
zh_dOCS

发布 0.1

2021 年 05 月 18 日

1	概述	1
1.1	整体架构	2
1.2	功能简介	2
1.3	系统特性	3
2	安装使用	5
2.1	编译	5
2.2	部署	6
3	集群监控	11
3.1	集群状态	11
3.2	健康状态	11
3.3	端口状态	11
3.4	清除锁	12
3.5	副本扩容缩容	12
4	库操作	13
4.1	查看集群中所有库	13
4.2	创建库	13
4.3	查看库	13
4.4	删除库	14
4.5	查看指定库下所有表空间	14
5	表空间操作	15
5.1	创建表空间	15
5.2	查看表空间	21
5.3	删除表空间	21
5.4	修改 cache 大小	21

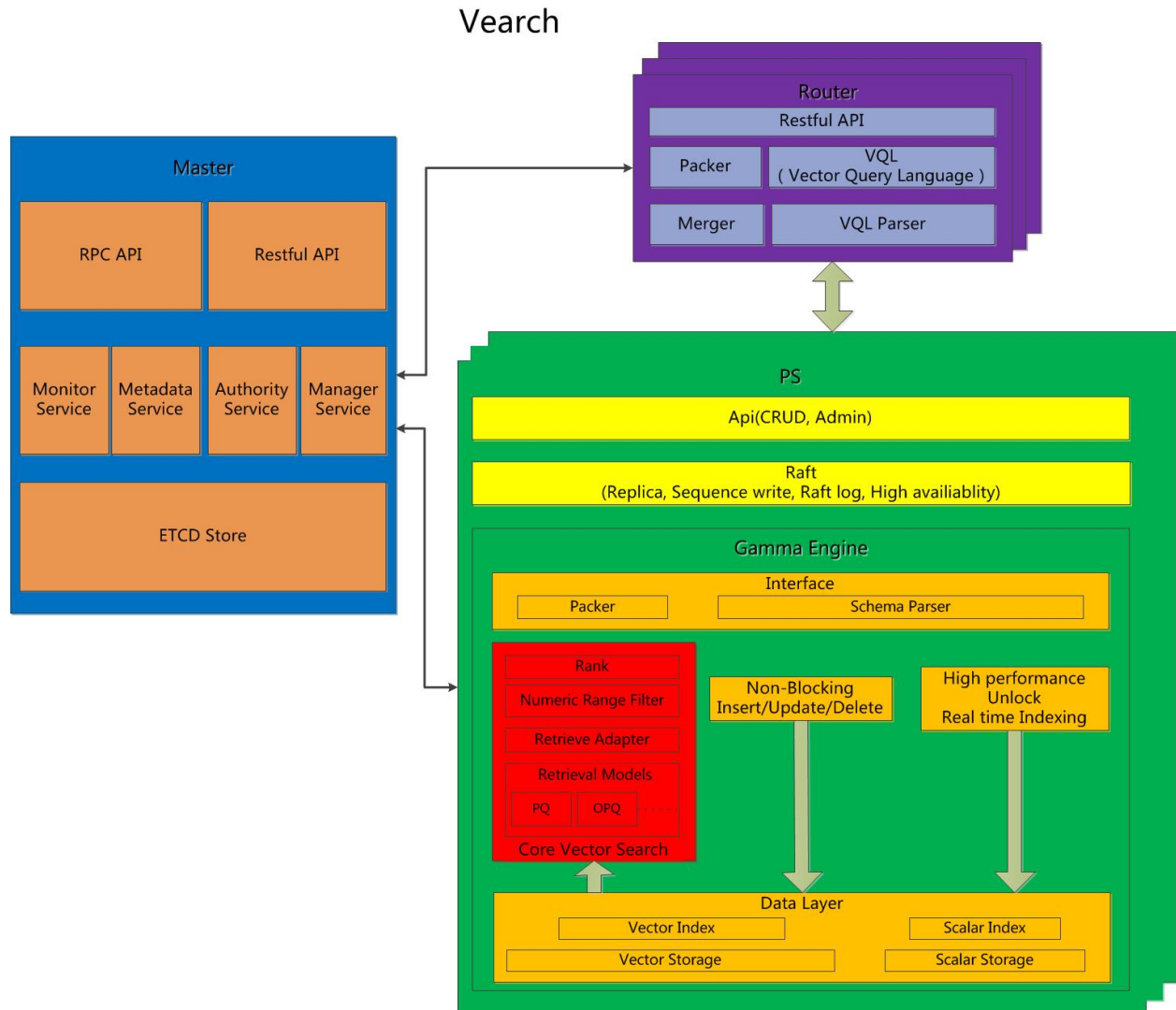
5.5	查看 cache 大小	22
6	数据操作	23
6.1	单条插入	23
6.2	批量插入	24
6.3	更新	24
6.4	删除	25
6.5	查询	25
6.6	id 查询	30
6.7	批量 id 查询	30
6.8	批量特征查询 1	31
6.9	批量特征查询 2	31
6.10	根据 id 特征查询	32
6.11	多向量查询	32
7	GPU 使用	35
7.1	注意事项	35
8	Python SDK	37
9	算法插件	39
10	效果评估	41
11	集群实验	45
12	HNSW 性能评测	47
13	GPU 版性能	51
14	常见问题	53

CHAPTER 1

概述

Vearch 是对大规模深度学习向量进行高性能相似搜索的弹性分布式系统。

1.1 整体架构



数据模型: 空间, 文档, 向量, 标量。

组件: Master, Router, PartitionServer。

Master: 负责 schema 管理, 集群级别的源数据和资源协调。

Router: 提供 RESTful API: create、delete、search、update; 请求路由转发及结果合并。

PartitionServer(PS): 基于 raft 复制的文档分片; Gamma 向量搜索引擎, 它提供了存储、索引和检索向量、标量的能力。

1.2 功能简介

1、支持 CPU 与 GPU 两种版本。

- 2、支持实时添加数据到索引。
- 3、支持单个文档定义多个向量字段, 添加、搜索批量操作。
- 4、支持数值字段范围过滤与 string 字段标签过滤。
- 5、支持 IVFPQ、HNSW、二进制等索引方式 (HNSW、二进制方式 4 月下旬发布)。
- 6、支持 Python SDK 本地快速开发验证。
- 7、支持机器学习算法插件方便系统部署使用。

1.3 系统特性

- 1、自研 gamma 引擎, 提供高性能的向量检索。
- 2、IVFPQ 倒排索引支持 compaction, 检索性能不受文档更新次数的影响。
- 3、支持内存、磁盘两种数据存储方式, 支持超大数据规模。
- 4、基于 raft 协议实现数据多副本存储。
- 5、支持内积 (InnerProduct) 与欧式距离 (L2) 方法计算向量距离。

2.1 编译

环境依赖

1. CentOS、ubuntu 和 Mac OS 都支持 (推荐 CentOS \geq 7.2)
2. go \geq 1.11.2
3. gcc \geq 5
4. cmake \geq 3.17
5. OpenBLAS
6. tbb, CentOS 可使用 yum 安装, 如: `yum install tbb-devel.x86_64`
7. [RocksDB](<https://github.com/facebook/rocksdb>) \geq 6.2.2 (可选), 你不需要手动安装, 脚本自动安装。但是你需要手动安装 rocksdb 的依赖。请参考如下安装方法: <https://github.com/facebook/rocksdb/blob/master/INSTALL.md>
8. [zfp](<https://github.com/LLNL/zfp>) \geq v0.5.5 (可选), 你不需要手动安装, 脚本自动安装。
9. CUDA \geq 9.0, 如果你不使用 GPU 模型, 可忽略。

编译

- 进入 `GOPATH` 目录, `cd $GOPATH/src mkdir -p github.com/vearch cd github.com/vearch`
- 下载源代码: `git clone https://github.com/vearch/vearch.git` (后续使用 `$vearch` 代表 `vearch` 目录绝对路径)

- 下载 gamma 代码: `cd vearch git submodule update --init --recursive`
- 如果使用 GPU 版本, 修改 `$vearch/engine/CMakeLists.txt` 文件中 `BUILD_WITH_GPU` 变为 `on`
- 编译 vearch 和 gamma

1. `cd build`

2. `sh build.sh`

生成 vearch 文件表示编译成功

2.2 部署

单机模式:

- 生成配置文件 `config.toml`(`master_server` 端口使用 8817, `router_server` 端口使用 9001)

```
[global]
    # the name will validate join cluster by same name
    name = "vearch"
    # you data save to disk path ,If you are in a production environment, You'd better
    ↪set absolute paths
    data = ["datas/"]
    # log path , If you are in a production environment, You'd better set absolute paths
    log = "logs/"
    # default log type for any model
    level = "info"
    # master <-> ps <-> router will use this key to send or receive data
    signkey = "vearch"
    skip_auth = true

# if you are master, you'd better set all config for router、ps and router, ps use
↪default config it so cool

[[masters]]
    # name machine name for cluster
    name = "m1"
    # ip or domain
    address = "127.0.0.1"
    # api port for http server
    api_port = 8817
    # port for etcd server
    etcd_port = 2378
    # listen_peer_urls List of comma separated URLs to listen on for peer traffic.
```

(下页继续)

(续上页)

```

# advertise_peer_urls List of this member's peer URLs to advertise to the rest of
↳the cluster. The URLs needed to be a comma-separated list.
etcd_peer_port = 2390
# List of this member's client URLs to advertise to the public.
# The URLs needed to be a comma-separated list.
# advertise_client_urls AND listen_client_urls
etcd_client_port = 2370

[router]
# port for server
port = 9001

[ps]
# port for server
rpc_port = 8081
# raft config begin
raft_heartbeat_port = 8898
raft_replicate_port = 8899
heartbeat-interval = 200 #ms
raft_retain_logs = 10000
raft_replica_concurrency = 1
raft_snap_concurrency = 1

```

- 启动

启动 vearch 前，需要设置 LD_LIBRARY_PATH 环境变量的值，添加 gamma, rocksdb, zfp 等依赖的 lib 包；执行 ldd vearch 和 ldd \$vearch/ps/engine/gammacb/lib/lib/libgamma.so.0.1 命令可以查看 vearch 和 gamma 依赖的包)。

```
./vearch -conf conf.toml all
```

集群模式：

- vearch 有三个模块：ps, master, router, run ./vearch -conf config.toml ps/router/master 启动相应模块

假如有 5 台机器，2 台作为 master 管理，2 台作为 ps 计算节点，1 台 router 请求转发

- master
 - 192.168.1.1
 - 192.168.1.2
- ps

- 192.168.1.3
- 192.168.1.4
- router
 - 192.168.1.5
- 生成 toml 格式配置文件 config.toml, 作为 master 的机器 ip 配置在 [[masters]] 中, 支持多个, router 和 ps 所在机器 ip 无需配置。

```
[global]
  name = "vearch"
  data = ["datas/"]
  log = "logs/"
  level = "info"
  signkey = "vearch"
  skip_auth = true

# if you are master, you'd better set all config for router, ps and router, ps use
→ default config it so cool

[[masters]]
  name = "m1"
  address = "192.168.1.1"
  api_port = 8817
  etcd_port = 2378
  etcd_peer_port = 2390
  etcd_client_port = 2370

[[masters]]
  name = "m2"
  address = "192.168.1.2"
  api_port = 8817
  etcd_port = 2378
  etcd_peer_port = 2390
  etcd_client_port = 2370

[router]
  port = 9001
  skip_auth = true

[ps]
  rpc_port = 8081
  raft_heartbeat_port = 8898
  raft_replicate_port = 8899
  heartbeat-interval = 200 #ms
  raft_retain_logs = 10000
```

(下页继续)

(续上页)

```
raft_replica_concurrency = 1
raft_snap_concurrency = 1
```

- 启动 vearch 前, 设置 LD_LIBRARY_PATH 环境变量加载依赖包
- on 192.168.1.1 , 192.168.1.2 run master

```
./vearch -conf config.toml master
```

- on 192.168.1.3 , 192.168.1.4 run ps

```
./vearch -conf config.toml ps
```

- on 192.168.1.5 run router

```
./vearch -conf config.toml router
```


`http://master_server` 代表 master 服务

3.1 集群状态

```
curl -XGET http://master_server/_cluster/stats
```

3.2 健康状态

```
curl -XGET http://master_server/_cluster/health
```

查看集群状态及库、表记录数据量 (`doc_num`)。

3.3 端口状态

```
curl -XGET http://master_server/list/server
```

3.4 清除锁

```
curl -XGET http://master_server/clean_lock
```

在创建表时会对集群加锁，若在此过程中，服务异常，会导致锁不能释放，需要手动清除才能新建表。

3.5 副本扩容缩容

```
curl -XPOST -H "content-type: application/json" -d '{
  "partition_id":1,
  "node_id": 1,
  "method": 0
}' http://master_server/partition/change_member
```

method=0: node id 1 上添加分片 id 1 的副本; method=1: 删除 node id 1 上分片 id 1 的副本。

`http://master_server` 代表 master 服务, `$db_name` 是创建的库名

4.1 查看集群中所有库

```
curl -XGET http://master_server/list/db
```

4.2 创建库

```
curl -XPUT -H "content-type:application/json" -d '{
  "name": "db_name"
}' http://master_server/db/_create
```

4.3 查看库

```
curl -XGET http://master_server/db/$db_name
```

4.4 删除库

```
curl -XDELETE http://master_server/db/$db_name
```

若库下存在表空间则无法删除

4.5 查看指定库下所有表空间

```
curl -XGET http://master_server/list/space?db=$db_name
```

`http://master_server` 代表 master 服务, `$db_name` 是创建的库名, `$space_name` 是创建的表空间名

5.1 创建表空间

```
curl -XPUT -H "content-type: application/json" -d'
{
  "name": "space1",
  "partition_num": 1,
  "replica_num": 1,
  "engine": {
    "name": "gamma",
    "index_size": 70000,
    "id_type": "String",
    "retrieval_type": "IVFPQ",
    "retrieval_param": {
      "metric_type": "InnerProduct",
      "ncentroids": 2048,
      "nsubvector": 32
    }
  },
  "properties": {
```

(下页继续)

```
"field1": {
    "type": "keyword"
},
"field2": {
    "type": "integer"
},
"field3": {
    "type": "float",
    "index": true
},
"field4": {
    "type": "string",
    "array": true,
    "index": true
},
"field5": {
    "type": "integer",
    "index": true
},
"field6": {
    "type": "vector",
    "dimension": 128
},
"field7": {
    "type": "vector",
    "dimension": 256,
    "format": "normalization",
    "store_type": "RocksDB",
    "store_param": {
        "cache_size": 2048,
        "compress": {"rate":16}
    }
}
}
' http://master_server/space/$db_name/_create
```

参数说明:

字段标识	字段含义	类型	是否必填	备注
name	空间名称	string	是	
partition_num	分片数量	int	是	
replica_num	副本数量	int	是	
engine	引擎配置	json	是	引擎配置
properties	空间配置	json	是	定义表字段及类型

- 1、name 不能为空，不能以数字或下划线开头，尽量不使用特殊字符等。
 - 2、partition_num 指定表空间数据分片数量，不同的分片可分布在不同的机器，来避免单台机器的资源限制。
 - 3、replica_num 副本数量，建议设置成 3，表示每个分片数据有两个备份，保证数据高可用。
- engine 配置:

字段标识	字段含义	类型	是否必填	备注
name	引擎名称	string	是	目前固定为 gamma
index_size	分片索引阈值	int	否	默认 100000
id_type	唯一主键类型	string	否	
retrieval_type	检索模型	string	是	
retrieval_param	检索模型参数配置	json	否	

- 1、name 不能为空，不能以数字或下划线开头，尽量不使用特殊字符等。
- 2、index_size 指定每个分片的记录数量达到多少开始创建索引，默认值 100000。
- 3、id_type 指定唯一记录主键类型，支持 String 和 Long(定义为 Long 可节省内存占用)。
- 4、retrieval_type 检索模型，目前支持六种类型，IVFPQ, HNSW, GPU, IVFFLAT, BINARYIVF, FLAT, 不同的检索模型需要的参数配置及默认值如下:

IVFPQ:

现在 IVFPQ 可以与 HNSW 和 OPQ 组合使用。如果要使用 HNSW，建议将 ncentroids 设置为较大的值。对于 HNSW 的组合，现在解除了对训练数据量的限制，您可以使用不超过 $ncentroids * 256$ 的数据进行训练。而在组合使用 OPQ 时，训练占用的内存为 $2 * indexing_size * dimension * sizeof(float)$ ，因此对于 HNSW 和 OPQ 的组合使用，训练将占用更多的内存并花费较长时间，故要特别注意 indexing_size 的设置，防止使用的太多内存。

index_size: 对于 IVFPQ，在建立索引之前需要训练，因此您应该将 index_size 设置为合适的值，例如 100000，如果与 HNSW 结合使用，index_size 可以是 $ncentroids * 39$ 到 $ncentroids * 256$ 之间的值。

如何组合使用 HNSW 和 OPQ 由 retrieval_param 控制。如果同时设置 HNSW 和 OPQ，则将使用 OPQ + IVF + HNSW + PQ，建议将 OPQ 的 nsubvector 设置为与 PQ 的 nsubvector 相同。如果只想使用 IVF + HNSW + PQ，则只需要设置 HNSW。如果您只想使用 IVFPQ，则无需在 retrieval_param 中设置 HNSW 或 OPQ。

字段标识	字段含义	类型	是否必填	备注
metric_type	计算方式	string	是	L2 或者 InnerProduct
ncentroids	聚类中心数量	int	是	默认 2048
nsubvector	PQ 拆分子向量大小	int	是	默认 64
bucket_init_size	倒排链表 (IVF) 初始化的大小	int	否	默认 1000
bucket_max_size	倒排链表 (IVF) 最大容量	int	否	默认 1280000

```
"retrieval_type": "IVFPQ",
"retrieval_param": {
  "metric_type": "InnerProduct",
  "ncentroids": 2048,
  "nsubvector": 64
}
```

您可以这样设置 hnsw 或 opq:

```
"index_size": 2600000,
"id_type": "string",
"retrieval_type": "IVFPQ",
"retrieval_param": {
  "metric_type": "InnerProduct",
  "ncentroids": 65536,
  "nsubvector": 64,
  "hnsw" : {
    "nlinks": 32,
    "efConstruction": 200,
    "efSearch": 64
  },
  "opq": {
    "nsubvector": 64
  }
}
```

HNSW:

字段标识	字段含义	类型	是否必填	备注
metric_type	计算方式	string	是	L2 或者 InnerProduct
nlinks	节点邻居数量	int	是	默认 32
efConstruction	构图时寻找节点邻居过程中在图中遍历的深度	int	是	默认 40

```
"retrieval_type": "HNSW",
"retrieval_param": {
  "metric_type": "InnerProduct",
  "nlinks": 32,
  "efConstruction": 40
}
```

注意：1、向量存储只支持 MemoryOnly
2、创建索引不需要训练，index_size 值大于 0 均可

GPU (针对 GPU 编译版本)：

字段标识	字段含义	类型	是否必填	备注
metric_type	计算方式	string	是	L2 或者 InnerProduct
ncentroids	聚类中心数量	int	是	默认 2048
nsubvector	PQ 拆分子向量大小	int	是	默认 64

```
"retrieval_type": "GPU",
"retrieval_param": {
  "metric_type": "InnerProduct",
  "ncentroids": 2048,
  "nsubvector": 64
}
```

IVFFLAT:

字段标识	字段含义	类型	是否必填	备注
metric_type	计算方式	string	是	L2 或者 InnerProduct
ncentroids	聚类中心数量	int	是	默认 2048

```
"retrieval_type": "IVFFLAT",
"retrieval_param": {
  "metric_type": "InnerProduct",
  "ncentroids": 2048
}
```

注意：1、向量存储方式只支持 RocksDB

BINARYIVF:

字段标识	字段含义	类型	是否必填	备注
ncentroids	聚类中心数量	int	是	默认 2048

```
"retrieval_type": "BINARYIVF",
"retrieval_param": {
  "ncentroids": 2048
}
```

注意：1、向量长度是 8 的倍数

properties 配置:

- 1、表空间结构定义字段支持的类型 (即 type 的值) 有 6 种: string(keyword), integer, long, float, double, vector。
- 2、string 类型的字段支持 index、array 属性, index 定义是否创建索引, array 指定是否允许多个值, 创建索引后支持 term 过滤。
- 3、integer, long, float, double 类型的字段支持 index 属性, index 设为 true 创建索引后支持数值范围过滤查询 (range)。
- 4、vector 类型字段为特征字段, 一个表空间中支持多个特征字段, vector 类型的字段支持的属性如下:

字段标识	字段含义	类型	是否必填	备注
dimension	特征维数	int	是	
format	归一化处理	string	否	设置为 normalization 对添加的特征向量归一化处理
store_type	特征存储类型	string	否	支持 MemoryOnly、Mmap 和 RocksDB, 默认 Memory-Only
store_param	存储参数设置	json	否	针对不同 store_type 的存储参数
model_id	特征插件模型	string	否	使用特征插件服务时指定

5、dimension 定义 type 是 vector 的字段，指定特征维数大小。

6、store_type 特征向量存储类型，有以下三个选项：

“MemoryOnly”：原始向量都存储在内存中，存储数量的多少受内存限制，适用于数据量不大（千万级），对性能要求高的场景

“RocksDB”：原始向量存储在 RocksDB（磁盘）中，存储数量受磁盘大小限制，适用单机数据量巨大（亿级以上），对性能要求不高的场景

“Mmap”：原始向量存储在磁盘文件中，使用 cache 提高性能，存储数量受磁盘大小限制，适用单机数据量巨大（亿级以上），对性能要求不高的场景

7、store_param 针对不同 store_type 的存储参数，其包含以下两个子参数。

cache_size: 数值类型，单位是 M bytes，默认 1024。store_type=” RocksDB” 时，表示 RocksDB 的读缓冲大小，值越大读向量的性能越好，一般设置 1024、2048、4096 和 6144 即可；store_type=” Mmap” 时，表示读缓冲的大小，一般 512、1024、2048 和 4096 即可，可根据实际应用场景设置大小；store_type=” MemoryOnly”，cache_size 不生效。

compress: 设置为 { “rate” :16} 压缩 50%；默认不压缩。

标量索引

Gamma 引擎支持标量索引，提供对标量数据的过滤功能，开启方式参考“properties 配置”中的第 2 条和第 3 条，检索方式参考“查询”中的“filter json 结构说明”

5.2 查看表空间

```
curl -XGET http://master_server/space/$db_name/$space_name
```

5.3 删除表空间

```
curl -XDELETE http://master_server/space/$db_name/$space_name
```

5.4 修改 cache 大小

```
curl -H "content-type: application/json" -XPOST -d'
{
  "cache_models": [
    {
      "name": "table",
```

(下页继续)

```
        "cache_size": 1024,
    },
    {
        "name": "string",
        "cache_size": 1024,
    },
    {
        "name": "field7",
        "cache_size": 1024,
    }
]
' http://master_server/config/$db_name/$space_name
```

- 1、table cache size: 表示所有定长的标量字段 (integer, long, float, double) 使用 cache 的大小, 默认为 512M, 单位为 M bytes。
- 2、string cache size: 表示所有变长的标量字段 (string) 使用 cache 的大小, 默认为 512M, 单位为 M bytes。
- 3、对于向量字段只支持 store_type 为 Mmap 的进行修改 cache size。

5.5 查看 cache 大小

```
curl -XGET http://master_server/config/$db_name/$space_name
```

- 1、对于向量字段只支持 store_type 为 Mmap 的查看 cache size。

`http://router_server` 代表 router 服务, `$db_name` 是创建的库名, `$space_name` 是创建的空间名, `$id` 是数据记录的唯一 id.

6.1 单条插入

插入时不指定唯一标识 id

```
curl -XPOST -H "content-type: application/json" -d '{
  "field1": "value1",
  "field2": "value2",
  "field3": {
    "feature": [0.1, 0.2]
  }
}' http://router_server/$db_name/$space_name
```

field1 和 field2 是标量字段, field3 是特征字段。所有字段名、值类型和定义表结构时保持一致。

返回值格式如下:

```
{
  "_index": "db1",
```

(下页继续)

(续上页)

```

    "_type": "space1",
    "_id": "AW5J1lNmJG6WbbCkHrFW",
    "status": 200
}

```

其中 `_index` 库名称, `_type` 表空间名称, `_id` 是服务端生成的记录唯一标识, 可以由用户指定, 对数据的修改和删除需要使用该唯一标识。

插入时指定唯一标识

```

curl -XPOST -H "content-type: application/json" -d'
{
  "field1": "value1",
  "field2": "value2",
  "field3": {
    "feature": [0.1, 0.2]
  }
}
' http://router_server/$db_name/$space_name/$id

```

`$id` 是插入数据时使用指定的值替换服务端生成的唯一标识, `$id` 值不能使用 url 路径等特殊字符。若库中已存在该唯一标识的记录则覆盖。

6.2 批量插入

```

curl -H "content-type: application/json" -XPOST -d'
{"index": {"_id": "v1"}}\n
{"field1": "value", "field2": {"feature": []}}\n
{"index": {"_id": "v2"}}\n
{"field1": "value", "field2": {"feature": []}}\n
' http://router_server/$db_name/$space_name/_bulk

```

json 格式的变体, `{ "index": { "_id": "v1" } }` 指定记录的 id, `_id` 值为空后台自动生成唯一 id, `{ "field1": "value", "field2": { "feature": [] } }` 指定插入的数据, 每行 json 字符串均以 `\n` 结尾。

6.3 更新

更新时必须指定唯一标识 id

```
curl -H "content-type: application/json" -XPOST -d'
{
  "field1": "value1",
  "field2": "value2",
  "field3": {
    "feature": [0.1, 0.2]
  }
}
' http://router_server/$db_name/$space_name/$id/_update
```

请求路径中指定唯一标识 \$id，使用指定 id 插入的方式进行数据覆盖更新 (后续可支持单个字段修改)。

6.4 删除

根据唯一 id 标识删除数据

```
curl -XDELETE http://router_server/$db_name/$space_name/$id
```

根据查询过滤结果删除数据

```
curl -H "content-type: application/json" -XPOST -d'
{
  "query": {
    "sum": [{}]
  }
}
' http://router_server/$db_name/$space_name/_delete_by_query
```

查询详细语法见下文

6.5 查询

查询示例

```
curl -H "content-type: application/json" -XPOST -d'
{
  "query": {
    "sum": [{
      "field": "field_name",
      "feature": [0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5],
    }
  ]
}
```

(下页继续)

```
        "min_score": 0.9,
        "boost": 0.5
    ]],
    "filter": [{
        "range": {
            "field_name": {
                "gte": 160,
                "lte": 180
            }
        }
    }],
    {
        "term": {
            "field_name": ["100", "200", "300"],
            "operator": "or"
        }
    }
    ]
},
"retrieval_param": {
    "nprobe": 20
},
"fields": ["field1", "field2"],
"is_brute_search": 0,
"online_log_level": "debug",
"quick": false,
"vector_value": false,
"client_type": "leader",
"l2_sqrt": false,
"sort": [{"field1":{"order": "asc"}}],
"size": 10
}
' http://router_server/$db_name/$space_name/_search
```

查询参数整体 json 结构如下:

```
{
  "query": {
    "sum": [],
    "filter": []
  },
}
```

(下页继续)

(续上页)

```

"retrieval_param": {"nprobe": 20},
"fields": ["field1", "field2"],
"is_brute_search": 0,
"online_log_level": "debug",
"quick": false,
"vector_value": false,
"client_type": "leader",
"l2_sqrt": false,
"sort": [{"field1":{"order": "asc"}}],
"size": 10
}

```

参数说明:

字段标识	类型	是否必填	备注
sum	json 数组	是	查询特征
filter	json 数组	否	查询条件过滤: 数值过滤 + 标签过滤
fields	json 数组	否	指定返回那些字段, 默认只返回唯一 id 和分值
is_brute_search	int	否	默认 0
online_log_level	string	否	值为 debug, 开启打印调试日志
quick	bool	否	默认 false
vector_value	bool	否	默认 false
client_type	string	否	默认 leader
ivf_flat	bool	否	默认 false, 仅适用于 IVFPQ 模型, 结果开根号
sort	json 数组	否	指定字段排序 (只针对匹配结果, 非整体)
size	int	否	指定返回结果数量, 默认 50

retrieval_param 参数指定模型计算时的参数, 不同模型支持的参数不同, 如下示例:

- metric_type: 计算类型, 支持 InnerProduct 和 L2, 默认 L2。
- nprobe: 搜索桶数量。
- recall_num: 召回数量, 默认等于查询参数中 size 的值, 设置从索引中搜索数量, 然后计算 size 个最相近的值。
- parallel_on_queries: 默认 1, 搜索间并行; 0 代表桶间并行。
- efSearch: 图遍历的距离。

IVFPQ:

```
"retrieval_param": {
  "parallel_on_queries": 1,
  "recall_num" : 100,
  "nprobe": 80,
  "metric_type": "L2"
}
```

GPU:

```
"retrieval_param": {
  "recall_num" : 100,
  "nprobe": 80,
  "metric_type": "L2"
}
```

HNSW:

```
"retrieval_param": {
  "efSearch": 64,
  "metric_type": "L2"
}
```

IVFFLAT:

```
"retrieval_param": {
  "parallel_on_queries": 1,
  "nprobe": 80,
  "metric_type": "L2"
}
```

FLAT:

```
"retrieval_param": {
  "metric_type": "L2"
}
```

- sum json 结构说明:

```
"sum": [{
  "field": "field_name",
  "feature": [0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5],
  "min_score": 0.9,
```

(下页继续)

(续上页)

```
"boost": 0.5
}]
```

- (1) sum 支持多个 (对应定义表结构时包含多个特征字段)。
- (2) field 指定创建表时特征字段的名称。
- (3) feature 传递特征, 维数和定义表结构时维数必须相同。
- (4) min_score 指定返回结果中分值必须大于等于 0.9, 两个向量计算结果相似度在 0-1 之间, min_score 可以指定返回结果分值最小值, max_score 可以指定最大值。如设置: “min_score”: 0.8, “max_score”: 0.95 代表过滤 0.8<= 分值 <= 0.95 的结果。同时另外一种分值过滤的方式是使用: “symbol” :”>=”, ” value” :0.9 这种组合方式, symbol 支持的值类型包含: > 、>= 、<、<= 4 种, value 及 min_score、max_score 值在 0 到 1 之间。
- (5) boost 指定相似度的权重, 比如两个向量相似度分值是 0.7, boost 设置成 0.5 之后, 返回的结果中会将分值 0.7 乘以 0.5 即 0.35。

- filter json 结构说明:

```
"filter": [
  {
    "range": {
      "field_name": {
        "gte": 160,
        "lte": 180
      }
    }
  },
  {
    "term": {
      "field1": ["100", "200", "300"],
      "operator": "or"
    }
  },
  {
    "term": {
      "field2": ["a", "b", "c"],
      "operator": "and"
    }
  },
  {
    "term": {
```

(下页继续)

```

        "field3": ["A1", "B2"],
        "operator": "not"
    }
}
]

```

- (1) filter 条件支持多个，多个条件之间是交的关系。
- (2) range 指定使用数值字段 integer、long、float、double 过滤，field_name 是数值字段名称，gte、lte 指定范围，lte 小于等于，gte 大于等于，若使用等值过滤，lte 和 gte 设置相同的值。上述示例表示查询 field_name 字段大于等于 160 小于等于 180 区间的值。
- (3) term 使用标签过滤（string 字段），field1 是定义的标签字段名，允许使用多个值过滤，可以求并“operator”：“or”，求交：“operator”：“and”，不包含：“operator”：“not”。
 - is_brute_search 0 使用索引搜索（建完索引前查询结果为空），1 使用暴力搜索，默认值 0。
 - online_log_level 设置成“debug”可以指定在服务端打印更加详细的日志，开发测试阶段方便排查问题。
 - quick 搜索结果默认将 PQ 召回向量进行计算和精排，为了加快服务端处理速度设置成 true 可以指定只召回，不做计算和精排。
 - vector_value 为了减小网络开销，搜索结果中默认不包含特征数据只包含标量信息字段，设置成 true 指定返回结果中包含原始特征数据。
 - client_type leader, random, no_leader, 默认 leader 仅从主数据节点查询，random: 从 ps 主从节点随机选择，no_leader: 只查询从节点。
 - size 指定最多返回的结果数量。若请求 url 中设置了 size 值 http://router_server/\$db_name/\$space_name/_search?size=20 优先使用 url 中指定的 size 值。

6.6 id 查询

```
curl -XGET http://router_server/$db_name/$space_name/$id
```

6.7 批量 id 查询

```

curl -H "content-type: application/json" -XPOST -d'
{
  "query": {
    "ids": ["id1", "id2"],

```

(续上页)

```

        "fields": ["field1"]
    }
}
' http://router_server/$db_name/$space_name/_query_byids

```

ids 指定多个 id, fields 指定返回每条记录中那些字段

6.8 批量特征查询 1

```

curl -H "content-type: application/json" -XPOST -d'
[
  {
    "query": {
      "sum": [{
        "field": "vector_field_name",
        "feature": [0.1, 0.2]
      }]
    }
  },
  {
    "query": {
      "sum": [{
        "field": "vector_field_name",
        "feature": [0.1, 0.2]
      }]
    }
  }
]
' http://router_server/$db_name/$space_name/_bulk_search

```

把多个单条查询的参数拼接成数组作为请求参数, 返回结果和请求顺序保持一致。

6.9 批量特征查询 2

```

curl -H "content-type: application/json" -XPOST -d'
{
  "query": {
    "sum": [{
      "field": "vector_field_name",
      "feature": [0.1, 0.2]
    }]
  }
}

```

(下页继续)

(续上页)

```

    ]]
  }
}
' http://router_server/$db_name/$space_name/_msearch

```

适用于多个查询使用相同过滤条件的情况，将多个查询的特征拼接成一个特征数组（比如定义 128 维的特征，批量查询 10 条，则将 10 个 128 维特征按顺序拼接成 1280 维特征数组赋值给 feature 字段），后台接收到请求后按表结构定义的特征字段维度进行拆分，按顺序返回匹配结果。

6.10 根据 id 特征查询

```

curl -H "content-type: application/json" -XPOST -d'
{
  "query": {
    "sum": [{"field": "field_name", "feature": []}],
    "ids": ["id1", "id2"]
  },
  "size": 10
}
' http://router_server/$db_name/$space_name/_query_byids_feature

```

sum 条件中 field_name 指定特征字段名称，feature 设为空，ids 传入唯一记录 id，后台处理首先根据唯一 id 查询出该记录的特征，然后再用特征进行相似查询，返回匹配结果。

6.11 多向量查询

表空间定义时支持多个特征字段，因此查询时可以支持相应数据的特征进行查询。以每条记录两个向量为例：定义表结构字段

```

{
  "field1": {
    "type": "vector",
    "dimension": 128
  },
  "field2": {
    "type": "vector",
    "dimension": 256
  }
}

```

(下页继续)

(续上页)

```
}  
}
```

field1、field2 均为向量字段，查询时搜索条件可以指定两个向量：

```
{  
  "query": {  
    "sum": [{  
      "field": "field1",  
      "feature": [0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5],  
      "min_score": 0.9  
    },  
    {  
      "field": "field2",  
      "feature": [0.8, 0.9],  
      "min_score": 0.8  
    }  
  ]  
}
```

field1 和 field2 过滤的结果求交集，其他参数及请求地址和普通查询一致。

7.1 注意事项

1. 编译环境需要带 GPU 安装 CUDA \geq 9.0.
2. 编译前 Vearch 引擎 CMakeLists.txt 配置中 BUILD_WITH_GPU 设置为 on.
3. 创建表时 gamm 设置参数 nprobe 不大于 1024(CUDA9.0) 或者不大于 2048(CUDA \geq 9.2), index_size 设置为 0.
4. 建表时特征字段 retrieval_type 参数设置为 GPU.
5. 数据插入和建索引时不支持搜索。
6. 数据不自动创建索引, 调用 `curl -XPOST http://router_server/\protect__xunadd_text_character:nN{\textdollar}\{ \$\}db_name/\protect__xunadd_text_character:nN{\textdollar}\{ \$\}space_name/_forcemerge` 创建索引。
7. 不支持实时添加数据到 GPU 索引, 新增数据只有更新索引后才会生效。(更新索引:`curl -XPOST http://router_server/\protect__xunadd_text_character:nN{\textdollar}\{ \$\}db_name/\protect__xunadd_text_character:nN{\textdollar}\{ \$\}space_name/_forcemerge`)。

CHAPTER 8

Python SDK

参照文档:<https://github.com/vearch/vearch/blob/master/docs/APIPythonSDK.md>

CHAPTER 9

算法插件

参照文档:<https://github.com/vearch/vearch/blob/master/docs/Quickstart.md>

基准

本文档显示了我们做的实验和得到的结果。我们做了两个系列的实验。首先，我们在单个节点上进行了基于 faiss 的改进的 Vearch ivfpq 模型的召回率实验。其次，基于 Vearch 集群进行了实验。

我们使用检索返回的 k 个候选值 ($k \in \{1, 10, 100\}$) 是否包含最近邻的结果来计算召回，其中标签通过暴力搜索获得。

实验数据会因为实现、不同机器等的变化而略有变化。

数据集

实验分别在 128 维 SIFT 特征和 512 维 VGG 特征上进行。

数据集 SIFT1M

可以从如下网址下载 ANN_SIFT1M

<http://corpus-texmex.irisa.fr/>

数据集 VGG1M 和 VGG10M

分别收集 100 万和 1000 万的图片数据提取 VGG 特征得到 VGG1M (100 万) 和 VGG10M (1000 万)，其中 VGG1M 和 VGG10M 并不相关。

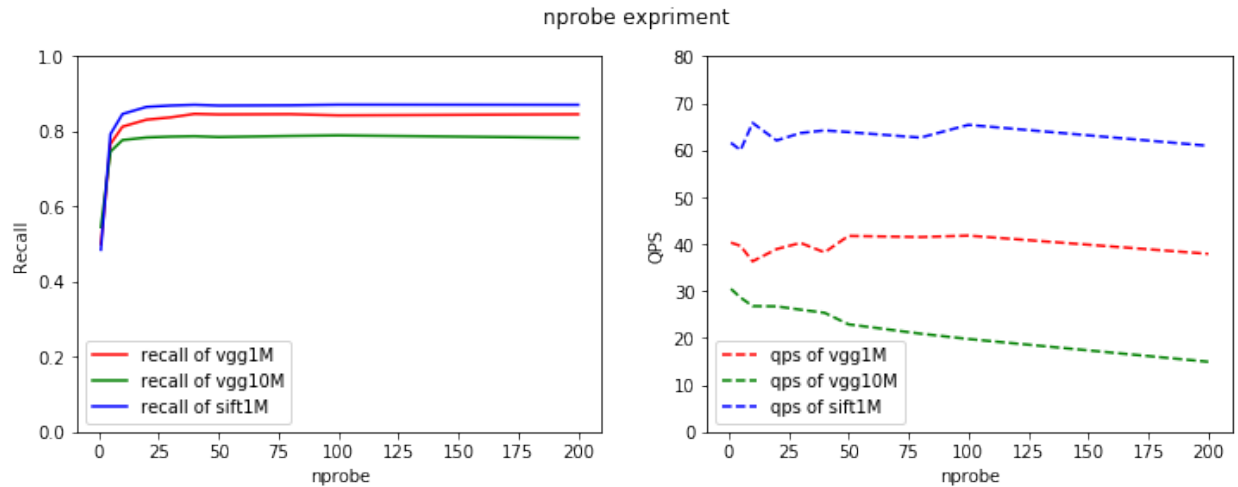
数据集 VGG100M , VGG500M 和 VGG1B

另外收集了 10 亿图片数据来构建 VGG100M(1 亿) , VGG500M (5 亿) 和 VGG1B (10 亿)。

Nprobe 实验

实验分别在 SIFT1M, VGG1M 和 VGG10M 上进行。其中 $n_{centroids} = 256$, $n_{bytes} = 32$, $n_{probe} \in \{1, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 80, 100, 200\}$ 。图中数据为 recall@1 结果。

结果

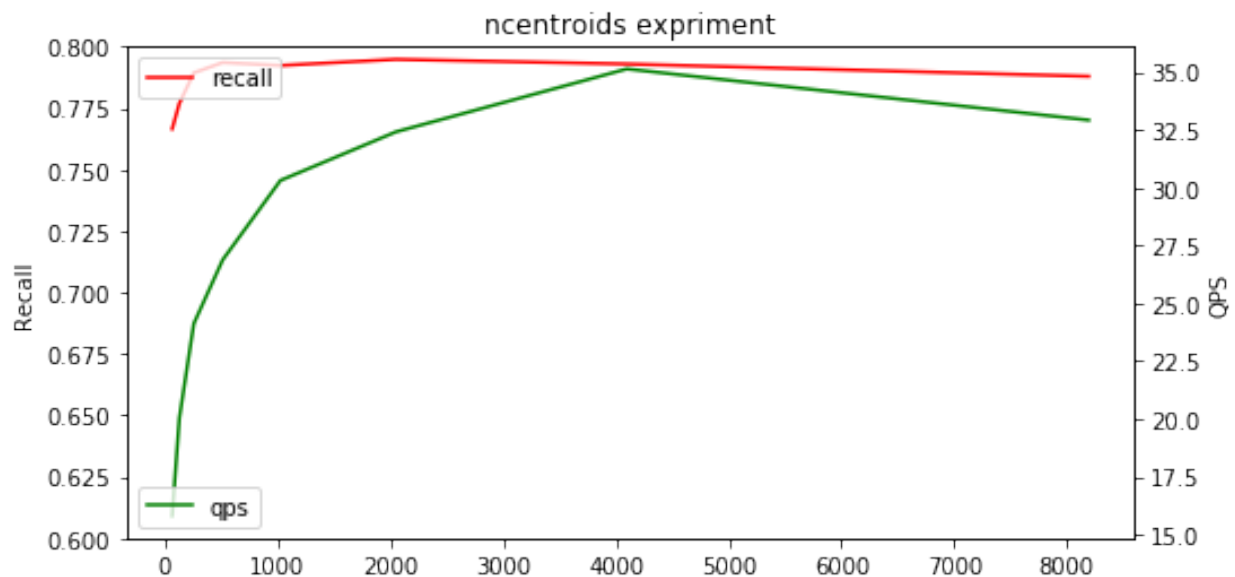


可以看到当 nprobe 超过 25 后，召回基本上没有明显的变化了。

Ncentroids 实验

实验在 VGG10M 进行。其中 $n_{probe} = 50$, $n_{bytes} = 32$, $n_{centroids} \in \{64, 128, 256, 512, 1024, 2048, 4096, 8192\}$ 。图中数据为 recall@1 结果。

结果



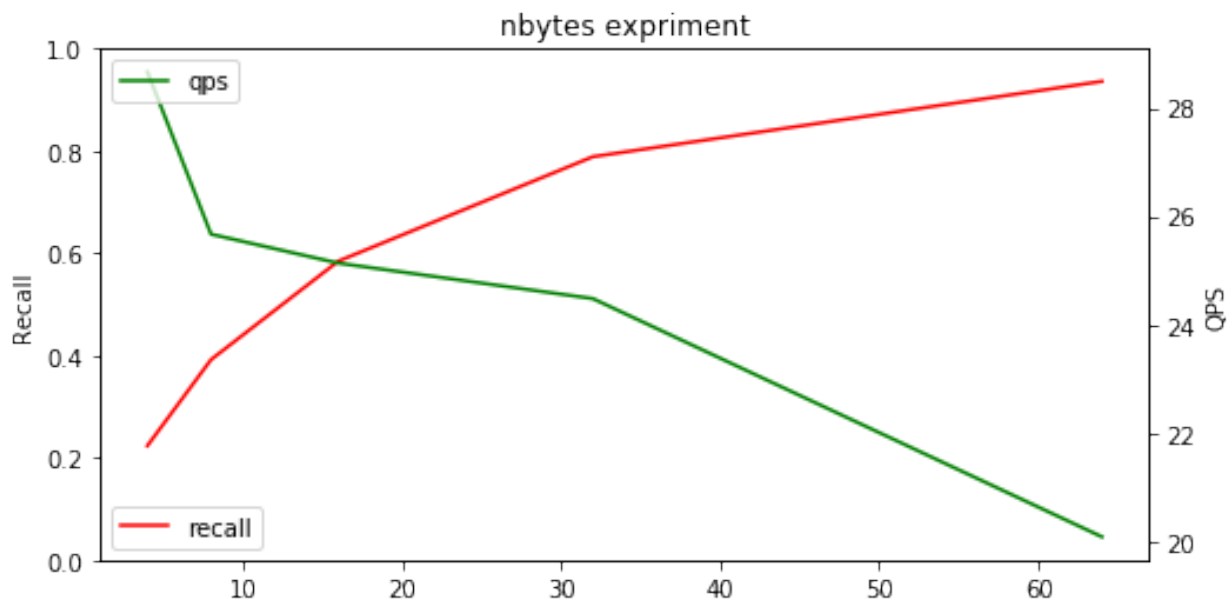
可以看到召回基本不随 ncentroids 变化而变化，但是 ncentroids 越大，QPS 越高。

Nbytes 实验

实验在 VGG10M 进行。其中 $n_{probe} = 50$, $n_{centroids} = 256$, $n_{bytes} \in \{4, 8, 16, 32, 64\}$ 。图中数据为 recall@1

结果。

结果



当 nbytes 越大，召回越高，当然 QPS 随之降低。

对比实验

实验在 SIFT1M, VGG1M 和 VGG10M 上进行，并与 faiss 中的一些模型进行对比。

模型参数

表格中参数为空，则对应模型不包含该参数。其中 links, efSearch 和 efConstruction 为 faiss 中的 hnsw 定义

model	ncentroids	nprobe	bytes of SIFT	bytes of VGG	links	efSearch	efConstruction
pq			32	64			
ivfpq 256		20	32	64			
imipq	$2^{(2*10)}$	2048	32	64			
opq+pq			32	64			
hnsw					32	64	40
ivfhnsw	256	20			32	64	40
Vearch	256	20	32	64			

结果

SIFT1M 的召回:

model	recall@1	recall@10	recall@100
pq	0.6274	0.9829	0.9999
ivfpq	0.6167	0.9797	0.9960
imipq	0.6595	0.9775	0.9841
opq+pq	0.6250	0.9821	1.0000
hnsw	0.9792	0.9867	0.9867
ivfhnsw	0.9888	0.9961	0.9961
Vearch	0.9581	0.9645	0.9645

VGG1M 的召回:

model	recall@1	recall@10	recall@100
pq	0.5079	0.8922	0.9930
ivfpq	0.4985	0.8792	0.9704
imipq	0.5077	0.8618	0.9248
opq+pq	0.5213	0.9105	0.9975
hnsw	0.9496	0.9550	0.9551
ivfhnsw	0.9690	0.9744	0.9745
Vearch	0.9536	0.9582	0.9585

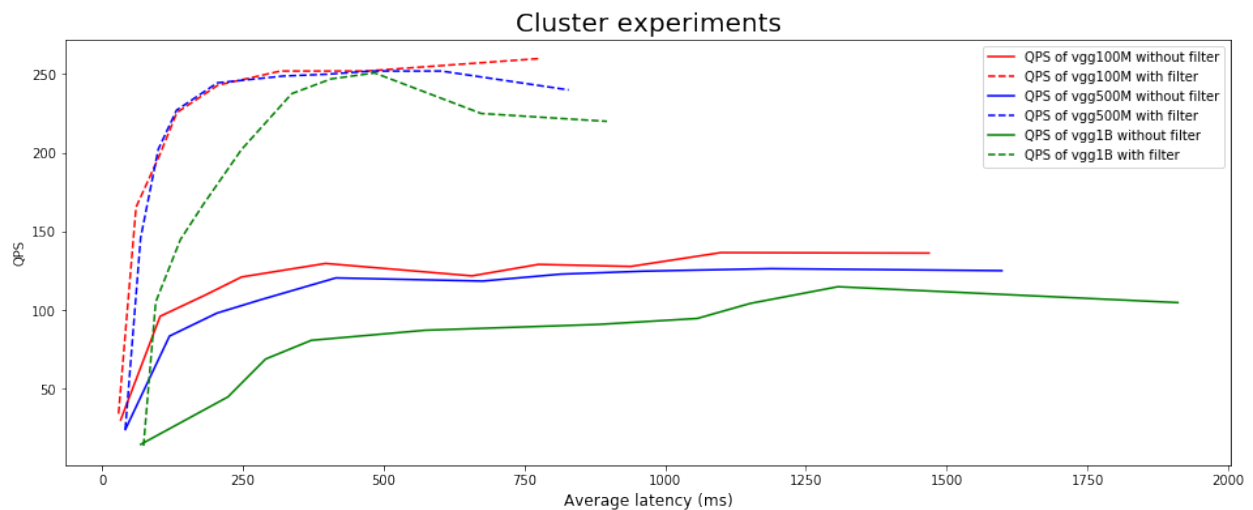
VGG10M 的召回:

model	recall@1	recall@10	recall@100
pq	0.5842	0.8980	0.9888
ivfpq	0.5913	0.8896	0.9748
imipq	0.5925	0.8878	0.9570
opq+pq	0.6126	0.9160	0.9944
hnsw	0.8877	0.9069	0.9074
ivfhnsw	0.9638	0.9839	0.9843
Vearch	0.9272	0.9464	0.9468

集群实验

集群实验分别对 VGG100M , VGG500M 和 VGG1B 进行实验, 并添加是否过滤来进行实验, 其中过滤是指在搜索的时候指定过滤条件来缩小搜索范围。VGG100M 搭建了 3 个 masters, 3 个 routers 和 5 个 partition services 的集群。VGG500M 搭建了 3 个 masters, 3 个 routers 和 24 个 partition services 的集群。VGG1B 搭建了 3 个 masters, 6 个 routers 和 48 个 partition services 的集群。

结果



可以看到当 average latency 超过一定程度, QPS 就不再发生明显变化了。

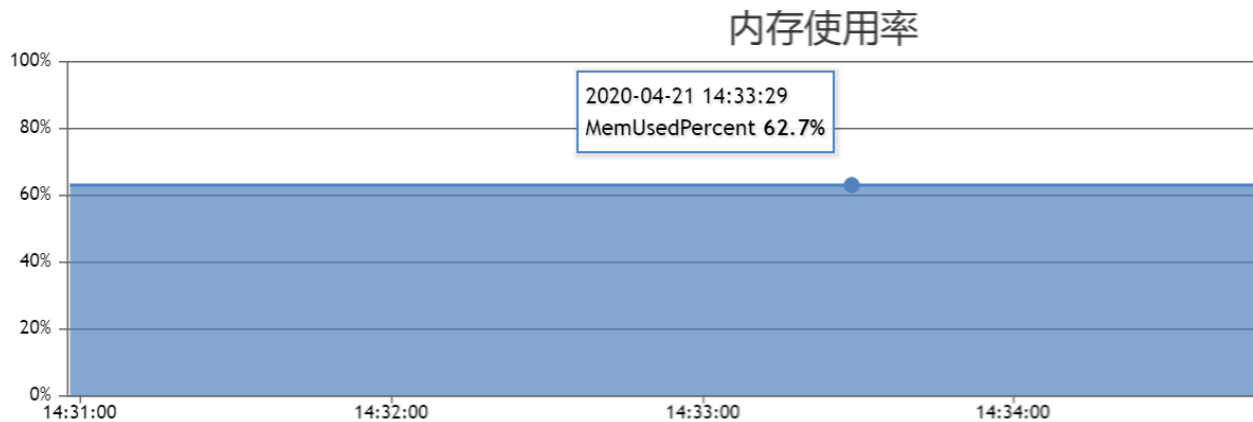
HNSW 性能评测

data_size = 10M, 参数为 InnerProduct, nlinks = 32, efConstruction = 40, efSearch = 64

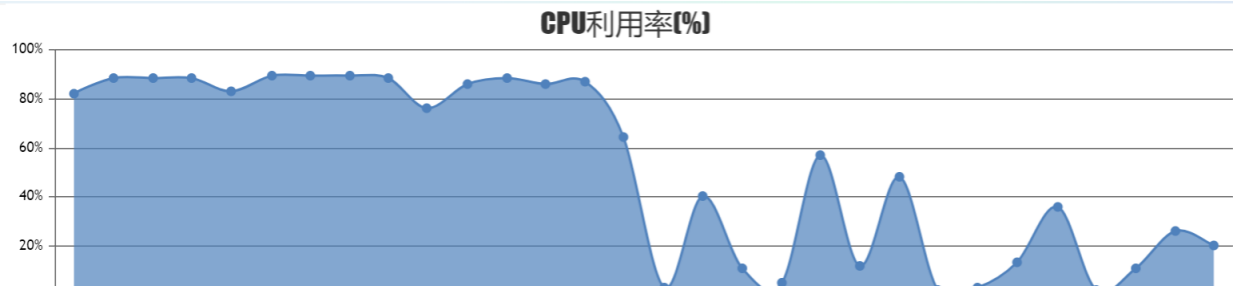
集群	机器配置	数据维度	构建索引时间
masterrouterps 各一个, 均在一台机器上	56 核 256G 内存	128	28min
masterrouterps 各一个, 均在一台机器上	56 核 256G 内存	512	33min10s
masterrouterps 各一台, 且在不同机器上	8 核 16G 内存	128	2h38m

内存使用率

以 8 核 16G 机器为样本进行分析, vearch ps 共使用内存 $16G * 0.627 = 10.032G$, 其中原始数据特征大小为 $10M * 128 * 4 \sim 5G$, 其它为索引以及正排字段占用内存。使用时仅创建一个正排字段和向量字段。

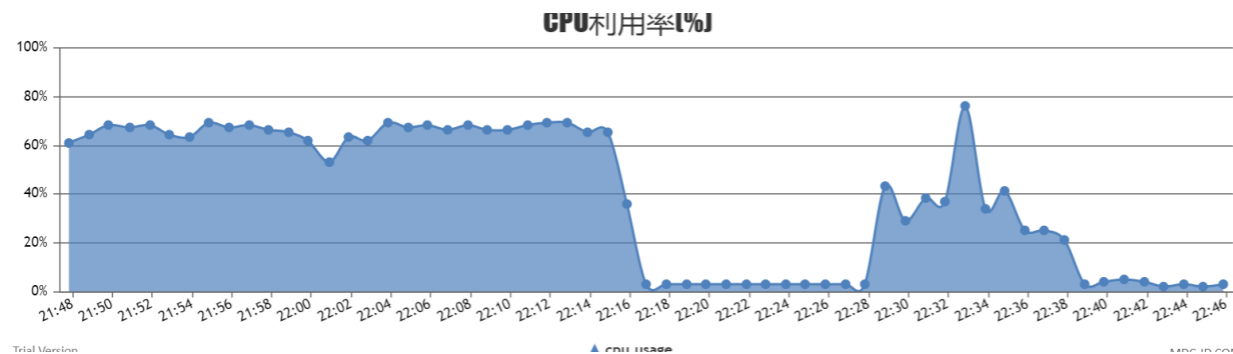


10M 数据, 机器配置 56 核 256G, add time = 28min01s, 左侧是构建索引 CPU 利用率, 右侧是搜索时 CPU 利用率



model	返回结果数	并发数	QPS	tp99	tp100
HNSW	100	2000	5069.48	959	1944
HNSW	100	1000	4680.62	521	994
HNSW	100	100	4508.33	49	86
HNSW	100	50	4146.55	22	35
HNSW	100	10	2048.43	8	117
HNSW	100	1	182.74	9	160

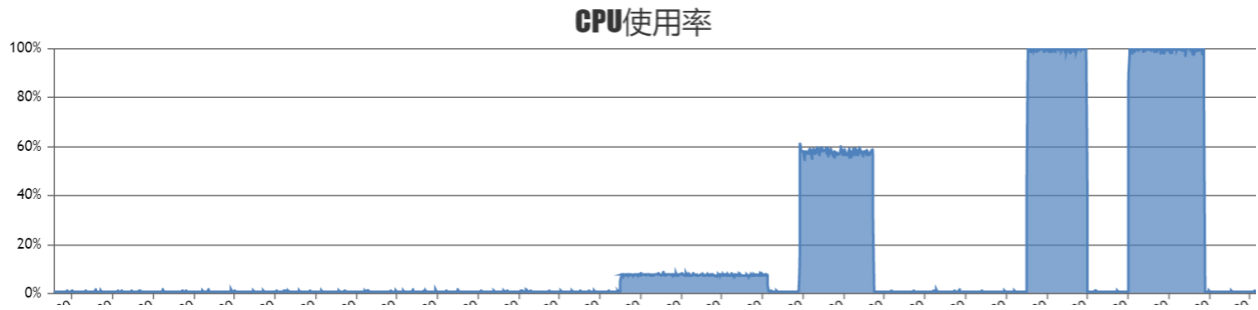
10M 数据, 机器配置 56 核 256G, d = 512, add time = 33min10s, 左侧是构建索引 CPU 利用率, 右侧是搜索时 CPU 利用率



model	返回结果数	并发数	QPS	tp99	tp100
HNSW	100	2000	4194.72	1181	2650
HNSW	100	1000	4058.59	628	1059
HNSW	100	100	3784.56	57	172
HNSW	100	50	3723.75	24	43
HNSW	100	10	1248.46	15	1208
HNSW	100	1	142.70	12	71

10m 数据, 机器配置 8 核 16G, d = 128, add_time = 2h38m

构建索引时 CPU 使用率基本保持在 100%, 搜索时 cpu 使用率, 当并发数为 50, 100 时, 可以看到 cpu 使用率已经 100%, 故不做并发数 1000/2000 的对比实验



model	返回结果数	并发数	QPS	tp99	tp100
HNSW	100	100	888.25	279	402
HNSW	100	50	1126.06	95	199
HNSW	100	10	918.50	15	31
HNSW	100	1	91.74	14	25

召回评测使用 sift1M

model	parameters	re- call@1	re- call@10	re- call@100
HNSW	InnerProduct, nlinks = 32, efConstruction = 40, efSearch = 64	0.9769	0.9852	0.9852

服务器配置

hardware	config
CPU	E5-2683 v4 16cores
memory	16G
GPU	Tesla P40

数据：128 维 float 数据，总插入数据量 2 亿

性能：并发 20 查询，QPS 达到 3000，tp99 在 30ms 以内

常见问题

1. Vearch 的向量搜索引擎 gamma 基于 faiss 实现, faiss 版本有较大改动不兼容历史版本时 Vearch 可能编译不成功。