
전자저울을 사용한 물류센터의 입고검수 자동화

2007. 11. 6

임석철, 이관호, 박인선, 현혜미 (아주대학교)

장광규, 박주삼, 하태경 (주.이랜드월드)

입고검수 자동화

□ 입고검수

의류유통업체의 물류센터에서는 다수의 공급사로부터 제품이 매일 다량 입고된다. 입고제품의 박스내 제품 실수량을 확인하는 입고검수 작업에 인력과 시간이 많이 소요되어 전수검사를 하지 못함에 따라 입고시점에서 실제 입고수량이 확인되지 못하고, 수량의 오차가 상당기간 후에 확인되는 경우 이를 바로잡기 위한 여러가지 낭비적인 업무가 발생한다.

□ 입고검수 자동화

물류센터에서 입고수량을 자동확인하는 방법으로 상품별 RFID부착은 아직 단가와 판독정확성에서 실용적인 단계에 도달하지 못하였다. 이에 대한 대안으로 본 발표에서는 전자저울을 사용하여 박스당 무게를 측정하여 박스내 수량을 확인하는 방식을 소개하고, 이를 현장에 구현하기 위한 통계적 접근 방법 및 구현절차와 애로사항 등의 실제적인 이슈들을 다루고자 한다.

40매에서 한장 부족을 전자저울로 감별?



1. 입고검수 자동화

1) 입고검수 자동화란 ?

입고시 박스개봉 없이 박스중량을 측정하여 박스내 상품 수량을 확인하는 것

2) 입고검수 자동화의 목적

- 1) 입고 시점에서 입고 수량 확인 → 오차 피드백 리드타임 혁신 (15일→1일)
- 2) 분배시 입고수량 확인 및 오류에 대한 불신비용 및 비부가가치 업무 제거
- 3) 유통과부족 발생원인제거(50%)로 수불오차감소 및 분배 생산성 증가

3) 입고검수 자동화 방법

전자저울을 사용 → 박스별 무게를 측정하여 박스내 수량을 판정

2. 입고검수 자동화의 효과

★ 기존 입고오차 피드백 : 2~30일

기존방법은 분배를 진행해야 입고수량오차를 피드백 할 수 있었음

당일 피드백을 위해....

- 하루종일 시간을 쓰고 많은 인력을 동원하는 것은 의미가 없음
- 시간과 인원은 많이 소요되진 않았지만 수량이 틀리게 체크 되어도 큰 문제

★ 상품의 무게 측정 : 1일 피드백

- 상품 한장의 무게를 알고 박스 안의 입고수량을 중량으로 알게된다.
- 중량 체크시 오류의 원인을 사전에 모두 없앤다.

속도와 정확성 (동시해결) → 입고오차 1일 피드백 가능

3. 생산업체 협조사항

구 분	협조사항	기대효과
포장 박스	<ol style="list-style-type: none"> 1) 표준화 된 박스의 지속적 사용 : 중박스 / 대박스 2) 균일화 된 간지의 사용 3) 동일한 벤딩수 <p>※ 박스 사전 중량등록을 통해 입고 스피드 증대</p>	<p>협조가 잘되는 경우 →입고오차 당일피드백</p> <p>협조가 안되는 경우 →입고시간 지연 →입고오차피드백 지연</p>
상품 관련	<ol style="list-style-type: none"> 1) 동일 단품 박스內 상품 수량통일 2) 상품의 부자재 누락 금지 및 수량 통일 3) 원단의 편차 최소화 : 특히, 니트류 4) 중량체크를 위한 단품별 샘플 입고 → 샘플 피킹 시간을 줄임으로 입고스피드 증대 	
기타	<ol style="list-style-type: none"> 1) 입고 거래명세표 기록 통일화 2) 입고당일 오차수량 의사결정자 센터방문 3) 피크 타임시 입고시간에 대한 조정시 적극적 협조 <p>※ 사전 중량등록을 통해 입고 스피드 증대</p>	

박스 무게의 구성

- 제품 무게 = 단위제품무게 * 수량
- 박스 무게
- 간지 무게 = 단위간지무게 * 수량
- 부착물 무게 = 포장테이프 + 부착물 등
- 기타 무게 = 습기 + 오물 등
- 전자저울의 측정오차

➡ 변동성(Variance)의 누적

세가지 판정방식(1): 단품측정방식

- (1) 단품의 평균무게 추정치 \leftarrow 10개 정도의 평균
- (2) 제품무게 추정치 = 단품무게 추정치 * 수량
- (3) 박스당 무게 추정치 = 제품무게 추정치 + 기타
- (4) 허용오차 \leftarrow 통계적 유의수준 (예: 99%)
- (5) 허용범위 = 박스당 무게 추정치 \pm 허용오차



✓박스당 무게 측정치가 허용범위내에 드는 박스는
수량이 정확하다고 (99%의 신뢰도로) 판정할수 있다.
✓허용범위를 벗어난 박스만 개봉하여 전수검사

□ 단품무게는 누가 측정?

- (1) 벤더가 측정 : 데이터 신뢰성 보장 어려움.
- (2) 이랜드가 입고시 측정 : 시간소요, 샘플 뒤섞일 우려

세가지 판정방식(2): 박스측정방식

- (1) n 개의 박스당 무게를 각각 측정
- (2) n 개 데이터가 정규분포를 따른다고 가정하고 평균(μ)과 표준편차(σ)를 산정
- (3) 허용오차 \leftarrow 통계적 유의수준 (예: 99%)
- (4) 허용범위 = $\mu \pm$ 허용오차



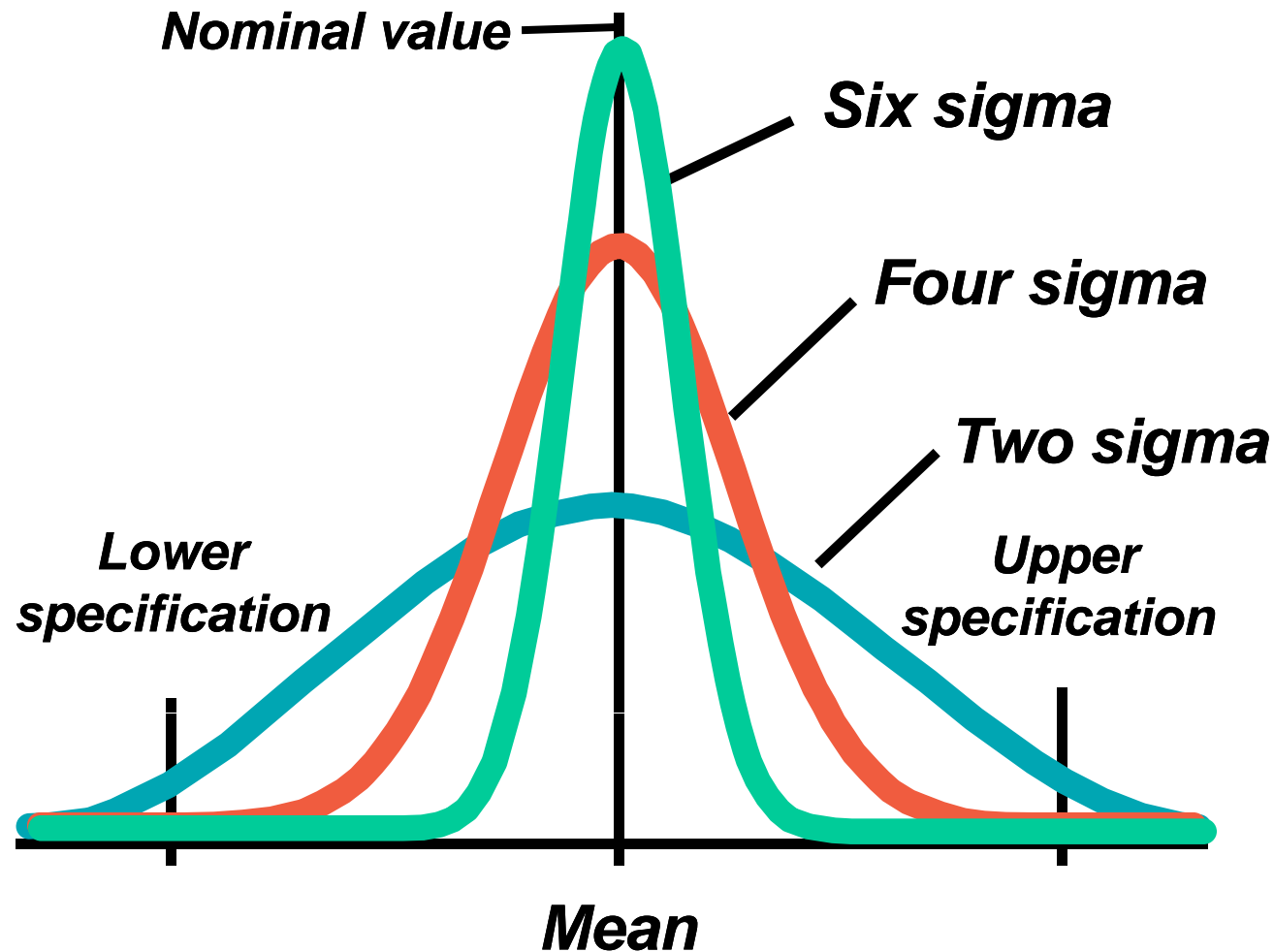
- ✓ 박스당 무게 측정치가 허용범위내에 드는 박스는 수량이 정확하다고 (99%의 신뢰도로) 판정할수 있다.
- ✓ 허용범위를 벗어난 박스만 개봉하여 전수검사

세가지 판정방식(3): 표준적용방식

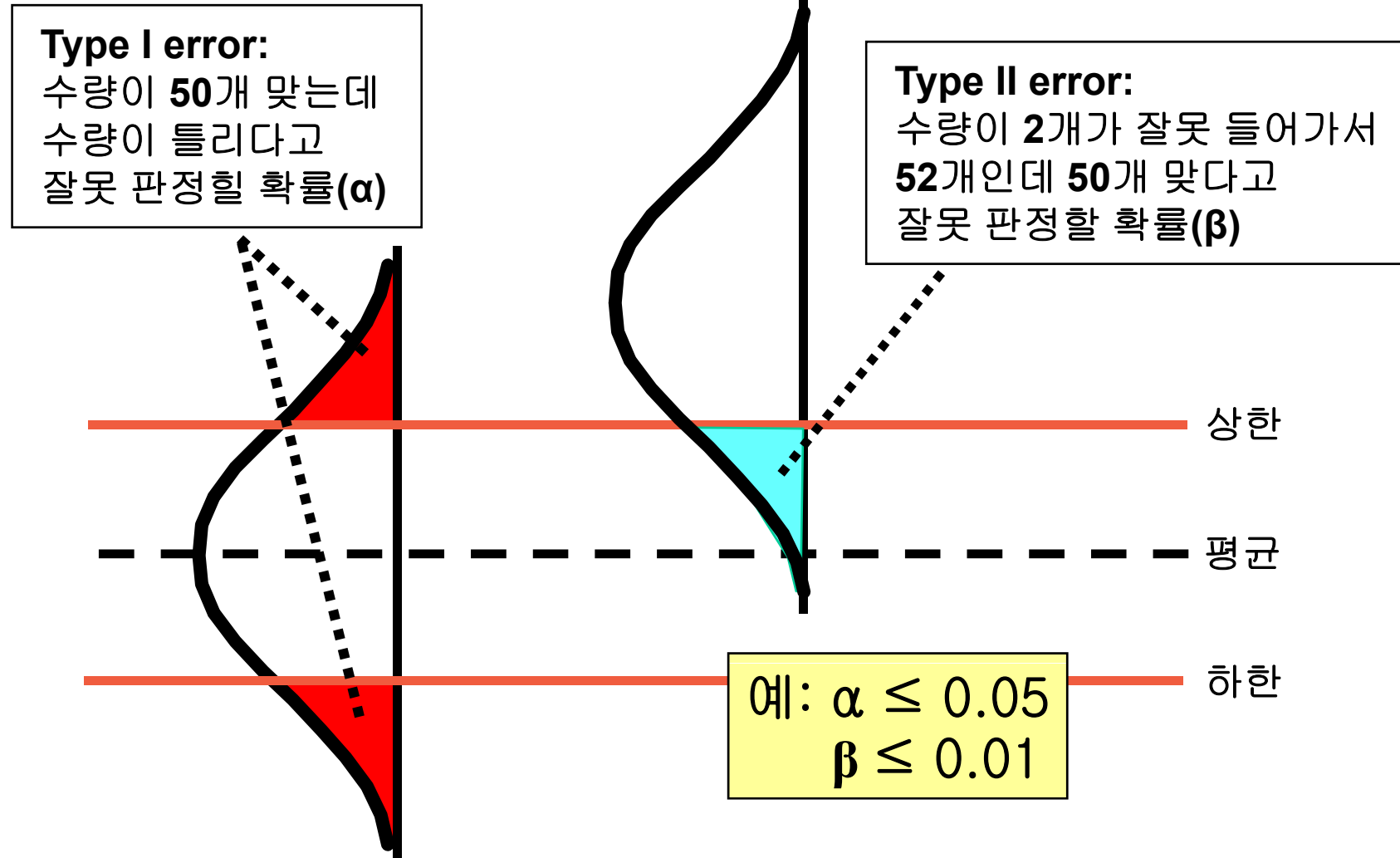
- (1) 복종별로 변동계수(=표준편차/평균)가 거의 일정한 경우
- (2) 단품의 평균무게만 알면 복종별 표준 변동계수로부터 편차를
계산하여 허용범위를 산정하는 방식

- 단품의 평균무게는 벤더가 측정하여 입고시 동봉
- 위 (1)의 조건이 충족되는지 데이터 수집 및 분석 필요

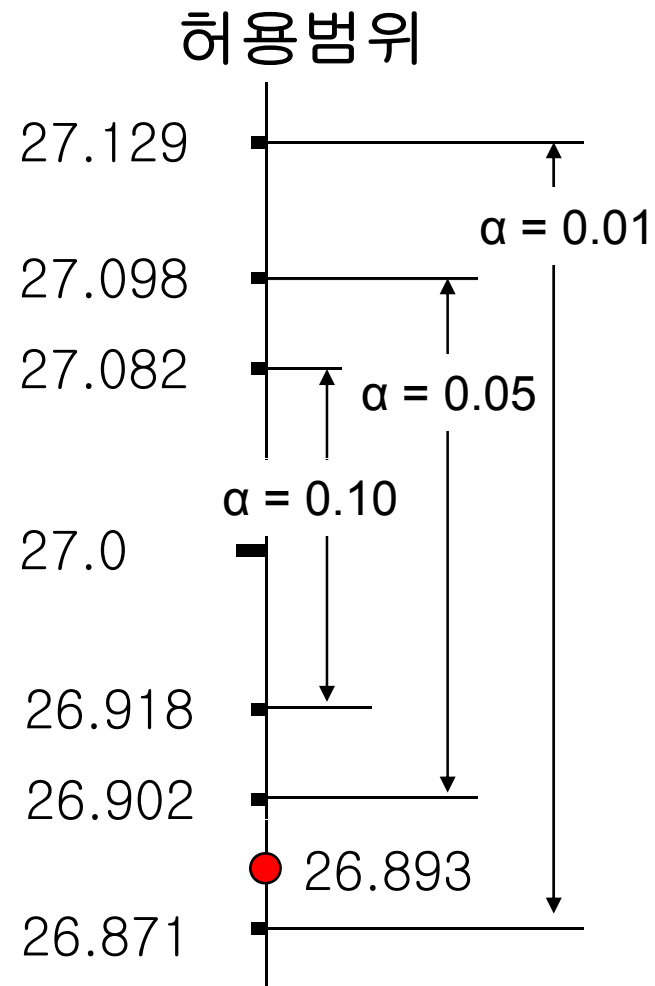
단품의 무게도 (정규)분포를 따른다



1종 오류와 2종 오류



1종 오류의 예



✓만일 40개 제품의 총 무게
 = 23.986kg + 박스무게(2.907)
 = 26.893kg 라면
 → $\alpha = 0.01$ 에서는 정상으로 판정
 → $\alpha = 0.05$ 이상에서는 수량부족
 이라고 잘못 판정하게 됨.

추진 내용

□단품별 무게분포 추정 → 편차요인 규명 및 감축

* 샘플 무게측정 정확도 향상방안

✓정밀저울 사용

✓샘플수 증대

□박스의 무게분포 측정 → 편차요인 규명 및 감축

□한 품목에 대한 기준정립 및 시험적용

2. 데이터측정 및 실험결과



□ 세가지 판정방식

(1) 단품측정방식

한 박스를 분해 측정

→ 평균 및 표준편차 측정 → 허용범위 설정

→ 테스트 수행

(2) 박스측정방식

동일 박스 수량이 충분히 많은 경우 적용가능함.

(3) 표준적용방식

복종 별로 변동계수가 일정한 경우 적용가능함.

(1) 단품측정방식

- 입고된 박스를 개봉하여 모든 제품의 무게를 개별측정하여 평균과 표준편차를 구한다.
- 박스 구성품 (공박스, 간지, 포장재(비닐)) 무게의 평균과 표준편차를 측정한다.
- 위의 데이터를 이용하여 박스 총 무게의 평균과 표준편차를 계산한다.
- 전체 박스의 평균 = 각 평균의 합
- 전체 박스의 분산

(각 변수는 모두 독립적이므로)

$$Var(TB_{40}) = Var(40 \cdot X) + Var(Box) + Var(P_1) + Var(4 \cdot P_2) + Var(P_3)$$

- 전체 박스의 표준편차 = Root(분산)
- 전체 박스 무게의 허용범위:

$$\text{Range} = \mu_{box} \pm z_{\beta} \sigma_{box}$$

데이터 측정 결과

브랜드	CV	CV	CV	CV	CV	CV
아이템	CK	CK	CK	CK	CK	CK
년도/시즌	74	74	74	74	74	74
월/순번	1011	1011	1011	1011	1011	1011
칼라	그레이	그레이	그레이	레드	레드	레드
사이즈	90	95	100	90	95	100
C/T	7	15	23	31	36	38
총중량(SUM)	18323	19161	20011	18178	19035	20054
총중량(실측)	18300	19160	20010	18190	19040	20050
박스무게	1444	1424	1436	1427	1415	1431
큰비닐	23	24	25	24	23	23
비닐1	12	12	12	12	12	12
비닐2	11	11	11	11	11	11
비닐3	11	12	11	11	10	12
비닐4	11	11	11	9	11	11
간지1			85	82	79	85
간지2						87
수량	40	40	40	40	40	40
평균	420.3	441.7	460.5	415.1	436.9	459.6
편차	10.1	5.0	5.6	7.1	6.6	6.0

사례: CKCV741011 Gray90의 경우

총 박스의 평균무게 μ

$$= 40 \times \text{제품평균무게} + \text{공박스 평균무게} + \text{비닐大} + 4 \times \text{비닐小} + \text{간지}$$
$$= 18,390$$

총 박스의 무게의 분산

$$= 40(102.01) + (244.06) + (0.67) + 4(0.52) + (1.95)$$
$$= 4327.2$$

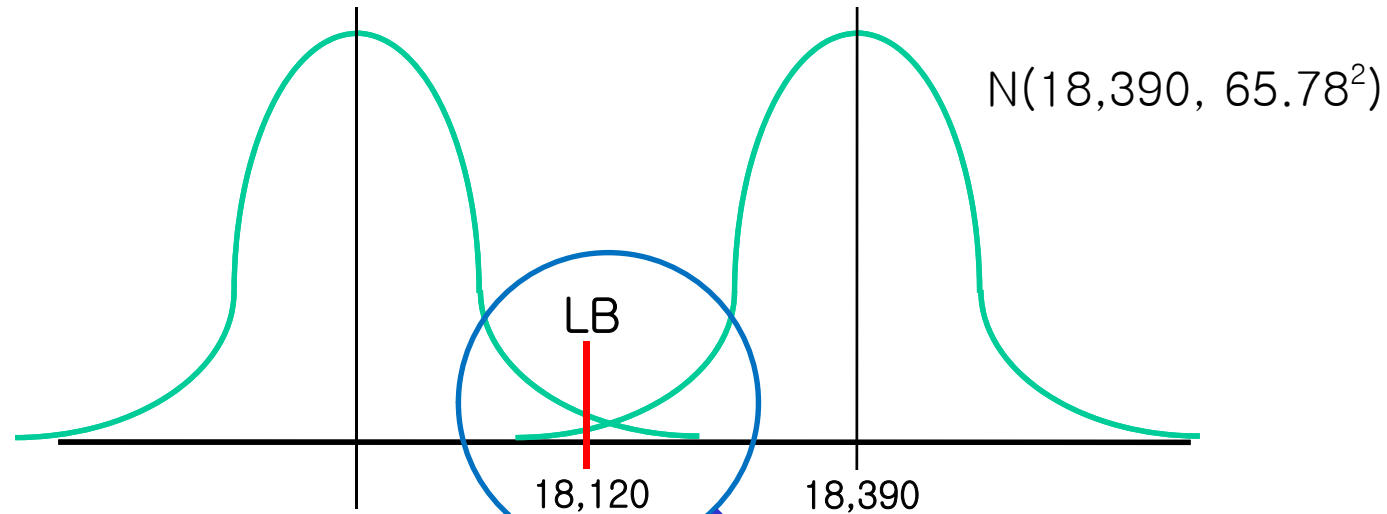
$$\text{총 박스 무게의 표준편차 } \delta = \text{Root}(4327.2) = 65.78$$

$$\rightarrow \text{총 박스무게의 하한치 LB} = (18,390 - 420.3) + 2.33 \times 65.78$$
$$= 18.12 \text{ Kg}$$

$$\rightarrow \text{총 박스무게의 상한치 UB} = (18,390 + 420.3) - 2.33 \times 65.78$$
$$= 18.66 \text{ Kg}$$

하한 (LB) 정하기

39개 들이 박스의 무게분포 = 40개 들이 박스의 무게분포



총 박스무게의 하한치

$$LB = (18,390 - 420.3) + 2.33 * 65.78 = 18.12 \text{ Kg}$$

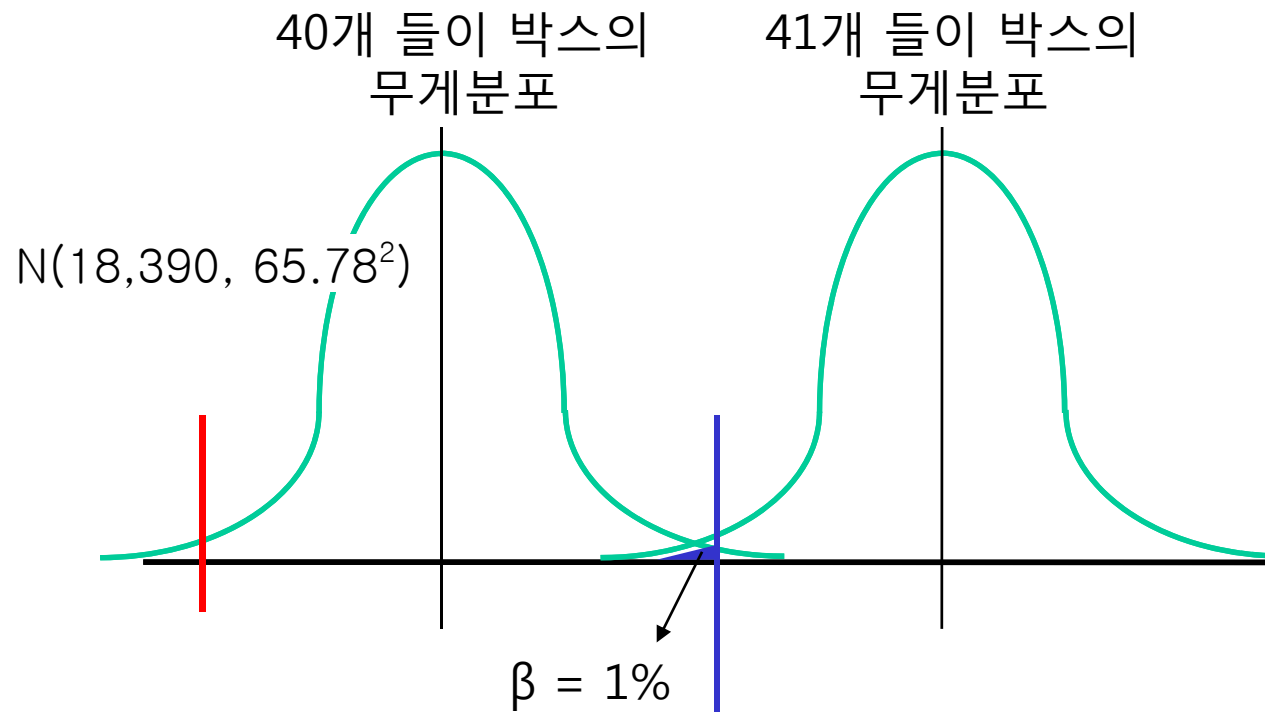
$$(18,390 - 18,120) / 65.78 = 4.1 \delta$$

$$Z_{0.0001} = 4.1$$

$\alpha = 0.01\%$
(1만번 개봉하면 한번 허탕)

$\beta = 1\%$ 되도록
LB를 설정

상한 (UB) 정하기



총 박스무게의 상한치

$$\begin{aligned} UB &= (18,390 + 420.3) - 2.33 \times 65.78 \\ &= 18.66 \text{ Kg} \end{aligned}$$

수량 이상박스 잡아내기 실험 : 100% 성공 !!

item		범위	실 측 치								
CKCV Gray	90	18.12	18.3	18.44	18.3	18.36	18.2	<u>17.63</u>	18.23	18.21	18.3
		18.66									
CKCV Gray	95	18.89	19.16	19.34	19.16	<u>18.68</u>	19.13	19.25	19.23	19.35	19.18
		19.61									
CKCV Red	95	18.72	19.04	19.02	18.98	18.97	19.26	19.04			
		19.39									
RMLW	90	20.70	<u>20.69</u>	20.91	20.92	20.88	<u>18.94</u>				
		21.04									
	95	22.00	22.11	22.17	22.12	22.08	<u>19.7</u>				
		22.38									

- 실험을 위해 박스에서 1개를 감한 후 측정 : 실험결과 검출 성공
- 박스에 80개라고 표기되어 18.57~18.92의 기준을 적용하여 실험실시, 기준초과하여 전수검사 해보니 실제 81개가 들어있었음
- 박스에 90개라고 표기 되었으나 90개 허용범위에 미달하여 전수검사한 결과 실제 수량은 80개

중간 요약

✓ 단품측정방식의 통계적 방법론은 정립되었음.

✓ 남은 문제는 **업무프로세스 !!**

(1) 샘플제품의 무게를 어떻게 신속하게 측정하나?

– (현재) 샘플을 별도로 반입

– 첫박스를 개봉하여 랜덤측정

– (향후) 벤더가 측정치를 보내옴. (서류, 인터넷)

(2) 측정된 샘플제품의 무게로부터 상하한선을 자동으로 산정해야 함.

→ 전자저울 내에 프로그래밍 필요

(3) 이상박스를 옆으로 빼내는 Diverter 장치 필요

□ 세가지 판정방식

(1) 단품측정방식

한 박스를 분해 측정

→ 평균 및 표준편차 측정 → 허용범위 설정 → 테스트 수행

(2) 박스측정방식

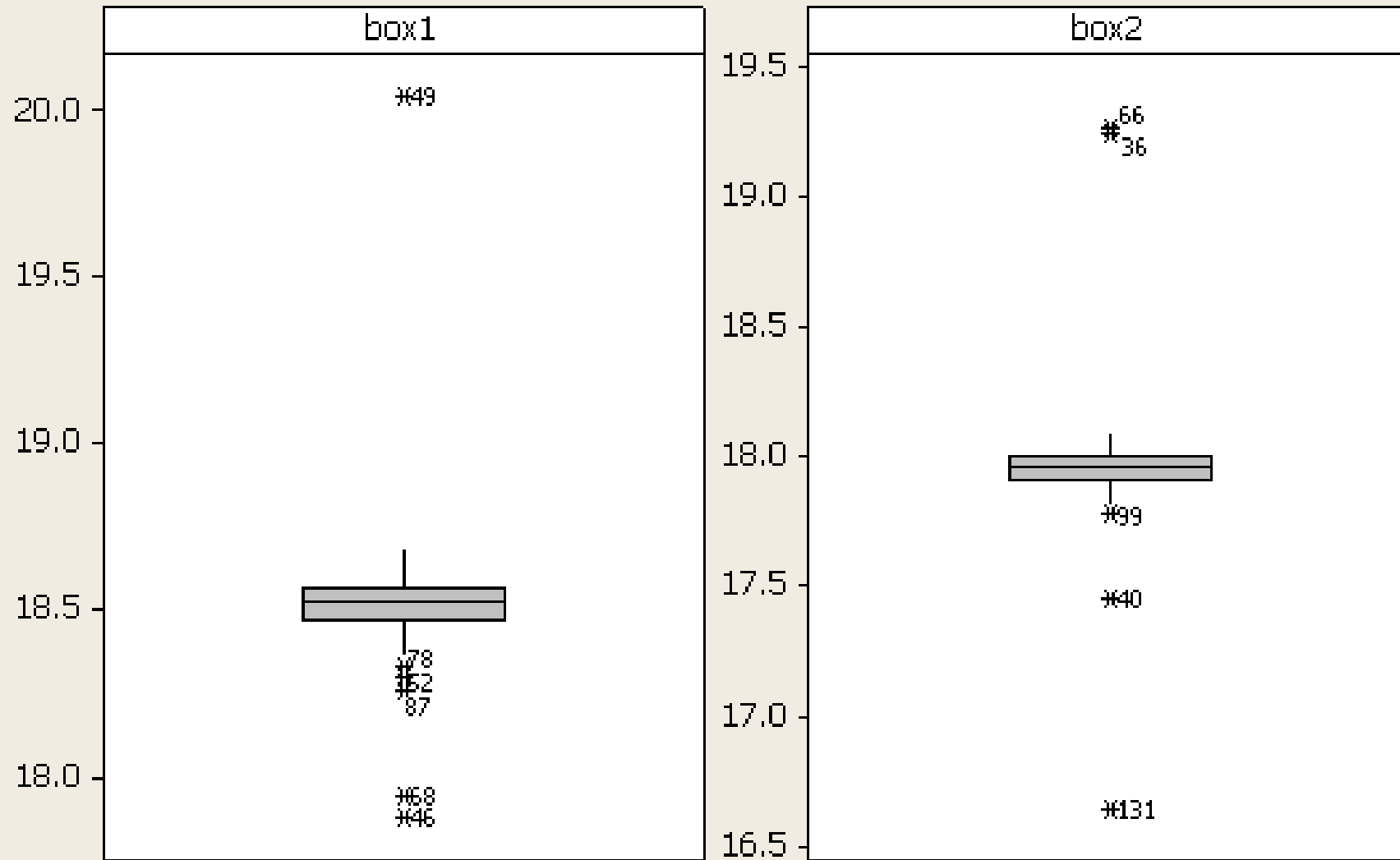
동일 박스 수량이 충분히 많은 경우 적용가능함. : Minitab 을 사용하여 이상치를 판정.

(3) 표준적용방식

복종 별로 변동계수가 일정한 경우 적용가능함.

해외 Assort Box 2 lot의 outlier

Boxplot of box1, box2



□ 세가지 판정방식

(1) 단품측정방식

한 박스를 분해 측정

→ 평균 및 표준편차 측정 → 허용범위 설정 → 테스트 수행

(2) 박스측정방식

동일 박스 수량이 충분히 많은 경우 적용가능함.

(3) 표준적용방식

복종 별로 변동계수가 일정한 경우 적용가능함

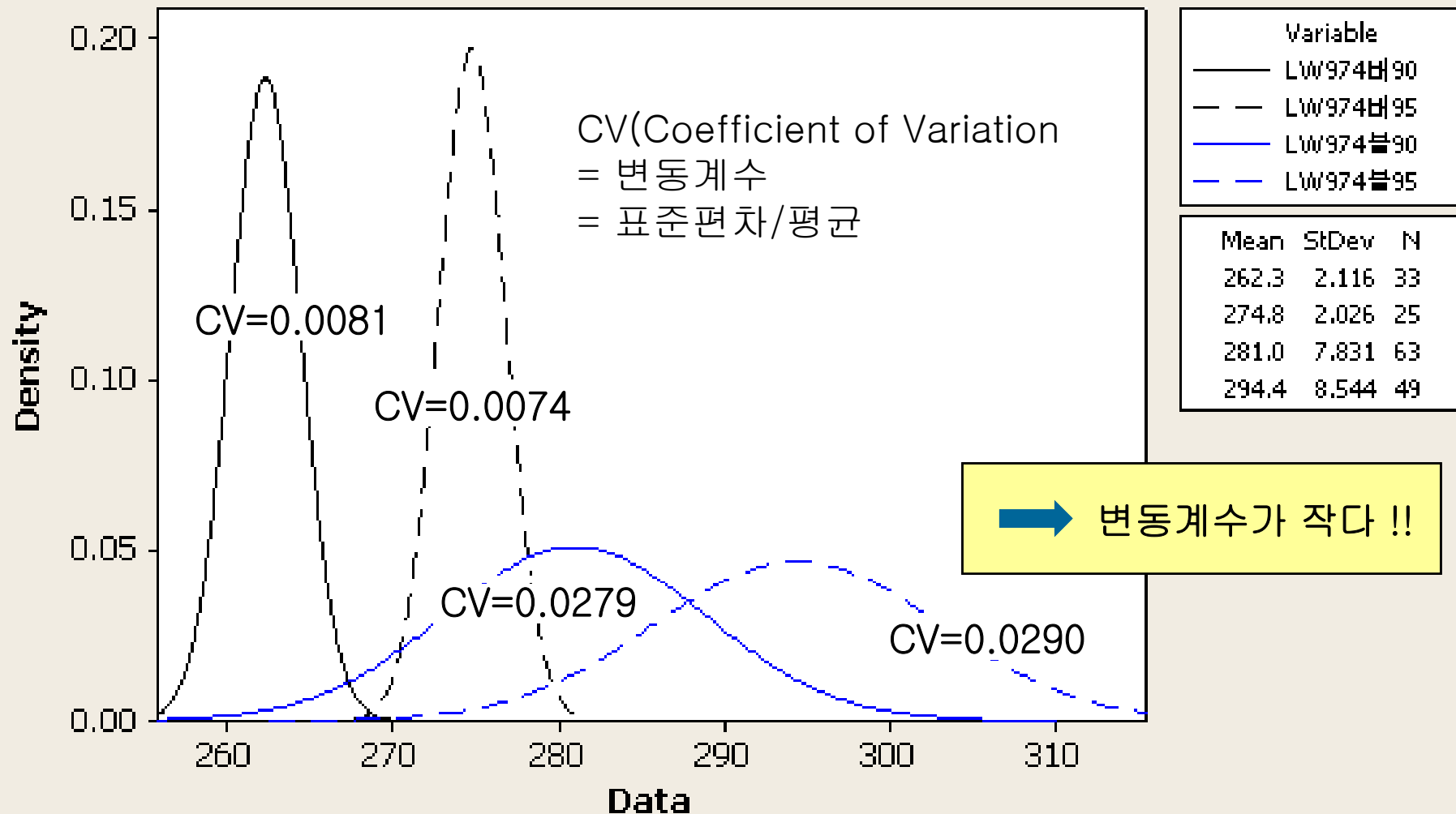
(3)표준적용방식을 적용하려면?

- ☐ 제품별 편차가 큰가 작은가의 기준은 변동계수(CV)
 - CV가 비교적 작음 → 통계적 자동판정의 성공가능성 시사

- ☐ 만일 복종별로 CV가 거의 일정하다면 개별측정 불필요
 - 개별측정: 제품의 무게를 하나씩 측정/기록
 - 평균 및 표준편차를 측정
 - 시간 소요
 - 묶음측정: 여러 제품을 동시에 측정 (평균무게만 측정)
- ☐ 더많은 데이터 측정 필요함.
- ☐ CV가 거의 동일한 제품군으로 그룹핑(Group Technology)

제품무게 측정결과 (1) DYLW740974 (티)

Histogram of DYLW740974
Normal



결 언

- ☐ 단품측정방식의 통계적 방법론은 확립
 - ☐ 샘플측정 업무프로세스 개발과 전자저울 프로그래밍 필요
 - ☐ 벤더의 생산표준화 소득
 - ☐ 옥외 전자저울 바람막이 시설 필요
 - ☐ 향후 추진계획
- (1) 단품측정방식에 대해 벤더가 제품중량측정데이터 첨부방식을 시험운영
 - (2) 표준적용방식: 데이터 측정 계속후 그룹핑 가능성 판단