

# 큐잉 이론과 대기행렬 이론의 배경과 역사

## 1. 큐잉 이론의 이론적 배경과 역사

### 1.1 이론적 배경

큐잉 이론(Queuing Theory)은 서비스 시스템에서 고객이 도착하고 기다리며 서비스를 받는 과정을 분석하는 수리적 모델입니다. 이 이론은 확률론, 통계학, 그리고 운영 연구(Operations Research)의 개념을 결합하여 대기열 시스템을 수리적으로 분석합니다.

대기행렬 이론은 일상생활에서 흔히 발생하는 서비스 시스템의 혼잡 현상을 연구하기 위해 개발되었으며, 초기에는 전기통신 시스템, 제조 공정, 교통 관리 등 다양한 분야에서 활용되었습니다.

### 1.2 이론의 등장 배경

큐잉 이론은 20 세기 초에 빠르게 성장한 통신 네트워크의 효율적 운영을 위해 개발되었습니다. 당시 전화 교환 시스템의 효율적 운영과 혼잡 문제를 해결하기 위해 연구가 시작되었습니다.

전화 교환 시스템의 문제: 전화 교환기에서 고객이 전화 서비스를 기다려야 하는 상황이 빈번하게 발생했습니다. 교환기가 통화량을 어떻게 처리할 것인지, 얼마나 많은 회선과 교환기를 설치해야 하는지 등을 결정하기 위해 대기행렬 모델이 필요했습니다.

### 1.3 이론의 창시자와 발전 과정

Agner Krarup Erlang (1878-1929): 큐잉 이론의 창시자로 알려진 덴마크의 수학자이자 엔지니어입니다. 그는 당시 코펜하겐 전화 회사(Copenhagen Telephone Company)에서 일하면서, 전화 통화량과 교환기의 효율적인 사용에 관심을 갖게 되었고, 이를 확률적으로 분석하기 시작했습니다.

### 1.4 최초의 큐잉 이론 연구와 논문

최초 논문: 1909 년에 Erlang 은 “The Theory of Probabilities and Telephone Conversations”라는 제목의 논문을 발표하였습니다. 이 논문에서 Erlang 은 전화 통화량이

포아송 분포를 따른다는 가정을 도입하고, 이를 통해 특정 시간 동안 전화 통화가 차지하는 시간과 서비스 수준을 계산했습니다. 이 논문을 통해 Erlang 은 대기 시간이 길어지는 것을 방지하고, 전화 교환 시스템이 효율적으로 운영될 수 있도록 하는 방법을 수립했습니다.

두 번째 논문: 1917 년에 발표한 “Solution of Some Problems in the Theory of Probabilities of Significance in Automatic Telephone Exchanges”에서는 M/M/c 모델에 해당하는 멀티서버 대기행렬 문제를 분석했습니다. 이 논문에서 Erlang 은 여러 대의 교환기가 있을 때 전화 통화가 어떻게 처리되는지를 분석하고, 시스템의 효율을 극대화하는 방법을 제시했습니다.

### 1.5 이후 발전과 이론적 확장

Erlang 의 연구 이후, 큐잉 이론은 다양한 분야로 확장되었고, 여러 연구자들에 의해 이론이 더욱 발전했습니다.

David G. Kendall (1951 년): Kendall 은 대기행렬 시스템을 설명하는 표기법을 도입하였는데, 이를 Kendall's Notation 이라고 합니다. 이 표기법은 큐잉 시스템의 도착 및 서비스 패턴, 서버의 수, 대기행렬 길이, 서비스 규칙 등을 표현하는 데 사용됩니다.

J.R. Jackson (1957 년): Jackson 은 Jackson 네트워크라는 이론을 발표하여, 여러 개의 대기행렬이 서로 연결된 네트워크 시스템을 분석하는 방법을 제시했습니다. 이를 통해 제조 공정, 컴퓨터 네트워크, 교통 시스템과 같은 복잡한 시스템을 분석하는 데 큐잉 이론을 적용할 수 있게 되었습니다.

Leonard Kleinrock (1960 년대): 컴퓨터 네트워크와 패킷 교환 네트워크 분야에서 큐잉 이론을 적극적으로 활용하였고, 인터넷의 이론적 기반을 마련하는 데 기여했습니다. 특히, Kleinrock 은 ARPANET(인터넷의 초기 형태)의 효율적인 네트워크 트래픽 관리에 큐잉 이론을 적용하였습니다.

### 1.6 큐잉 이론의 현대적 적용과 의의

큐잉 이론은 현재 통신 네트워크, 제조 공정, 의료 시스템, 교통 관리, IT 시스템의 부하 분산 등 다양한 분야에서 핵심적인 역할을 합니다. 현대에는 컴퓨터 시뮬레이션, 머신러닝과 결합하여 더욱 복잡한 대기행렬 문제를 해결하는 데 활용되고 있습니다.

큐잉 이론의 기원은 전화 통신 시스템의 효율적인 운영 문제에서 출발하였지만,  
오늘날에는 모든 서비스 산업 및 대규모 네트워크의 효율성을 높이는 데 필수적인 수리적  
이론으로 자리 잡았습니다.