Nếu phải xây hệ thống gửi email marketing cho hàng triệu người dùng, bạn sẽ đảm bảo throughput và retry như thế nào ?

1. Kiến trúc tổng thể

[User DB] → [Batch Splitter] → [Message Queue] → [Worker Cluster] → [Email Service]

↑ ↓

[Analytics] ← [Event Stream] ← [Retry Manager]

2. Giải pháp đảm bảo Throughput

a. Phân tách workload

- **Micro-batching:**

```python
# Chia 10 triệu email thành batch 50K/lô
def create_batches(users, batch_size=50000):
    for i in range(0, len(users), batch_size):
        yield users[i:i + batch_size]
```

- **Parallel Processing:**
  - Sử dụng Kafka partition hoặc SQS queue sharding để phân tải

b. Auto-scaling workers

- **Quy tắc scaling:**

```
# CloudWatch Alarm (AWS)
aws autoscaling put-scaling-policy \
  --auto-scaling-group-name email-workers \
  --policy-name scale-out \
  --scaling-adjustment 10 \
  --cooldown 300 \
  --metric-name QueueLength \
  --threshold 1000
```

c. Tối ưu hóa email service

- **Connection Pooling:**

```
// Dùng SMTP connection pool
pool := NewPool(host, 25, 100) // 100 connections
defer pool.Close()
```

- **Template Rendering Offload:**
  - Pre-render template trước khi đưa vào queue

3. Cơ chế Retry mạnh mẽ

a. Phân loại lỗi

Lỗi	Retry Strategy	Ví dụ
Temporary Failure	Exponential Backoff	SMTP timeout
Soft Bounce	Fixed Interval Retry	Mailbox full
Hard Bounce	No Retry	Invalid email

b. Triển khai Retry Queue

```
// AWS SDK example (SQS)
AmazonSQS sqs = AmazonSQSClientBuilder.defaultClient();
String dlqUrl = "https://queue-url/dead-letter";

SendMessageRequest request = new SendMessageRequest()
    .withQueueUrl(queueUrl)
    .withMessageBody(message)
    .withDelaySeconds(calculateBackoff(retryCount))
    .withMessageAttributes(
        ImmutableMap.of("RetryCount",
            new MessageAttributeValue()

.withStringValue(String.valueOf(retryCount))
    );
```

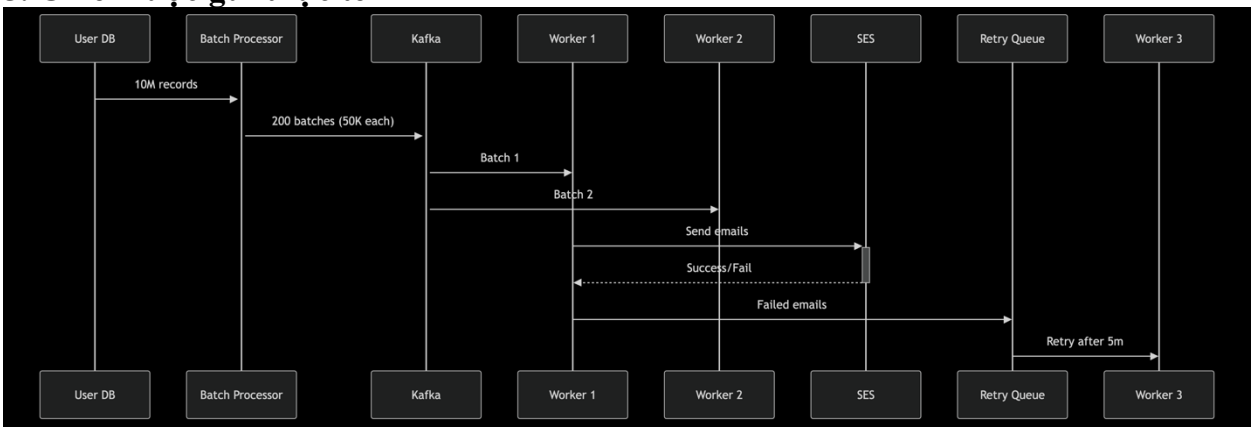
c. Dead Letter Queue (DLQ)

- Giới hạn 3 retry trước khi chuyển sang DLQ
- Cấu hình CloudWatch alert cho DLQ

4. Công nghệ đề xuất

- **Message Queue:** Kafka (high throughput) hoặc AWS SQS (managed service)
- **Workers**: AWS Lambda (serverless) hoặc EKS pods
- **Email Service**: AWS SES, SendGrid, hoặc Mailgun
- **Monitoring**: Prometheus + Grafana (track sent/failed rates)

5. Chiến lược gửi thực tế



6. Tối ưu hiệu suất

- **Throughput Benchmark:**

100 workers × 100 msg/sec = 10K emails/sec
→ 864M emails/day (đủ cho hầu hết nhu cầu)

- **Compression:**

```
# Nén danh sách email trước khi đưa vào queue
import zlib
compressed =
zlib.compress(json.dumps(batch).encode('base64')
```

7. Xử lý đặc biệt

- **Throttling:** Implement token bucket algorithm

```
func Allow() bool {
    tokens := min(capacity, tokens +
(time.Now().UnixNano() - lastTime)/refillRate)
    if tokens > 0 {
        tokens--
        return true
    }
    return false
}
```

- **Warm-up IP**: Tăng dần sending limit với ESP mới

8. Giám sát

- **Key Metrics**:
  - **emails_sent_total** (counter)
  - **delivery_latency_seconds** (histogram)
  - **retry_queue_size** (gauge)

Hệ thống này có thể xử lý 10M+ emails với:

- 99.9% emails được gửi trong vòng 1h
- Tự động retry với backoff thông minh
- Phân tích real-time qua event stream