호텔 산업을 위한 로봇 체계 설계 및 운영에 대한 연구

세종대학교 호텔경영학전공
이우진 (발표자), 곽성일

세종대학교 호텔관광경영학전공
고영대 교수 (교신저자)

목차

연구 배경

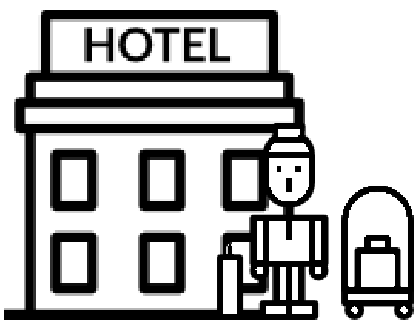
Automated Guided Vehicle (AGV)

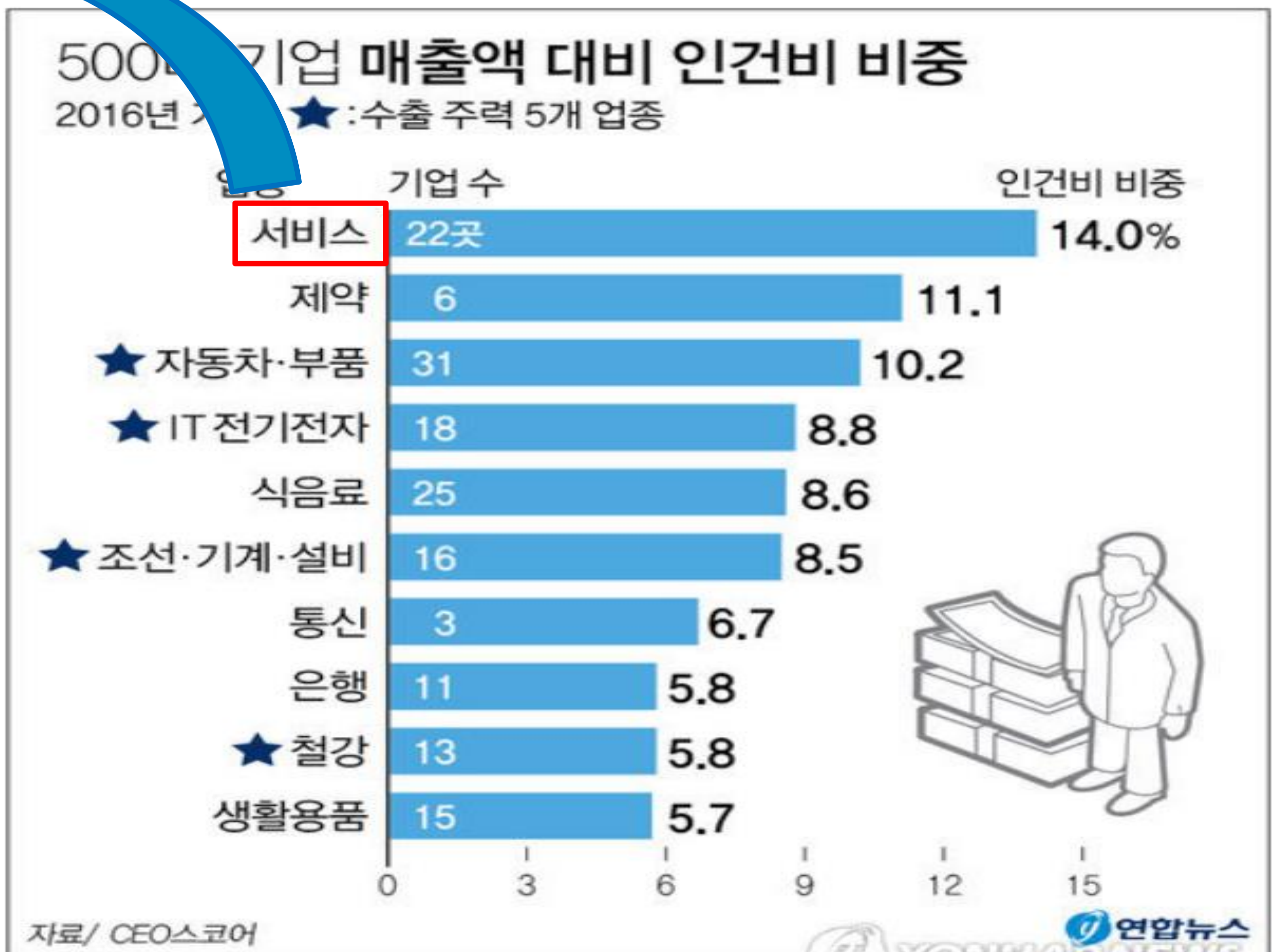
=>유연하고 효율적인 제품 운반

연구 배경

- 도입사례 (DAIFUKU)

연구 배경

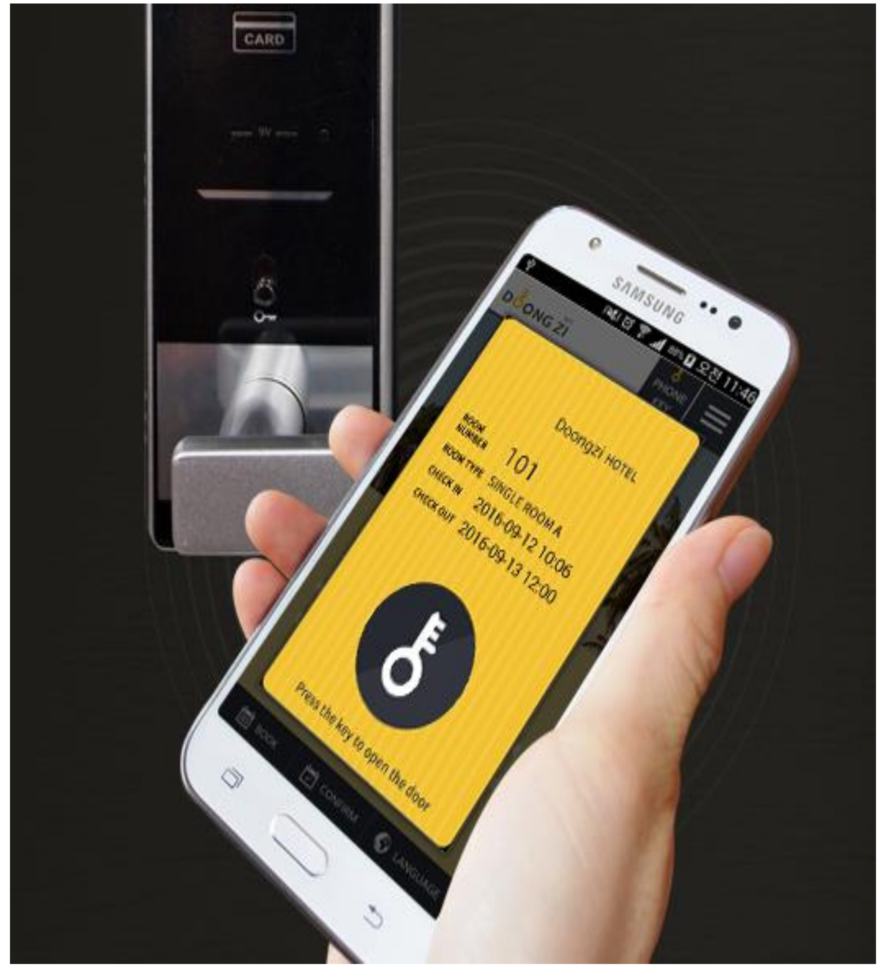




장예진 기자 / 20170816 트위터 @yonhap_graphics, 페이스북 tuney.kr/LeYN1

연구 배경

- 키오스크, 키리스 시스템

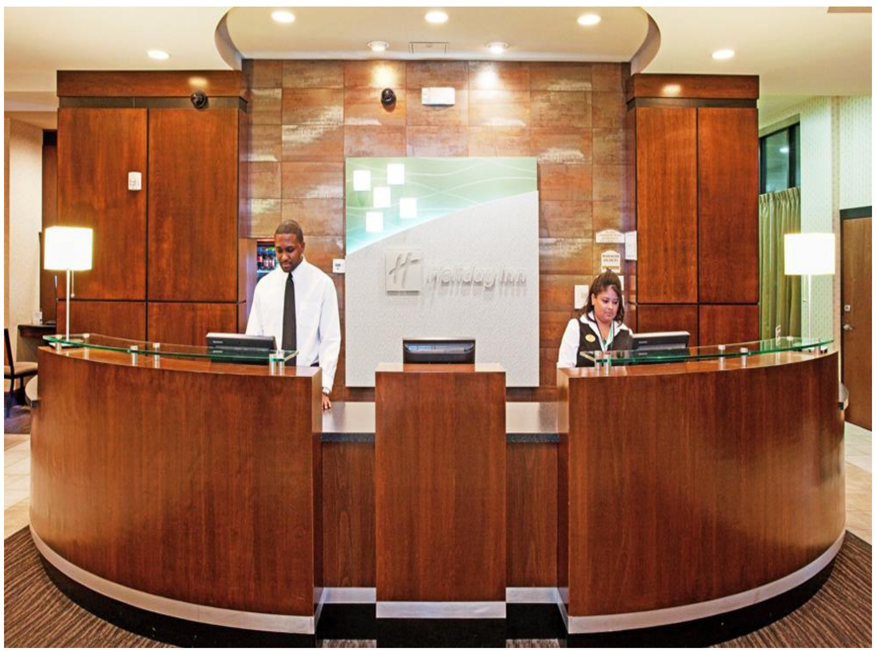


연구 배경

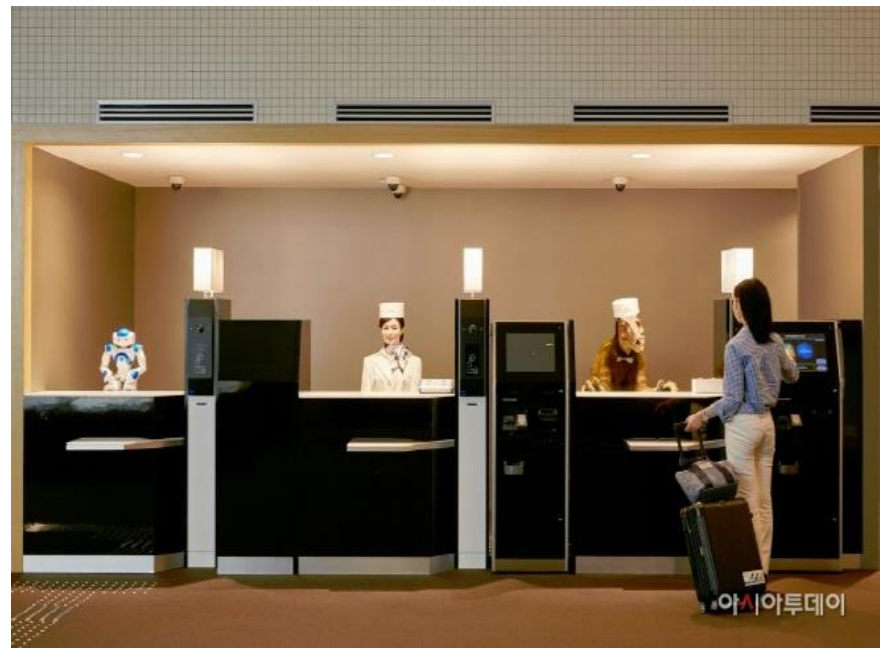
yotel

연구 배경

HUIS TEN BOSCH



→



연구 배경

- 로봇을 활용한 룸 서비스

savioke (Crowne Plaza) :

https://youtu.be/F70He3mVrUQ

연구 배경

- 로봇을 활용한 룸 서비스에 대한 심층적 연구 미비
  - ✓ 최적 동선 파악
  - ✓ 필요 대수 파악
  - ✓ 요청 작업에 대한 합리적 할당

연구 배경

- 기대 효과
  - ✓ 높은 고정비용 절감
  - ✓ 서비스 일관성 증대
  - ✓ 고질적 인력난에 대한 부담 감소

목차

문제 상황

- 단위 시간 동안 전체 객실에서 발생하는 주문 요청 해결
- 목적함수:
  - ✓ 단위 시간 동안의 미해결 주문 요청 최소화
- 제약식
  - ✓ 하나의 요청이 들어온 객실에 중복작업이 수행되지 않아야 함
  - ✓ 이중 작업의 경우 단일 작업보다 수행 시간이 짧음
  - ✓ 이중 작업은 발송 주문과 발송 주문, 배송 주문과 배송주문의 경우 수행이 불가능

문제 상황

- 요구되는 작업량 : 배송 요청 주문 + 발송 요청 주문
  - ✓ j_{nm} : 단위시간동안 n층 m번째 객실에서 발생하는 배송 요청 주문
    - ✓ Case 1: 주문이 발생하지 않는 경우 : 0
    - ✓ Case 2: 주문이 발생하는 경우 : 1
  - ✓ j'_{nm} = 단위시간동안 n층 m번째 객실에서 발생하는 발송 요청 주문
    - ✓ Case 1: 주문이 발생하지 않는 경우 : 0
    - ✓ Case 2: 주문이 발생하는 경우 : 1

목차

수리 모형

- Assumptions
  - 작업 할당은 요청이 들어온 모든 객실에 대해 단일 작업과 이중 작업으로만 이루어진다.
  - 작업은 한 단위의 주기(T) 동안 요청된 전체 주문을 다음 주기에 수행한다.
  - 로봇의 capacity는 1이다.
  - 모든 로봇의 작업 수행은 1층에서 시작되며, 작업 수행 후엔 다시 1층으로 복귀한다.
  - 1층에는 객실이 존재하지 않는다.

수리 모형

- Notations

d_{ed} = 1층 depot에서 엘리베이터 사이의 거리

v_h = 로봇의 수평 이동 속도

v_v = 로봇의 수직 이동 속도

tw = 엘리베이터 대기 시간

tr = 엘리베이터 입장 시간

ts = 서비스 소요 시간

h = 층간 거리

d_{enm} = 엘리베이터에서 n층 m번째 객실까지의 수평 거리

$d_{nmm'}$ = 동일 층에서 m번째 객실과 m′ 객실 사이의 거리

수리 모형

- Notations

j_{nm} = 단위시간동안 n층 m번째 객실에서 발생하는 배송 요청 주문 (주문 미발생 = 0 , 주문 발생 = 1)

j'_{nm} = 단위시간동안 n층 m번째 객실에서 발생하는 발송 요청 주문 (주문 미발생 = 0 , 주문 발생 = 1)

$j_{nmn'm'}$ = 단위시간동안 n층 m번째, n′층 m′번째 객실에서 발생하는 이중 주문 (주문 미발생 = 0 , 주문 발생 = 1)

T = 오퍼레이션을 생성하는 주기

t_{nm} = n층 m번째 객실의 단일 작업을 처리하는데 걸리는 시간

$t_{nmn'm'}$ = n층 m번째 객실과 n′층 m′번째 객실의 이중 주문을 처리하는데 걸리는 시간

a = 전체 주문량 중 단일 주문의 비율

a' = 전체 주문량 중 이중 주문의 비율

K = 작업을 수행하는 로봇 k

x^k_{nm} = n층 m번째 객실에서의 주문을 단일 주문으로 할당 받은 로봇 k

y^k_{nm} = n층 m번째 객실에서의 배송 요청을 이중 주문으로 할당 받은 로봇 k

y'^k_{nm} = n층 m번째 객실에서의 발송 요청을 이중 주문으로 할당 받은 로봇 k

$y^k_{nmn'm'}$ = n층 m번째 객실과 n′층 m′번째 객실의 주문을 이중 주문으로 할당 받은 로봇 k

문제 상황

- 결정 변수
  - ✓ x_{nm}^{k} : n층 m번째 객실에서의 주문을 단일 주문으로 할당 받은 로봇 k
    - ✓ Case 1: 작업을 수행하지 않은 경우 : 0
    - ✓ Case 2: 작업을 수행한 경우 : 1
  - ✓ y_{nm}^{k} : n층 m번째 객실에서의 배송 요청을 이중 주문으로 할당 받은 로봇 k
    - ✓ Case 1: 작업을 수행하지 않은 경우 : 0
    - ✓ Case 2: 작업을 수행한 경우 : 1

문제 상황

- 결정 변수

  ✓ y_{nm}^{k} : n층 m번째 객실에서의 발송 요청을 이중 주문으로 할당 받은 로봇 k

    ✓ Case 1: 작업을 수행하지 않은 경우 : 0

    ✓ Case 2: 작업을 수행한 경우 : 1

  ✓ $y_{nmn'm'}^{k}$: n층 m번째 객실과 n′층 m′번째 객실의 주문을 이중 주문으로 할당 받은 로봇 k

    ✓ Case 1: 작업을 수행하지 않은 경우 : 0

    ✓ Case 2: 작업을 수행한 경우 : 1

수리 모형

❖ 단일 주문 요청 평균 시간 계산

$$\frac{d_{ed}}{v_h} + tw + tr + \frac{(n-1)h}{v_v} + tr + \frac{d_{enm}}{v_h} + ts + \frac{d_{enm}}{v_h} + tw + tr + \frac{(n-1)h}{v_v} + tr + \frac{d_{ed}}{v_h}$$

$$\sum_{n=1}\sum_{m=1}^{M_n}\{(\frac{d_{ed}}{v_h} + tw + tr + \frac{(n-1)h}{v_v} + tr + \frac{d_{enm}}{v_h} + ts + \frac{d_{enm}}{v_h} + tw + tr + \frac{(n-1)h}{v_v} + tr + \frac{d_{ed}}{v_h})\}$$

$$\frac{\sum_{n=1}^{N}\sum_{m=1}^{M_n} 2(\frac{d_{enm}}{v_h} + \frac{(n-1)h}{v_v}) + 2tw + 4tr + ts + 2\frac{d_{ed}}{v_h}}{\sum_{n=1}^{N} M_n}$$

수리 모형

❖ 이중 주문 요청 평균 시간 계산

case 1) $n \neq n'$

$$\frac{d_{ed}}{v_h} + tw + tr + \frac{(n-1)h}{v_v} + tr + \frac{d_{enm}}{v_h} + ts + \frac{d_{enm}}{v_h} + tw + tr + \frac{(|\, n - n' \,|)}{v_v} h + tr + \frac{d_{en'm'}}{v_h} + ts + \frac{d_{en'm'}}{v_h} + tw + tr + \frac{(n'-1)h}{v_v} + tr + \frac{d_{ed}}{v_h}$$

$$\sum_{n=1} \sum_{m=1}^{M_n} \sum_{n \neq n'} \sum_{m'=1}^{M_{n'}} \frac{d_{ed}}{v_h} + tw + tr + \frac{(n-1)h}{v_v} + tr + \frac{d_{enm}}{v_h} + ts + \frac{d_{enm}}{v_h} + tw + tr + \frac{(|\, n - n' \,|)}{v_v} h + tr + \frac{d_{en'm'}}{v_h} + ts + \frac{d_{en'm'}}{V_H} + tw + tr + \frac{(n'-1)h}{v_v} + tr + \frac{d_{ed}}{v_h}$$

$$\sum_{n} \sum_{m=1}^{M_n} \sum_{n \neq n'} \sum_{m'=1}^{M_n} \frac{(n + n' - 2) + (|\, n - n' \,|)}{v_v} h + 2\left(\frac{d_{enm} + d_{en'm'} + d_{ed}}{v_h}\right) + 3tw + 6tr + 2ts$$

수리 모형

❖ 이중 주문 요청 평균 시간 계산

case 2) $n = n'$

$$\frac{d_{ed}}{v_h}+tw+tr+\frac{(n-1)h}{v_v}+tr+\frac{d_{enm}}{v_h}+ts+\frac{d_{nmm'}}{v_h}+ts+\frac{d_{en'm'}}{v_h}+tw+tr+\frac{(n'-1)h}{v_v}+tr+\frac{d_{ed}}{v_h}$$

$$\sum_{n}\sum_{m=1}^{M_n}\sum_{m\neq m'}^{M_n}\frac{d_{ed}}{v_h}+tw+tr+\frac{(n-1)h}{v_v}+tr+\frac{d_{enm}}{v_h}+ts+\frac{d_{nmm'}}{v_h}+ts+\frac{d_{en'm'}}{v_h}+tw+tr+\frac{(n'-1)h}{v_v}+tr+\frac{d_{ed}}{v_h}$$

$$\sum_{n}\sum_{m=1}^{M_n}\sum_{m\neq m'}^{M_n}\frac{(n+n'-2)h}{v_v}+\frac{d_{enm}+d_{en'm'}+d_{nmm'}+2d_{ed}}{v_h}+2tw+4tr+2ts$$

수리 모형

❖ 이중 주문 요청 평균 시간 계산

$$\sum_{n}\sum_{m=1}^{M_n}\sum_{n\neq n\prime}\sum_{m\prime=1}^{M_n}\frac{(n+n'-2)+(|\,n-n'\,|)}{v_v}h+2(\frac{d_{enm}+d_{en'm'}+d_{ed}}{v_h})+3tw+6tr+2ts$$

$$\sum_{n}\sum_{m=1}^{M_n}\sum_{m\neq m'}^{M_n}\frac{(n+n'-2)h}{v_v}+\frac{d_{enm}+d_{en'm'}+d_{nmm'}+2d_{ed}}{v_h}+2tw+4tr+2ts$$

$$\frac{\begin{array}{c}\sum_{n}\sum_{m=1}^{M_n}\sum_{n\neq n\prime}\sum_{m\prime=1}^{M_n}\frac{\{(n+n'-2)+(|\,n-n'\,|)\}}{v_v}h+\frac{2(d_{enm}+d_{en'm'}+d_{ed})}{v_h}+3tw+6tr+2ts\\ +\sum_{n}\sum_{m=1}^{M_n}\sum_{m'=1}^{M_n}\frac{(n+n'-2)h}{v_v}+\frac{d_{enm}+d_{en'm'}+d_{nmm'}+2d_{ed}}{v_h}+2tw+4tr+2ts\end{array}}{\sum_{m=1}^{N}M_n\ \ \{(\sum_{m=1}^{N}M_n)\ -1\}}$$

수리 모형

❖ 필요 로봇 대수 산출

$$k = \frac{j * a * \text{single job 평균 수행 시간} + j * a' * \frac{\text{dual job 평균 수행 시간}}{2}}{2}$$

수리 모형

- 목적함수

  ❖ 단위 시간 동안의 미해결 주문 요청 최소화

$$\sum_{k=1}\sum_{n=1}\sum_{m=1}^{M_n} j_{nm} + j'_{nm} - x_{nm}^{k} - y_{nm}^{k} - y'^{k}_{nm}$$

수리 모형

- 제약식

  ✓ 단위 시간 동안의 전체 작업 요청에 대한 로봇의 작업 수행 시간 계산

$$\sum_{n=1}\sum_{m=1}^{M_n} t_{nm} * x_{nm}^{k} + \sum_{n}\sum_{m=1}^{M_n}\sum_{n'=1}\sum_{m'=1}^{M_n} t_{nmn'm'} * y_{nmn'm'}^{k} \le T(\ \forall k\ )$$

  ✓ 특정 객실의 전체 작업 요청과 할당된 전체 작업 간 관계 정의

$$\sum_{k=1} x_{nm}^{k} + y_{nm}^{k} + y'^{k}_{nm} \le j_{nm} + j'_{nm} \ (\ \forall n\ ,\ \forall m)$$

수리 모형

- 제약식
  - ✓ 단일 작업이 할당된 로봇과 이중 작업이 할당된 로봇의 중복작업 제약

$$x_{nm}^{k} + y_{nm}^{k} + y'^{k}_{nm} \leq 1 \quad (\forall k, \forall n, \forall m)$$

  - ✓ 이중작업이 할당된 로봇 간 연결

$$\sum_{n=1}\sum_{m=1}^{M_n} y_{nm}^{k} = 2 * \sum_{n}\sum_{m=1}^{M_n}\sum_{n'=1}\sum_{m'=1}^{M_n} y_{nmn'm'}^{k} \quad (\forall k)$$

$$\sum_{n=1}\sum_{m=1}^{M_n} y'^{k}_{nm} = 2 * \sum_{n}\sum_{m=1}^{M_n}\sum_{n'=1}\sum_{m'=1}^{M_n} y_{nmn'm'}^{k} \quad (\forall k)$$

$$2 * y_{nmn'm'}^{k} \leq y_{nm}^{k} + y'^{k}_{n'm'} \quad (\forall n, \forall m, \forall k)$$

수리 모형

- 제약식
  - ✓ 이중 작업에 대한 범위 제한

$$y_{nm}^{k} \le j_{nm} \quad (\forall k, \forall n, \forall m)$$

$$y'^{k}_{nm} \le j'_{nm} \quad (\forall k, \forall n, \forall m)$$

  - ✓ 이중 작업은 동일 객실에 중복으로 이루어지지 않아야 함

$$y_{nmnm}^{k} = 0 \; (\forall n, \forall m, \forall k)$$

수리 모형

- 제약식
  - ✓ 비음제약식

$$x(k, n, m) \in \{0, 1\}, \quad \forall k, \forall n, \forall m$$

$$y(k, n, m) \in \{0, 1\}, \quad \forall k, \forall n, \forall m$$

$$y(k, n, m, n', m') \in \{0, 1\}, \quad \forall k, \forall n, \forall m$$

목차

수치 예제

- TBD

목차

결론

- 본 연구에서는 노동집약적인 호텔산업에 고객 서비스를 위한 로봇 체계를 도입하는 경우를 상정하여 로봇 체계에 대한 설계 및 이들의 운영을 위한 정책을 도출할 수 있는 정량적인 연구를 수행하였음
- 평균 주문 처리 시간을 산정하여 로봇의 필요 대수를 산정하고, 단위 시간 동안 전체 객실에서 발생하는 서비스 요청을 최소의 시간으로 수행할 수 있는 작업할당 정책에 대한 연구를 수행함
- 향후 연구 방향
  - ✓ 용량 제약의 완화: 2개 이상 다중 업무에 대한 최적 할당 및 업무 수행 방법론 개발
  - ✓ 휴리스틱 방법 개발

END