

Архивиране и възстановяване на бази от данни в MongoDB: възможности, състояние, проблеми

Иван Куюмджиев

Backup and recovery of MongoDB database: features, state, problems

Ivan Kuyumdzhiiev

Abstract

NoSQL database systems became widely spread in the last few years. Their main object – to store big amounts of data and deliver higher performance than relational database systems raise questions about their administration. The study focuses on backup and recovery of MongoDB database. It analyzes different methods of backing up data and their advantages and disadvantages. As a results there is a evaluation of each method depending on size of data being backed up. Main conclusion of the paper is that there are variety of features that helps MongoDB administrator to backup data, but there is still more to achieve until MongoDB reaches administration capabilities offered by commercial and well developed DBMS like MS SQL Server and Oracle.

Keywords: MongoDB, Backup and recovery, BigData

Нарастването на броя на използваните компютърни устройства през последните години, заедно с повишаване на изчислителната им мощ и капацитета на съхраняващите устройства, доведе до експоненциално нарастване на съхраняваните данни. Това от своя страна повиши интереса на всякакви сектори от индустрията към това да се превърне този голям приток на информация в ясно измерима полза за бизнеса. Събирането, съхраняването, анализирането и визуализирането на такива обеми данни обаче става все по-трудно с традиционните подходи. В резултат започва развитието на т.нар нерелационни (или NoSQL) бази от данни, които да разрешат проблеми, свързани с новите изисквания за мащабируемост, висока надеждност и производителност¹.

Основните разновидности на NoSQL базите от данни са ключ-стойност, документни и колонно-ориентирани².

- Базите данни от тип ключ-стойност разполагат с карта/речник, който позволява клиентите да съхраняват и извличат стойности според ключа, с който са свързани. Пример за такава база от данни е Дупато, при която възможността за мащабируемост е предпочетена пред съгласуваността на данните и не са налични разнообразни методи за изпълнение на заявки, както и аналитични функции³.
- Колонно-ориентираните бази от данни като Bigtable⁴ съхраняват и обработват данните в колони вместо в редове, подобно на решенията за анализи и бизнес интелигентност.
- Документните бази от данни като MongoDB⁵ и CouchDB капсулират двойките ключ-стойност в структури наречени документи, осигурявайки по-сложна и смислена организация от базите данни ключ-стойност. Документите могат да формират графи като установяват връзки помежду си, което ги прави добър избор при представяне на обектни модели. Ето защо моделът на данните в документна база от данни е съставен от няколко графи, представени от документи, а в някои случаи (напр. в MongoDB) групирани в колекции.

¹ Barbierato, E. Performance evaluation of NoSQL big-data applications using multi-formalism models, Future Generation Computer Systems, Volume 37, July 2014, Pages 345–353

² Pagán, J., Molina, J. Querying large models efficiently, Information and Software Technology, Volume 56, Issue 6, June 2014, Pages 586–622

³ DeCandia, G. et al. Dynamo: Amazon's highly available key-value store. Proceedings on the 21st ACM SIGOPS Symposium on Operating Systems Principles, ACM (2007), pp. 205–220

⁴ Chang, F. Bigtable: a distributed storage system for structured data, in: Proceedings on the 7th Conference on USENIX Symposium on Operating Systems Design and Implementation

⁵ Banker, K. MongoDB in Action, Manning, 2011

MongoDB се налага като една от най-популярните нерелационни бази от данни. Тя е документно-ориентирана и организира данните в обекти (наричани MongoDB BSON документи) с JSON формат, чиято структура (схема) не е предварително дефинирана. Гъвкавата структура на MongoDB базата от данни позволява по-лесна и бърза интеграция в сравнение с релационните бази от данни⁶. MongoDB се използва от организации от различни сфери⁷ - Adobe, Bosch, LinkedIn, eBay, Forbes, MTV, Foursquare, MetLife, включително и за запис на снимките от най-големия Шмидт-телескоп в Китай.

Като причини за избор на MongoDB могат да бъдат посочени⁸:

- използва документно-ориентирана парадигма, която не изисква предварително дефиниране на структура;

- сравнена с други NoSQL бази от данни е по-добре поддържана и предоставя относително добър интерфейс за разработчиците;

- MongoDB е нерелационната база от данни, която е най-близо до релационната и има мощни функции за заявки. Разполага с вградена GridFS файлова система, което отменя нуждата от внедряване на отделни системи за разпределено съхраняване на файлове. Благодарение на вградените механизми на репликация, увеличаването на броя на сървърите води до лесно увеличаване на капацитета на базата, както и нейната пропускателна способност.

Въпреки нарастващата популярност на MongoDB, базирана на иновативните технологични решения, които тя предлага, е нужно да бъдат оценени и възможностите ѝ за изпълнение на класически административни задачи. За ефективно управление на големи центрове с данни и облачни системи (за каквито е предназначен MongoDB) е необходимо създаване на стратегия за непрекъсната наличност на използваните данни. Ето защо операциите по архивиране и възстановяване са важна част от управлението на данните и са съществени за възстановяване при повреди и бедствия. Опитът показва, че е важно всяка СУБД с критично значение за организацията да има адекватен план за защита в случаи на бедствия и аварии⁹. Твърдение, което заляга в почти всяка книга за администриране на бази от данни пред последните десетилетия, както и в различни ръководства и стандарти¹⁰. На тази основа цел на настоящата публикация е аналитично изследване на възможностите за архивиране на различни по размер бази от данни съхранявани в MongoDB.

Видове архивиране на MongoDB бази от данни.

Основните видове архивиране на бази от данни могат да бъдат разгледани в зависимост от това дали при протичане на процеса клиентите имат достъп до тях. При офлайн (студено) архивиране системата за управление на бази от данни спира достъпа до архивирания обект и всички приложения, които го използват трябва да изчакат приключването на процеса. Поради естеството на операцията и необходимостта данните да са налични във всеки момент от време, този вид не се използва за производствени сървъри. От друга страна онлайн (горещото) архивиране предоставя възможността базата от данни да остане функционираща и клиентите да могат да изпълняват необходимите им операции, без да знаят, че в момента се извършват административни задачи.

Възможностите за архивиране на MongoDB бази от данни са:

- 1) използване на инструментите mongoimport и mongoexport;
- 2) използване на инструментите mongorestore и mongodump;

⁶ Fazio, M. at. all Big Data Storage in the Cloud for Smart Environment Monitoring, Procedia Computer Science, Volume 52, 2015, Pages 500–506

⁷ <https://www.mongodb.org/community/deployments>

⁸ Xin, W. Design and Implementation of CNEOST Image Database Based on NoSQL System, Chinese Astronomy and Astrophysics, Volume 38, Issue 2, April–June 2014, Pages 211–221

⁹ 6231A Maintaining a Microsoft SQL Server 2008 Database. Microsoft Official Course. 11.20018, p.3.2

¹⁰ Създаването на план за архивиране и възстановяване е обект дори на стандартизиращата организация ISO (ISO/IEC TR 10032:2003 http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=38607)

- 3) архиви на ниво устройство за съхранение на данни;
- 4) архивиране с MongoDB management service (MMS) в облака (MongoDB Cloud Manager Backup) или на собствени устройства (MMS Backup On-Prem).

Вградените в MongoDB възможности за архивиране и възстановяване включват инструментите `mongoimport` в комбинация `mongoexport`, както и `mongodump` и `mongorestore`. Всеки от тях взаимодейства с работеща инстанция на Mongo и по тази причина използването им влияе на производителността на СУБД¹¹. Причината се корени във факта, че тези приложения прочитат цялата база от данни през оперативната памет – така се стига до ситуация, в която рядко използвани данни заемат мястото на често използвани такива, което води до забавяне на времето за реакция при следващ опит за достъп до вторите.

1) Mongoimport и mongoexport – позволяват данните да бъдат архивирани в четим от човек формат – JSON или CSV. Използването на тези инструменти е препоръчително само при пренасяне на малки подмножества данни, защото не могат надеждно да съхраняват всички типове данни, записвани в BSON формат. Ниската скорост на изпълнение и невъзможността надеждно да съхранят всички типове данни изключва използването на този подход при архивиране на продуктови бази от данни и няма да бъде разгледан в останалата част от публикацията.

2) Mongorestore и mongodump. Подобно на `mongoimport` `mongodump` също използва оперативната памет, за да извлече цялото архивирано съдържание. По същата причина, ако оперативната памет е с по-малък размер от архивирани данни, това ще доведе до намаляване на бързодействието на системата. `Mongodump` разполага с възможности за извършване на архивиране съдържанието на цял сървър, на конкретна база от данни, на колекция, или да използва заявка, за да архивира само част от колекция. Размерът на архивните набори не е голям, но при възстановяване е необходимо отново да се създадат индексите, което забавя процеса.

`Mongodump` извършва архивиране и на набори от сървъри участващи в репликация, като при използване на опцията `–oplog` данните се съхраняват по начин, позволяващ възстановяване към определен момент от време. Приложенията могат да продължат да променят базата от данни по време на извършване на архивирането, но в такъв случай ще се конкурират с `mongodump` за достъп до ресурсите.

`Mongorestore` и `mongodump` работят с архиви на базите от данни във формат BSON. Въпреки възможностите за контрол на това каква част от базата данни да се архивира, малкият размер на архивите и възможността за възстановяване към определен момент от време тези инструменти са подходящи само за малки до средни бази от данни¹². Тъй като архивите не съхраняват индексите, а операциите за създаването им, от това следва, че колкото е по-голяма базата от данни, толкова повече време ще отнеме възстановяването, и в частност пресъздаването на индексите.

3) Архивиране и възстановяване чрез моментни снимки на ниво файлова система.

Въпреки, че вградените възможности на безплатната версия на MongoDB не са препоръчителни за архивиране на големи бази от данни, потребителите не са задължени да закупят платената версия, предлагаща допълнителна функционалност. Вместо това може да използват архиви на ниво съхраняващо устройство.

Използване на репликация в комбинация със SAN

Ако базата от данни е с голям размер (например 10 TB) е подходящо използвано на SAN¹³ в комбинация с репликация. При наличие на разпределена база от данни в SAN среда, е възможно репликиране на част или цялата базата от данни във второстепенен SAN възел, който

¹¹ <http://docs.mongodb.org/master/tutorial/backup-and-restore-tools/>

¹² <http://docs.mongodb.org/master/tutorial/backup-and-restore-tools/>

¹³ Storage Area Network – високоскоростни носители на информация и мрежови устройства, видими за приложенията като едно цяло.

да не се използва за четене. В такъв случай най-бързият начин за архивиране на базата от данни е използване възможностите на операционната система за създаване на копие на целия второстепенен SAN възел. Операцията ще се извърши бързо и няма да има нужда от спиране работата на базата от данни, нито ще се усети промяна на бързодействието на MongoDB.

Прилагането на този метод изисква предварителна конфигурация на репликацията в MongoDB, както и инсталиране и конфигуриране на SAN, което от своя страна предполага инвестиция в хардуер и висококвалифициран персонал.

Използване на Linux в комбинация LVN

Ако базата от данни се съхранява само на един компютър, най-бързият начин за архивиране е извършване на моментни снимки на ниво LVN. Системата Logical Volume Management работи под Unix и позволява създаване на логически дялове, които да се разпростират на няколко твърди диска, както и възможност за извършване на моментни снимки на цял логически дял¹⁴.

При този подход се прави моментна снимка на логическия дял в даден момент от време, дори системата да работи. Копира се целият дял, а работата по него може да продължи нормално по време на архивирането и не е нужно спиране на сървъра. Снимката може да бъде използвана за възстановяване или може да бъде временно прикачена, за да се направят промени по нея, без това да засяга оригинала.

Въпреки, че моментните снимки чрез LVN се извършват много бързо, те не са най-подходящият формат за съхраняване на архивни данни. Причината е, че те се съхраняват на същите физически носители, на които са и базите данни, и при хардуерен срив ще бъдат изгубени и оригиналните, и архивните данни. Ето защо е препоръчително след извършване на моментна снимка нейно копие да бъде преместено на отделен носител, което в зависимост от размера на базата от данни може да доведе до преразход на ресурси.

4) Архивиране чрез MongoDB management service

MongoDB предлага и платени възможности за администриране на базите от данни, носещи името MMS, в които се включват и функции за архивиране и възстановяване. В зависимост от нуждите на потребителя може да бъде избрано архивиране в облака или архивиране в собствена среда.

Архивиране в облака - MongoDB Cloud Manager Backup

MongoDB Cloud Manager поддържа възможност за архивиране и възстановяване на MongoDB бази от данни чрез уеб интерфейс. Мениджърът извършва непрекъснато архивиране на всеки от възлите в разпределената база от данните като прочита лога на операциите по време на работа на системата (фиг. 1). Достъпът до лога на операциите позволява и съхраняване на информация за състоянието на базата във всеки един момент от време. Това дава възможност на администраторите да изберат точен час, към който да бъде върната базата от данни по време на възстановяване.

Начинът на работа на мениджъра може да бъде описан по следния начин¹⁵:

- 1) Инсталира се архивиращ агент в средата, използвана от потребителя.
- 2) Агентът извършва начална синхронизация на базата от данни с центровете с данни в облака.
- 3) След приключване на синхронизацията агентът предава поточно (стриймва) криптирано и компресирано съдържание от лога на операциите до Cloud Manager.

При необходимост от възстановяване, компресирани моментни снимки на базата от данни могат да бъдат изпратени чрез SCP¹⁶ директно на потребителския сървър или да бъдат свалени от специално генериран за това URL адрес. Това позволява възстановяване на базата

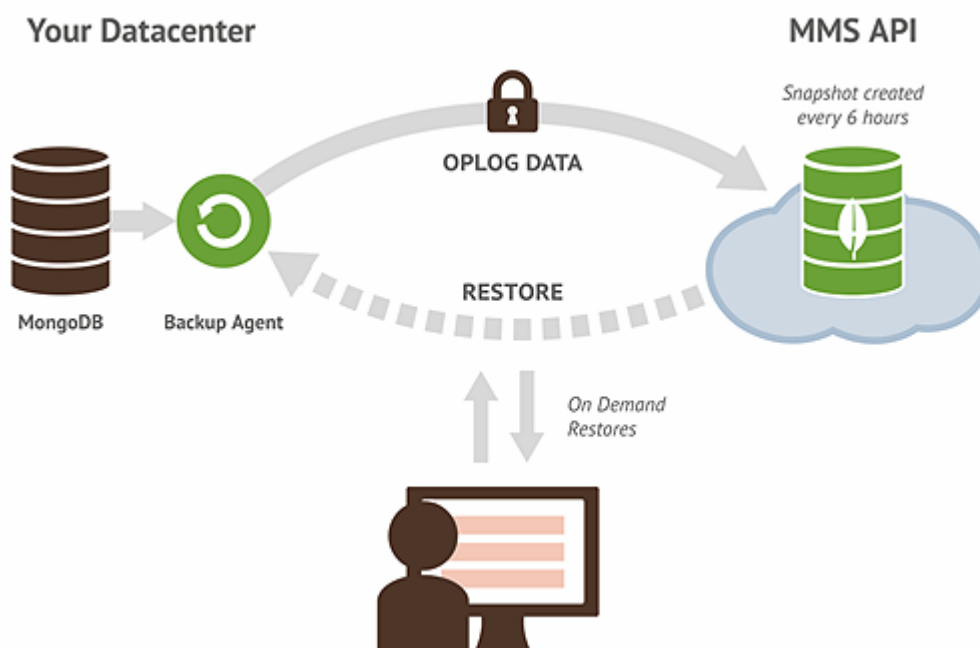
¹⁴ <https://wiki.ubuntu.com/Lvm>

¹⁵ <https://www.mongodb.com/cloud>

¹⁶ Secure Copy Protocol – метод за изпращане на файлове между различни компютри, базиран на SSH криптиране.

от данни към всяко едно нейно състояние от последните 24 часа, като архивите са през минимум 15 минути. По подразбиране моментните снимки се правят на 6 часа, а съхраняването на копията е както следва:

- Моментните снимки през 6 часа се съхраняват 2 дни.
- Ежедневните се съхраняват 1 седмица.
- Ежеседмичните – 1 месец.
- Ежемесечните – 1 година.



Фиг. 1 Архивиране на данни чрез MongoDB Cloud Manager Backup¹⁷

Цените, които трябва да платят организациите, използващи архивиране в облака, зависят от броя на сървърите и размерите на базите от данни. За всеки сървър се плащат по 39\$ на месец или 379\$ за година. Първият 1 GB е безплатен, като след това таксата е по 2,5\$ на гигабайт на месец или 30\$ на година. Това означава, че ако базата от данни е 1 TB, ще са нужни $1024 * 2.5 = 2560$ \$ месечно за поддържане на архивните копия.

Въпреки удобството за работа и лесната конфигурация, цената може да се окаже решаващ фактор за повечето организации. Освен това трябва да бъде взето предвид и времето за сваляне на архивното копие от облака. При компресия на 500 GB база от данни се получава файл от тип моментна снимка с приблизителен размер 150 GB. За да бъде възстановена базата от данни е необходимо този файл да бъде свален, а времето би било:

- 1) 2 часа при скорост 20MB/s
- 2) 4 часа при скорост 10MB/s

На тази основа е препоръчително при използване на големи бази от данни да бъде избрана Enterprise версия на MongoDB, която позволява използване на MMS на собствен хардуер.

MongoDB Enterprise

Enterprise версията на MongoDB предоставя възможности за наблюдение на различни предварително дефинирани параметри за работата на сървъра, автоматизация на добавянето на нови възли в разпределената база от данни и подобрени възможности за архивиране и възстановяване, сравнение с безплатната версия. Архивирането и възстановяването при

¹⁷ <http://jam.sg/blog/wp-content/uploads/2015/01/mms-backup.png>

Enterprise версията има същите характеристики като при облачните услуги, с тази разлика, че не е необходимо моментните снимки да се съхраняват в центрове за данни на трети страни, което прави процеса на възстановяване много по-бърз, отменяйки нуждата от сваляне на архивите от интернет.

Характеристиките на различните стратегии за архивиране и възстановяване могат да бъдат обобщени в следната таблица:

Таблица 1

Сравнение на методите за архивиране на MongoDB база от данни

	Mongodump	SAN Storage	LVN	Cloud Manager Backup	MMS Backup On-Prem
Сложност	Средна	Висока	Над средна	Ниска	Висока
Натоварване на системите	Високо	Ниско	Ниско	Ниско	Средно
Възстановяване към точка във времето	Да	Не	Не	Да	Да
Масшабируемост	Не	Да	Ограничена	Ограничена	Да
Скорост възстановяване	Ниска	Висока	Висока	Средна	Средна

Резултати

Предвид широкото разпространение на MongoDB възниква въпросът, коя стратегия за архивиране и възстановяване да се използва в зависимост от базата данни в организацията. Базата от данни в MongoDB е динамична съвкупност от документи, чийто брой нараства правопрпорционално на броя на извършваните операции в свързаните системи. Логично, при по-натоварени системи се образуват и използват по-големи бази от данни. Размерът на базата от данни, от друга страна, е от основно значение за времето на архивиране – колкото е по-голяма базата, толкова повече време отнема архивирането и възстановяването, и толкова е по-голям архивният набор. На тази база са отделени четири вида размери на базите данни и са анализирани възможностите за архивирането им (таблица 2).

1. Архив на малка база от данни

В много организации ежедневните транзакции са малко на брой и натоварването и размерите на базата от данни не поставят високи изисквания пред технологията за архивиране и възстановяване. В тези случаи може да бъде използван всеки от описаните по-горе методи, но изборът на най-подходящ зависи от възможностите на организацията.

Използването на Mongodump е най-добрият подход, ако не се очаква нарастване на базата от данни и организацията не желае да отделя финансови средства за допълнителен хардуер, за квалифицирани кадри, които да го конфигурират, или средства за използване на облачните услуги. В такъв случай настройката на mongodump ще отнеме относително малко време и резултатът ще бъде архивен набор на произволна част от сървъра, който може да бъде възстановен към точен момент от време.

Използването на облачните услуги също е добър избор, защото първият 1 GB е безплатен, а възможностите, които предлагат тези услуги, са трудно достижими с ограничени финанси.

Използването на LVN ще даде възможност за изключително бързо архивиране и възстановяване на базата от данни и няма да изисква значителни ресурси за реализация. Като основен недостатък на този подход може да се посочи единствено, че той е обвързан с

използване само на Unix базирани ОС и не осигурява възможност за възстановяване към точен момент от време.

Реализирането на SAN специално за нуждите на малка база от данни не е оправдано, освен ако не се очаква нейното експоненциално нарастване. Разликата между инвестиции и очаквани ползи също налага елиминирането на вариант за закупуване на Enterprise версия в организация с малка база от данни.

Таблица 2

Избор на стратегия за архивиране на MongoDB база от данни в зависимост от нейния размер

	Mongodump	SAN Storage	LVN	Cloud Manager Backup	MMS Backup On-Prem
Малка база от данни	Най-добър вариант	Висока инвестиция в хардуер и конфигурация	Да, но не позволява възст. към точка от времето	Добър вариант	Неоправдано голяма инвестиция
Средна	Непрепоръч.	По-скъп от LVN	Най-добър вариант	Най-добър вариант	По-скъп от LVN
Средно голяма	Не	По-добра мащабируемост от LVN. По-добро бързодействие от On-Prem	Увеличават се изискв. към дисковите устройства	Прекалено скъпо и бавно възст.	По-скъп от LVN, но по-евтин от архивиране в облака
BIGData	Не	Много добро бързодействие. Липсва възст. към точка във времето.	Непрепоръч.	Прекалено скъпо и бавно възстановяване	Средно бързодействие. Позволява възст. към точка във времето

2. Архив на средна по размер база от данни

За средна по размер база от данни ще приемем такива набори от данни, които имат размер между 1 и 100 GB. В такива случаи използването на Mongodump е все по-неефективно. Времето, необходимо за извършване на архивирането и възстановяването, излиза извън приемливите рамки, а размерът на базата започва да надвишава наличната оперативна памет, което ще забави работата на системите.

При такова нарастване на размера на базата обаче, използването на облачните услуги е все по-привлекателен вариант за организации с добри финансови възможности. Икономията на времето, което би било изразходвано за конфигуриране на собствен център за данни и хардуера, който би трябвало да се закупи, са подходящ стимул за организациите да се обърнат към възможностите, предлагани им от MongoDB за архивиране в облака.

За също толкова ефективен вариант може да се счита и използването на LVN. В такъв случай ще се създаде необходимост от закупуване на повече дискови устройства, но при използване на подходящи инструменти за компресиране проблемът с дублирането на архивните копия може да се окаже не толкова значим. Този подход може да се счита и за най-икономичен при наличие на добре подготвен ИТ персонал.

Инвестирането в SAN или закупуването на Enterprise версия също са добри варианти, но изискват повече конфигуриране, а Enterprise версията – и повече финансови ресурси от LVN.

3. Архив на средно голяма база от данни

За да бъдат разграничени големите бази от данни с BigData, предлагаме клас от средноголеми бази от данни с размер между 100 GB и 1 TB. В този клас се засилват все повече изискванията към скоростта, с която работят архивиращите инструменти и минимизиране на

дуплицирането на архивните набори. От тази гледна точка използването на *Mongodump* е изключено, защото би отнело прекалено много време.

Използването на облачните услуги все още е най-удобен вариант от гледна точка на минимизиране на администраторската дейност в организацията. От друга страна обаче облачните услуги по архивиране на бази от данни с такива размери изискват по-големи финансови разходи. При 1 TB цената ще бъде над 2500\$ месечно, а времето необходимо за сваляне на архива на базата от данни от интернет се увеличава до неприемливи граници.

При отхвърляне на вариантите за използване на *Mongodump* и облачните услуги е възможно използване на *LVN*. Нарастването на размера на базата обаче започва да поставя все по-големи изисквания пред размерите на използваните дискови устройства и в края на посочения интервал този подход ще бъде твърде неефективен. При подобни размери на базата от данни организациите следва да са готови да инвестират допълнителни средства, както в добре подготвени кадри, така и в подходящ софтуер и хардуер. Подобно на *LVN*, методите на използване на *SAN* или *MMS Backup On-Prem* предоставят добро време за архивиране и възстановяване на базата от данни и са логичен избор при тенденциозно увеличаваща се база от данни.

4. Архив на *BigData*

Нарастването на използването на облачни услуги води до събиране на големи обеми от данни, чието управление е от критично значение за приложенията, които ги използват¹⁸, което налага нуждата от използване на методи, способни да се справят с нужния обем изчисления. Имайки предвид размерите на такива бази от данни и скоростта на работа на *Mongodump*, използването му в стратегия за архивиране на *BigData* е изключено. Алтернативата *Unix* в комбинация с *LVN* е приложима, но би изисквала прекалено много допълнителни ресурси за съхраняване на копията на архивните набори. Въпреки, че съществуват инструменти за компресиране на файлове, архивните набори ще останат с прекалено голям размер.

Като най-добър избор в такива случаи е използването на архивиране в *SAN* или закупуване на *Enterprise* версия. Организация, работеща с *BigData*, би трябвало да е приела политика на инвестиции в качествени технологии и кадри. От тази гледна точка финансовият фактор би следвало да отстъпи място на технологичните характеристики на двата метода на архивиране. В такъв случай организациите следва да изберат кой от методите ще използват на база на това, дали предпочитат по-висока скорост на архивиране и възстановяване (*SAN*) или възможност за възстановяване на базата от данни към точно определен момент от време (*MMS Backup On-Prem*).

Заклучение

Резултатите от направеното проучване показват, че са налични стратегии за архивиране и възстановяване на различни по размер бази от данни в *MongoDB*. Анализирани са техните силни и слаби страни и са направени предложения за избор на стратегия в зависимост от текущия размер и очаквания растеж на базата данни, както и от финансовите възможности на организацията, изразени в наличен хардуер и подготвени ИТ специалисти. Като основен недостатък на архивирането в *MongoDB* може да се посочи липсата на метод на инкрементални архиви – наличен в комерсиалните системи за управление на бази от данни. Този факт би представлявал интерес при бъдещи експерименти, свързани със сравнение на посочените възможности на *MongoDB* с тези на утвърдени и широко използвани СУБД.

¹⁸ Hashem, I. The rise of “big data” on cloud computing: Review and open research issues, *Information Systems*, Volume 47, January 2015, Pages 98–115

Използвана литература:

1. Архивиране на данни чрез MongoDB Cloud Manager Backup, <<http://jam.sg/blog/wp-content/uploads/2015/01/mms-backup.png>> , (26.10.2015 г.)
2. Инструменти за архивиране и възстановяване в MongoDB, <<http://docs.mongodb.org/master/tutorial/backup-and-restore-tools/>>, (26.10.2015 г.)
3. Облачни услуги предоставяни от MongoDB, <<https://www.mongodb.com/cloud>>, (26.10.2015 г.)
4. Списък компании използващи MongoDB, <<https://www.mongodb.org/community/deployments>> , (26.10.2015 г.)
5. 6231A Maintaining a Microsoft SQL Server 2008 Database. Microsoft Official Course. 11.20018, pp.3.2
6. Banker, K. MongoDB in Action, Manning, 2011
7. Barbierato, E. Performance evaluation of NoSQL big-data applications using multi-formalism models, Future Generation Computer Systems, Volume 37, July 2014, pp 345–353
8. Chang, F. Bigtable: a distributed storage system for structured data, in: Proceedings on the 7th Conference on USENIX Symposium on Operating Systems Design and Implementation
9. DeCandia, G. et al. Dynamo: Amazon’s highly available key-value store. Proceedings on the 21st ACM SIGOPS Symposium on Operating Systems Principles, ACM (2007), pp. 205–220
10. ISO/IEC TR 10032:2003, <http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=38607>, (26.10.2015 г.)
11. Fazio, M. et al. Big Data Storage in the Cloud for Smart Environment Monitoring, Procedia Computer Science, Volume 52, 2015, pp 500–506
12. Hashem, I. The rise of “big data” on cloud computing: Review and open research issues, Information Systems, Volume 47, January 2015, pp 98–115
13. Logical Volume Management, <<https://wiki.ubuntu.com/Lvm>>, (26.10.2015 г.)
14. Pagán, J. , Molina, J. Querying large models efficiently, Information and Software Technology, Volume 56, Issue 6, June 2014, pp 586–622
15. Xin, W. Design and Implementation of CNEOST Image Database Based on NoSQL System, Chinese Astronomy and Astrophysics, Volume 38, Issue 2, April–June 2014, Pages 211–221

За контакти:

Гл. ас. д-р Иван Куюмджиев
Икономически университет – Варна
E-mail: ivan_ognyanov@ue-varna.bg