Apache Cassandra 2.0 vspace2exPrzewodnik instalacji i konfiguracji w systemie Debian Wheezy

Jan Baranowski, Michał Kaik
Politechnika Poznańska

18 czerwca 2014

1 Wstęp

Niniejszy dokument ma za zadanie przedstawić proces instalacji i konfiguracji serwera baz danych NoSQL *Apache Cassandra* w środowisku rozproszonym. Na potrzeby demonstracji zakłada się że środowisko to będzie składać się z kilku węzłów połączonych siecią lokalną.

Apache Cassandra jest serwerem baz danych NoSQL, początkowo rozwijanym przez *Facebooka* na potrzeby umożliwienia efektywnego wyszukiwania wiadomości w skrzynce odbiorczej. Obecnie (od marca 2009 roku) *Cassandra* jest rozwijana przez *Apache Foundation* (jako jeden z projektów top-level) i stanowi podstawę dla zestawu narzędzi DataStax.

Cassandra powstała jako narzędzie mające w założeniu cechować się:

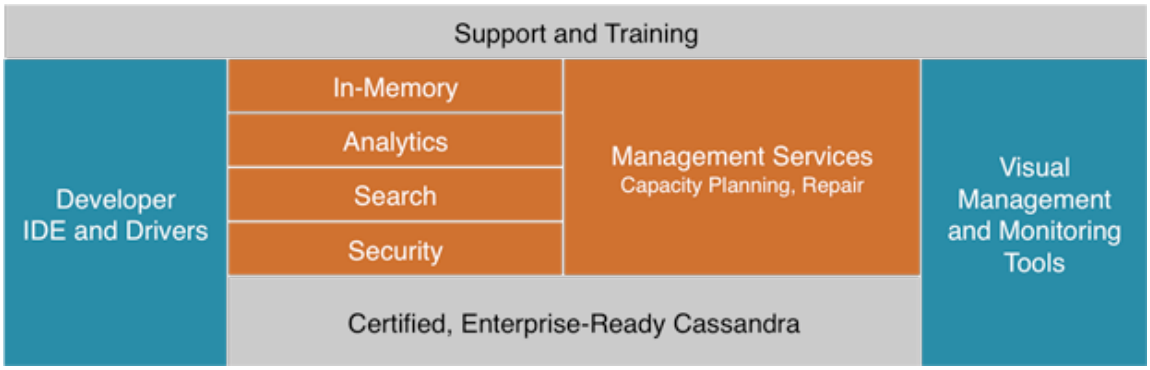
- wysoką dostępnością (*Cassandra* jest określana jako zawsze zapisywalna baza danych)
- niskim opóźnieniem wykonywanych operacji (*ang.* latency)
- odpornością na awarie (możliwością replikacji danych, brakiem komponentów, których awaria może zdestabilizować system (*ang.* single points of failure))
- możliwością regulacji kompromisu pomiędzy szybkością działania a odpornością na awarie i spójnością replik
- relatywnie prostym modelem danych

Zarówno opisanie kolumnowego modelu danych wykorzystywanego w *Cassandrze*, jak i mechanizmów, dzięki którym spełnia ona założenia projektowe nie jest celem tego dokumentu. Autorzy mogą jedynie podać propozycje publikacji, które opisują wspomniane zagadnienia. Zarówno dla modelu danych, jak i budowy wewnętrznej *Cassandry* będzie to przede wszystkim dokumentacja udostępniana przez firmę *DataStax* [4]. Kolumnowy model danych, przedstawiony z perspektywy osób pracujących z bazami relacyjnymi został doskonale (choć może zbyt obszernie) opisany w *Cassandra — The Definitive Guide* [3]. Z kolei architektura *Cassandry* w dużym skrócie (choć zapewne w sposób wystarczający by służyć jako wstęp do tego dokumentu) została przedstawiona w prezentacji [2].

Procedurę przygotowania klastra przedstawiono na przykładzie systemu operacyjnego Debian GNU/Linux 6, ponieważ uchodzi on za jedno z lepszych rozwiązań dla serwerów.

2 Wybór dystrybucji

Na samym początku nowi użytkownicy *Cassandry* stają przed wyborem dystrybucji tego oprogramowania. Możliwości są dwie: instalacja standardowej wersji dostarczonej przez *Apache Foundation* oraz instalacja platformy *DataStax* — zestawu narzędzi obudowujących *Cassandrę* i dostarczających m.in. funkcje pozwalające na uproszczenie zarządzania klastrem, wizualne monitorowanie, analizę obciążeń węzłów, itp. (por. rysunek 1).



Rysunek 1: architektura *DataStax* w odniesieniu do *Cassandry*, źródło: [11]

Wybór jest ważny o tyle, że pomimo wspólnego fundamentu, jakim jest *Cassandra*, procesy instalacji obu dystrybucji nie mają ze sobą nic wspólnego, tj. (według wiedzy autorów) nie da się doinstalować do dystrybucji *Apache* platformy *DataStax*.

W tym miejscu należy wspomnieć o twórcach platformy — firmie o zaskakującej nazwie *DataStax*, zajmującej się dostosowaniem *Cassandry* do potrzeb przedsiębiorstw poprzez m.in. rozwój i testowanie bazy danych, dostarczanie narzędzi ułatwiających administrację systemem, organizację szkoleń, certyfikację personelu technicznego, itd. Bodaj najbardziej znaczącym wkładem *DataStax* w rozwój projektu jest opracowanie szeregu driverów/konektorów dla różnych języków programowania, dzięki którym programiści mogą korzystać z *Cassandry* w sposób analogiczny do rozwiązań relacyjnych (np. tak jak w przypadku *MySQL Connectors*, por. [9]) i rozbudowa dokumentacji technicznej platformy, włączając w to dokumentację plików konfiguracyjnych, architektury *Cassandry* i języka *CQL* (odpowiednika *SQL* dla kolumnowych baz danych).

Na potrzeby niniejszego dokumentu założono, że właściwym wyborem będzie dystrybucja *Apache Cassandra*, ze względu na to, że dokument ma pełnić rolę wprowadzenia do technologii, nie zaś pozwalać na błyskawiczne wdrożenie systemu (*ang.* rapid deployment). Poza tym, przewodniki instalacji i konfiguracji *DataStaxa* dostępne są np. na stronie [10].

3 Instalacja

Cassandra zostanie zainstalowana przy użyciu narzędzia *APT* z repozytorium *Apache Software Foundation*. Wymagane będzie dodanie odpowiedniego repozytorium do listy źródeł *APTa*. Dodatkowo ze względu na to, że *Cassandra* napisana jest w Javie, pokazany zostanie proces instalacji *Oracle JRE* w systemie *Debian* (ta maszyna wirtualna jest zalecana przez twórców *Cassandry*).

3.1 Wybór maszyny wirtualnej Java

Apache Software Foundation dostarcza pakiety zawierające *Cassandrę* w formacie `*.deb`, a także repozytorium dla *APTa*. Jedną z zależności pakietu `cassandra` jest pakiet `openjdk-7-jre`. Jest to w pewnym sensie sprzeczne z zaleceniami twórców bazy danych, ponieważ ci rekomendują maszynę wirtualną *Oracle* jako środowisko uruchomieniowe (nawet w testowanej wersji bazy 2.0 odpowiedni

komunikat wyświetlany jest w logu). Nie zmienia to faktu, że testy (funkcjonalne, lecz nie wydajnościowe) przeprowadzone na potrzeby tego artykułu udowodniły, że *Cassandra* działa bez zarzutu także w środowisku *OpenJDK*.

Należy zatem wybrać pomiędzy stosowaniem się do zaleceń a prostotą instalacji.

3.2 Instalacja i konfiguracja Oracje Java

Pakiet z *OpenJDK* jest instalowany jako pakiet zależny podczas instalacji Cassandry. Jeżeli jednak administrator zdecyduje się użyć *Oracle JVM*, poniżej przedstawiona jest skrótowa procedura instalacji tego oprogramowania w systemie *Debian*. Stanowi ona kompilację najprostszych rozwiązań i tym różni się od większości przewodników dostępnych w internecie, że poza konsolą systemu nie wymaga żadnych dodatkowych narzędzi (np. mechanizmu transferu plików z maszyny-terminala do maszyny-serwera).

Pierwszym krokiem jest pobranie pakietu oprogramowania (JRE, nie JDK) ze strony *Oracle*. Standardowo by pobrać plik należy zaakceptować umowę licencyjną, jednak przy odpowiedniej konfiguracji możliwe jest ominięcie tego kroku [7]:

Listing 1: pobieranie *Oracle JRE*

```
$ wget --no-cookies \
> --no-check-certificate \
> --header "Cookie: oraclelicense=accept-securebackup-cookie" \
> "http://download.oracle.com/otn-pub/java/jdk/7u60-b19/jre-7u60-linux-i586.tar.gz" \
> -O /tmp/jre-7u60-linux-i586.tar.gz
```

Popularnym sposobem instalacji pobranego oprogramowania jest wypakowanie archiwum (zazwyczaj do katalogu `/opt`) i ręczna konfiguracja ścieżki systemowej (por. [7]). *Debian* dostarcza jednak narzędzie pozwalające przekonwertować archiwum do pakietu *DEB* [8].

Należy je zainstalować, a potem użyć:

Listing 2: budowa pakietu DEB z *Oracle JRE*

```
$ apt-get install java-package

$ fakeroot make-jpkg /tmp/jre-7u60-linux-i586.tar.gz
```

Powstały w ten sposób pakiet *DEB* należy zainstalować. Po instalacji należy ustawić *Oracle JVM* jako domyślną maszynę wirtualną w systemie.

Listing 3: instalacja i konfiguracja *Oracle JRE*

```
$ dpkg -i /tmp/oracle-j2re1.7_1.7.0+update60_i386.deb

$ update-alternatives --config java
There are 2 choices for the alternative java (providing /usr/bin/java).

  Selection Path Priority Status
------------------------------------------------------------
  0 /usr/lib/jvm/java-7-openjdk-i386/jre/bin/java 1051 auto mode
* 1 /usr/lib/jvm/j2re1.7-oracle/bin/java 316 manual mode
  2 /usr/lib/jvm/java-7-openjdk-i386/jre/bin/java 1051 manual mode

Press enter to keep the current choice[*], or type selection number:

$ java -version
java version "1.7.0_60"
Java(TM) SE Runtime Environment (build 1.7.0_60-b19)
Java HotSpot(TM) Client VM (build 24.60-b09, mixed mode)
```

Według wiedzy autorów Cassandra nie wymaga ustawiania zmiennej `JAVA_HOME` dla żadnego z użytkowników (ani roota, ani użytkownika *cassandra*, właściciela demona). Jeżeli jednak zajdzie taka potrzeba, zainstalowane maszyny wirtualne można znaleźć w katalogu /usr/lib/jvm.

Listing 4: ustawianie JAVA_HOME

```
$ echo "export JAVA_HOME=/usr/lib/jvm/j2re1.7-oracle/" >> /home/<user>/.bashrc
```

3.3 Konfiguracja repozytorium

By móc zainstalować *Cassandrę*, należy dodać odpowiednie repozytorium *Apache Software Foundation* do źródeł programu *APT*. Zgodnie z konwencją każda większa wersja *Cassandry* znajduje się w osobnym repozytorium. Na potrzeby tego dokumentu w systemie testowym zostanie zainstalowana *Cassandra 2.0.8*.

Do pliku `/etc/apt/sources.list` należy dopisać:

Listing 5: nowe źródła pakietów dla *APTa*

```
deb http://www.apache.org/dist/cassandra/debian 20x main
deb-src http://www.apache.org/dist/cassandra/debian 20x main
```

Próba pobrania spisu zawartości repozytorium zakończy się niepowodzeniem, ponieważ *APT* nie zna kluczy publicznych dla repozytorium *Apache Software Foundation*. Te należy dodać w następujący sposób:

Listing 6: pobieranie kluczy publicznych repozytorium *ASF*

```
$ gpg --keyserver pgp.mit.edu --recv-keys F758CE318D77295D
$ gpg --export --armor F758CE318D77295D | sudo apt-key add -

$ gpg --keyserver pgp.mit.edu --recv-keys 2B5C1B00
$ gpg --export --armor 2B5C1B00 | sudo apt-key add -
```

Po zakończeniu wszystkich operacji należy pobrać spis zawartości repozytoriów:

Listing 7: odświeżanie list pakietów

```
$ apt-get update
```

3.4 Instalacja Cassandry

Ostatnim krokiem procesu instalacji jest zainstalowanie *Cassandry* z użyciem *APTa*:

Listing 8: instalacja *Cassandry*

```
$ apt-get install cassandra
```

W efekcie *Cassandra* powinna zostać zainstalowana i uruchomiona.

4 Konfiguracja węzła

Ta część dokumentu opisuje czynności związane z konfiguracją węzła *Cassandry* tak, by był on zdolny dołączyć do klastra. *Cassandra* jest systemem P2P, więc o utworzeniu klastra węzły decydują wspólnie w oparciu o taką samą nazwę klastra zdefiniowaną w pliku konfiguracyjnym i włączony kanał komunikacji poprzez plotkowanie. Kanał ten jest domyślnie wyłączony, zatem każdy węzeł *Cassandry* w sieci będzie z początku tworzył osobny klaster.

4.1 Stan systemu po instalacji

Zaraz po instalacji w systemie pojawia się nowa usługa: `cassandra`. Jest ona domyślnie uruchomiona. Jej konfiguracja zapobiega możliwości dołączenia węzła do jakiegokolwiek klastra ze względu na zablokowanie mechanizmu plotkowania (dokładnie: agent implementujący algorytm plotkujący nasłuchuje wyłącznie na adresie IP 127.0.0.1).

Pliki konfiguracyjne można znaleźć w katalogu `/etc/cassandra`. Są wśród nich:

- `/etc/cassandra/cassandra-env.sh` — skrypt definiujący zmienne środowiskowe w formie argumentów dla maszyny wirtualnej Java (np. wielkość stosu, ale także m.in. włączenie/wyłączenie mechanizmu *JMX*).
- `/etc/cassandra/cassandra-rackdc.properties` — informacja o tym, w którym fizycznie racku i centrum danych znajduje się obecny węzeł.
- `/etc/cassandra/cassandra-topology.properties` — przybliżone informacje o tym, w których rackach i centrach danych znajdują się inne węzły klastra. Plik ten jest wykorzystywany przez jedną z kilku wersji algorytmu rozmieszczania replik (*snitcha*).
- `/etc/cassandra/cassandra-topology.yaml` — plik analogiczny do poprzedniego, wykorzystywany jednak przez inną wersję algorytmu.
- `/etc/cassandra/cassandra.yaml` — główny plik konfiguracyjny *Cassandry*.

Pliki danych (w tym: commit logi) znaleźć można w katalogu `/var/lib/cassandra`. Czyszcząc zawartość trzech znajdujących się w nim podkatalogów można zresetować stan klastra. W celu wykonania tej czynności autorzy nie zalecają jednak ich całkowitego usuwania (podczas testowania mogą one zostać utworzone na nowo z prawem zapisu tylko dla roota, co uniemożliwi normalny start usługi).

Plik logu znaleźć można w `/var/log/cassandra/system.log`.

4.2 Jak debugować konfigurację?

Przed rozpoczęciem wprowadzania zmian do plików konfiguracyjnych zaleca się wyłączenie automatycznego uruchamiania usługi. Błędnie skonfigurowany węzeł może dołączyć do nieodpowiedniego klastra, a jego usunięcie w takim przypadku nie jest zadaniem trywialnym. Efekt można osiągnąć wykonując polecenie:

Listing 9: wyłączenie uruchamiania *Cassandry* na jej domyślnych runlevelach

```
$ insserv -r cassandra
```

Najprostszym sposobem sprawdzenia poprawności konfiguracji jest uruchomienie węzła w trybie jawnym (w przeciwieństwie do deamona). Służy do tego podane poniżej polecenie, które wypisze log działania węzła na standardowe wyjście.

Listing 10: testowe uruchamianie *Cassandry*

```
$ cassandra -f # -f for foreground
```

Dodatkowo można zarchiwizować taki log poleceniem `tee plik.log`, które skopiuje standardowe wejście na standardowe wyjście i do podanego pliku:

Listing 11: testowe uruchamianie *Cassandry* z archiwizacją logu

```
$ cassandra -f | tee /tmp/cassandra_testrun.log
```

UWAGA! Jeżeli *Cassandra* zostanie uruchomiona w trybie jawnym podczas gdy równolegle usługa działa w tle, zamiast informacji o błędzie w logu tej pierwszej pojawi się informacja o wyjątku `NullPointerException`.

UWAGA! Jeżeli pierwsze uruchomienie *Cassandry* odbędzie się w trybie jawnym z poziomu użytkownika innego niż `cassandra`, usługa nie będzie miała prawa zapisu do nowo utworzonych katalogów danych, nie będzie więc w stanie się uruchomić.

UWAGA! Jeżeli zmienna `JAVA_HOME` dla użytkownika uruchamiającego polecenie `cassandra -f` jest ustawiona, ale prowadzi do niepoprawnie zainstalowanej maszyny wirtualnej, *Cassandra* nie uruchomi się, ale ani skrypt startowy ani log nie poinformują o błędzie.

4.3 Pliki konfiguracyjne

Role podstawowych plików konfiguracyjnych zostały przedstawione w punkcie 4.1. W tabeli 1 zostaną opisane parametry konfiguracyjne (z `/etc/cassandra/cassandra.yaml`), których wartości powinny zostać świadomie dobrane przed uruchomieniem pojedynczego węzła.

Konfigurację węzła ułatwia sam plik konfiguracyjny *Cassandry*, zawierający obszerne komentarze.

4.4 Weryfikacja stanu węzła

Szeroko pojęty stan węzła po konfiguracji można sprawdzić na kilka sposobów. Przede wszystkim po uruchomieniu usługi należy sprawdzić czy ta faktycznie działa i gdy tak nie jest, przejrzeć log.

W następnej kolejności można sprawdzić czy *Cassandra* nasłuchuje na portach zdefiniowanych w pliku konfiguracyjnym:

Listing 12: sprawdzanie na których portach nasłuchuje *Cassandra*

```
$ netstat -ln4p #listening, numeric, IPv4 only, with owner process information
```

Kolejnym sposobem jest próba połączenia się z węzłem poprzez Thrift API.

Listing 13: dostęp do *Cassandry* przez *Thrift API*.

```
$ cqlsh localhost 9160 #use "quit;" to exit CQL shell
```

Wreszcie można wyświetlić stan klastra, do którego należy węzeł:

Listing 14: sprawdzanie stanu klastra

```
$ nodetool --host localhost -p 7199 status # 7199 is the JMX port
Datacenter: datacenter1
=======================
Status=Up/Down
|/ State=Normal/Leaving/Joining/Moving
-- Address Load Tokens Owns (effective) Host ID Rack
UN 127.0.0.1 98.76 KB 256 100.0% d85efd66-29fb-46d7-b824-a4cc3fc4e75b rack1
```

5 Konfiguracja klastra

5.1 Łączenie węzłów w klaster

Zakładając, że odpowiednie węzły spełniają następujące warunki:

- nazwa klastra w plikach konfiguracyjnych wszystkich węzłów jest taka sama

- agent algorytmu plotkującego nasłuchuje na adresie IP interfejsu osiągalnego z sieci lokalnej (parametr `listen_address`)
- początkowe punkty kontaktowe są zdefiniowane tak by każdy węzeł mógł ostatecznie dowiedzieć się o wszystkich pozostałych

by połączyć je w klaster wystarczy jedynie uruchomić na nich usługę `cassandra`.

5.2 Weryfikacja konfiguracji klastra

Połączenia między węzłami klastra mają charakter dwukierunkowy. Oznacza to, że jeżeli węzeł nie jest widoczny w sieci, to (o ile działa) sam także nie widzi pozostałych węzłów.

Stąd najprostszym sposobem na sprawdzenie czy wszystkie węzły zostały odpowiednio połączone jest sprawdzenie jaki stan klastra widzi dowolny z jego węzłów. Informację tę może podać narzędzie `nodetool`.

Listing 15: sprawdzanie stanu klastra po dołączeniu węzłów

```
$ nodetool -host localhost -p 7199 status
Note: Ownership information does not include topology; for complete information,
specify a keyspace
Datacenter: DC1
===============
Status=Up/Down
|/ State=Normal/Leaving/Joining/Moving
-- Address Load Tokens Owns Host ID Rack
UN 10.0.0.101 63.38 KB 256 35.3% c6b6661a-c501-45ad-acc1-3e17fea6d241 NODE1AND2
UN 10.0.0.100 63.48 KB 256 31.0% c45900c6-6866-4b5a-b32b-cc0158bca524 NODE0
UN 10.0.0.102 63.5 KB 256 33.7% 4d598617-7f3c-480c-9310-f0eae90ef96b NODE1AND2
```

Jeżeli jeden z węzłów nie dołączył do klastra lub znajduje się w stanie `DOWN`, należy sprawdzić czy uruchomił się prawidłowo, czy log nie zawiera informacji o błędzie sieci lub agenta algorytmu plotkującego (w pewnych sytuacjach taki błąd nie powstrzymuje usługi przed uruchomieniem), wreszcie czy adres IP dla agenta i początkowe punkty kontaktowe zostały poprawnie zdefiniowane w pliku konfiguracyjnym.

UWAGA! Z zawartości pliku konfiguracyjnego `/etc/cassandra/cassandra.yaml` można wnioskować, że zawsze jednym z punktów kontaktowych powinien być `localhost`. Jako adres IP punktu nie powinien być jednak podawany adres 127.0.0.1, lecz adres interfejsu na którym nasłuchuje agent (parametr `listen_address`).

5.3 Działania dodatkowe

W obecnym stanie klaster powinien już działać prawidłowo. Każdy węzeł powinien przyjmować od użytkowników zapytania i odpowiadać na nie w sposób adekwatny do stanu klastra.

Jednak by zapewnić stabilne działanie klastra przez dłuższy okres wymagane są dodatkowe czynności administracyjne.

5.3.1 Synchronizacja zegarów

Dokumentacja *Cassandry* udostępniona przez *Apache Software Foundation* wspomina o tym, że do oceny czy propagowane do węzłów zmiany schematu (np. dodanie nowej rodziny kolumn) są przedawnione (zatem powinny być zignorowane) wykorzystywany jest lokalny zegar czasu rzeczywistego (*RTC*).

By zapewnić poprawność propagacji takich zmian należy okresowo synchronizować zegary węzłów np. poprzez protokół *NTP*.

W systemie *Debian* funkcję synchronizacji czasu systemowego z serwerem NTP dostarcza pakiet `ntp`. Pakiet ten jest rekomendowany do instalacji przez pakiet `cassandra`. Po instalacji `ntp` automatycznie zostaje uruchomiona usługa `ntp` bazująca na puli serwerów dostarczonych razem z pakietem. Należy sprawdzić czy usługa ta jest zainstalowana, uruchomiona i czy serwery *NTP* są dostępne:

Listing 16: weryfikacja poprawności działania klienta *NTP*

```
$ dpkg -l | grep ntp
ii ntp 1:4.2.6.p5+dfsg-2 i386 Network Time Protocol daemon and utility programs
$
$ service ntp status
[ ok ] NTP server is running.
$
$ ntpq -p # lists the NTP servers being queried
     remote refid st t when poll reach delay offset jitter
==============================================================================
*ntp.tktelekom.p 194.29.130.252 2 u 146 256 377 7.188 9.360 0.889
+afrodyta.comple 194.29.130.252 2 u 89 256 377 11.952 10.228 1.769
xpscolka.of.pl 80.50.231.226 2 u 35 256 377 13.027 190.872 26.614
+96-7.cpe.smnt.p 213.199.225.30 3 u 55 256 377 7.046 9.511 1.096
$
```

5.3.2 Czyszczenie

Cassandra używa trzech mechanizmów w celu zapewnienia ostatecznej spójności replik. Są to kolejno:

1) mechanizm *read-repair* pozwalający uaktualnić te repliki, które zostaną wyznaczone jako nieaktualne (a dzieje się to w momencie gdy pojedynczy węzeł zbierze dostatecznie dużo danych z różnych replik, tj. przy odczycie z dostatecznie wysokim poziomem spójności).

2) mechanizm *HintedHandoff* uprawniający punkt kontaktowy w klastrze do przechowania uaktualnienia do momentu gdy jego cel (o ile nie jest nim sam punkt kontaktowy) będzie osiągalny (tj. sam zostanie naprawiony lub połączenie z nim zacznie działać)

3) mechanizm *AntiEntropy* czyli wymuszona przez administratora synchronizacja koordynatora z wszystkimi zależnymi replikami

Spośród nich tylko trzeci mechanizm wymaga interwencji administratora.

Cassandra pozwala na usuwanie danych z bazy w sposób pod kątem zachowania spójności podobny do przeprowadzania zapisów. Jest to o tyle kłopotliwe, że podczas synchronizacji dane, które zostały usunięte mogą być potraktowane jako brakujące uaktualnienia. W efekcie dane raz usunięte mogą pojawić się ponownie nawet na tym samym węźle.

By temu zapobiec *Cassandra* zamiast faktycznie usuwać dane, oznacza je jako usunięte za pomocą specjalnej wartości, tzw. *tombstone*. To z kolei powoduje problem przyrastania danych nawet podczas ich usuwania.

By zapobiec i temu, *tombstony* w *Cassandrze* są przechowywane przez określony czas (definiowany podczas tworzenia przestrzeni kluczy, poprzez parametr `gc_grace_seconds`, domyślnie 10 dni [5]).

Stąd zaleca się wymuszenie synchronizacji replik (czyli uruchomienie mechanizmu *AntiEntropy*) częściej niż wynosi najmniejsza wartość `gc_grace_seconds` dla przestrzeni kluczy przechowywanych w węźle.

UWAGA! Problem nie będzie występował jeżeli aplikacja korzystająca z *Cassandry* wcale nie zleca usunięć wierszy.

UWAGA! Z drugiej strony pełna synchronizacja węzła z replikami jest kosztowna. Konstrukcja struktury *Merkle Tree*, wykorzystywanej do obliczenia różnic pomiędzy replikami wymaga odczytu wszystkich danych przechowywanych w węźle (w tym — tych zrzuconych na dysk). Należy więc ustalić kompromis pomiędzy obciążeniem systemu *tombstonami* a obciążeniem go procedurą synchronizacji.

Mechanizm *AntiEntropy* uruchamia się wymuszając pełną naprawę węzła narzędziem `nodetool`:

Listing 17: naprawa węzła poprzez uruchomienie mechanizmu *AntiEntropy*

```
$ nodetool -host localhost repair
[2014-06-17 21:47:55,488] Nothing to repair for keyspace 'system'
[2014-06-17 21:47:55,546] Starting repair command 2, repairing 474
ranges for keyspace system_traces
[2014-06-17 22:01:37,033] Repair session 0a4463e0-f669-11e3-8ad4-251897e18719 for
range (-2577486857218927215,-2576033184180305603] finished
[2014-06-17 22:01:37,038] Repair session 0b595650-f669-11e3-8ad4-251897e18719 for
range (-1096394548677781591,-1069256055695448190] finished

[...]

[2014-06-17 22:01:38,931] Repair session efaa5290-f66a-11e3-8ad4-251897e18719 for
range (4183239765725363167,4233658233454255946] finished
[2014-06-17 22:01:38,932] Repair session f0bc5ed0-f66a-11e3-8ad4-251897e18719 for
range (-767591973226673249,-759782651038439858] finished
[2014-06-17 22:01:38,932] Repair session f1bc42a0-f66a-11e3-8ad4-251897e18719 for
range (1226781783220621999,1238805897799045860] finished
[2014-06-17 22:01:38,947] Repair session f2bee590-f66a-11e3-8ad4-251897e18719 for
range (7669322402280617470,7674157004615966047] finished
[2014-06-17 22:01:38,947] Repair command 2 finished
```

Dla zastosowań, w których wymagany jest ciągły nadzór administracyjny nad klastrem jest oczywiście możliwe wywoływanie polecenia `nodetool repir` ręcznie. Na potrzeby tego dokumentu przyjęto, że naprawy odbywać się będą tak, by tylko jeden węzeł był jednocześnie obciążany. Do wywoływania polecenia `nodetool repair` użyto `crona` (dla uproszczenia pominięto kwestie związane z uruchamianiem zadania poprzez dedykowanego użytkownika):

Listing 18: konfiguracja okresowego naprawiania klastra

```
$ echo "#!/bin/bash" > /root/repair-cassandra.sh
$ echo "nodetool -host localhost -p 7199 repair --partitioner-range" \
> >> /root/repair-cassandra.sh

$ chmod u+x /root/repair-cassandra.sh

$ crontab -e

  GNU nano 2.2.6 File: /tmp/crontab.M3Zyaw/crontab Modified

# Edit this file to introduce tasks to be run by cron.
#
# Each task to run has to be defined through a single line
# indicating with different fields when the task will be run
# and what command to run for the task
#
# To define the time you can provide concrete values for
# minute (m), hour (h), day of month (dom), month (mon),
# and day of week (dow) or use '*' in these fields (for 'any').#
# Notice that tasks will be started based on the cron's system
```

```
# daemon's notion of time and timezones.
#
# Output of the crontab jobs (including errors) is sent through
# email to the user the crontab file belongs to (unless redirected).
#
# For example, you can run a backup of all your user accounts
# at 5 a.m every week with:
# 0 5 * * 1 tar -zcf /var/backups/home.tgz /home/
#
# For more information see the manual pages of crontab(5) and cron(8)
#
# m h dom mon dow command
0 3 * * <node_id> /root/repair-cassandra.sh


^G Get Help ^O WriteOut ^R Read File ^Y Prev Page ^K Cut Text ^C Cur Pos
^X Exit ^J Justify ^W Where Is ^V Next Page ^U UnCut Text ^T To Spell

$ ^X

$ crontab -u root -l

# Edit this file to introduce tasks to be run by cron.
#
# Each task to run has to be defined through a single line
# indicating with different fields when the task will be run
# and what command to run for the task
#
# To define the time you can provide concrete values for
# minute (m), hour (h), day of month (dom), month (mon),
# and day of week (dow) or use '*' in these fields (for 'any').#
# Notice that tasks will be started based on the cron's system
# daemon's notion of time and timezones.
#
# Output of the crontab jobs (including errors) is sent through
# email to the user the crontab file belongs to (unless redirected).
#
# For example, you can run a backup of all your user accounts
# at 5 a.m every week with:
# 0 5 * * 1 tar -zcf /var/backups/home.tgz /home/
#
# For more information see the manual pages of crontab(5) and cron(8)
#
# m h dom mon dow command
1 1 * * 1 /root/repair-cassandra.sh # repairing one node per day of week;
                                    # should be enough for 3 nodes in cluster
```

UWAGA! Można dodatkowo zredukować obciążenie węzła podając przy naprawie parametr `-partitioner-range`. Spowoduje to naprawę jedynie tych zakresów kluczy dla których węzeł jest *master repliką* (pomijając zakresy ulokowane w węźle przez mechanizm replikacji — standardowe repliki).
UWAGA! Synchronizacja replik na żądanie spowoduje automatycznie usunięcie wszystkich *tombstonów* związanych z replikowaną rodziną kolumn, ponieważ po synchronizacji nie są one już potrzebne.

5.3.3 Konfiguracja uwierzytelniania

Włączenie uwierzytelniania klienta wymaga w pierwszej kolejności zmiany mechanizmu uwierzytelniania w pliku konfiguracyjnym `/etc/cassandra/cassandra.yaml`. Domyślnie *Cassandra* używa implementacji *AllowAllAuthenticator*, który pozwala każdemu na dostęp do klastra, jednocześnie blokując wykonywania jakichkolwiek operacji na zbiorze użytkowników:

Listing 19: wypisanie listy zdefiniowanych użytkowników przy wyłączonym uwierzytelnianiu

```
$ cqlsh
Connected to 0AND1AND2CLUSTER at localhost:9160.
[cqlsh 4.1.1 | Cassandra 2.0.8 | CQL spec 3.1.1 | Thrift protocol 19.39.0]
Use HELP for help.
cqlsh> LIST USERS;
Bad Request: You have to be logged in and not anonymous to perform this request
cqlsh>
```

Zmieniając parametr `authenticator` na *PasswordAuthenticator* wyłącza się możliwość anonimowego logowania do klastra, zyskując w to miejsce możliwość zarządzania użytkownikami. Domyślny użytkownik administracyjny ma przypisany login `cassandra` i hasło `cassandra`. Podając te dane przy logowaniu zyskujemy możliwość zmiany domyślnego hasła i utworzenia standardowego użytkownika:

Listing 20: włączenie uwierzytelniania przy dostępie do klastra przez `cqlsh`

```
$ cqlsh
Connection error: Bad Request: You have not logged in

$ cqlsh -u cassandra -p cassandra
Connected to 0AND1AND2CLUSTER at localhost:9160.
[cqlsh 4.1.1 | Cassandra 2.0.8 | CQL spec 3.1.1 | Thrift protocol 19.39.0]
Use HELP for help.
cqlsh> LIST USERS;

 name | super
-----------+-------
 cassandra | True

(1 rows)

cqlsh>
```

Listing 21: konfiguracja kont użytkowników

```
$ cqlsh -u cassandra -p cassandra
Connected to 0AND1AND2CLUSTER at localhost:9160.
[cqlsh 4.1.1 | Cassandra 2.0.8 | CQL spec 3.1.1 | Thrift protocol 19.39.0]
Use HELP for help.
cqlsh> ALTER USER cassandra WITH PASSWORD 'balcerowiczmusiodejsc';
cqlsh> CREATE USER scott WITH PASSWORD 'tiger' NOSUPERUSER;
cqlsh> quit;
```

Listing 22: weryfikacja konfiguracji kont użytkowników

```
$ cqlsh -u scott -p tiger;
Connected to 0AND1AND2CLUSTER at localhost:9160.
[cqlsh 4.1.1 | Cassandra 2.0.8 | CQL spec 3.1.1 | Thrift protocol 19.39.0]
Use HELP for help.
cqlsh> LIST USERS;

 name | super
-----------+-------
     scott | False
 cassandra | True

(2 rows)

cqlsh>
```

Oczywiście włączenie uwierzytelniania ma wpływ na wszystkie kanały komunikacji z klastrem, w tym na drivery *DataStax*.

6 Zarządzanie klastrem

6.1 Monitoring węzłów i klastra

Początkowo *Cassandra* przekazywała szereg statystyk, głównie dot. wydajności (np. opóźnienie odczytów i zapisów, liczba uruchomień procesów kompaktowania struktur danych, użycie pamięci podręcznej, itd.) do systemu monitorowania klastrów *Ganglia* [1] [6].

Obecnie *Cassandra* do tego celu wykorzystuje technologię *JMX*, która może być traktowana jako odpowiednik *SNMP* dla serwerów pisanych w *Javie*, dodatkowo wyposażony w mechanizm RPC.

Absolutna większość narzędzi do monitorowania klastrów potrafi komunikować się z agentami *JMX* (np. *Nagios*, *Munin*). Istnieją też konwertery/mosty pomiędzy technologiami, pozwalające odpytywać agenta *JMX* przez np. REST (*JMX-to-REST*, `http://code.google.com/p/polarrose-jmx-rest-bridge/`) czy *SNMP* (*jmx2snmp*, `https://github.com/tcurdt/jmx2snmp`).

Istnieje też narzędzie pozwalające dodać do *Cassandry* konsolę WWW wyświetlającą metryki udostępnianie przez agenta.

By dodać taką konsolę należy poprać narzędzie *MX4J* (`http://mx4j.sourceforge.net/`), wypakować zawartość pobranego archiwum, a następnie dodać archiwum `mx4j-tools.jar` do ścieżki systemowej *Javy* (*classpath*) definiowanej na potrzeby *Cassandry*. Standardowo by to zrobić, wystarczy skopiować plik `mx4j-tools.jar` do katalogu `/usr/share/cassandra/lib/`.

By zdefiniować adres i port na którym ma nasłuchiwać konsola WWW, należy przekazać dodatkowe parametry do maszyny wirtualnej. Stąd do pliku `/etc/cassandra/cassandra-env.sh` należy dopisać następujące linijki:

Listing 23: konfiguracja *mx4j* dla *Cassandry*

```
JVM_OPTS="$JVM_OPTS -Dmx4jaddress=0.0.0.0"
JVM_OPTS="$JVM_OPTS -Dmx4jport=8081"
```

By sprawdzić czy narzędzie zostało załadowane, należy zrestartować usługę `cassandra` i przeszukać plik logu pod kątem odpowiedniego wpisu. Oczywiście można też sprawdzić czy *Cassandra* nasłuchuje na odpowiednim porcie.

Listing 24: weryfikacja poprawności działania *mx4j*

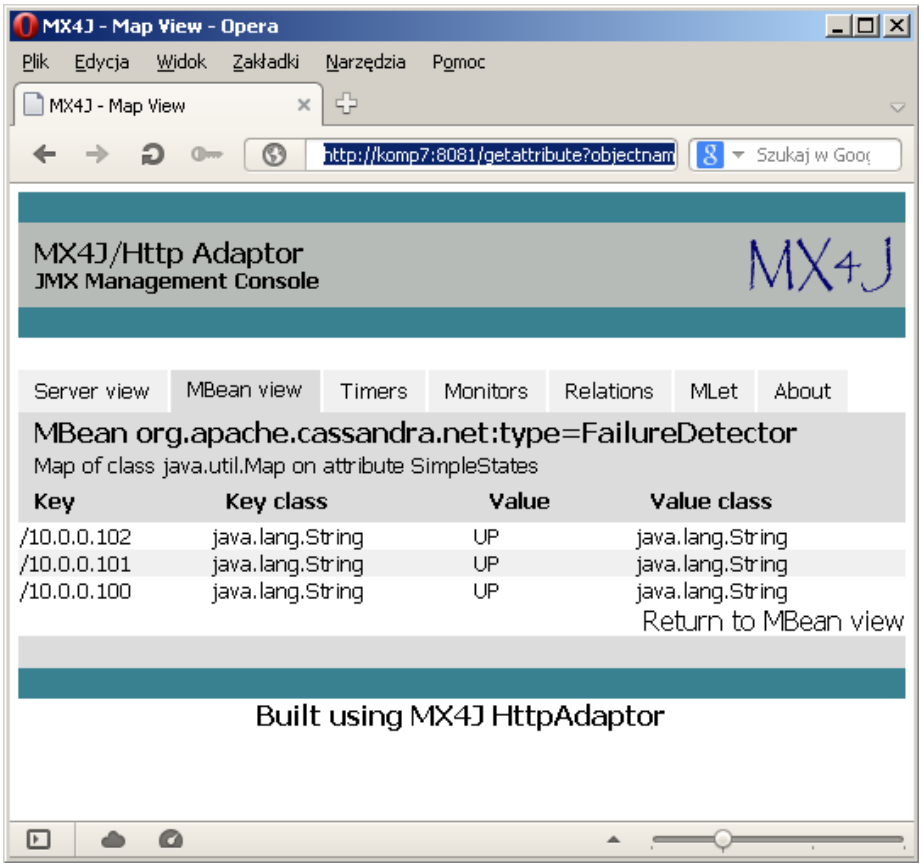
```
$ cat /var/log/cassandra/system.log | grep mx4j

[...]

 INFO [main] 2014-06-18 00:47:06,506 Mx4jTool.java (line 63) mx4j successfuly loaded

$ netstat -ln4p | grep 8081
tcp 0 0 0.0.0.0:8081 0.0.0.0:* LISTEN 2651/java
```

Pod tak zdefiniowanym adresem można znaleźć konsolę dającą dostęp do metryk udostępnianych za pośrednictwem *JMX*:



Rysunek 2: konsola *MX4J*, podgląd stanu detektora awarii w węźle 10.0.0.100

Oczywiście narzędzie `nodetool` także pozwala wyświetlić parametry pracy węzła:

Listing 25: statystyki dla puli wątków z podziałem na zadania

```
$ nodetool -host localhost tpstats
Pool Name              Active Pending Completed Blocked Alltime blocked
ReadStage                   0       0         2       0                0
RequestResponseStage        0       0         2       0                0
MutationStage               0       0       122       0                0
ReadRepairStage             0       0         0       0                0
ReplicateOnWriteStage       0       0         0       0                0
GossipStage                 0       0      4236       0                0
CacheCleanupExecutor        0       0         0       0                0
MigrationStage              0       0         0       0                0
MemoryMeter                 0       0        13       0                0
FlushWriter                 0       0         8       0                0
ValidationExecutor          0       0         0       0                0
InternalResponseStage       0       0         0       0                0
AntiEntropyStage            0       0         0       0                0
MemtablePostFlusher         0       0        42       0                0
MiscStage                   0       0         0       0                0
PendingRangeCalculator      0       0         5       0                0
CompactionExecutor          0       0        43       0                0
commitlog_archiver          0       0         0       0                0
HintedHandoff               0       0         2       0                0

Message type           Dropped
RANGE_SLICE                  0
READ_REPAIR                  0
PAGED_RANGE                  0
BINARY                       0
READ                         0
MUTATION                     0
_TRACE                       0
REQUEST_RESPONSE             0
COUNTER_MUTATION             0
```

Listing 26: statystyki dla przestrzeni kluczy `system_auth`

```
$ nodetool -host localhost cfstats

[...]

Keyspace: system_auth
       Read Count: 2
       Read Latency: 43.764 ms.
       Write Count: 3
       Write Latency: 49.754 ms.
       Pending Tasks: 0

[...]

               Table: users
               SSTable count: 1
               Space used (live), bytes: 4689
               Space used (total), bytes: 4689
               SSTable Compression Ratio: 0.7611940298507462
               Number of keys (estimate): 128
               Memtable cell count: 0
               Memtable data size, bytes: 0
               Memtable switch count: 1
               Local read count: 1
               Local read latency: 0.000 ms
               Local write count: 1
               Local write latency: 0.000 ms
               Pending tasks: 0
               Bloom filter false positives: 0
               Bloom filter false ratio: 0.00000
               Bloom filter space used, bytes: 16
               Compacted partition minimum bytes: 61
               Compacted partition maximum bytes: 72
               Compacted partition mean bytes: 72
               Average live cells per slice (last five minutes): 1.0
               Average tombstones per slice (last five minutes): 0.0

----------------
```

6.2 Przyłączanie i odłączanie węzłów

By dołączyć do klastra nowy węzeł w celu odciążenia pozostałych, należy wykonać procedurę analogiczną do opisanej w punkcie 5.1. Istnieje możliwość wyspecyfikowania w pliku konfiguracyjnym za ile tokenów (a nawet za jakie dokładnie) nowy węzeł będzie odpowiedzialny, ale nawet bez takiej informacji węzeł będzie w stanie skutecznie odciążyć klaster, ponieważ dzięki gossippingowi ma bezpośredni wgląd w stan wszystkich innych węzłów.

Powodów by odłączyć węzeł może być kilka:

- klaster podlega aktualnie skalowaniu "w dół"i zbędne węzły są usuwane, choć cały czas działają prawidłowo
- węzeł działa, choć niestabilnie. Jest spora szansa na to, że w najbliższym czasie ulegnie awarii, powinien więc być zastąpiony nowym.
- węzeł już uległ awarii i nie odpowiada na zapytania, jednak inne węzły cały czas próbują się z nim skontaktować.

W pierwszym przypadku węzeł można odłączyć przy pomocy procesu którego nazwę autorzy pozwolili sobie przetłumaczyć jako „złomowanie" (*ang.* decommissioning). W jego wyniku tokeny złomowanego węzła zostają usunięte z pierścienia, a dane, które się na nim znajdują są transferowane do nowych odpowiadających za nie węzłów.

W praktyce złomowanie węzła sprowadza się do wykonania jednego polecenia za pośrednictwem narzędzia nodetool:

Listing 27: stan klastra z perspektywy węzła w nim pozostającego

```
$ nodetool status
Note: Ownership information does not include topology; for complete information,
specify a keyspace
Datacenter: DC1
===============
Status=Up/Down
|/ State=Normal/Leaving/Joining/Moving
-- Address Load Tokens Owns Host ID Rack
UN 10.0.0.101 115.51 KB 256 32.8% d6537c65-2a7a-4359-a451-fdb4c6685b0c NODE1AND2
UN 10.0.0.100 154.59 KB 256 35.0% ac12364d-1ed1-4d8b-b667-0817f75dc065 NODE0
UN 10.0.0.102 115.33 KB 256 32.2% ecdf71d2-1a4b-4727-bad6-8e293a0acbe3 NODE1AND2
```

Listing 28: odłączenie węzła `NODE2`

```
$ nodetool decommission
```

Listing 29: stan klastra z perspektywy węzła w nim pozostającego po odłączeniu węzła `NODE2`

```
$ nodetool status
Note: Ownership information does not include topology; for complete information,
specify a keyspace
Datacenter: DC1
===============
Status=Up/Down
|/ State=Normal/Leaving/Joining/Moving
-- Address Load Tokens Owns Host ID Rack
UN 10.0.0.101 125.02 KB 256 50.7% d6537c65-2a7a-4359-a451-fdb4c6685b0c NODE1AND2
UN 10.0.0.100 154.59 KB 256 49.3% ac12364d-1ed1-4d8b-b667-0817f75dc065 NODE0
```

UWAGA! Żadne dane nie są usuwane ze złomowanego węzła, więc jeżeli ma on być ponownie wykorzystany w innym miejscu pierścienia, należy wpierw opróżnić jego katalog danych ręcznie.

W drugim przypadku może być potrzebna naprawa klastra po tymczasowej (*ang.* transient) awarii węzła. Standardowe mechanizmy zapewniania ostatecznej spójności są w stanie rozwiązać problemy pojawiające się w takiej sytuacji, z jednym wyjątkiem. Gdy awaria trwa dłużej niż wynosi okres życia *tombstonów*, uszkodzony węzeł mógł nie zarejestrować pewnych operacji usunięcia wierszy.

W takim przypadku zaleca się wyczyszczenie węzła (usunięcie zawartości jego katalogu danych), usunięcie związanych z nim tokenów z pierścienia i ponowne dodanie do klastra:

Listing 30: usuwanie węzła z nieaktualnymi danymi z klastra

```
$ nodetool describering system_auth #at working node (in this case nodes own one token each)
Schema Version:93a6afac-9c40-30d0-98a2-7643e5c9cacc
TokenRange:
       TokenRange(start_token:-8792352025156691072, end_token:-6642022644930379329,
       endpoints:[10.0.0.101], rpc_endpoints:[0.0.0.0], endpoint_details:
```

```
       [EndpointDetails(host:10.0.0.101, datacenter:DC1, rack:NODE1AND2)])
       TokenRange(start_token:-1641540276251868125, end_token:-8792352025156691072,
       endpoints:[10.0.0.100], rpc_endpoints:[0.0.0.0], endpoint_details:
       [EndpointDetails(host:10.0.0.100, datacenter:DC1, rack:NODE0)])
       TokenRange(start_token:-6642022644930379329, end_token:-1641540276251868125,
       endpoints:[10.0.0.102], rpc_endpoints:[0.0.0.0], endpoint_details:
       [EndpointDetails(host:10.0.0.102, datacenter:DC1, rack:NODE1AND2)])

$ nodetool status
Note: Ownership information does not include topology; for complete information,
specify a keyspace
Datacenter: DC1
===============
Status=Up/Down
|/ State=Normal/Leaving/Joining/Moving
-- Address Load Tokens Owns Host ID Rack
DN 10.0.0.101 70.94 KB 1 0.3% ca9d75c6-9958-4c1d-a0ea-b9c313edf927 NODE1AND2
UN 10.0.0.100 57.93 KB 1 61.0% c8cb08a5-e709-40d5-9ecf-4291c3f44b46 NODE0
UN 10.0.0.102 71.01 KB 1 38.8% 5ffc18a6-f721-47d4-a43b-1d418ca53050 NODE1AND2

$ nodetool removenode ca9d75c6-9958-4c1d-a0ea-b9c313edf927 #at some working node

$ nodetool describering system_auth #at some other node
```

UWAGA! różnica pomiędzy operacją decommission a removenode jest taka, że druga z nich zakłada że usuwany węzeł nie działa. W związku z tym nowe węzły odpowiedzialne za zwalniany zakres tokenów będą pobierały dane z pozostałych w systemie replik, podczas gdy w trakcie złomowania źródłem danych będzie złomowany węzeł.

Wreszcie w przypadku całkowitej awarii węzła znaczącą rolę będzie miało opóźnienie odczytów i zapisów związane z "problemami technicznymi"i/lub niespójność danych.

Gdy każdy z węzłów ma przydzielony tylko jeden token (przydzielany ręcznie), można ten problem rozwiązać następująco

1) należy zastępczy węzeł odpowiednio przygotować poprzez nadanie mu adresu IP innego niż poprzednikowi i tokenu mniejszego o 1
2) podczas przyłączenia do klastra węzeł nie będzie odpowiadał na żądania odczytu aż do momentu zakończenia tego procesu
3) po przyłączeniu zastępcy martwy węzeł będzie odpowiadał tylko za jeden token — należy go usunąć z pierścienia poleceniem `nodetool removetoken`
4) na każdym z pozostałych węzłów należy wykonać polecenie `nodetool cleanup`, by uaktualnienia tam zapamiętane z powodu działania mechanizmu *HintedHandoff* niepotrzebnie nie zajmowały miejsca — nigdy nie dotrą one do celu ponieważ węzeł, do którego były adresowane został trwale usunięty z klastra

W przypadku standardowej konfiguracji (wiele tokenów dla pojedynczego węzła, dodatkowo przydzielanych automatycznie), procedura naprawy polega na podłączeniu zastępcy z taki samym adresem IP i uruchomieniu na nim polecenia `nodetool repair`. Jest to o tyle kłopotliwe, że dla odczytów z żądanym niskim poziomem spójności (np. ONE) węzeł przez okres naprawy (który może być bardzo długi) będzie zwracał klientom informację o braku danych.

Literatura

[1] A. Lakchman, P. Malik,
Cassandra — A Decentralized Structured Storage System,
ACM SIGOPS Operating Systems Review,
Volume 44 Issue 2, April 2010

[2] Jan Baranowski, Michał Kaik, Maciej Urbański,
Cassandra, Highly available, scalable storage system,
Politechnika Poznańska 2014

[3] E. Hewitt,
Cassandra, The Defintive Guide,
O'Reilly 2010

[4] *DataStax*,
`http://www.datastax.com/`,
dostęp 17 czerwca 2014 r.

[5] *DistributedDeletes, Cassandra Wiki*,
`http://wiki.apache.org/cassandra/DistributedDeletes`
dostęp 17 czerwca 2014 r.

[6] *Ganglia Monitoring System*, `http://ganglia.sourceforge.net/`
dostęp 18 czerwca 2014 r.

[7] Daniel Stavrovski,
Installing Oracle JAVA 7 on Debian Wheezy,
`http://d.stavrovski.net/blog/post/installing-oracle-java-7-on-debian-wheezy`,
dostęp 16 czerwca 2014 r.

[8] *Java/Sun, Debian Wiki*,
`https://wiki.debian.org/Java/Sun`,
dostęp 16 czerwca 2014 r.

[9] *MySQL Connectors*,
`http://www.mysql.com/products/connector/`,
dostęp 16 czerwca 2014 r.

[10] *NoSQL Apache Cassandra Documentation*,
`http://planetcassandra.org/documentation/`,
dostęp 16 czerwca 2014 r.

[11] *Why DataStax?*,
`http://www.datastax.com/why-datastax`
dostęp 16 czerwca 2014 r.

Tablica 1: podstawowe parametry konfiguracyjne *Cassandry* (w `/etc/cassandra/cassandra.yaml`).

Parametr	Linia	Komentarz
`cluster_name`	10	nazwa klastra, którego ten węzeł jest członkiem
`authenticator`	64	Klasa implementująca mechanizm uwierzytelniania. Do wyboru: *AllowAllAuthenticator* i *PasswordAuthenticator*. W drugim przypadku nazwy użytkowników i hasła przechowywane są wewnątrz bazy danych w przestrzeni kluczy `system_auth`.
`auhorizer`	73	Klasa implementująca mechanizm sprawdzania uprawnień przy dostępie do danych (autoryzację). Do wyboru *AllowAllAuthorizer* i *CassandraAuthorizer*. W drugim przypadku uprawnienia przechowywane są wewnątrz bazy danych w przestrzeni kluczy `system_auth`.
`seed_provider/parameters/seeds`	192	Węzeł *Cassandry* nie odkrywa innych węzłów automatycznie, stąd dla algorytmu plotkowania wymagana jest lista początkowych "punktów kontaktowych". Oczywiście punkty powinny być tak dobrane by nie dopuścić do partycjonowania klastra.
`listen_address`	297	Adres IP kanału komunikacyjnego pomiędzy węzłami. Agent algorytmu plotkującego będzie nasłuchiwał na tym adresie. Jeżeli wartość nie zostanie tutaj podana, *Cassandra* wybierze adres IP localhosta.
`start_native_transport`	310	Czy uruchomić binarny protokół transportowy wykorzystywany przez drivery DataStax.
`native_transport_port`	312	Port dla binarnego protokołu transportowego. Jest on podawany w kodzie klienta gdy ten łączy się z określonym węzłem klastra.
`start_rpc`	324	Czy uruchomić serwer *Thrift RPC*. Wyłączenie serwera RPC uniemożliwi dostęp do węzła przez np. `cqlsh`.
`rpc_address`	335	Adres IP na którym ma nasłuchiwać serwer *Thifta*.