांतिक रूप से, ऐसा हो सकता है, लेकिन व्यवहार में, यह पता चलता है कि यह वास्तव में मेरी अपेक्षा से कहीं बेहतर काम करता है, जितना मैंने बीस साल पहले अपने पहले Anycast नोड को चालू करते समय सोचा था। अगर आपको और जानकारी चाहिए तो बाद में आकर मुझसे बात कर लीजिएगा। हाँ, कृपया अपनी बात कहें।

अज्ञात वक्ता

2015 में रूट सर्वरों पर कुछ DDoS हमले हुए थे, और जहाँ तक मुझे पता है, कुछ भी गंभीर नहीं हुआ था। यह एक बहुत ही मामूली समस्या थी जिसे तुरंत हल कर लिया गया। आपने कहा कि फ़िलहाल करीब 100% अपटाइम है। तब से 10 साल बीत चुके हैं। क्या आप उन नई तकनीकों के संदर्भ में, जिनका अभी तक उपयोग नहीं किया गया है, किसी संभावित सैद्धांतिक समस्या की आशंका रखते हैं? आपके विचार में सैद्धांतिक रूप से कौन-कौन सी संभावित कमजोरियां मौजूद हैं जिनका दुरुपयोग दुर्भावनापूर्ण उद्देश्यों के लिए किया जा सकता है?

लार्स-जोहान लिमन

यह एक खुला बारूदी सुरंग क्षेत्र है। यह उन अज्ञात चीजों की ओर जाता है जिनके बारे में हम नहीं जानते। रूट सर्वर ऑपरेटर कई जगहों पर शामिल होते हैं। आप हमें ICANN की बैठकों में पाएंगे। आप हमें IETF की बैठकों में DNS

प्रोटोकॉल और राउटिंग के लिए BGP प्रोटोकॉल के विकास में शामिल पाएंगे। आप हमें OARC की बैठकों में पाएंगे। OARC DNS से संबंधित लोगों और ऑपरेटरों का एक संगठन है। हम मौजूदा परिस्थितियों और संभावित खतरों से अवगत रहने की कोशिश करते हैं। मैं स्वीडन के भीतर कम से कम दो सुरक्षा संबंधी संगठनों का सदस्य हूँ, जिनमें ISP शामिल हैं, जो भौतिक सुरक्षा और साइबर सुरक्षा के लिए काम करती हैं। हम अपने संसाधनों के अनुसार यथासंभव अधिक से अधिक स्थानों पर अपनी सेवाएं प्रदान करते हैं। हालांकि, वास्तविक खतरे हमेशा मौजूद रहते हैं, और वे हर दिन नए-नए तरीकों से सामने आते हैं। मुझे बिल्कुल भी अंदाजा नहीं है कि AI इस पर क्या असर डालेगा। हम बस यही कोशिश कर सकते हैं कि हम समय से आगे रहें और आने वाली चुनौतियों के लिए तैयार रहें। सिस्टम वास्तव में अत्यधिक सुरक्षित हैं, लेकिन अगर DNS सर्वर पर हमला करने के ऐसे तार्किक तरीके हैं जिनके बारे में हमें पता नहीं है - जैसे कि सर्वर को अजीब चीजें करने के लिए बरगलाना या DNS सर्वरों के सभी कार्यान्वयनों में एक बहुत ही खतरनाक बग ढूंढना - तो हाँ, कुछ भी हो सकता है। यह परिचालन जीवन का एक हिस्सा है। कृपया।

अज्ञात वक्ता

धन्यवाद। जोखिम मूल्यांकन के बारे में, और इस बार साइबर जोखिम के बारे में नहीं: आपने बहुत अच्छी तरह से समझाया कि हर संगठन के लिए राजस्व उत्पन्न करने के तरीके कितने व्यापक थे जिससे वे इसका वित्तपोषण कर

सके। क्या आपको होस्टिंग, मेमोरी और AI के संभावित बढ़ते प्रभाव से कोई जोखिम दिखाई देता है, न कि साइबर सुरक्षा से संबंधित, बल्कि इस तथ्य से कि इससे कीमत बढ़ जाती है? दूसरा सवाल यह है कि आज हम रूट सर्वर के संचालन के बारे में जो चर्चा कर रहे हैं, उसमें क्या कीमतों में भारी वृद्धि की समस्या होने पर रूट ऑपरेटरों के लिए अधिक अनुमानित राजस्व सुनिश्चित करने के बारे में कुछ कहा गया है?

लार्स-जोहान लिमन

धन्यवाद। मुझे सवाल समझ आ गया है। मूल्य संबंधी मुद्दों से जुड़ा पहला मुद्दा अब सामने आने लगा है। हम सर्वरों की खरीद और तैनाती की संख्या को कुछ हद तक सीमित कर रहे हैं, लेकिन हम इस समय एक बहुत अच्छी स्थिति में हैं। मुझे पूरा विश्वास है कि यह मूल्य वृद्धि अस्थायी होगी क्योंकि इन वस्तुओं के उत्पादन से पैसा कमाया जा सकता है। मेमोरी चिप्स और अन्य दुर्लभ उत्पादों का उत्पादन करने वाले लोग अपना उत्पादन बढ़ाएंगे, या कोई और उनसे प्रतिस्पर्धा करना शुरू कर देगा। मुझे पूरा यकीन है कि अब से दो या तीन साल में कीमतें फिर से गिरने लगेंगी। हमारी स्थिति इतनी अच्छी है कि अगर मैं अभी सर्वर खरीदना बंद कर दूं और तीन साल बाद तक कोई सर्वर न खरीदूं, तब भी हम बिल्कुल ठीक रहेंगे। इसमें कोई समस्या नहीं होगी।

अज्ञात वक्ता

मुझे बस टाइमकीपिंग नोट के बारे में एक टिप्पणी करनी है। हमारे पास पांच मिनट बचे हैं।

लार्स-जोहान लिमन

मैं भी यही कहने वाला था, और हमें स्लाइड प्रेज़ेंटेशन को अंतिम रूप देने की कोशिश करनी चाहिए। रूट जोन और रूट सर्वर सिस्टम के बीच संबंध के संदर्भ में: रूट जोन ही वास्तविक डेटा होता है। रूट जोन के रखवाले से हमें यही मिलता है—यह डेटाबेस, सूचनाओं का यह समूह। यह शीर्ष-स्तरीय डोमेन की सूची है जिसमें प्रत्येक शीर्ष-स्तरीय डोमेन की जानकारी और उस TLD के लिए जिम्मेदार सर्वरों की जानकारी शामिल है। इसका प्रबंधन ICANN द्वारा IANA के माध्यम से किया जाता है और इसका प्रशासन सामुदायिक नीति के अनुसार किया जाता है। यह नीति ICANN में निर्धारित की जाती है और फिर IANA द्वारा कार्यान्वित की जाती है और फिर हमारे पास वितरण प्रणाली होती है जो अंततः रूट सर्वरों तक पहुंचती है। रूट सर्वर सिस्टम इन सभी सर्वरों का सिस्टम है, और इसे इन 26 पतों के माध्यम से कार्यान्वित किया जाता है। यह पूरी तरह से तकनीकी भूमिका है। हम डेटा के प्रबंधन से संबंधित कुछ भी नहीं करते हैं। हम इसमें कुछ भी नहीं बदलते, कुछ भी नहीं जोड़ते और न ही कुछ निकालते हैं। इस सेवा का संचालन करने वाले इन 12 संगठनों की जिम्मेदारी रूट सर्वर सिस्टम की है।

यह वह स्कीमा है जिसके द्वारा रूट ज़ोन को सिस्टम में आगे बढ़ाया जाता है। रूट ज़ोन में परिवर्तन आमतौर पर शीर्ष-स्तरीय डोमेन ऑपरेटरों द्वारा शुरू किए जाते हैं। अगर स्वीडिश टॉप-लेवल डोमेन .se डोमेन को सेवा प्रदान करने वाले सर्वरों के सेट में कोई बदलाव करना चाहता है, तो वे ICANN से संपर्क करेंगे। इसके लिए एक वेब पोर्टल उपलब्ध है, और वे इसे बदलने का अनुरोध करेंगे। IANA अनुरोध की समीक्षा करेगा, बदलाव करेगा और इस परिवर्तन की जानकारी रूट जोन मेंटेनर को भेजेगा, जो बाद में क्रिप्टो सिग्नेचर की मदद से जानकारी पर साइन करेगा। इसका परिणाम रूट ज़ोन होता है, जिसे प्रकाशित किया जाता है और रूट सर्वर ऑपरेटरों को वितरित किया जाता है। ये 12 ऑपरेटर रूट ज़ोन मेंटेनर से इस ज़ोन फ़ाइल को लेते हैं और फिर इसे सभी सर्वर इंस्टेंस में वितरित करते हैं। हमारे मामले में, इन दो हजार में से लगभग सौ की जिम्मेदारी हमारी है, इसलिए हम इसे अपने सौ लोगों में बांट देते हैं। केन के पास जो भी संख्या होती है, वह उसके लिए जिम्मेदार होता है और उसे अपने सर्वरों में वितरित करता है। हमारे पास यह श्रृंखला नीचे की ओर जा रही है। अंत में, हमारे पास ये दो हजार मशीनें हैं जो इंटरनेट से आने वाले प्रश्नों का जवाब देती हैं। रूट जोन के रखवाले द्वारा रूट जोन को उपलब्ध कराए जाने के क्षण से ही यह सब पूरी तरह से स्वचालित हो जाता है। आखिर में, इसे 90% इंस्टेंस पर डिप्लॉय करने में शायद दो मिनट से भी कम समय लगेगा। यह पूरी तरह से स्वचालित है। रूट जोन के स्थानांतरण की जांच अतिरिक्त हस्ताक्षरों के साथ भी की जाती है ताकि नेटवर्क पर जोन के हस्तांतरण के दौरान कोई भी

उससे छेड़छाड़ न कर सके। वहां हमारे पास दोहरी सुरक्षा व्यवस्था है: सिग्नेचर और परिवहन तंत्र।

हमें RSAC का भी उल्लेख करना होगा। RSAC, ICANN के भीतर एक समूह है; यह एक ICANN समुदाय है। नियमों के अनुसार, RSAC की भूमिका इंटरनेट के रूट सर्वर सिस्टम के संचालन, प्रशासन, सुरक्षा और अखंडता से संबंधित मामलों पर ICANN समुदाय और बोर्ड को सलाह देना है। हम बस यही करते हैं। आपने उसमें नीति या नियंत्रण संबंधी कोई कार्रवाई नहीं देखी। यह एक सलाहकार समूह है; हम सलाह देते हैं। रूट सर्वर ऑपरेटरों का प्रतिनिधित्व RSAC के भीतर किया जाता है, लेकिन RSAC स्वयं परिचालन संबंधी मामलों में हस्तक्षेप नहीं करता है। सभी कार्यों को रूट सर्वर ऑपरेटरों द्वारा अलग से संभाला जाता है। जैसा कि मैंने कहा, हम IETF में मिलते हैं; वहां हमारा एक सहयोग है जो काम करता है, लेकिन वह एक संगठन नहीं है। ये बस ऐसे लोग हैं जो मिलते हैं और साथ मिलकर काम करते हैं। RSAC में प्रत्येक रूट सर्वर ऑपरेटर के प्राथमिक प्रतिनिधि शामिल होते हैं, इसलिए इसमें 12 प्राथमिक सदस्य होते हैं। विकल्प मौजूद हैं; अगर मैं बीमार हो जाता हूँ, तो मेरा विकल्प कार्यभार संभाल लेगा, इसलिए वहां 24 लोग हैं। फिर हमारे पास SSAC, IANA और अन्य जगहों जैसे अन्य निकायों से आने वाले संपर्क अधिकारी होते हैं। हम एक अपेक्षाकृत छोटी समिति हैं और हमारे पास बहुत अधिक शोध और दस्तावेज़ लेखन करने के लिए संसाधन नहीं हैं, इसलिए हमारे पास विषय

विशेषज्ञों का एक समूह है जिसे RSAC कॉकस कहा जाता है। ये वे लोग हैं जो RSAC के काम में योगदान देना चाहते हैं। यह एक ऐसी सदस्यता है जिसमें RSAC आपकी पुष्टि करता है; आप एक आवेदन और एक CV भेजते हैं ताकि हमें पता चल सके कि आप सिस्टम के लिए उपयुक्त हैं, लेकिन हम बहुत ही कम मामलों में किसी को अस्वीकार करते हैं। ऐसा एक-दो बार हो चुका है।

अज्ञात वक्ता

आपको सूचित करना चाहते हैं कि हमें जो समय दिया गया था, वह समाप्त हो चुका है। यदि आप अपनी अंतिम टिप्पणी दे सकें, तो हम इस चर्चा को समाप्त कर सकते हैं। धन्यवाद।

लार्स-जोहान लिमन

ठीक है। मैं इसे छोड़ दूंगा। ये हमारे वर्तमान अध्यक्ष और उपाध्यक्ष हैं, और जहां भी हमारे संपर्क अधिकारी हैं, और वह समूह जिसका मैंने अभी जिक्र किया। मुझे नहीं लगता कि हमारे पास यहाँ और कुछ है; हम इनमें से लगभग सब कुछ कर चुके हैं। इन स्लाइड में अतिरिक्त संसाधनों का एक सेट है, और जहां तक मुझे पता है, ये स्लाइड उपलब्ध हैं। यदि नहीं, तो मैं उन्हें उपलब्ध कराने का अनुरोध करूंगा।

अज्ञात वक्ता

वे निर्धारित समय पर उपलब्ध होंगे।

लार्स-जोहान लिमन

हम यहां हैं, और हमें आपसे बात करके खुशी होगी। अगर आप सेशन के दौरान अपने सवाल नहीं पूछ पाए, तो मुझसे मिलें, केन से मिलें या अन्य लोगों से मिलें। हमें आपसे बात करके बहुत खुशी होगी। आपका बहुत-बहुत धन्यवाद।

[ट्रांसक्रिप्शन यहां खत्म होता है]