# 큐잉 이론과 대기행렬 공식에 대한 자세한 설명

## 1. 큐잉 이론의 기본 개념

### 1.1 큐잉 시스템 구성 요소

- 고객(Entities): 서비스를 받기 위해 도착하는 객체(사람, 물건 등).  
- 서버(Servers): 고객에게 서비스를 제공하는 주체.  
- 큐(Queue): 고객이 서비스를 기다리는 대기열.  
- 서비스 규칙: 서비스가 제공되는 규칙(예: FCFS, LCFS, SIRO 등).

### 1.2 큐잉 시스템의 유형

- 시스템: 단일 서버, 도착 및 서비스 시간이 모두 포아송 분포를 따름.  
- 시스템: c개의 서버, 도착 및 서비스 시간이 모두 포아송 분포를 따름.  
- 시스템: 단일 서버, 도착 시간이 포아송 분포, 서비스 시간은 임의의 일반 분포.  
- 시스템: 도착 및 서비스 시간이 임의의 일반 분포를 따름.

## 2. 대기행렬 모델의 주요 변수

2.1 람다(): 도착률  
- 단위 시간당 시스템에 도착하는 평균 고객 수.  
  
2.2 뮤(): 서비스율  
- 단위 시간당 하나의 서버가 처리할 수 있는 평균 고객 수.  
  
2.3 로(): 시스템 이용률  
- - 서버의 활용도를 나타냅니다. 값이 1에 가까울수록 혼잡한 시스템을 의미합니다.  
  
2.4 : 시스템 내 평균 대기 고객 수  
- 대기열에 있는 평균 고객 수.  
  
2.5 : 시스템 전체의 평균 고객 수  
-   
2.6 : 고객의 평균 대기 시간  
- 대기열에서 서비스를 기다리는 평균 시간.  
  
2.7 : 시스템에서의 총 체류 시간  
-

## 3. 대기행렬 모델 공식 (가장 일반적인 모델)

- 평균 시스템 내 고객 수 ():  
평균 대기 고객 수 ():  
평균 시스템 내 체류 시간 ():  
평균 대기 시간 ():

## 4. 대기행렬 모델 공식

- : 서버의 수  
- 시스템 안정 조건:   
- : 시스템이 비어있는 확률

- 평균 대기 고객 수 ():

- 평균 시스템 내 고객 수 ():  
평균 대기 시간 ():

- 평균 체류 시간 ():

## 5. 대기행렬 모델

서비스 시간이 임의의 일반 분포를 따를 때 활용하는 모델입니다.  
- : Pollaczek-Khinchine 공식으로 표현됩니다.  
 여기서 는 서비스 시간의 분산입니다.

## 6. 실제 사례 적용 예시

6.1 은행 창구 시스템 ( 모델)  
- 고객은 평균적으로 5분마다 도착 ().  
- 각 창구는 평균적으로 15분에 한 명을 처리 ().  
- 서버 수.  
   
적용: , 안정적인 시스템.  
 를 공식에 따라 계산.  
  
6.2 콜센터 운영 (모델)  
- 전화는 평균적으로 1분마다 걸려옴 ().  
- 상담 시간의 평균은 4분, 분산은 2분.  
  
적용: Pollaczek-Khinchine 공식 사용하여 계산.

## 7. 큐잉 이론의 의의

- **서비스 효율 최적화**: 시스템의 활용도를 높이고, 고객 대기 시간을 줄일 수 있습니다.  
- **비용 절감**: 인력 및 자원 배치의 최적화를 통해 운영 비용을 줄입니다.