

Аналіз Бекенду та Бази Даних (Лаба 7)

Частина 1. Аналіз запитів до MongoDB

Мета: Перевірити ефективність роботи бази даних під час виконання основних сценаріїв (пошук фільму, перегляд деталей).

Інструменти:

- Вбудований профайлер MongoDB (`db.setProfilingLevel(2)`).
- Команда `explain("executionStats")` для аналізу плану виконання запитів.

Результати аналізу:

1. **Швидкість виконання:** Аналіз системного профілю (`system.profile`) показав, що абсолютна більшість запитів виконується за час **<1 мс** (відображається як `0 ms` у логах). Це свідчить про відсутність затримок на рівні БД при поточному обсязі даних.
2. **Використання індексів:**
 - Для перевірки було проаналізовано запит пошуку фільму за `movieId`: `db.movies.find({ movieId: "438631" })`.
 - Результат `explain()` показав використання стадії `IXSCAN` (сканування індексу `movieId_1`).
 - **Ефективність:** `totalKeysExamined: 1, totalDocsExamined: 1`. Співвідношення 1:1 є ідеальним показником — база даних не переглядає жодного зайвого документа.
 - Повне сканування колекції (`COLLSCAN`) відсутнє для критичних запитів.

Висновок по БД: База даних спроектована оптимально. Індeksi, створені автоматично через Mongoose (`unique: true` в схемах), забезпечують миттєвий доступ до даних.

Частина 2. Репорт по навантаженню Бекенду (Artillery + Clinic Doctor)

1. Загальний результат тесту (Health Check)

Висновок про здоров'я системи: Система працює. Вона здатна обробляти близько 86 запитів на секунду. Проте, 33.8% віртуальних користувачів (863 з 2550) не змогли завершити свій сценарій через помилки. У пікові моменти сервер не встигає згенерувати/повернути токен або відбуваються таймаути.

2. Аналіз часу відповіді (Latency)

Висновок про Latency: Хоча середній час відповіді чудовий, 1% запитів, які займають понад 100 мс, вказує на те, що система стикається з блокуваннями CPU (наприклад, bscrypt під час логіну) або затримками БД (запит без індексу).

Висновок по Artillery:

1. **Пропускна здатність (RPS):** Система стабільно витримує ~86 RPS.
2. **Функціональна проблема:** Існує висока частка (33.8%) збоїв на етапі автентифікації (401 Unauthorized).
3. **"Вузькі місця" (Bottlenecks):**
 - Низький показник Median (3 мс) вказує на ефективне використання кешування (Redis).
 - Високий показник p99 (106.7 мс) вказує на проблему з CPU-інтенсивними (хешування паролів) або DB-інтенсивними (повільні запити/відсутні індекси) операціями.

3. Загальний стан (Alerts)

Detected a potential I/O issue

- **Діагноз:** Clinic виявив, що значна частина часу була витрачена на операції вводу/виводу (I/O). Це може бути час очікування відповіді від бази даних (MongoDB), зовнішніх API або файлової системи.
- **Висновок:** Сервер не завантажений обчисленнями JavaScript, а заблокований очікуванням зовнішніх ресурсів.

2. Графік CPU Usage % (Центральний процесор)

- **Значення:** Графік показує рідкісні, але високі піки використання CPU (до 300%+), з довгими періодами низького використання (близько 0%).
- **Аналіз:**

- **Високі піки (до 300%+):** Оскільки Node.js є однопоточковим, піки вище 100% (до 400% на 4-ядерному процесорі) свідчать про те, що застосунок використовує пул потоків (libuv thread pool) для інтенсивних операцій:
 - **Bcrypt:** Хешування паролів.
 - **I/O:** Операції з диском.
- **Низька база (Near 0%):** Між піками CPU не використовується. Це підтверджує, що більшість часу Node.js просто чекає на завершення операцій I/O (відповіді від MongoDB/зовнішніх API).
- **Висновок:** Вузьке місце знаходиться у виконанні важких операцій у пулі потоків (Bcrypt/Hashing) або у затримках мережі/БД.

3. Графік Memory Usage MB (Оперативна пам'ять)

- **Значення:** Використання пам'яті (Heap Used та RSS) залишається відносно стабільним на рівні 20-40 МБ.
- **Аналіз:** Пам'ять не зростає, немає різких падінь.
- **Висновок:** У застосунку немає витоків пам'яті (memory leaks) або проблем із вивантаженням сміття (Garbage Collection).

4. Графік Event Loop Delay ms (Затримка циклу подій)

- **Значення:** Переважно низькі затримки (0-5 мс), з декількома помітними піками до 35 мс.
- **Аналіз:** Якщо затримка перевищує 50 мс, це свідчить про блокування циклу подій. 35 мс — це допустимо, але піки корелюють із піками CPU. Вони, ймовірно, викликані тим, що інтенсивні хеш-операції (Bcrypt) повністю займають пул потоків, через що цикл подій затримується.
- **Висновок:** Цикл подій не є серйозним вузьким місцем.

5. Графік Active Handles (Активні хендли)

- **Значення:** Кількість активних хендлів (мережеві з'єднання, таймери, файлові дескриптори) залишається стабільною на рівні 10-12.
- **Висновок:** Коректно. Це стандартна поведінка для застосунку, який підтримує постійну кількість активних з'єднань (наприклад, до бази даних).



=====

Summary report @ 19:05:52(+0200)

=====

errors.failed_capture_or_match:	863
http.codes.200:	5061
http.codes.201:	1687
http.codes.401:	863
http.downloaded_bytes:	17667449
http.request_rate:	86/sec
http.requests:	7611
http.response_time:	
min:	0
max:	395
mean:	20
median:	3
p95:	71.5
p99:	106.7
http.response_time.2xx:	
min:	0
max:	395
mean:	22.2
median:	3
p95:	71.5
p99:	106.7
http.response_time.4xx:	
min:	0
max:	158
mean:	3.2
median:	2
p95:	8.9
p99:	24.8
http.responses:	7611
vusers.completed:	1687
vusers.created:	2550
vusers.created_by_name.User Workflow (Login, Search, Create Post):	2550
vusers.failed:	863
vusers.session_length:	
min:	64.7
max:	780
mean:	93.7
median:	74.4
p95:	162.4
p99:	262.5

Приклад запиту до БД на знаходження фільма

```
movie-aggregator-db> db.movies.find({ movieId: "438631" }).explain("executionStats")
```

```
movie-aggregator-db> db.movies.find({ movieId: "438631"
    }).explain("executionStats")
{
  explainVersion: '1',
  queryPlanner: {
    namespace: 'movie-aggregator-db.movies',
    indexFilterSet: false,
    parsedQuery: { movieId: { '$eq': '438631' } },
    queryHash: '3C352FFA',
    planCacheKey: '0CC6DA86',
    maxIndexedOrSolutionsReached: false,
    maxIndexedAndSolutionsReached: false,
    maxScansToExplodeReached: false,
    winningPlan: {
      stage: 'FETCH',
      inputStage: {
        stage: 'IXSCAN', ----- БД використовує індекс
        keyPattern: { movieId: 1 },
        indexName: 'movieId_1',
        isMultiKey: false,
        multiKeyPaths: { movieId: [] },
        isUnique: true,
        isSparse: false,
        isPartial: false,
        indexVersion: 2,
        direction: 'forward',
        indexBounds: { movieId: [ '['438631', '438631']' ] }
      }
    },
    rejectedPlans: []
  },
  executionStats: {
    executionSuccess: true,
    nReturned: 1,
    executionTimeMillis: 20,
    totalKeysExamined: 1,
    totalDocsExamined: 1,
    executionStages: {
      stage: 'FETCH',
      nReturned: 1,
      executionTimeMillisEstimate: 11,
```

```
    works: 2,
    advanced: 1,
    needTime: 0,
    needYield: 0,
    saveState: 1,
    restoreState: 1,
    isEOF: 1,
    docsExamined: 1,
    alreadyHasObj: 0,
    inputStage: {
      stage: 'IXSCAN',
      nReturned: 1,
      executionTimeMillisEstimate: 11,
      works: 2,
      advanced: 1,
      needTime: 0,
      needYield: 0,
      saveState: 1,
      restoreState: 1,
      isEOF: 1,
      keyPattern: { movieId: 1 },
      indexName: 'movieId_1',
      isMultiKey: false,
      multiKeyPaths: { movieId: [] },
      isUnique: true,
      isSparse: false,
      isPartial: false,
      indexVersion: 2,
      direction: 'forward',
      indexBounds: { movieId: [ '['438631', '438631']' ] },
      keysExamined: 1,
      seeks: 1,
      dupsTested: 0,
      dupsDropped: 0
    }
  },
  command: {
    find: 'movies',
    filter: { movieId: '438631' },
    '$db': 'movie-aggregator-db'
  },
  serverInfo: {
    host: 'fe0caba74d58',
```

```

    port: 27017,
    version: '6.0.26',
    gitVersion: '0c4ec4b6005f75582ce208fc800f09f561b6c2e8'
  },
  serverParameters: {
    internalQueryFacetBufferSizeBytes: 104857600,
    internalQueryFacetMaxOutputDocSizeBytes: 104857600,
    internalLookupStageIntermediateDocumentMaxSizeBytes: 104857600,
    internalDocumentSourceGroupMaxMemoryBytes: 104857600,
    internalQueryMaxBlockingSortMemoryUsageBytes: 104857600,
    internalQueryProhibitBlockingMergeOnMongoS: 0,
    internalQueryMaxAddToSetBytes: 104857600,
    internalDocumentSourceSetWindowFieldsMaxMemoryBytes: 104857600
  },
  ok: 1
}

```

Приклад запиту при тестуванні БД

```

movie-aggregator-db> db.system.profile.find({ op: { $ne: 'command' } }).sort({ millis: -1 }).limit(5).pretty()

```

```

{
  op: 'query',
  ns: 'movie-aggregator-db.users',
  command: {
    find: 'users',
    filter: { email: 'user1@test.com' },
    limit: 1,
    singleBatch: true,
    lsid: { id: UUID('1a925067-aaac-4c98-9553-c2cc34a401e9') },
    '$db': 'movie-aggregator-db'
  },
  keysExamined: 0,
  docsExamined: 0,
  nBatches: 1,
  cursorExhausted: true,
  numYield: 0,
  nreturned: 0,
  queryHash: 'DFF5CD1D',
  planCacheKey: 'D871B341',
  queryFramework: 'classic',
  locks: {
    FeatureCompatibilityVersion: { acquireCount: { r: Long('1') } },
    Global: { acquireCount: { r: Long('1') } },

```

```
    Mutex: { acquireCount: { r: Long('1') } }
  },
  flowControl: {},
  responseLength: 114,
  protocol: 'op_msg',
  millis: 0, ----- Час обробки запиту 1мс<
  planSummary: 'IXSCAN { email: 1 }',
  planningTimeMicros: 109,
  execStats: {
    stage: 'LIMIT',
    nReturned: 0,
    executionTimeMillisEstimate: 0,
    works: 1,
    advanced: 0,
    needTime: 0,
    needYield: 0,
    saveState: 0,
    restoreState: 0,
    isEOF: 1,
    limitAmount: 1,
    inputStage: {
      stage: 'FETCH',
      nReturned: 0,
      executionTimeMillisEstimate: 0,
      works: 1,
      advanced: 0,
      needTime: 0,
      needYield: 0,
      saveState: 0,
      restoreState: 0,
      isEOF: 1,
      docsExamined: 0,
      alreadyHasObj: 0,
      inputStage: {
        stage: 'IXSCAN',
        nReturned: 0,
        executionTimeMillisEstimate: 0,
        works: 1,
        advanced: 0,
        needTime: 0,
        needYield: 0,
        saveState: 0,
        restoreState: 0,
        isEOF: 1,
```



```
    keyPattern: { email: 1 },
    indexName: 'email_1',
    isMultiKey: false,
    multiKeyPaths: { email: [] },
    isUnique: true,
    isSparse: false,
    isPartial: false,
    indexVersion: 2,
    direction: 'forward',
    indexBounds: { email: [ '["user1@test.com",
"user1@test.com"]' ] },
    keysExamined: 0,
    seeks: 1,
    dupsTested: 0,
    dupsDropped: 0
  }
},
ts: ISODate('2025-12-13T17:10:10.169Z'),
client: '172.18.0.3',
allUsers: [],
user: ''
}
```

Частина 3. Бенчмарки системних ресурсів (CPU та RAM)

1. Бенчмарк центрального процесора (CPU)

Інструмент: sysbench

Середовище виконання: Docker-контейнер (Linux, Alpine)

Параметри тестування: 4 потоки, тривалість — 30 секунд

Команда запуску:

```
sysbench cpu --threads=4 --time=30 run
```

```

Number of threads: 4
Initializing random number generator from current time

Prime numbers limit: 10000
Initializing worker threads...
Threads started!

CPU speed:
events per second: 28587.77

General statistics:
total time:          30.0008s
total number of events: 857802

Latency (ms):
min:                0.12
avg:                0.14
max:                46.31
95th percentile:   0.16
sum:                119622.51

Threads fairness:
events (avg/stddev): 214450.5000/216.67
execution time (avg/stddev): 29.9056/0.02

```

Отримані результати:

- Кількість операцій за секунду (events per second): 28 587.77
- Загальний час виконання: 30.0008 с
- Середня затримка (average latency): 0.14 мс
- 95-й перцентиль затримки: 0.16 мс
- Максимальна затримка: 46.31 мс

Аналіз результатів:

Центральний процесор демонструє високу та стабільну обчислювальну продуктивність. Більше 95% операцій виконуються з затримкою менше 0.2 мс, що свідчить про відсутність деградації продуктивності під тривалим навантаженням. Рівномірний розподіл навантаження між потоками (threads fairness) підтверджує ефективне використання багатопотокових можливостей процесора.

Наявність поодиноких пікових значень затримки (до 46 мс) є типовою для планувальника операційної системи та не впливає на загальну стабільність роботи.

Висновок:

Процесор не є вузьким місцем системи. Отримані результати підтверджують, що зафіксовані під час навантажувального тестування піки використання CPU в бекенді зумовлені CPU-інтенсивними операціями (bcrypt-хешування під час автентифікації), а не обмеженнями апаратних ресурсів.

2. Бенчмарк оперативної пам'яті (RAM)

Інструмент: sysbench

Середовище виконання: Docker-контейнер (Linux, Alpine)

Команда запуску:

```
sysbench memory --time=30 run
```

Отримані результати:

- Пропускна здатність пам'яті: 5545.01 MiB/sec
- Загальна кількість операцій: 104 857 600
- Обсяг переданих даних: 102 400 MiB
- Середня затримка доступу: ≈ 0 мс
- Максимальна затримка: 6.25 мс

Аналіз результатів:

Оперативна пам'ять демонструє дуже високу пропускну здатність та мінімальні затримки доступу. Під час тестування було оброблено понад 100 ГБ даних без зниження швидкодії або зростання латентності, що свідчить про стабільну роботу під інтенсивним навантаженням.

Відсутність варіацій між потоками підтверджує коректну та ефективну роботу підсистеми пам'яті.

Висновок:

Оперативна пам'ять не є обмежуючим ресурсом системи. Отримані результати повністю узгоджуються з даними профайлінгу (Clinic Doctor), де використання пам'яті залишалося стабільним, а витоків пам'яті (memory leaks) не було зафіксовано.

Загальний висновок

Результати синтетичних бенчмарків CPU та RAM підтверджують наявність значного запасу продуктивності системних ресурсів. Проблеми, виявлені під час навантажувального тестування бекенду (пікові затримки та часткові відмови автентифікації), не пов'язані з обмеженнями апаратних ресурсів, а зумовлені особливостями реалізації бізнес-логіки та CPU-інтенсивними операціями автентифікації.