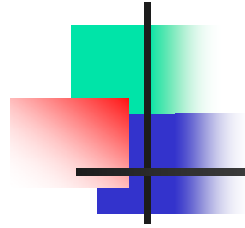


Where We Are

1 부. 서론	2 부. 방법 공학	3부. 작업 측정
작업관리의 개요	공정분석	표준시간 개요
문제해결의 과정	작업분석	직접시간연구법
	연합작업분석	레이팅
	라인작업분석	여유시간
	공장배치	PTS
	동작분석	워크샘플링
	동작경제의 원칙	표준자료법
	표준작업방법	



목 차

- 직접시간연구법 개요
- 측정된 시간의 기록 요령
- 이상 시간치의 검출
- 관측횟수의 결정

직접 시간 연구법

- 스톱워치를 사용하여 작업의 수행시간을 직접 측정하여 표준시간을 산정





시간연구 순서

1. 직장의 이해와 협조를 구하고, 대상작업자를 선정하여 시간연구의 내용을 설명한다.
2. 대상작업을 관찰하여 작업개선을 추구한다.
3. 작업을 요소작업으로 분할한다.
4. 작업을 실제로 관측하여, 시간치를 관측지에 기록한다.
5. 이상치 여부와 관측회수가 충분한지 검사한다.
6. 작업수행도를 평가(rating)한다.
7. 요소작업별 평균시간치를 구한 후 평가계수(rating)를 사용하여 정미시간(normal time)을 구한다.
8. 여유율(allowance)을 결정하여 표준시간을 산출한다.



시간연구자와 대상작업자

- 시간연구자의 자격요건
 - 원만한 인간관계, 주위의 신뢰, 정확한 판단력과 자신감, 문제의식 및 창의적 성격
 - 전문적인 지식과 풍부한 현장 경험자
- 대상작업자의 선정
 - 평균 또는 이를 다소 상회하는 숙련도를 지닌 작업자를 선발
 - 작업수준이 정상수준에 가까워 보다 정확히 작업 수행도를 평가
 - 시간연구에 협조적인 작업자



요소작업 분할 이유

1. 요소작업을 명확하게 기술함으로써 작업내용을 보다 정확하게 파악
2. 같은 유형의 요소작업 시간자료로부터 표준자료를 개발
3. 작업방법 변경 시 변경된 부분만을 다시 연구하여 수정이 용이
4. 요소작업별 작업 수행도(rating)를 평가하여 정확도 재고



요소작업 분할 원칙

1. 측정이 가능한 범위 내에서 가능하면 잘게 분할한다.
2. 규칙적 요소작업(cyclic element)와 불규칙적 요소작업(noncyclic element)으로 구분
3. 작업자 요소작업(manually paced element)과 기계요소작업(process controlled element)으로 구분한다. 작업자 요소작업은 기계요소작업과의 독립성 여부에 따라 다시 외적 요소작업(external element)과 내적 요소작업(internal element)으로 구분
4. 불변요소작업(constant element)과 가변요소작업(variable element)으로 구분
5. 요소작업의 시점과 종점이 명확하게 밝혀질 수 있도록 한다. (청각을 이용하여 측정포인트를 정하는 것이 도움이 된다)
6. 작업순서와 작업내용을 습득하여 작업진행순서에 따라 분할한다.



관측위치와 자세

- 작업자 후방 1.5~2m에 비껴 서서
- 시계, 관측용지, 작업자가 한눈에 들어오는 위치
- 작업자와의 대화는 불가

관측방법(1 of 4)

1. 계속법(continuous timing): 첫 번째 사이클의 첫 번째 요소작업이 시작되는 순간에 시계를 작동시켜 관측이 끝날 때까지 시계를 멈추지 않고 측정

- 장점

- 매 작업요소가 끝날 때마다 바늘을 멈추고 원점으로 되돌릴 때 발생하는 측정오차가 없음
- 시각적으로 짧은 요소작업을 정확히 측정
- 작업시간 중 발생하는 모든 상황을 기록하기 때문에 표준시간 설정과정을 설명하기 쉬움
- 작업자나 노동조합측에서 선호

- 단점

- 요소작업의 시간을 구하기 위하여 뺄셈을 많이 함

관측방법(2 of 4)

2. 반복법(repetitive timing): 각 요소작업의 종지점에서 시계바늘을 스톱시켜 시간을 읽은 후, 원점으로 되돌려 놓은 후 다시 작동시켜 다음 요소작업의 시간을 재는 방법

- 장점

- 시간연구가 끝난 후, 뺄셈을 하지 않아도 됨
- 요소 작업순서가 바뀌어져서 수행되는 경우에도 쉽게 처리할 수 있음
- 비교적 긴 요소작업으로 구성된 작업 측정에 적합
- 정체(delay)나 외래요소(foreign element)의 처리도 간편

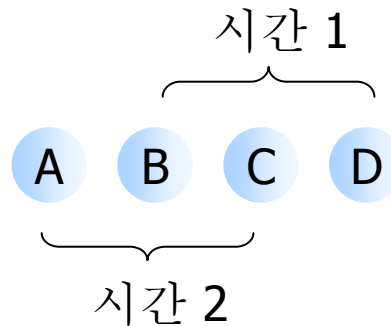
- 단점

- 0.06분 혹은 그 이하의 짧은 요소작업을 측정하기에는 부적당
- 바늘을 되돌리는 시간 약 0.038분 만큼 작업자가 손해를 봄
- 몇 사이클 측정 뒤에는 시간연구자가 시간을 예측할 수 있으므로 부주의 가능성
- 정체나 외래요소 등을 기록하지 않기 때문에 표준시간에 대한 의문점을 해결할 수 있는 근거를 명확하게 밝히지 못함

관측방법 (3 of 4)

3. 순환법(cycle timing): 몇 개의 요소작업을 번갈아 한 그룹으로 측정하여 시간을 계산하는 방법

- 장점
 - 측정하기 힘들 정도로 요소작업이 너무 짧을 때에 사용됨
- 단점
 - 시간을 산출하기 위해 연립방정식을 풀어야 함 (일반적으로 잘 사용되지 않음)



관측방법(4 of 4)

4. 누적법(accumulative timing): 스톱워치를 두 개 혹은 세 개를 레버(lever)에 연결시켜 관측판에 장착시킨 후, 요소작업이 끝날 때마다 레버를 당겨 시간을 읽는 방법
- 장점
 - 계속법이나 반복법으로 보다 쉽고 정확하게 시간을 읽을 수 있음
 - 단점
 - 스톱워치가 두 개 혹은 세 개를 가지고 있어야 하며, 스톱워치를 장착한 관측판이 무거움

시간 기록 요령 (1 of 3)

- 작업을 필요한 사이클만큼 연속적으로 관찰하여 측정포인트의 시간을 R란에 기입한다. T란은 관측이 끝난 뒤 뺄셈을 하여 요소작업의 개별시간을 기입한다.
- 분단위 숫자가 앞의 요소작업의 측정포인트 시간과 같을 경우에는 분단위 숫자를 생략한다.

사이클	loading		기계가공		unloading		검사		외래요소			
	T	R	T	R	T	R	T	R	기호	R	T	설명
1	10	10	25	35	6	41	14	55	A	213/186	27	
2	10	65		M		96		—	B			
3		106	25	31	6	51/45	14	45/31	C			
4	10	61/51	25	86	8/A	221	14	35	D			
5	12	47							E			

시간 기록 요령 (2 of 3)

- 관측자의 부주의로 측정포인트를 놓쳐 시간을 못 읽었으면 R란에 M으로 기입한다. (추정치 기록 금지)
- 작업자가 어느 요소작업을 생략할 경우에는 해당 R란에 -를 기입한다.
- 작업자가 작업순서를 원래 생각했던 것과 다르게 수행할 경우에는 순서가 바뀐 요소작업의 R란 중간에 -선을 긋고 분모에는 이 요소작업의 시작시간, 분자에는 종료시간을 적는다.

사이클	loading		기계가공		unloading		검사		외래요소			
	T	R	T	R	T	R	T	R	기호	R	T	설명
1	10	10	25	35	6	41	14	55	A	213/186	27	
2	10	65		M		96		-	B			
3		106	25	31	6	51/45	14	45/31	C			
4	10	61/51	25	86	8/A	221	14	35	D			
5	12	47							E			

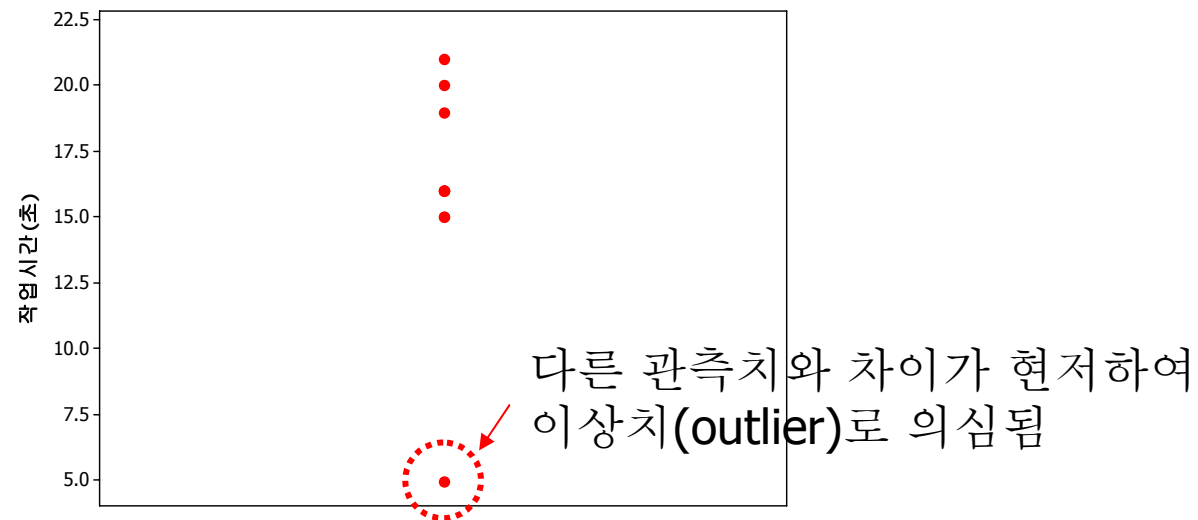
시간 기록 요령 (3 of 3)

- 불가피한 지연 등 외래요소(foreign element)가 요소작업 중간에 혹은 두 요소작업 사이에 발생할 수 있다. 전자의 경우에는 해당 요소작업, 후자의 경우에는 외래요소 발생직후의 요소작업의 T란에 알파벳을 사용하여 표기하고, 외래요소 표에 그 내용과 시간을 기록한다.
- 짧은 시간의 외래요소인 경우에는 그것이 포함된 작업요소의 관측시간을 원으로 둘러싸서 오차가 포함되어 있음을 표시한다.

사이클	loading		기계가공		unloading		검사		외래요소			
	T	R	T	R	T	R	T	R	기호	R	T	설명
1	10	10	25	35	6	41	14	55	A	213/186	27	
2	10	65		M		96		—	B			
3		106	25	31	6	51/45	14	45/31	C			
4	10	61/51	25	86	8/A	221	14	35	D			
5	12	47							E			

이상치(Outlier)란 무엇인가?

- 이상치: 다른 관측치와 차이가 현저한 관측치
- 발생원인
 - 인적 오류: 시간을 잘 못 읽음, 기록시 숫자를 잘 못 기입
 - 일시적 작업조건 및 환경의 변화





이상치 검출 방법

- 관측치의 개수가 30개 미만인 경우

$$x_i < \bar{x} - t_{\alpha/2, n-1} \times s \quad \text{or} \quad x_i > \bar{x} + t_{\alpha/2, n-1} \times s$$

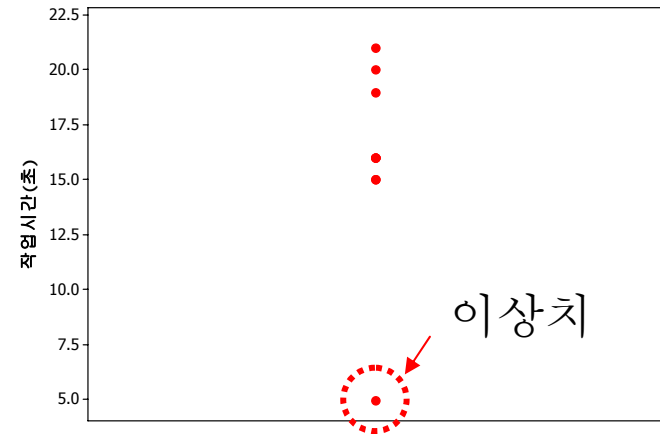
- 관측치의 개수가 30개 이상인 경우

$$x_i < \bar{x} - z_{\alpha/2} \times s \quad \text{or} \quad x_i > \bar{x} + z_{\alpha/2} \times s$$

- 여기서 α 는 유의수준. $1 - \alpha$ 는 신뢰수준


이상치 검출 예제 (n<30)

- 어느 조립공정의 작업시간을 10회 관측하였다. 관측치 중에서 이상치가 있는지 통계적으로 분석하시오. (신뢰수준 = 95%)
 - 평균 = 15.9 초
 - 표준편차 = 4.38
 - $t_{0.05/2, 9} = 2.262$
- 평가 기준
 - 상한: $15.9 + 2.262 * 4.38 = 25.8$
 - 하한: $15.9 - 2.262 * 4.38 = 6.0$



횟수	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
시간(초)	16	16	21	20	15	15	16	19	5	16

t 분포표



오른쪽 꼬리면적 α

자유도	오른쪽 꼬리면적 α							
	.1	.05	.025	.01	.005	.0025	.001	.0005
1	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657	127.32	318.31	636.62
2	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	14.089	22.327	31.598
3	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	7.453	10.214	12.924
4	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	5.598	7.173	8.610
5	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	4.773	5.893	6.869
6	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	4.317	5.208	5.959
7	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	4.029	4.785	5.408
8	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355	3.833	4.501	5.041
9	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	3.690	4.297	4.781
10	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	3.581	4.144	4.587
11	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	3.497	4.025	4.437
12	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	3.428	3.930	4.318
13	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	3.372	3.852	4.221
14	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	3.326	3.787	4.140
15	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	3.286	3.733	4.073
16	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	3.252	3.686	4.015
17	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	3.222	3.646	3.965
18	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	3.197	3.610	3.922
19	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	3.174	3.579	3.883
20	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	3.153	3.552	3.850
21	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831	3.135	3.527	3.819
22	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819	3.119	3.505	3.792
23	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807	3.104	3.485	3.767
24	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	3.091	3.467	3.745
25	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787	3.078	3.450	3.725
26	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779	3.067	3.435	3.707
27	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771	3.057	3.421	3.690
28	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763	3.047	3.408	3.674
29	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756	3.038	3.396	3.659
30	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750	3.030	3.385	3.646
40	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704	2.971	3.307	3.551
60	1.296	1.671	2.000	2.390	2.669	2.915	3.232	3.460
120	1.289	1.658	1.980	2.358	2.617	2.860	3.160	3.373
∞	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576	2.807	3.090	3.291

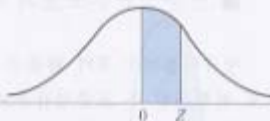
이상치 검출 예제 ($n \geq 30$)

- 어느 조립공정의 작업시간을 40회 관측하였다. 관측치 중에서 이상치가 있는지 통계적으로 분석하시오. (신뢰수준 = 95%)
 - 평균 = 15.9 초
 - 표준편차 = 4.38
 - $z_{0.05/2} = 1.96$ (vs. $t_{0.05/2, 39} = 2.021$)
- 평가 기준
 - 상한: $15.9 + 1.96 * 4.38 = 24.5$
 - 하한: $15.9 - 1.96 * 4.38 = 7.3$

Z 분포표 (정규분포)

제 7 장 확률분포 | 연속확률분포 205

[표 7-1] 표준정규분포표

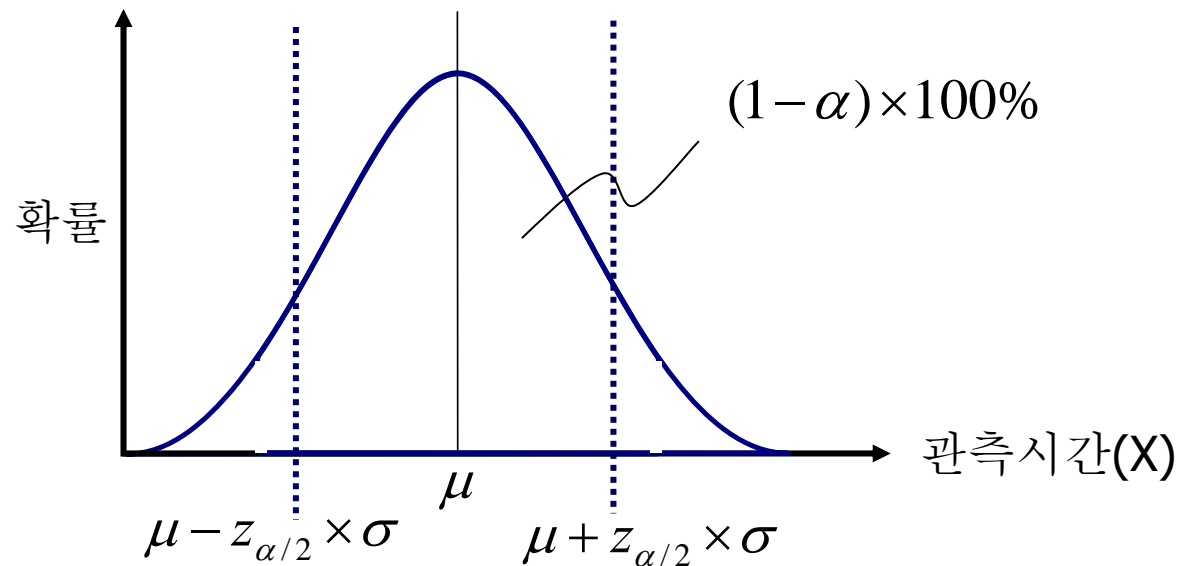


Z	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
0	0000	0040	0080	0120	0160	0199	0239	0279	0319	0359
1	0398	0438	0478	0517	0557	0596	0636	0675	0714	0753
2	0793	0832	0871	0910	0948	0987	1026	1064	1103	1141
3	1179	1217	1255	1293	1331	1368	1406	1443	1480	1517
4	1554	1591	1628	1664	1700	1736	1772	1808	1844	1879
5	1915	1950	1985	2019	2054	2088	2123	2157	2190	2224
6	2257	2291	2324	2357	2389	2422	2454	2486	2518	2549
7	2580	2612	2642	2673	2704	2734	2764	2794	2823	2852
8	2881	2910	2939	2967	2995	3023	3051	3078	3106	3133
9	3159	3186	3212	3238	3264	3289	3315	3340	3365	3389
1.0	3413	3438	3461	3485	3508	3531	3554	3577	3599	3621
1.1	3643	3665	3686	3708	3729	3749	3770	3790	3810	3830
1.2	3849	3869	3888	3907	3925	3944	3962	3980	3997	4015
1.3	4032	4049	4066	4082	4099	4115	4131	4147	4162	4177
1.4	4192	4207	4222	4236	4251	4265	4279	4292	4306	4319
1.5	4332	4345	4357	4370	4382	4394	4406	4418	4429	4441
1.6	4452	4463	4474	4484	4495	4505	4515	4525	4535	4545
1.7	4554	4564	4573	4582	4591	4599	4608	4616	4625	4633
1.8	4641	4649	4656	4664	4671	4678	4686	4693	4699	4706
1.9	4713	4719	4726	4732	4738	4744	4750	4756	4761	4767
2.0	4772	4778	4783	4788	4793	4798	4803	4808	4812	4817
2.1	4821	4826	4830	4834	4838	4842	4846	4850	4854	4857
2.2	4861	4864	4868	4871	4875	4878	4881	4884	4887	4890
2.3	4893	4896	4898	4901	4904	4906	4909	4911	4913	4916
2.4	4918	4920	4922	4925	4927	4929	4931	4932	4934	4936
2.5	4938	4940	4941	4943	4945	4946	4948	4949	4951	4952
2.6	4953	4955	4956	4957	4959	4960	4961	4962	4963	4964
2.7	4965	4966	4967	4968	4969	4970	4971	4972	4973	4974
2.8	4974	4975	4976	4977	4977	4978	4979	4979	4980	4981
2.9	4981	4982	4982	4983	4984	4984	4985	4985	4986	4986
3.0	4986	4987	4987	4988	4988	4989	4989	4989	4990	4990
4.0	4997									

이상치 검출의 이론적 배경(1 of 3)

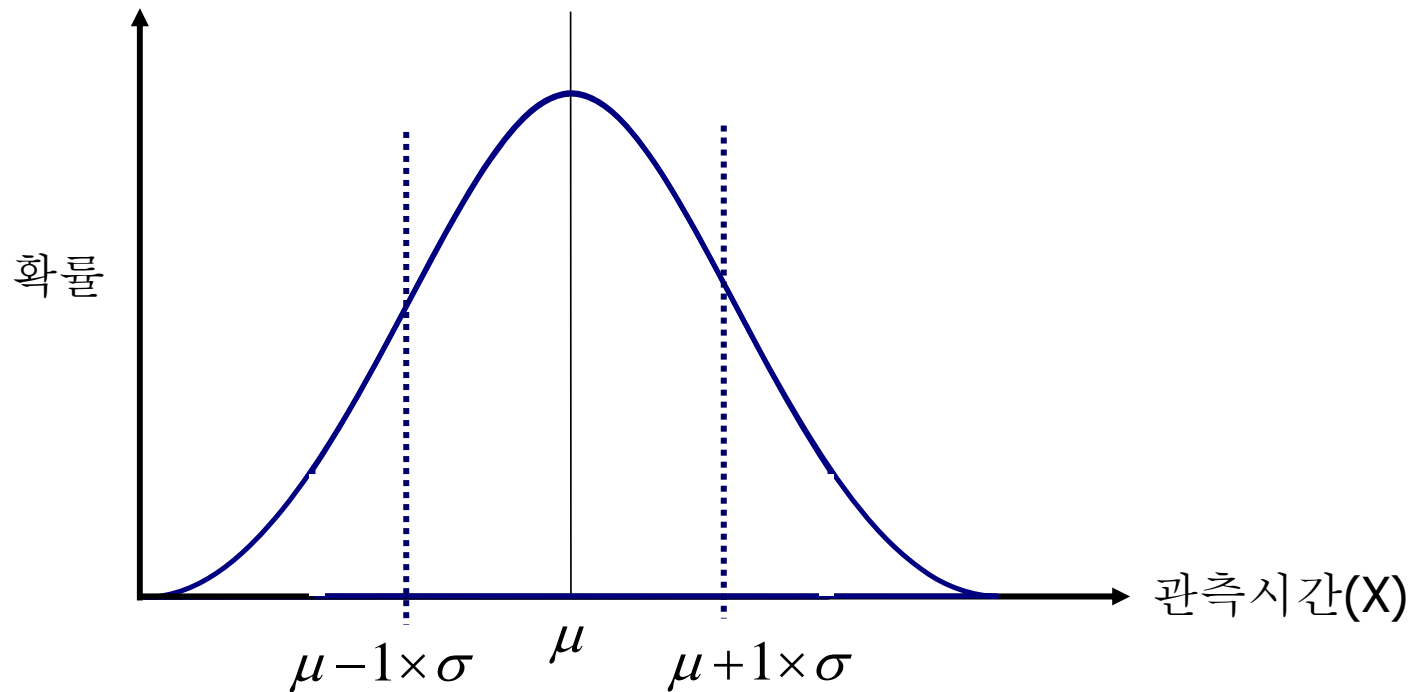
- 관측치는 정규분포를 따른다고 가정 $X \sim N(\mu, \sigma^2)$

$$\Pr(\mu - z_{\alpha/2} \times \sigma \leq \mu \leq \mu + z_{\alpha/2} \times \sigma) = (1 - \alpha) \times 100\%$$



이상치 검출의 이론적 배경(2 of 3)

- 관측치가 $\mu \pm 1 \times \sigma$ 범위($z_{\alpha/2} = 1$) 내에 있을 확률 = 68%





이상치 검출의 이론적 배경(3 of 3)

- 정규분포를 활용하기 위해서는 모수(parameter)인 μ 와 σ 를 알고 있어야 하지만 모르기 때문에 통계량(statistics)인 \bar{x} 와 s 를 사용
- 모수를 알고 있을 때에는 z 분포표를 활용하고, 모수를 알 수 없어 통계량으로 추정하여 사용하는 경우는 t 분포표 사용
- 그러나 중심극한정리(central limit theorem)에 의해 관측자료의 개수(n)가 30이상이 되면 z 분포를 사용할 수 있음

통계적 관측횟수 결정

- 관측횟수 결정에 필요한 정보
 - 신뢰수준 또는 유의수준(α)
 - 오차(ε)

- 관측횟수 결정 공식

- 관측시간의 개수가 30개 미만

$$n = \left(\frac{t_{\alpha/2, n-1} \times S}{\bar{x} \times \varepsilon} \right)^2$$

- 관측시간의 개수가 30개 이상

$$n = \left(\frac{Z_{\alpha/2} \times S}{\bar{x} \times \varepsilon} \right)^2$$

관측횟수 결정 예제(1 of 2)

- 어느 조립공정의 작업시간을 10회 관측하였다. 관측횟수가 적절한지 통계적으로 분석하시오. (신뢰수준 = 95%; 오차 = 5%)
 - $t_{0.05/2, 9} = 2.262$
 - 평균 = 15.9 초
 - 표준편차 = 4.38
 - $n = 155.3 \rightarrow 156$ 회

횟수	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
시간(초)	16	16	21	20	15	15	16	19	5	16

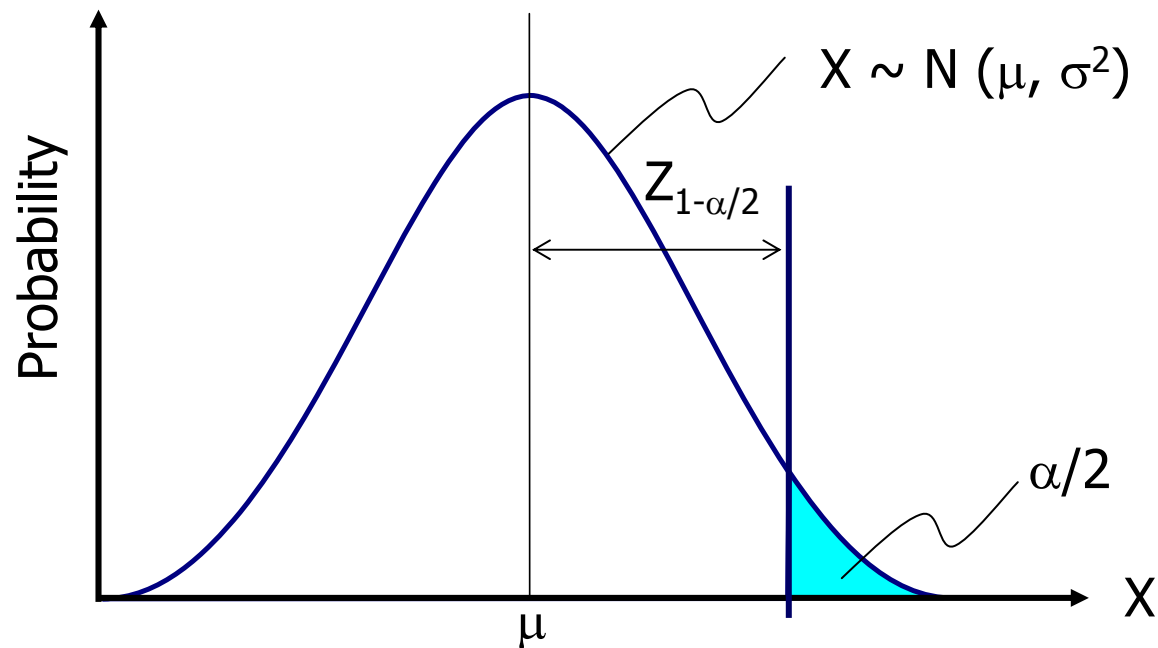
관측횟수 결정 예제(2 of 2)

- 어느 조립공정의 작업시간을 10회 관측하였다. 이 중에서 이상치 1개를 제거한 후 관측횟수가 적절한지 통계적으로 분석하시오.(신뢰수준 = 95%, 오차 = 5%)
 - $t_{0.05/2, 8} = 2.306$
 - 평균 = 17.1 초
 - 표준편차 = 2.26
 - $n = 37.2 \rightarrow 38$ 회

횟수	1	2	3	4	5	6	7	8	9
시간(초)	16	16	21	20	15	15	16	19	16

관측횟수 결정의 이론적 배경(1 of 3)

- 요소작업에 대한 기본가정
 - 요소작업의 개별시간은 독립 (즉, 이전 측정치와 무관)
 - 요소작업의 개별시간은 정규분포를 따른다.



관측횟수 결정의 이론적 배경(2 of 3)

- 독립적인 요소작업의 관측시간이 정규분포를 따르고, 관측횟수가 충분히 크면($n \geq 30$) 중심극한정리에 의해 요소작업의 평균도 정규분포를 따름
- $X \sim N(\mu, \sigma^2)$, random sample X_1, X_2, \dots, X_n

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \sim N\left(\mu, \frac{\sigma^2}{n}\right),$$

관측횟수 결정의 이론적 배경(3 of 3)

$$\Pr\left(\bar{X} - Z_{\alpha/2} \frac{s}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq \bar{X} + Z_{\alpha/2} \frac{s}{\sqrt{n}}\right) = (1 - \alpha) \times 100\%$$

- 신뢰도는 높으면서 신뢰구간(실제 값에 가까운 정도=오차)은 작게 하는 관측횟수 탐색
 - 유의수준(α) = 0.05 (신뢰도 = 95%)
 - 오차 (ε) = 0.05

$$\bar{x} \times \varepsilon = Z_{\alpha/2} \frac{s}{\sqrt{n}} \quad \longrightarrow \quad n = \left(\frac{Z_{\alpha/2} \times s}{\bar{x} \times \varepsilon}\right)^2$$

근사적 관측횟수 결정

- 표준편차를 계산으로 구하기가 복잡하기 때문에 $s = R / d_2$ 를 사용하여 추정
- 단, R 은 관측시간의 범위, d_2 는 범위의 표준편차로 전환하는 계수
 - 관측시간의 개수가 30개 미만인 경우

$$n = \left(\frac{t_{\alpha/2, n-1} \times (R \times d_2)}{\bar{x} \times \varepsilon} \right)^2$$

- 관측시간의 개수가 30개 이상인 경우

$$n = \left(\frac{Z_{\alpha/2} \times (R \times d_2)}{\bar{x} \times \varepsilon} \right)^2$$

근사적 관측횟수 결정 예제

- 어느 조립공정의 작업시간을 9회 관측하였다. 관측횟수가 적절한지 통계적으로 분석하시오.(신뢰수준 = 95%, 오차 = 5%)
 - $t_{0.05/2, 8} = 2.306$
 - 평균 = 17.1 초
 - 범위(R) = 6
 - $d_2 = 2.97$ (교재 331쪽 참고)
 - $n = 29.6 \rightarrow 30$ 회

횟수	1	2	3	4	5	6	7	8	9
시간(초)	16	16	21	20	15	15	16	19	16