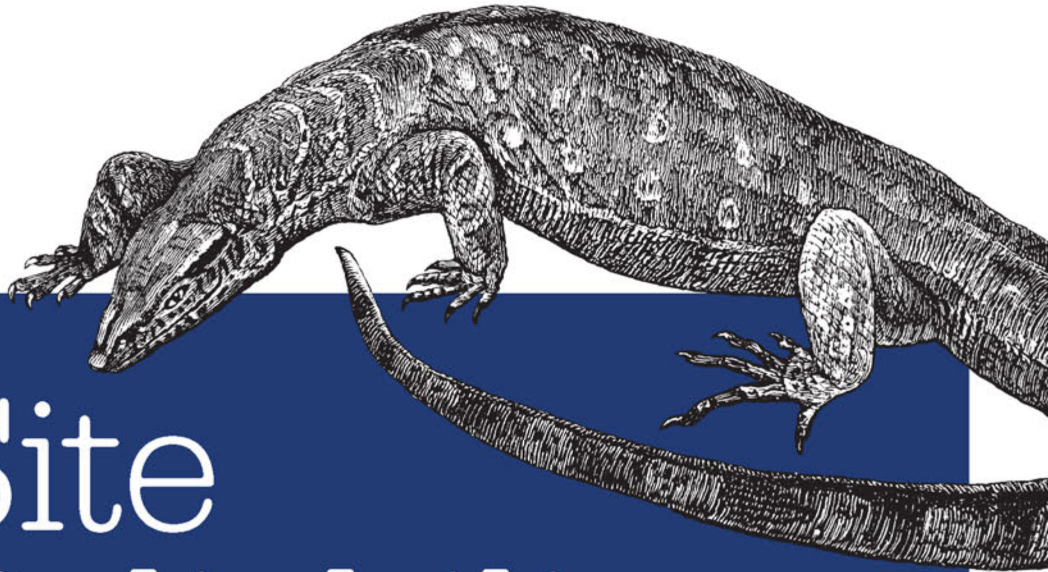
O'REILLY®



Site Reliability Engineering

JAK GOOGLE ZARZĄDZA SYSTEMAMI PRODUKCYJNYMI

Betsy Beyer, Chris Jones,
Jennifer Petoff, Niall Richard Murphy

Tytuł oryginału: Site Reliability Engineering: How Google Runs Production Systems

Tłumaczenie: Tomasz Walczak

ISBN: 978-83-283-3730-5

© 2017 Helion SA

Authorized Polish translation of the English edition of Site Reliability Engineering ISBN 9781491929124 © 2016 Google, Inc.

This translation is published and sold by permission of O'Reilly Media, Inc.,
which owns or controls all rights to publish and sell the same.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or by any information storage retrieval system, without permission from the Publisher.

Wszelkie prawa zastrzeżone. Nieautoryzowane rozpowszechnianie całości lub fragmentu niniejszej publikacji w jakiejkolwiek postaci jest zabronione. Wykonywanie kopii metodą kserograficzną, fotograficzną, a także kopiowanie książki na nośniku filmowym, magnetycznym lub innym powoduje naruszenie praw autorskich niniejszej publikacji.

Wszystkie znaki występujące w tekście są zastrzeżonymi znakami firmowymi bądź towarowymi ich właścicieli.

Autor oraz Wydawnictwo HELION dołożyli wszelkich starań, by zawarte w tej książce informacje były kompletne i rzetelne. Nie biorą jednak żadnej odpowiedzialności ani za ich wykorzystanie, ani za związane z tym ewentualne naruszenie praw patentowych lub autorskich. Autor oraz Wydawnictwo HELION nie ponoszą również żadnej odpowiedzialności za ewentualne szkody wynikłe z wykorzystania informacji zawartych w książce.

Wydawnictwo HELION
ul. Kościuszki 1c, 44-100 GLIWICE
tel. 32 231 22 19, 32 230 98 63
e-mail: *helion@helion.pl*
WWW: *http://helion.pl* (księgarnia internetowa, katalog książek)

Drogi Czytelniku!
Jeżeli chcesz ocenić tę książkę, zajrzyj pod adres
http://helion.pl/user/opinie/sireen
Możesz tam wpisać swoje uwagi, spostrzeżenia, recenzję.

Printed in Poland.

• Kup książkę
• Poleć książkę
• Oceń książkę

• Księgarnia internetowa
• Lubię to! » Nasza społeczność

Spis treści

Przedmowa 13

Wstęp 15

Część I. Wprowadzenie 23

1. Wprowadzenie 25
Zarządzanie usługami przez administratorów systemów 25
Podejście do zarządzania usługami w Google'u — Site Reliability Engineering 26
Założenia podejścia SRE 29
Koniec początku 34

2. Środowisko produkcyjne w Google'u z perspektywy SRE 35
Sprzęt 35
Oprogramowanie „organizujące” pracę sprzętu 37
Inne systemy oprogramowania 40
Infrastruktura dla oprogramowania 40
Nasze środowisko programistyczne 41
Shakespeare — przykładowa usługa 42

Część II. Zasady 45

3. Akceptowanie ryzyka 47
Zarządzanie ryzykiem 47
Pomiar ryzyka związanego z usługą 48
Tolerancja ryzyka dla usługi 50
Uzasadnienie stosowania budżetu błędów 54

Kup ksi k Pole ksi k

4. **Poziomy SLO** 59
Terminologia związana z poziomem usług 59
Wskaźniki w praktyce 62
Cele w praktyce 65
Umowy w praktyce 68

5. **Eliminowanie harówki** 69
Definicja harówki 69
Dlaczego ograniczenie harówki jest korzystne? 71
Co kwalifikuje się jako prace inżynieryjne? 72
Czy harówka zawsze jest czymś złym? 72
Wniosek 74

6. **Monitorowanie systemów rozproszonych** 75
Definicje 75
Po co monitorować? 76
Wyznaczanie rozsądnych oczekiwań względem monitorowania 77
Symptomy a przyczyny 78
Monitorowanie czarnoskrzynkowe i białoskrzynkowe 79
Cztery złote sygnały 79
Uwzględnianie wartości skrajnych (lub narzędzia pomiarowe i sprawność) 81
Określanie odpowiedniej szczegółowości pomiarów 81
Tak proste jak to możliwe, ale nie prostsze 82
Łączenie opisanych zasad 82
Monitorowanie długoterminowe 83
Wnioski 86

7. **Ewolucja automatyzacji w Google'u** 87
Wartość automatyzacji 87
Wartość dla zespołów SRE w Google'u 89
Przypadki zastosowania automatyzacji 90
Wyautomatyzuj się z pracy — automatyzuj WSZYSTKO! 93
Łagodzenie problemów — stosowanie automatyzacji do uruchamiania klastrów 95
Borg — narodziny komputera na skalę hurtowni 101
Podstawową cechą jest niezawodność 102
Zalecenia 103

8. **Inżynieria udostępniania** 105
Rola inżyniera udostępniania 105
Filozofia 106
Ciągłe budowanie i wdrażanie 108
Zarządzanie konfiguracją 111
Wnioski 112

Kup ksi k Pole ksi k

9. **Prostota** ... 115
Stabilność a elastyczność systemu 115
Cnota nudy 116
Nie oddam mojego kodu! 116
Wskaźnik „negatywne wiersze kodu” 117
Minimalne interfejsy API 117
Modułowość 117
Udostępnianie prostych zmian 118
Prosty wniosek 118

Część III. Praktyki ... 119

10. **Praktyczne alarmy na podstawie szeregów czasowych** ... 123
Powstanie systemu Borgmon 124
Narzędzia pomiarowe w aplikacji 125
Zbieranie eksportowanych danych 126
Przechowywanie danych w obszarze szeregów czasowych 126
Sprawdzanie reguł 129
Alarmy 132
Podział systemu monitorowania 133
Monitorowanie czarnoskrzynkowe 134
Zarządzanie konfiguracją 135
Dziesięć lat później… 136

11. **Dyżury na wezwanie** ... 139
Wprowadzenie 139
Życie inżyniera dyżurnego 140
Zrównoważone dyżury 141
Poczucie bezpieczeństwa 142
Unikanie nieodpowiedniego obciążenia operacyjnego 144
Wnioski 145

12. **Skuteczne rozwiązywanie problemów** ... 147
Teoria 148
Praktyka 150
Wyniki negatywne to magia 156
Studium przypadku 158
Ułatwianie rozwiązywania problemów 162
Wnioski 162

Kup ksi k   Pole ksi k

13. Reagowanie kryzysowe 163
Co robić, gdy w systemie wystąpi awaria? 163
Kryzys wywołany testami 164
Sytuacje kryzysowe spowodowane zmianami 165
Sytuacje kryzysowe spowodowane procesem 167
Dla każdego problemu istnieje rozwiązanie 169
Wyciągaj wnioski z przeszłości i nie powtarzaj tych samych błędów 170
Wnioski 170

14. Zarządzanie incydentami 173
Niezarządzane incydenty 173
Anatomia niezarządzanego incydentu 174
Aspekty procesu zarządzania incydentami 175
Zarządzany incydent 176
Kiedy ogłaszać incydent? 177
Podsumowanie 178

15. Kultura analizy zdarzeń — wyciąganie wniosków z niepowodzeń 179
Filozofia analizy zdarzeń w Google'u 179
Współpracuj i dziel się wiedzą 181
Wprowadzanie kultury analizy zdarzeń 182
Wnioski i wprowadzane usprawnienia 184

16. Śledzenie przestojów 185
Escalator 185
Outalator 186

17. Testowanie niezawodności 191
Rodzaje testów oprogramowania 192
Tworzenie środowiska testowania i środowiska budowania 198
Testowanie w dużej skali 199
Wnioski 210

18. Inżynieria oprogramowania w SRE 211
Dlaczego inżynieria oprogramowania w zespołach SRE ma znaczenie? 211
Studium przypadku. Auxon — wprowadzenie do projektu i przestrzeń problemowa 213
Planowanie przepustowości na podstawie celów 215
Wspomaganie inżynierii oprogramowania w SRE 223
Wnioski 227

Kup ksi k Pole ksi k

19. Równoważenie obciążenia na poziomie frontonu 229
Moc nie jest rozwiązaniem 229
Równoważenie obciążenia z użyciem systemu DNS 230
Równoważenie obciążenia na poziomie wirtualnych adresów IP 232

20. Równoważenie obciążenia w centrum danych 235
Scenariusz idealny 236
Identyfikowanie problematycznych zadań — kontrola przepływu i „kulawe kaczki” 237
Ograniczanie puli połączeń za pomocą tworzenia podzbiorów 239
Reguły równoważenia obciążenia 244

21. Obsługa przeciążenia 251
Pułapki związane z „liczbą zapytań na sekundę” 251
Limity na klienta 252
Ograniczanie liczby żądań po stronie klienta 253
Poziom krytyczności 255
Sygnały poziomu wykorzystania 256
Obsługa błędów przeciążenia 257
Obciążenie wynikające z połączeń 260
Wnioski 261

22. Radzenie sobie z awariami kaskadowymi 263
Przyczyny awarii kaskadowych i projektowanie z myślą o ich uniknięciu 264
Zapobieganie przeciążeniu serwerów 268
Powolny rozruch i pusta pamięć podręczna 276
Warunki wywołujące awarie kaskadowe 279
Testowanie pod kątem awarii kaskadowych 280
Pierwsze kroki w obliczu awarii kaskadowych 283
Uwagi końcowe 285

23. Zarządzanie krytycznym stanem — zapewnianie niezawodności za pomocą konsensusu w środowisku rozproszonym 287
Uzasadnienie uzgadniania konsensusu — niepowodzenie koordynacji systemów rozproszonych 289
Jak działa konsensus w środowisku rozproszonym? 291
Wzorce architektury systemu związane z konsensusem w środowisku rozproszonym 292
Wydajność uzgadniania konsensusu w środowisku rozproszonym 297
Wdrażanie rozproszonego systemu opartego na konsensusie 305
Monitorowanie rozproszonych systemów uzgadniania konsensusu 312
Wnioski 314

Kup ksi k Pole ksi k

24. Okresowe szeregowanie prac w środowisku rozproszonym za pomocą crona 315
cron 315
Prace crona a idempotencja 316
cron w dużej skali 317
Budowanie crona w Google'u 318
Podsumowanie 325

25. Potoki przetwarzania danych 327
Początki wzorca projektowego „potok danych” 327
Początkowy wpływ big data na prosty wzorzec potoku danych 327
Wyzwania związane ze wzorcem „okresowo uruchamiany potok danych” 328
Problemy powodowane przez nierównomierny podział pracy 328
Wady okresowo uruchamianych potoków w środowiskach rozproszonych 329
Wprowadzenie do systemu Workflow Google'a 332
Etapy wykonywania w systemie Workflow 334
Zapewnianie ciągłości biznesowej 335
Podsumowanie i uwagi końcowe 336

26. Integralność danych — wczytywanie tego, co zostało zapisane 337
Ścisłe wymagania z zakresu integralności danych 338
Cele zespołów SRE w Google'u w zakresie integralności i dostępności danych 342
Jak zespoły SRE Google'a radzą sobie z problemami z integralnością danych? 346
Studia przypadków 357
Ogólne zasady SRE stosowane w obszarze integralności danych 363
Wnioski 365

27. Niezawodne udostępnianie produktów w dużej skali 367
Inżynieria koordynowania udostępniania 368
Konfigurowanie procesu udostępniania 370
Tworzenie listy kontrolnej udostępniania 373
Wybrane techniki niezawodnego udostępniania 377
Powstawanie zespołu LCE 381
Wnioski 384

Część IV. Zarządzanie 385

28. Szybkie przygotowywanie inżynierów SRE do dyżurów i innych zadań 387
Zatrudniłeś nowych inżynierów SRE. Co dalej? 387
Początkowe pouczające doświadczenia — argument na rzecz przewagi struktury nad chaosem 389
Rozwój świetnych ekspertów od inżynierii odwrotnej i improwizatorów 393

Kup ksi k Pole ksi k

Pięć praktyk dla przyszłych dyżurnych 395
Dyżury i inne zadania — rytuał przejścia i ciągłe uczenie się 400
Końcowe myśli 401

29. Radzenie sobie z zakłóceniami 403
Zarządzanie obciążeniem operacyjnym 404
Czynniki wpływające na sposób zarządzania zakłóceniami 404
Niedoskonałe maszyny 405

30. Angażowanie inżyniera SRE w celu wyeliminowania przeciążenia operacyjnego 411
Etap 1. Poznaj usługę i kontekst 412
Etap 2. Przedstawianie kontekstu 414
Etap 3. Motywowanie do zmian 415
Wnioski 417

31. Komunikacja i współpraca w zespołach SRE 419
Komunikacja — spotkania produkcyjne 420
Współpraca w ramach zespołów SRE 423
Studium przypadku z obszaru współpracy w zespołach SRE — Viceroy 425
Współpraca z zespołami innymi niż SRE 429
Studium przypadku — przeniesienie DFP do F1 430
Wnioski 432

32. Zmiany w modelu angażowania się zespołów SRE 433
Zaangażowanie zespołów SRE — co, jak i dlaczego? 433
Model PGP 434
Model angażowania się zespołów SRE 434
Przeglądy gotowości produkcyjnej — prosty model oparty na PGP 436
Ewolucja prostego modelu opartego na PGP — wczesne zaangażowanie 439
Zmiany w rozwoju usług — frameworki i platforma SRE 441
Wnioski 446

Część V. Wnioski 447

33. Lekcje z innych branż 449
Poznaj naszych branżowych weteranów 450
Testowanie gotowości i odporności na katastrofy 451
Kultura analizy zdarzeń 454
Eliminowanie powtarzalnej pracy i kosztów operacyjnych dzięki automatyzacji 456
Ustrukturyzowane i racjonalne podejmowanie decyzji 457
Wnioski 459

34. Podsumowanie 461

Kup ksi k Pole ksi k

A Tabela dostępności ... 465
B Zbiór dobrych praktyk dotyczących usług produkcyjnych ... 467
C Przykładowy dokument ze stanem incydentu ... 473
D Przykładowa analiza zdarzenia ... 475
E Lista kontrolna LCE ... 479
F Przykładowe notatki ze spotkania produkcyjnego ... 481
Bibliografia ... 483
Skorowidz ... 494

Kup ksi k Pole ksi k

ROZDZIAŁ 21.

Obsługa przeciążenia

Autor: Alejandro Forero Cuervo
Redakcja: Sarah Chavis

Unikanie przeciążenia to cel reguł równoważenia obciążenia. Jednak niezależnie od tego, jak wydajne są te reguły, *ostatecznie* niektóre części systemu staną się przeciążone. Płynna obsługa takich sytuacji jest nieodzowna, jeśli chcesz zarządzać niezawodnym systemem serwerowym.

Jedną z możliwości obsługi przeciążenia jest zwracanie odpowiedzi awaryjnych, które nie są tak precyzyjne jak zwykłe lub zawierają mniej danych, ale są łatwiejsze do obliczenia. Oto przykład:

- Zamiast przeszukiwać cały zbiór danych w celu zapewnienia najlepszych dostępnych wyników dla zapytania do wyszukiwarki, można uwzględniać tylko niewielki procent potencjalnie odpowiednich danych.
- Można korzystać z lokalnej kopii wyników, która nie zawsze jest w pełni aktualna, ale jest mniej kosztowna w użyciu niż posługiwanie się standardowym magazynem danych.

Jednak przy skrajnym przeciążeniu usługa może nie radzić sobie nawet z wyznaczaniem i udostępnianiem odpowiedzi awaryjnych. Na takim etapie jedyną możliwością do natychmiastowego zastosowania jest zwracanie błędów. Jednym ze sposobów na złagodzenie skutków tej sytuacji jest równoważenie ruchu między centrami danych w taki sposób, aby żadne centrum nie otrzymywało więcej żądań, niż jest w stanie przetworzyć. Na przykład jeśli w centrum danych działa 100 zadań zaplecza i każde z nich potrafi przetworzyć do 500 żądań na sekundę, to algorytm równoważenia obciążenia nie powinien pozwalać na przekazywanie do tego centrum więcej niż 50 tys. zapytań na sekundę. Jednak nawet to ograniczenie może okazać się niewystarczające do uniknięcia przeciążenia, jeśli system działa na dużą skalę. Ostatecznie najlepiej jest tak budować klienty i zadania zaplecza, by płynnie radziły sobie z ograniczeniami zasobów. Gdy to możliwe, należy przekierowywać ruch, w razie konieczności zwracać wyniki awaryjne, a gdy wszystko inne zawiedzie, bezpośrednio obsługiwać błędy związane z zasobami.

Pułapki związane z „liczbą zapytań na sekundę”

Różne zapytania mogą mieć bardzo zróżnicowane wymagania co do zasobów. Koszt zapytania może się różnić w zależności od arbitralnych czynników, takich jak kod klienta, który je zgłasza (w usługach

Kup ksi k Pole ksi k

o wielu klientach), a nawet pora dnia (np. użytkownicy firmowi i prywatni lub interaktywny ruch generowany przez użytkowników końcowych i ruch z operacji wsadowych).

Przekonaliśmy się o tym na własnej skórze. „Zapytania na sekundę” lub statyczne cechy żądań uważane za przybliżenie ilości zużywanych zasobów (np. „ile kluczy wczytuje żądanie”) to często mało przydatne miary do modelowania przepustowości. Nawet jeśli w danym okresie używana miara daje dobre efekty, może się to zmienić. Czasem zmiany następują stopniowo, jednak nieraz zachodzą gwałtownie (np. nowa wersja oprogramowania nagle sprawia, że niektóre funkcje z pewnych żądań wymagają znacznie mniej zasobów). Taki „ruchomy cel” jest niezbyt przydatną miarą do użytku w ramach projektowania i implementowania równoważenia obciążenia.

Lepszym rozwiązaniem jest pomiar przepustowości bezpośrednio na poziomie dostępnych zasobów. Załóżmy, że dla danej usługi w określonym centrum danych zarezerwowanych jest 500 rdzeni procesora i 1 TB pamięci. Oczywiście znacznie lepiej jest modelować przepustowość centrum danych bezpośrednio za pomocą tych liczb. Często mówimy o *koszcie* żądania, posługując się znormalizowaną miarą zajmowanego czasu procesora (z uwzględnieniem różnic w sprawności różnych architektur procesorów).

W większości sytuacji (choć zdecydowanie nie we wszystkich) dobrze sprawdza się proste używanie obciążenia procesorów jako wskaźnika zapotrzebowania na zasoby. Wynika to z następujących powodów:

- W platformach z odzyskiwaniem pamięci duże obciążenie pamięci w naturalny sposób przekłada się na większe wykorzystanie procesorów.
- W innych platformach można udostępniać pozostałe zasoby w taki sposób, że bardzo mało prawdopodobne jest wyczerpanie się ich przed zajęciem całej mocy procesorów.

W sytuacjach, gdy zapewnienie nadmiarowej ilości zasobów innych niż procesor jest zbyt kosztowne, przyglądamy się osobno poszczególnym zasobom w trakcie analizowania ich zużycia.

Limity na klienta

Jednym z aspektów radzenia sobie z przeciążeniem jest określanie, co zrobić w przypadku *globalnego* przeciążenia. W idealnym świecie, gdzie zespoły starannie koordynują udostępnianie swoich produktów z właścicielami powiązanych usług zaplecza, globalne przeciążenie nigdy nie następuje, a usługi zaplecza zawsze zapewniają przepustowość wystarczającą do obsługi klientów. Niestety, nie żyjemy w idealnym świecie. W praktyce globalne przeciążenie zdarza się stosunkowo często (zwłaszcza w usługach wewnętrznych, z których nieraz korzystają liczne klienty wielu zespołów).

Gdy globalne przeciążenie *wystąpi*, bardzo ważne jest, by usługa zwracała odpowiedzi o błędach tylko do niewłaściwie pracujących klientów. Nie powinno to wpływać na pozostałe klienty. Aby to osiągnąć, właściciele usługi zapewniają przepustowość na podstawie poziomu zużycia zasobów wynegocjowanego z klientami i według tego definiują limity dla klientów.

Na przykład jeśli usłudze zaplecza przydzielono na świecie 10 tys. procesorów (w różnych centrach danych), limity dla klientów mogą wyglądać tak:

- Gmail może zużywać do 4000 s czasu procesora na sekundę.
- Kalendarz może zużywać do 4000 s czasu procesora na sekundę.

Kup ksi k Pole ksi k

- Android może zużywać do 3000 s czasu procesora na sekundę.
- Google+ może zużywać do 2000 s czasu procesora na sekundę.
- Wszyscy pozostali użytkownicy mogą zużywać do 500 s czasu procesora na sekundę.

Zauważ, że te liczby mogą w sumie przekroczyć 10 tys. procesorów przydzielonych tej usłudze zaplecza. Właściciel usługi opiera się na tym, że mało prawdopodobne jest, by *wszyscy* klienci jednocześnie osiągnęli limit zużycia zasobów.

Globalne informacje o poziomie zużycia zasobów agregujemy globalnie w czasie rzeczywistym dla wszystkich zadań zaplecza. Na podstawie tych danych zmieniamy limity dla poszczególnych zadań zaplecza. Dokładne omawianie systemu wykonującego to zadanie wykracza poza zakres rozdziału. Napisaliśmy jednak dużo kodu do realizowania tego procesu w zadaniach zaplecza. Ciekawą częścią układanki jest obliczanie w czasie rzeczywistym zasobów (zwłaszcza czasu procesora) wykorzystywanych przez każde żądanie. Jest to skomplikowane przede wszystkim w serwerach, w których nie ma zaimplementowanego modelu „jeden wątek na żądanie", gdzie pula wątków obsługuje przychodzące różne części wszystkich żądań, używając nieblokujących interfejsów API.

Ograniczanie liczby żądań po stronie klienta

Gdy klient przekroczy limit, zadanie zaplecza powinno szybko odrzucać żądania z założeniem, że zwrócenie błędu „klient przekroczył limit" wymaga znacznie mniej zasobów niż przetworzenie żądania i zwrócenie poprawnej odpowiedzi. Jednak nie we wszystkich usługach jest to prawdą. Na przykład prawie równie kosztowne jest odrzucenie żądania wymagającego prostego wyszukania danych w pamięci RAM (kiedy to koszt obsługi protokołu żądań i odpowiedzi jest znacznie wyższy niż koszt wygenerowania odpowiedzi) co przyjęcie i obsłużenie go. Nawet w sytuacjach, gdy odrzucenie żądań pozwala zaoszczędzić dużo zasobów, żądania *i tak* zużywają zasoby. W takich sytuacjach zadanie zaplecza może stać się przeciążone również wtedy, gdy większość czasu procesora jest przeznaczana na odrzucanie żądań!

Rozwiązaniem problemu jest ograniczanie żądań po stronie klienta[1]. Gdy klient wykrywa, że duża część żądań z ostatniego czasu została odrzucona z powodu błędów „przekroczenia limitu", zaczyna autoregulację i ogranicza ilość generowanego wychodzącego ruchu. Żądania powodujące przekroczenie ograniczenia są blokowane lokalnie i nawet nie trafiają do sieci.

Ograniczanie żądań po stronie klienta zaimplementowaliśmy za pomocą techniki, którą nazwaliśmy *adaptacyjnym ograniczaniem*. Każde zadanie klienckie przechowuje następujące informacje na temat ostatnich dwóch minut pracy:

`requests`
: Liczba żądań, które próbowała zgłosić warstwa aplikacji (po stronie klienta, powyżej systemu adaptacyjnego ograniczania).

`accepts`
: Liczba żądań zaakceptowanych przez zadanie zaplecza.

---

[1] Zob. np. narzędzie Doorman (*https://github.com/youtube/doorman*) — kooperatywny rozproszony system ograniczania żądań po stronie klienta.

Kup ksi k Pole ksi k

W normalnych warunkach obie te wartości są sobie równe. Gdy zadanie zaplecza zaczyna odrzucać żądania, wartość `accepts` spada poniżej wartości `requests`. Klienty mogą kontynuować zgłaszanie żądań do zadania zaplecza do momentu, gdy `requests` jest K razy większe niż `accepts`. Po dojściu do tego poziomu klient zaczyna autoregulację i nowe żądania są odrzucane na poziomie lokalnym (czyli po stronie klienta) z prawdopodobieństwem wyrażonym w równaniu 21.1.

$$\max(0, \frac{requests - K \times accepts}{requests + 1})$$

Równanie 21.1. Prawdopodobieństwo odrzucenia żądania klienta

Gdy klient sam zaczyna odrzucać żądania, wartość `requests` stale przekracza wartość `accepts`. Choć wydaje się to sprzeczne z intuicją, to ponieważ lokalnie odrzucane żądania nie są przekazywane do zadania zaplecza, jest to rozwiązanie preferowane. Gdy szybkość przekazywania żądań przez aplikację do klienta rośnie (względem szybkości, z jaką zadanie zaplecza je akceptuje), chcemy zwiększać prawdopodobieństwo odrzucania nowych żądań.

W usługach, w których koszt przetwarzania żądań jest bardzo bliski kosztowi ich odrzucenia, pozwalanie na zużywanie połowy zasobów tego zadania na odrzucanie żądań może być nieakceptowalne. W takiej sytuacji rozwiązanie jest proste — należy zmodyfikować stosowany do wartości `accepts` mnożnik K (równy 2) we wzorze na prawdopodobieństwo odrzucenia żądania klienta (równanie 21.1). Dzięki temu:

- zmniejszenie mnożnika powoduje bardziej agresywne adaptacyjne ograniczanie;
- zwiększenie mnożnika zmniejsza agresywność adaptacyjnego ograniczania.

Na przykład zamiast włączania autoregulacji klienta, gdy `requests = 2 * accepts`, można zastosować autoregulację na poziomie `requests = 1.1 * accepts`. Obniżenie wartości modyfikatora do 1,1 oznacza, że tylko jedno żądanie zostanie przez zadanie zaplecza odrzucone na każdych 10 zaakceptowanych.

Ogólnie preferujemy stosowanie mnożnika 2. Pozwalając na dotarcie do zadania zaplecza większej liczby żądań, niż zgodnie z oczekiwaniami jest to dopuszczalne, marnujemy więcej zasobów tego zadania, ale też przyspieszamy przekazywanie informacji o stanie z zadania zaplecza do klientów. Jeśli zadanie zaplecza zdecyduje się zakończyć odrzucanie żądań od zadań klienckich, czas do wykrycia tej zmiany stanu przez wszystkie zadania klienckie będzie wtedy krótszy.

Odkryliśmy, że adaptacyjne ograniczanie dobrze się sprawdza w praktyce i prowadzi do stabilnego poziomu liczby żądań na ogólnym poziomie. Nawet w sytuacji wysokiego przeciążenia zadania zaplecza odrzucają tylko jedno żądanie na każde żądanie obsłużone. Ważną zaletą tego podejścia jest to, że decyzja jest podejmowana przez zadanie klienckie wyłącznie na podstawie lokalnych informacji i stosunkowo prostej implementacji. Nie występują tu dodatkowe zależności ani kary w postaci wzrostu opóźnienia.

Dodatkową kwestią jest to, że ograniczanie żądań po stronie klienta może się nie sprawdzać w klientach, które bardzo rzadko kierują żądania do zadań zaplecza. Wtedy wgląd każdego klienta w stan zadań zaplecza jest znacznie słabszy, a próby zwiększenia go są zwykle kosztowne.

Kup ksi k Pole ksi k

Poziom krytyczności

Poziom krytyczności to następne pojęcie, które uznaliśmy za niezwykle przydatne w kontekście globalnych limitów i ograniczania żądań. Żądanie skierowane do zadania zaplecza otrzymuje jeden z czterech możliwych poziomów krytyczności (od najbardziej do najmniej krytycznego):

`CRITICAL_PLUS`
: Zarezerwowany dla najbardziej krytycznych żądań, których niepowodzenie skutkuje poważnymi problemami widocznymi dla użytkowników.

`CRITICAL`
: Jest to poziom domyślny dla żądań zgłaszanych przez prace produkcyjne. Te żądania powodują skutki widoczne dla użytkowników, ale ich wpływ jest mniej poważny niż na poziomie `CRITICAL_PLUS`. Usługi powinny zapewniać wystarczającą przepustowość dla całego oczekiwanego ruchu z poziomów `CRITICAL` i `CRITICAL_PLUS`.

`SHEDDABLE_PLUS`
: Dotyczy ruchu, dla którego oczekiwana jest częściowa niedostępność. Jest to poziom domyślny dla prac wsadowych, które mogą ponawiać żądania po upływie minut, a nawet godzin.

`SHEDDABLE`
: Dotyczy ruchu, dla którego oczekiwana jest częsta częściowa niedostępność i okazjonalna pełna niedostępność.

Stwierdziliśmy, że te cztery wartości są wystarczające do uwzględnienia prawie każdej usługi. Wielokrotnie dyskutowaliśmy nad propozycjami dodatkowych wartości, ponieważ pozwoliłyby one precyzyjniej klasyfikować żądania. Jednak definiowanie dodatkowych wartości wymagałoby więcej zasobów do obsługi różnych systemów uwzględniających poziomy krytyczności.

Krytyczność potraktowaliśmy jako pełnoprawny aspekt systemu RPC i ciężko pracowaliśmy, aby zintegrować ją z wieloma mechanizmami kontrolnymi, tak by można było uwzględniać ją w ramach reagowania na przeciążenie. Oto przykłady:

- Gdy klient przekroczy globalny limit, zadanie zaplecza odrzuca żądania z danego poziomu krytyczności tylko wtedy, jeśli odrzuca już żądania z wszystkich niższych poziomów (opisane wcześniej obsługiwane przez nasz system limity dla klientów można też ustawiać dla poziomów krytyczności).
- Gdy samo zadanie jest przeciążone, szybciej zaczyna odrzucać żądania o niższym poziomie krytyczności.
- System adaptacyjnego ograniczania przechowuje statystyki osobno dla każdego poziomu krytyczności.

Poziom krytyczności żądania jest niezależny od wymagań związanych z opóźnieniem, a tym samym od obowiązującego dla sieci poziomu jakości usług (ang. *Quality of Service* — **QoS**). Na przykład gdy system wyświetla wyniki wyszukiwania lub sugestie w trakcie wpisywania zapytania w wyszukiwarce, z obsługi żądań można łatwo zrezygnować (jeśli system jest przeciążony, niewyświetlanie wyników jest akceptowalne), natomiast wymagania związane z opóźnieniem są tu zwykle wysokie.

Kup książkę Poleć książkę

Znacznie rozbudowaliśmy też nasz system RPC, aby poziom krytyczności był przekazywany automatycznie. Jeśli zadanie zaplecza otrzymuje żądanie *A* i w ramach jego przetwarzania zgłasza żądania *B* i *C* do innych zadań zaplecza, żądania *B* i *C* będą domyślnie miały ten sam poziom krytyczności co żądanie *A*.

W przeszłości w wielu systemach w Google'u powstały doraźne poziomy krytyczności, często niekompatybilne między usługami. Dzięki ustandaryzowaniu i przekazaniu poziomów krytyczności w ramach systemu RPC obecnie możemy w spójny sposób ustawiać je w określonych punktach. To daje nam pewność, że przeciążone zależne zadania będą respektować poziomy krytyczności, odrzucając ruch, niezależnie od tego, jak głęboko w stosie wywołań RPC działają. Dlatego staramy się ustawiać poziom krytyczności jak najbliżej przeglądarek lub klientów mobilnych (zwykle we frontonach HTTP, które generują zwracany kod w HTML-u) i zmieniać go tylko w specjalnych sytuacjach, gdy ma to sens w określonym punkcie stosu.

Sygnały poziomu wykorzystania

Nasza implementacja ochrony przed przeciążeniem na poziomie zadania jest oparta na *poziomie wykorzystania*. W wielu sytuacjach jest to tylko miara stopnia obciążenia procesorów (czyli aktualne obciążenie procesorów podzielone przez łączną moc procesorów zarezerwowaną dla danego zadania). Czasem jednak uwzględniamy też wskaźniki takie jak to, jaka część zarezerwowanej pamięci jest obecnie używana. Gdy poziom wykorzystania zbliża się do ustalonego progu, zaczynamy odrzucać żądania na podstawie ich poziomu krytyczności (dla wyższej krytyczności próg wykorzystania jest wyższy).

Używane przez nas sygnały poziomu wykorzystania są oparte na lokalnym stanie zadania (ponieważ celem sygnałów jest ochrona zadań). Stosujemy różne sygnały. Najczęściej przydatny sygnał jest oparty na „obciążeniu" w procesie, określanym przy użyciu systemu nazywanego przez nas *średnim obciążeniem wątków wykonawczych*.

Aby ustalić średnie obciążenie wątków wykonawczych, zliczamy aktywne wątki procesu. Określenie „aktywne" oznacza tu wątki, które aktualnie działają lub są gotowe do pracy i czekają na wolny procesor. Wartości „wygładzamy", stosując wykładniczą funkcję zaniku, i zaczynamy odrzucać żądania, gdy liczba aktywnych wątków przekracza liczbę procesorów dostępnych dla zadania. To oznacza, że wszystkie przychodzące żądania o bardzo wysokim stopniu rozgałęzienia (generują one bardzo dużą liczbę krótkich operacji) powodują bardzo krótki skok obciążenia, który jednak zostaje w większości ukryty dzięki wygładzaniu. Jeśli jednak operacje nie są krótkie (obciążenie wtedy rośnie i pozostaje wysokie przez dłuższy czas), zadanie zacznie odrzucać żądania.

Choć średnie obciążenie wątków wykonawczych okazało się bardzo przydatnym sygnałem, nasz system potrafi uwzględnić dowolne sygnały poziomu wykorzystania potrzebne dla konkretnego zadania zaplecza. Możemy np. posłużyć się szczytowym wykorzystaniem pamięci (określa on, że zużycie pamięci w zadaniu zaplecza wzrosło ponad standardowe parametry operacyjne) jako innym sygnałem poziomu wykorzystania. System można też skonfigurować tak, by łączył wiele sygnałów i odrzucał żądania, które skutkują przekroczeniem sumarycznego (lub cząstkowego) docelowego progu.

Kup ksi k

Pole ksi k

Obsługa błędów przeciążenia

Oprócz zapewnienia płynnej obsługi obciążenia długo analizowaliśmy też to, jak klienty powinny reagować po otrzymaniu odpowiedzi o błędzie związanym z obciążeniem. W przypadku takich błędów rozróżniamy dwie sytuacje.

Przeciążony jest duży podzbiór zadań zaplecza w centrum danych

Jeśli system równoważenia obciążenia między centrami danych działa w idealny sposób (czyli potrafi przekazywać informacje o stanie i natychmiast reagować na zmiany w ruchu), ta sytuacja nigdy nie występuje.

Przeciążony jest niewielki podzbiór zadań zaplecza w centrum danych

Ta sytuacja jest zwykle powodowana niedoskonałością mechanizmów równoważenia obciążenia w centrum danych. Na przykład zadanie mogło niedawno otrzymać bardzo kosztowne żądanie. W takiej sytuacji wysoce prawdopodobne jest, że centrum danych dzięki innym zadaniom ma możliwość obsługiwania żądań.

Gdy przeciążony jest duży podzbiór zadań zaplecza, nie należy ponawiać zgłoszeń, a błędy powinny być przekazywane aż do nadawcy (błąd należy więc zwrócić użytkownikowi końcowemu). Jednak znacznie częściej przeciążona jest tylko niewielka część zadań. Wtedy preferowaną reakcją jest natychmiastowe ponowienie żądania. Nasz system równoważenia obciążenia między centrami danych zwykle próbuje przekierować ruch od klientów do najbliższych dostępnych centrów danych z zadaniami zaplecza. Czasem najbliższe centrum danych jest znacznie oddalone (najbliższe dostępne zadanie zaplecza dla klienta może się znajdować na innym kontynencie), jednak przeważnie udaje nam się usytuować klienty blisko powiązanych zadań zaplecza. Dzięki temu dodatkowe opóźnienie wynikające z ponowienia żądania (to tylko kilka wymian komunikatów w sieci) jest pomijalne.

Z perspektywy reguł równoważenia obciążenia próby ponawiania żądań są nieodróżnialne od nowych żądań. Oznacza to, że nie stosujemy bezpośrednio kodu do upewniania się, że ponowione żądanie trafi do innego zadania zaplecza. Polegamy na wysokim prawdopodobieństwie, że ponowna próba trafi do innego zadania z powodu dużej liczby zadań zaplecza w podzbiorze. Upewnianie się, że wszystkie ponawiane żądania trafiają do innych zadań, zwiększałoby złożoność interfejsów API w większym stopniu, niż jest to tego warte.

Nawet gdy zadanie zaplecza jest tylko w niewielkim stopniu przeciążone, żądania klienta są często lepiej obsługiwane, jeśli zadanie zaplecza na równych zasadach i szybko odrzuca ponawiane i nowe żądania. Odrzucone żądanie można natychmiast ponowić, kierując je do innego zadania zaplecza, w którym dostępne mogą być wolne zasoby. Efekt traktowania w zadaniach zaplecza ponawianych i nowych żądań w ten sam sposób jest taki, że ponawianie żądań w innych zadaniach pozwala w naturalny sposób równoważyć obciążenie. Jest ono przekierowywane do zadań, które mogą być lepiej dostosowane do ich obsługi.

Decydowanie o ponowieniu żądania

Gdy klient otrzymuje odpowiedź z błędem „przeciążone zadanie”, musi zdecydować, czy ponowić żądanie. Stosujemy kilka mechanizmów pozwalających uniknąć ponawiania żądań, gdy znaczna część zadań w klastrze jest przeciążona.

Kup ksi k Pole ksi k

Po pierwsze, stosujemy *budżet ponowień dla żądania* na poziomie trzech prób. Jeśli żądanie już trzy razy spowodowało błąd, pozwalamy na zwrócenie błędu do nadawcy żądania. Wynika to z następującego rozumowania: jeśli żądanie już trzykrotnie trafiło do przeciążonego zadania, jest stosunkowo mało prawdopodobne, że następna próba pomoże; w takiej sytuacji zapewne całe centrum danych jest przeciążone.

Po drugie, stosujemy *budżet ponowień dla klienta*. Każdy klient śledzi odsetek ponowień żądań. Żądanie jest ponawiane tylko wtedy, gdy ta wartość wynosi poniżej 10%. Wynika to z tego, że gdy przeciążony jest stosunkowo niewielki podzbiór zadań, ponawianie powinno być potrzebne stosunkowo rzadko.

W ramach konkretnego przykładu (najgorszego scenariusza) załóżmy, że centrum danych akceptuje niewielką ilość żądań, a dużą ich część odrzuca. Niech X będzie łączną liczbą żądań przekazanych do centrum danych przez kod kliencki. Z powodu liczby potrzebnych ponowień liczba żądań znacznie wzrośnie — do poziomu niewiele niższego niż $3X$. Choć ograniczyliśmy liczbę żądań spowodowanych ponowieniami, trzykrotny wzrost jest znaczący (zwłaszcza gdy koszt odrzucenia żądania jest wysoki w porównaniu z kosztem jego przetworzenia). Jednak uwzględnienie budżetu ponowień dla klienta (odsetek ponowień na poziomie 10%) w ogólnym przypadku zmniejsza ten wzrost do $1{,}1X$, co stanowi znaczną poprawę.

Trzecie podejście polega na tym, że klienty umieszczają w metadanych żądania liczbę prób. Przy pierwszej próbie licznik ma wartość `0` i jest zwiększany po każdym ponowieniu żądania aż do osiągnięcia wartości 2, kiedy to wyczerpanie budżetu ponowień dla żądania powoduje zaprzestanie dalszych prób. Zadania zaplecza przechowują histogramy tych wartości z niedawnej historii. Gdy zadanie zaplecza musi odrzucić żądanie, sprawdza te histogramy, aby ustalić prawdopodobieństwo, że inne zadania zaplecza też są przeciążone. Jeśli histogramy wskazują na dużą liczbę ponowień (co oznacza, że inne zadania zaplecza też zapewne są przeciążone), zwracany jest błąd „przeciążone, nie ponawiać" zamiast standardowego błędu „zadanie jest przeciążone", który skutkuje ponowną próbą.

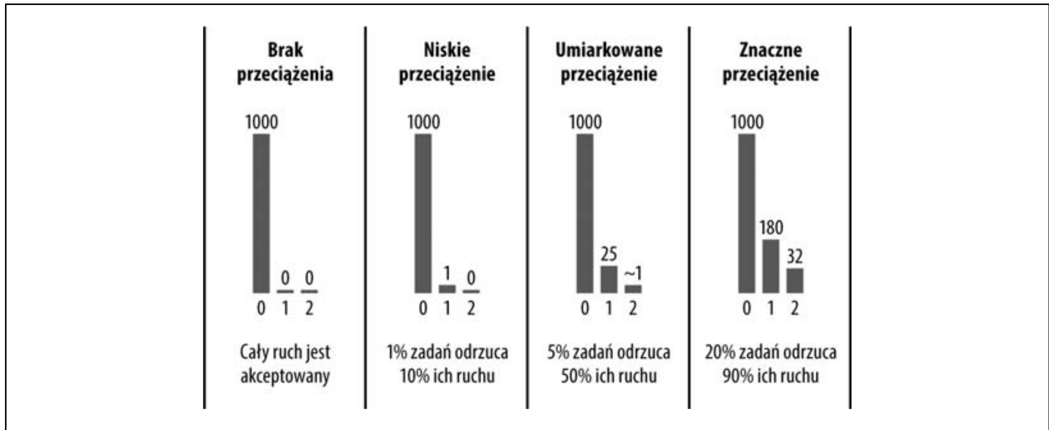
Rysunek 21.1 przedstawia liczbę prób dla każdego żądania w określonym zadaniu zaplecza w różnych przykładowych sytuacjach. Wartości te dotyczą przesuwanego okna obejmującego 1000 początkowych żądań (nie licząc ponowień). Dla uproszczenia budżet ponowień dla klienta jest tu ignorowany (w wynikach zakładamy, że uwzględniany jest tylko budżet ponowień w wysokości trzech prób na żądanie). Ponadto zastosowanie podzbiorów mogłoby nieco zmienić uzyskane wartości.

Większe z naszych usług mają zwykle postać dużych stosów systemów, które z kolei mogą być zależne od siebie. W takiej architekturze żądania powinny być ponawiane tylko w warstwie bezpośrednio nad warstwą, która je odrzuca. Gdy uznajemy, że danego żądania nie można obsłużyć i nie należy go ponawiać, zgłaszamy błąd „przeciążone, nie ponawiać" i unikamy w ten sposób kombinatorycznej eksplozji ponawianych prób.

Przyjrzyj się przykładowi z rysunku 21.2 (w praktyce nasze stosy są często dużo bardziej złożone). Wyobraź sobie, że fronton bazy danych jest obecnie przeciążony i odrzuca żądania. W tej sytuacji:

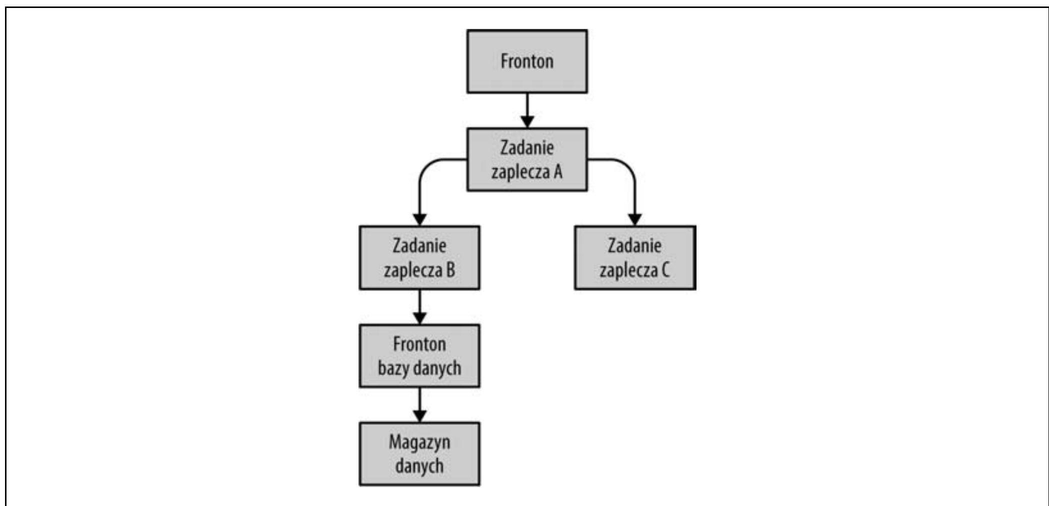
- Zadanie zaplecza B spróbuje ponowić żądanie zgodnie z opisanymi wskazówkami.

Kup ksi k Pole ksi k



Rysunek 21.1. Histogramy liczby prób w różnych warunkach

- Jednak gdy zadanie zaplecza B wykryje, że żądanie do frontonu bazy danych nie może zostać obsłużone (np. w wyniku trzykrotnego odrzucenia prób), musi zwrócić do zadania zaplecza A albo błąd „przeciążone, nie ponawiać”, albo odpowiedź awaryjną (przy założeniu, że można wygenerować częściowo przydatną odpowiedź nawet po nieudanym żądaniu do frontonu bazy danych).
- Zadanie zaplecza A ma dokładnie te same możliwości w stosunku do żądania otrzymanego od frontonu i wykonuje analogiczne operacje.



Rysunek 21.2. Stos zależności

Ważne jest to, że nieudane żądanie do frontonu bazy danych powinno być ponawiane tylko przez zadanie zaplecza B, czyli warstwę bezpośrednio nad tym frontonem. Ponawianie prób przez wiele warstw prowadzi do eksplozji kombinatorycznej.

Kup ksi k Pole ksi k

Obciążenie wynikające z połączeń

Obciążenie wynikające z połączeń to ostatni czynnik, o którym warto wspomnieć. Czasem uwzględniamy tylko obciążenie zadań zaplecza spowodowane bezpośrednio otrzymywanymi żądaniami (jest to jeden z problemów z podejściami, w których model obciążenia jest oparty na zapytaniach na sekundę). Jednak skutkuje to ignorowaniem kosztów procesora i pamięci związanych z dużą liczbą połączeń. Nieuwzględniany jest też koszt szybkiego przełączania połączeń. W małych systemach te problemy są pomijalne, jednak szybko stają się problematyczne w działających na bardzo dużą skalę systemach wywołań RPC.

Wcześniej wspomnieliśmy już, że nasz protokół RPC wymaga okresowego sprawdzania stanu przez nieaktywne klienty. Gdy połączenie jest nieużywane przez ustalony czas, klient zamyka połączenie TCP i nawiązuje połączenie UDP na potrzeby sprawdzania stanu. Niestety, to rozwiązanie jest problematyczne, gdy bardzo duża liczba zadań klienckich zgłasza bardzo niewielką liczbę żądań. Sprawdzanie stanu za pomocą połączeń może wtedy wymagać więcej zasobów niż sama obsługa żądań. Techniki takie jak staranne dostosowanie parametrów połączeń (np. znaczne zmniejszenie częstotliwości sprawdzania stanu) lub nawet dynamiczne tworzenie i zamykanie połączeń pozwalają znacznie poprawić sytuację.

Obsługa skoków liczby żądań nawiązania nowych połączeń to drugi problem. Widzieliśmy tego typu skoki w rozbudowanych pracach wsadowych, które tworzyły jednocześnie bardzo dużą liczbę roboczych zadań klienckich. Konieczność jednoczesnego nawiązywania i utrzymywania dużej liczby nowych połączeń może łatwo przeciążyć grupę zadań zaplecza. Według naszych doświadczeń istnieje kilka strategii pomagających zmniejszyć to obciążenie:

- Przekazanie obciążenia do algorytmu równoważenia obciążenia między centrami danych (odpowiedzialnego za podstawowe równoważenie obciążenia na bazie wykorzystania klastrów, a nie według samej liczby żądań). W takiej sytuacji obciążenie z żądań jest przekazywane do innych centrów danych o wolnej przepustowości.
- Zobowiązanie klienckich prac wsadowych do stosowania odrębnego zestawu zadań zaplecza pełniących funkcję *pośredników prac wsadowych*. Takie zadania jedynie przekazują w kontrolowany sposób żądania do podstawowych zadań zaplecza i dostarczają odpowiedzi od nich do klientów. Dlatego zamiast komunikacji „klient wsadowy → zadanie zaplecza” mamy sekwencję „klient wsadowy → pośrednik prac wsadowych → zadanie zaplecza”. Wtedy gdy bardzo duża praca rozpoczyna działanie, wpływa to tylko na pośrednika prac wsadowych, który chroni podstawowe zadania zaplecza (i klienty o wyższym priorytecie). Pośrednik pełni tu funkcję bezpiecznika. Inna zaleta stosowania pośrednika jest taka, że zwykle ogranicza to liczbę połączeń z zadaniem zaplecza. Może to skutkować usprawnieniem równoważenia obciążenia dla zadań zaplecza (zadania pośredniczące mogą korzystać z większych podzbiorów i często nawet mieć lepszy wgląd w stan zadań zaplecza).

Kup ksi k Pole ksi k

Wnioski

W rozdziałach tym i 20. omówiliśmy, jak za pomocą różnych technik (deterministycznego określania podzbiorów, algorytmu rotacyjnego z wagami, ograniczania żądań po stronie klienta, limitów dla klientów itd.) rozdzielać w stosunkowo równomierny sposób obciążenie między zadania w centrum danych. Jednak te mechanizmy wymagają przekazywania stanu w systemie rozproszonym. Choć w ogólnych sytuacjach rozwiązania te działają całkiem dobrze, w rzeczywistych aplikacjach zdarzają się scenariusze, w których te mechanizmy okazują się niedoskonałe.

Dlatego uważamy za bardzo istotne zapewnianie ochrony poszczególnych zadań przed przeciążeniem. Ujmijmy to prosto: zadanie zaplecza z zasobami pozwalającymi na obsługę określonego poziomu ruchu powinno radzić sobie z ruchem na tym poziomie bez istotnych zmian opóźnień niezależnie od tego, jak dużo dodatkowego ruchu jest do niego kierowane. Wynika z tego, że zadanie zaplecza nie może zawodzić i ulegać awarii z powodu obciążenia. Te stwierdzenia powinny być prawdziwe dla określonego poziomu ruchu — w przybliżeniu większego niż dwukrotność, a nawet do dziesięciokrotności obciążenia, jakie zadanie potrafi obsłużyć za pomocą przydzielonych mu zasobów. Akceptujemy to, że istnieje poziom, powyżej którego system zaczyna się załamywać, i że dalsze podnoszenie tego progu może być stosunkowo trudne.

Najważniejsze jest, by poważnie traktować warunki prowadzące do pogorszenia pracy systemu. Jeśli te warunki są ignorowane, wiele systemów zaczyna działać bardzo źle. Gdy praca się nawarstwia, a zadania zaczynają wyczerpywać pamięć i ulegać awarii (lub zużywają prawie cały czas procesora na migotanie pamięci), opóźnienie rośnie, ponieważ żądania są odrzucane, a zadania współzawodniczą o zasoby. Jeśli się tym nie zajmiesz, awaria części systemu (np. jednego zadania zaplecza) może doprowadzić do awarii innych komponentów. Grozi to wyłączeniem całego systemu lub dużej jego części. Wpływ tego rodzaju awarii kaskadowych może być tak poważny, że w każdym systemie działającym w dużej skali niezwykle istotna jest ochrona przed taką sytuacją (zob. rozdział 22.).

Często popełnianym błędem jest zakładanie, że przeciążone zadanie zaplecza powinno odrzucać i przestać przyjmować cały ruch. Takie podejście byłoby niezgodne z celem, jakim jest stabilne równoważenie obciążenia. W praktyce chcemy, by zadanie zaplecza nadal obsługiwało jak największą część ruchu, ale tylko po uwolnieniu przepustowości. Dobrze działające zadanie zaplecza wspomagane przez solidne reguły równoważenia obciążenia powinno akceptować tylko te żądania, które potrafi obsłużyć; pozostałe żądania należy odrzucać.

Choć posiadamy wiele narzędzi do implementowania skutecznego równoważenia obciążenia i ochrony przed przeciążeniem, uniwersalne rozwiązanie nie istnieje. Równoważenie obciążenia często wymaga dogłębnego zrozumienia systemu i semantyki używanych w nim żądań. Techniki opisane w tym rozdziale ewoluowały wraz z potrzebami stawianymi przez wiele systemów Google'a i zapewne nadal będą się zmieniać wraz z naturą naszych systemów.

Kup ksi k   Pole ksi k

Kup ksi k Pole ksi k

Skorowidz

A

adekwatność, 98
administrator systemu
  zarządzanie usługami, 25
agregowanie
  alarmów, 187
  pomiarów, 63
akceptowanie ryzyka, 47
aktualizacje procesu, 279
alarmy, 83, 132
alerty, 40
algorytm
  kontrolowanego opóźnienia, 270
  rotacyjny, 244
    z wagami, 248
    z wyborem jednostki, 246
  wyboru
    podzbiory deterministyczne, 242
    podzbiory losowe, 240
analiza
  danych, 188
  przyczyn źródłowych, 120
  wydajności, 302
  zdarzeń, 120, 179, 395, 454, 475
    chronologia incydentu, 477
    usprawnienia, 184
    w Google'u, 179
    wnioski, 476
    wprowadzanie kultury, 182
  zgłoszeń, 409
anatomia niezarządzanego incydentu, 174
archiwa, 341
automatyzacja, 87, 456
  awarie na wielką skalę, 104
  hierarchia klas, 92
  oszczędność czasu, 89
  platforma, 88
  skalowanie, 87
  system zarządzania klastrem, 101
  szybsze działania, 89
  szybsze naprawy, 88
  uruchamianie klastrów, 95
  zastosowania, 90
Auxon, 217
  implementacja, 219
  przyciąganie użytkowników, 220
awarie, 163, 470
  częściowe, 321
  kaskadowe, 263
    czynniki, 279
    przeciążenie serwerów, 268
    przyczyny, 264
    rozwiązywanie problemu, 283
    testowanie, 280
  powodowane sprawdzaniem stanu, 283

B

bezpieczeństwo, 142, 452
big data, 327
błędna interpretacja statystyk, 64
błędy
  przeciążenia, 257
  w konfiguracji, 96
Borgmon
  alarmy, 132
  powstanie systemu, 124
  przechowywanie danych, 126
  reguły, 129
  system monitorowania, 124
  zarządzanie konfiguracją, 135
  zbieranie danych, 126

Kup książkę | Poleć książkę

budowanie, 108
  crona, 318
budżet błędów, 54, 57, 468
  kształtowanie, 55
  usługi, 30

C

cele
  definiowanie, 65
  wybór, 66
centrum danych, 235
changelist, CL, 41
chronologia incydentu, 477
ciągłe
  budowanie i wdrażanie, 108
  uczenie się, 400
ciągłość biznesowa, 335
cron, 315
  rozbudowana infrastruktura, 317
  uruchamianie dużej instalacji, 324
  w Google'u, 318
  zwiększone wymagania, 318
czas wymiany komunikatów, 238

D

debugowanie Shakespeare'a, 152
decydowanie o niepowodzeniu, 467
definicja
  celów, 65
  celów SLO, 468
  harówki, 69
deskryptory plików, 266
DevOps, 29
DiRT, Disaster and Recovery Testing, 145, 451
DNS, 230
dobre praktyki, 467
dokumentacja, 398
  stanu incydentu, 176, 473
dostęp do dysku, 304
dostępność, 29
  danych, 342
DSR, Direct Server Return, 234
duża liczbą odczytów, 300
dystrakcje, 406
dyżurny, 395
dyżury, 141, 400, 408
dzienniki, 152
dzierżawa dla kworum, 300

E

eksplozja oprogramowania, 117
eksportowanie zmiennych, 125
elastyczność systemu, 115
eliminowanie
  harówki, 69
  obciążenia, 284
  powtarzalnej pracy, 456
  przeciążenia operacyjnego, 411
  szkodliwego ruchu, 285
Escalator, 185
etykiety, 127
ewolucja prostego modelu opartego na PGP, 439

F

Fast Paxos
  analizowanie wydajności, 302
FIFO, first-in, first-out, 270
format BLOB, 340
formy wsparcia, 435
frameworki, 442
fronton, 229

G

generowanie reguł, 125
GFS, Google File System, 38, 96
Gmail, 84
GRE, Generic Routing Encapsulation, 234
GTape, 357

H

harówka, 45, 69
  definicja, 69
  obliczanie, 71
  ograniczenie, 71
hierarchia testów tradycyjnych, 193

I

ICS, Incident Command System, 175
idempotencja, 316
idempotentne eliminowanie niespójności, 97
identyfikowanie
  problematycznych zadań, 237
  źródeł problemów, 412
  źródła stresu, 412

Kup ksi k
Pole ksi k

improwizacja, 394
incydent, 177
informacje
  o anulowaniu, 275
  o limicie czasu, 274
infrastruktura dla oprogramowania, 40
instalacja duża crona, 324
integracja, 373
integralność danych, 337
  dostępność danych, 342
  dwadzieścia cztery rodzaje błędów, 346
  trudności z utrzymywaniem, 345
  wybór strategii, 339
  wymagania, 338
  zasady SRE, 363
interfejsy API, 117
interpretacja statystyk, 64
inżynier dyżurny, 140
inżynieria, 29
  koordynowania udostępniania, 368
  odwrotna, 393
  odwrotna usługi produkcyjnej, 394
  oprogramowania, 211
    budowanie kultury, 224
    docieranie do celu, 225
  udostępniania, 45, 105
    ciągłe budowanie i wdrażanie, 108
    hermetyczny proces budowania, 107
    model samoobsługowy, 106
    wymuszanie polityk i procedur, 107
    wysoka szybkość, 106
    zarządzanie konfiguracją, 111
inżynierowie SRE
  angażowanie, 411
  branżowi weterani, 450
  dyżurni, 395
  dyżury, 389
  kolejność poznawania systemu, 390
  komunikacja, 420
  rozwój, 393
  shadowing dyżurnych, 399
  skład zespołu, 424
  techniki szkoleniowe, 388
  ukierunkowanie pracy, 392
  współpraca, 423
  współpraca z zespołami, 429
  zadania, 389

J

JIT, Just-in-Time, 277
JVM, Java Virtual Machine, 381

K

kolejki, 269
kompetencja, 98
komunikacja, 420
konfiguracja
  Borgmona, 135
  procesu udostępniania, 370
konsensus, 297
  w środowisku rozproszonym, 291
kontrola
  przepływu, 237
  wyników pomiarów, 67
konwergencja, 371
kopie
  pełne, 345
  przyrostowe, 345
  zapasowe, 341, 349, 352
koszty
  obsługi zapytań, 245
  operacyjne, 444
kryzys wywołany testami, 164
kształtowanie budżetu błędów, 55
kulawe kaczki, 237
kultura analizy
  bez obwiniania, 30
  zdarzeń, 182, 454

L

liczba
  replik, 305
  zapytań na sekundę, 251
lider, 320
LIFO, last-in, first-out, 270
limity
  czasu, 274
  na klienta, 252
lista
  kontrolna LCE, 479
  kontrolna udostępniania, 371
  zmian, 41
lokalizacja replik, 306

Kup ksi k
Pole ksi k

Ł

łączenie żądań w porcje, 303

M

maszyny RSM, 293
metody
  kolejkowania, 270
  przywracania, 349
miękkie usuwanie, 347
minimalne interfejsy API, 117
model
ACID, 288
  angażowania się zespołów, 434
  oparty na PGP, 436
  PGP, 434
  wczesnego zaangażowania, 440
    budowanie i implementacja, 440
    etap projektowania, 440
    udostępnianie, 440
  zaangażowania oparty na wspólnej odpowiedzialności, 445
modułowość, 117
monitorowanie, 29, 31, 40, 119, 469
  alarmy, 132
  białoskrzynkowe, 79
  czarnoskrzynkowe, 79, 134
  długoterminowe, 83
  podział systemu, 133
  problemów w okresowo uruchamianych potokach, 330
  reguły, 83
  rozproszonych systemów, 312
  system Borgmon, 124
  systemów rozproszonych, 75
  szczegółowość pomiarów, 81
  wartości skrajne, 81
  wykorzystanie szeregów czasowych, 124
  złote sygnały, 79
motywowanie do zmian, 415
MTBF, Mean Time Between Failure, 192, 205
MTTF, Mean Time to Failure, 31
MTTR, Mean Time to Repair, 31, 88, 192
MTU, Maximum Transmission Unit, 234
Multi-Paxos, 298
MVC, Model-View-Controller, 332
MVP, Minimum Viable Product, 221
myślenie statystyczne i porównawcze, 393

N

narzędzia pomiarowe, 125
narzędzie Auxon, 217
niebezpieczne oprogramowanie, 201
niedostępność usługi, 267
niekontrolowane usuwanie danych, 359
nieliniowe skalowanie, 412
niepowodzenia, 179
nierównomierny podział pracy, 328
niezarządzane incydenty, 173
niezawodna obsługa
  kolejek, 296
  komunikatów, 296
niezawodne
  maszyny RSM, 293
  replikowane magazyny danych, 294
  udostępnianie, 377
  udostępnianie produktów, 367
niezawodność, 15, 102, 191, 316
notatki ze spotkania produkcyjnego, 481

O

obciążenie, 230, 235, 308
  operacyjne, 144
  wynikające z połączeń, 260
obliczanie harówki, 71
obserwator, 321
obsługa
  blokad, 40
  błędów przeciążenia, 257
  przeciążenia, 251
  zapytań, 245
  żądań, 42
ochrona przed niebezpiecznym oprogramowaniem, 201
odciążanie, 270
odrzucanie ruchu, 284
ogłaszanie incydentu, 177
ograniczanie
  harówki, 71
  liczby żądań, 253
  puli połączeń, 239
  zakłóceń, 409
okresowe szeregowanie prac, 315
okresowo uruchamiany potok, 329
określanie
  nazw, 126
  wymagań, 454

Kup książkę Poleć książkę

opóźnienie, 29, 98, 274
dwumodalne, 276
w sieci, 301
Outalator, 186
agregowanie alarmów, 187
tagi, 188
widok incydentu, 187
widok kolejek, 186

P

pamięć, 38, 266
Paxos, 292
zastosowanie, 319
planowane zmiany, 280
planowanie
przepustowości, 29, 32, 121, 213, 374, 470
na podstawie celów, 215
wprowadzania produktu, 376
platformy flag funkcji, 378
podejmowanie decyzji, 457
podejście SRE, 29
podzbiory, 239
deterministyczne, 242
losowe, 240
podział
pracy, 328
systemu monitorowania, 133
pomiar
kontrolowanie wyników, 67
określanie szczegółowości, 81
ryzyka, 48
ponawianie
prób, 271
żądania, 257
poprzedniki celu, 216
potoki
okresowo uruchamiane, 329
przetwarzania danych, 327
wieloetapowe, 328
powtarzalność, 87
powtarzanie błędów, 170
poziom
krytyczności, 255
wykorzystania, 256
poziomy SLO, 59
poznawanie usługi i kontekstu, 412
prace inżynieryjne, 72
problem
„pędzącego stada”, 330
„rozszczepienia mózgu”, 290
problemy, 147, *Patrz także* rozwiązywanie problemów
proces
rozwiązywania problemów, 148
rozwoju oprogramowania, 376
udostępniania, 370
zarządzania incydentami, 175
procesor, 265
procesy certyfikacji, 453
produkt, 122
prognozowanie zapotrzebowania, 32
progresywne wprowadzanie usług, 467
protokół
SNMP, 126
TFTP, 169
przechowywanie
danych, 126
historii przestojów, 170
stanu, 323
przeciążenie, 251, 257, 380, 470
operacyjne, 144, 411
serwera, 264, 268
przedstawianie kontekstu, 414
przeglądy gotowości produkcyjnej, 436
przełączanie awaryjne, 290
przenośna przepustowość, 452
przepływ komunikatów, 298
przepustowość, 213, 470
obciążenia, 308
przestoje, 185
usługi, 61
przywracanie
danych, 356
z systemu GTape, 357
publiczne nagradzanie ludzi, 183
pusta pamięć podręczna, 276

Q

QoS, Quality of Service, 169
QPS, queries per second, 43, 60, 264

R

Rapid, 109
raporty, 189

Kup ksi k
Pole ksi k

reagowanie w przypadku awarii, 29, 31, 120
reguły, 129
  równoważenia obciążenia, 244
  zgłaszania alarmów, 132
rejestrowanie wskaźników, 62
rekurencyjny podział obowiązków, 175
replikacja, 351
  liczba, 305
  lokalizacja, 306
replikowane magazyny danych, 294
restartowanie serwerów, 283
retencja, 346
rola inżynierów LCE, 369
rozgałęzienia, 108
rozkład obciążenia zadań, 236
rozproszony przepływ danych i procesów, 336
rozruch, 276
rozwiązywanie problemów, 147, 169
  awarie kaskadowe, 283
  badanie, 151
  diagnoza, 153
  dzienniki, 152
  ocena sytuacji, 150
  typowe pułapki, 149
  upraszczanie i przyspieszanie, 162
  ustalanie przyczyn symptomu, 154
  w praktyce, 150
rozwój produktów, 121
równoważenie obciążenia, 308
  reguły, 244
  system DNS, 230
  w centrum danych, 235
  wirtualne adresy IP, 232
RSM, Replicated State Machine, 293
RTT, round-trip time, 230, 238
ryzyko, 47
  określanie tolerancji, 50, 53
  pomiar, 48
  zarządzanie, 47

S

serwery pośredniczące, 302
shadowing dyżurnych, 399
sieci, 39
skalowanie, 87, 345
  obciążenia roboczego, 300
skład zespołu, 424
SLA, service level agrement, 45, 61
SLI, service level indicators, 59
SLO, service level objective, 45, 60, 67
SLO usługi, 30
SNMP, Simple Network Management Protocol, 126
SOA, Service-Oriented Architecture, 100
spotkanie produkcyjne, 420
  notatki, 481
sprawdzanie
  reguł, 129
  stanu, 283
sprawność, 29, 33, 246
sprzęt, 35
  oprogramowanie, 37
SRE, Site Reliability Engineering, 15
stabilność systemu, 115
stabilny lider, 303
stan
  incydentu, 473
  po awarii, 145
  przepływu, 405, 406
standaryzacja wskaźników, 64
stopniowa degradacja, 270
stos, 278
studium przypadku
  App Engine, 158
  Auxon, 213
  błędne algorytmy, 291
  niekontrolowane usuwanie danych, 359
  problem „rozszczepienia mózgu”, 290
  przełączanie awaryjne, 290
  przeniesienie DFP do F1, 430
  przywracanie z systemu GTape, 357
  Viceroy, 425
sygnały poziomu wykorzystania, 256
symulacje, 453
system
  Borgmon, 124
  DNS, 230
  Escalator, 185
  GTape, 357
  Rapid, 109
  Workflow, 332
systemy
  oprogramowania, 40
    elastyczność, 115
    stabilność, 115
  przywracania danych, 343
  rozproszone, 75
  tworzenia kopii zapasowych, 343
  zarządzania klastrami, 101

Kup ksi k   Pole ksi k

sytuacje kryzysowe
spowodowane procesem, 167
spowodowane zmianami, 165
szereg czasowy, 123, 126
szkolenia, 453
szybkie
udostępnianie produktu, 46
wprowadzanie zmian, 30

Ś

śledzenie
przestojów, 185
analizy danych, 188
Escalator, 185
Outalator, 186
stanu prac crona, 319
średni czas
do wystąpienia awarii, 31
między awariami, 192
naprawy, 31, 192
środowisko
budowania, 198
produkcyjne, 35
próbkowanie, 208
zarządzanie konfiguracją, 204
programistyczne, 41
rozproszone, 287
cron, 315
konsensus, 289, 291, 305
monitorowanie systemów uzgadniania konsensusu, 312
obsługa kolejek i komunikatów, 296
okresowe szeregowanie prac, 315
okresowo uruchamiany potok, 329
usługi koordynacji i blokowania, 294
wrażanie systemu, 305
wybór lidera, 294
wydajność uzgadniania konsensusu, 297, 301
testowania, 198

T

tabela dostępności, 465
tagi, 188
techniki
skutecznej pracy, 424
szkoleniowe, 388
terminy zakończenia testów, 204
test produkcyjny usługi DNS, 96
testowanie
gotowości, 451
klientów, 282
niekrytycznych zadań zaplecza, 282
niezawodności, 191
odporności na katastrofy, 451
pod kątem awarii kaskadowych, 280
skalowalnych narzędzi, 200
systemu, 193
zarządzania katastrofami, 202
testy, 108, 121
dymne, 194
integracyjne, 193, 207
jednostkowe, 193
kanarkowe, 196
konfiguracji, 195
obciążeniowe, 196, 380
proaktywne, 170
produkcyjne, 194
regresyjne, 194
sprawności, 194
statystyczne, 203
w dużej skali, 199
w środowisku produkcyjnym, 96
TFTP, Trivial File Transfer Protocol, 169
tolerancja ryzyka, 53
dla usługi, 50
tryb
awaryjny, 284
operacyjny, 412
twierdzenie CAP, 288
tworzenie
dokumentacji, 398
listy kontrolnej udostępniania, 373
pakietów, 109
podzbiorów, 239
środowiska testowania, 198

U

udostępnianie, 105
działania klientów, 375
konfigurowanie procesu, 370
lista kontrolna, 371, 373
nowości, 372
procesy i automatyzacja, 375
produktów w dużej skali, 367
prostych zmian, 118

Kup ksi k Pole ksi k

rodzaje błędów, 374
techniki, 377
zależności zewnętrzne, 376
uniwersalne wsparcie, 445
uporządkowanie danych, 43
upraszczanie, 371
uruchamianie klastrów, 95, 100
usługa
Bigtable, 84
Shakespeare, 42, 285
usługi
budżet błędów, 30, 54
cele, 60
dla konsumentów, 50
docelowy poziom dostępności, 50, 53
globalny planowany przestój, 61
infrastrukturalne, 53
kandydujące do wczesnego zaangażowania, 439
koordynacji i blokowania, 294
koszty, 51, 53
kształtowanie budżetu błędów, 55
obliczanie ryzyka, 48
obsługi blokad, 40
poziom SLO, 56
produkcyjne
dobre praktyki, 467
rodzaje awarii, 53
rodzaje niepowodzeń, 51
tolerancja ryzyka, 50, 53
umowy, 61
wskaźniki, 59, 62
wyznaczone oczekiwania, 67
zmiany w rozwoju, 441
ustalanie przyczyn symptomu, 154
utrata danych, 343
utrzymywanie integralności danych, 345
uzgadnianie konsensusu, 297

V

Viceroy, 425
VIP, virtuae IP address, 232

W

wartość automatyzacji, 87
wątki, 266
wczesne
wykrywanie, 353
zaangażowanie, 439
wdrażanie, 110
rozproszonego systemu, 305
wektory, 127
wirtualne adresy IP, 232
wnioski, 447
Workflow, 332
etapy wykonywania, 334
gwarancje poprawności, 334
wprowadzanie zmian, 279
wskaźnik
MTTR, 192
poziomu usługi, 59
wskaźniki, 62
agregowanie pomiarów, 63
rejestrowanie, 62
standaryzacja, 64
wspomaganie inżynierii oprogramowania, 223
wybór
celów, 66
lidera, 294
podzbioru, 239
wyczerpanie zasobów, 265
wydajność, 29, 33, 302
uzgadniania konsensusu, 301
wykrywanie niespójności, 96
wymagania w chmurze, 341
wyniki negatywne eksperymentu, 156
wzorce architektury systemu, 292
wzorzec projektowy
model – widok – kontroler, 332
obciążenie w kształcie pasków, 331
okresowo uruchamiany potok danych, 328
potok danych, 327
wzrost organiczny, 280

Z

zaangażowanie zespołów, 433
zakłócenia, 403
zależności między zasobami, 267
zamknięcie procesu, 279
zapewnianie
ciągłości biznesowej, 335
zasobów, 33
zapobieganie przeciążeniu serwerów, 268
zapytania na sekundę, 43
zarządzanie, 385
incydentami, 173
anatomia niezarządzanego incydentu, 174
aspekty procesu, 175

Kup ksi k

Pole ksi k

zarządzanie
centrum dowodzenia, 176
dokumentacja, 176
incydenty niezarządzane, 173
ogłaszanie, 177
przekazanie zadania, 176
rekurencyjny podział obowiązków, 175
katastrofami, 202
kolejkami, 269
konfiguracją, 111
środowiska produkcyjnego, 204
krytycznym stanem, 287
maszynami, 37
niezawodnością usługi, 57
obciążeniem operacyjnym, 404
ryzykiem, 47
usługami, 25, 26
zakłóceniami, 404
zmianą, 29, 32
zarządzany incydent, 176
zasady, 45
zastosowanie
automatyzacji, 90
Paxosa, 319
zbieranie eksportowanych danych, 126
zespół
eksploatacji, 25
rozwoju produktu, 25
LCE, 381
lista kontrolna, 382
problemy, 383
SRE, 419, 433, 463, 471
zadania, 29
zgłoszenie problemu, 150, 408
zmiany w rozwoju usług, 441
zreplikowany dziennik, 306
zwiększanie ilości zasobów, 283

Ż

żądania na sekundę, 264

Kup ksi k
Pole ksi k

PROGRAM PARTNERSKI

GRUPY WYDAWNICZEJ HELION

1. ZAREJESTRUJ SIĘ
2. PREZENTUJ KSIĄŻKI
3. ZBIERAJ PROWIZJĘ

Zmień swoją stronę WWW
w działający bankomat!

Dowiedz się więcej i dołącz już dzisiaj!

http://program-partnerski.helion.pl

GRUPA WYDAWNICZA

Helion SA

O'REILLY®

SRE — niezbędne, gdy podstawą sukcesu jest niezawodność systemu!

Historia firmy Google może być analizowana na wiele sposobów. Można podziwiać jej błyskawiczny rozwój i niesamowitą umiejętność skalowania usług. Na uwagę zasługuje jej innowacyjność i zaangażowanie w rozwijanie technologii, które jeszcze wczoraj wydawały się fikcją. Nie możemy traktować tradycji jako autorytetu, musimy nauczyć się myśleć od nowa i nie mamy czasu na czekanie — tak brzmi filozofia firmy, które to podejście przyświeca jej ogromnemu sukcesowi. W ten sposób narodziły się praktyki z obszarów rozwoju oprogramowania, ale i zarządzania zwane SRE: Site Reliability Engineering. Każda firma może je zastosować, ale tylko Google mogła je wymyślić.

Jeśli chcesz zrozumieć filozofię SRE, trzymasz w ręku właściwą, choć nietypową książkę. Jest to zbiór najciekawszych esejów i artykułów autorstwa osób odpowiedzialnych za SRE w Google. Z lektury tych esejów dowiesz się, w jaki sposób zaangażowanie w cały cykl życia oprogramowania umożliwiło skuteczne budowanie, wdrażanie, monitorowanie i konserwowanie największych systemów informatycznych świata. Poznasz zasady i praktyki, które pozwalają inżynierom z Google tworzyć bardziej skalowalne i niezawodne oraz wydajniejsze systemy. Zaprezentowane tu podejście SRE możesz naturalnie bezpośrednio wdrożyć w swojej organizacji.

W tej książce:

- wyjaśniono, czym jest Site Reliability Engineering (SRE) i dlaczego podejście to różni się od tradycyjnych praktyk z branży IT
- opisano wzorce, operacje i obszary zainteresowania wpływające na pracę inżynierów SRE
- przedstawiono zasady codziennej pracy inżynierów SRE
- pokazano, jak budować duże rozproszone systemy informatyczne i jak nimi zarządzać

Betsy Beyer — pisze dokumentacje techniczne dla Google. Specjalizuje się w podejściu SRE. Kilka lat temu była wykładowczynią na Uniwersytecie Stanforda.

Chris Jones — jest inżynierem SRE odpowiedzialnym za Google App Engine. Wcześniej odpowiadał za statystyki reklam, hurtownie danych i system pomocy technicznej w Google.

Jennifer Petoff — jest menedżerem programu w zespole SRE w Google. Zarządzała dużymi globalnymi projektami z wielu dziedzin, takich jak badania naukowe, inżynieria czy kadry.

Niall Murphy — kieruje zespołem SRE odpowiedzialnym za reklamy w Google. Przewodniczy organizacji INEX — irlandzki hub internetowy. Jest też autorem oraz współautorem wielu prac i książek technicznych.

Helion

księgarnia internetowa

http://helion.pl

zamówienia telefoniczne

0 801 339900

0 601 339900

Informatyka w najlepszym wydaniu

Helion SA
ul. Kościuszki 1c, 44-100 Gliwice
tel.: 32 230 98 63
e-mail: helion@helion.pl
http://helion.pl

Sprawdź najnowsze promocje:
http://helion.pl/promocje
Książki najchętniej czytane:
http://helion.pl/bestsellery
Zamów informacje o nowościach:
http://helion.pl/nowosci

ISBN 978-83-283-3730-5

cena: 79,00 zł