

통신케이블 技術의 現況과 展望

張 大 錫
金星電線(株)技術研究所
責任研究員(部長)

1. 序 論

우리 나라는 그 동안 通信事業擴張에 힘을 기울여 1980年末 現在 市內電話施設 後 約 270萬 回線을 施設運用하게 되었으며, 또한 繼續인 擴張事業으로 1986年에 830萬回線, 1991年에 1,330萬 回線으로 增加推勢에 있어, 100人當 加入電話數는 現在의 8台에서 1986年에 19台로, 1991年에 29台로 增加될 展望이다.

이에 通信網 構成에 있어서 重要한 役割을 하고 있는 通信케이블에 對하여 그 技術의 現況과 展望을 檢討紹介함으로써 關係諸賢들의 理解에 도움이 되기 바란다.

通信傳送路를 構成하는 通信케이블은 通信의 高品質化, 大容量化, 安定化 等の 目的으로 많이 改良, 開發되어 왔으며, 特히 近年에는 世界的인 通信의 digital化에의 움직임과 함께 各種 케이블의 plastic化 技術, 廣帶域對形케이블, 光纖維케이블 등이 開發되고 있다.

이와 같이 外觀의으로는 單純한 通信케이블은 多樣化 되어 가고 있으며, 여기에서는 主要 通信케이블의 技術發展過程, 現況과 앞으로의 展望을 檢討하였다. 다만, 關係諸賢의 現解를 돕고저 먼저 通信케이블의 要因에 對하여 檢討하고 끝으로 國際委員會의 最近의 動向에 對하여 檢討하였다.

2. 通信케이블의 主要因

通信케이블은 直流抵抗, 靜電容量, 減衰量, 靜電容量 不平衡, 漏話特性 等の 嚴格한 電氣의 特性을 要求하여 心線의 構造 및 心線을 保護하는 外被構造 等を 重要視한다.

通信케이블은 屋外에서 使用되는 境遇에도 잘 견뎌야 하며, 機械的 強度가 좋아야 하고, 電氣的 妨害 및

化學的 影響에도 安定한 構造로 하여야 한다. 換言하면, 心線, 絶線, 外被 等の 케이블의 構造要因과 外的 環境條件, 電氣의 特性 等の 要因으로 볼 수 있으며, 이러한 要因에 따라서 複雜하게 組合되어 通信케이블이 이루어졌다.

通信케이블의 代表的인 構造要因과 特性要因을 다음 表에서 볼 수 있다.

표 1. 통신케이블의 대표적인 구조요인

요 인	분 류	재료, 구조 등
도 체	동	전기용 연동선
	AI	전기용 AI
심선구조	평 형 대	대구성 quad 구성: Star quad, DMquad
	동 축	내부도체: 단선, 연선 외부도체: 동테이프, 강철테이프
심선절연	종 이	황권형, Cordel 형
	프 라 스틱	층실형: PVC, PE 발포형: 암출발포, 도장발포 이중구조형(DE-PIC): 가교 PE
케 이 블 집 합	층 집 합	PEF 시외케이블, 반송케이블
	Unit 집 합	Unit, Sub-Unit
외피구조	프 라 스틱	PVC, PE Alpth, Stalpth Wellmantel, LAP
	비프라스틱	연피, 고무
외 장	선 외 장	직매용
	대 외 장	직매용
	방 식 외 장	방식용
기 타	복합케이블	동축, 평형형
	J.F 케이블	배선형

표 2. 통신케이블의 특성요인

요 인	케이블에 미치는 영향	대응구조 및 기술
외적환경 조 건	온도에 의한 접속부의 파손 자외선열화, 열열화 유도잡음의 발생 낙뢰의 영향 케이블 외피의 전식	외피구조의 LAP 화 PE에 Carbon Black 배합 케이블의 차폐화 절연내압의 증가 PE 방식 케이블화
전 기 적 특 성	직류저항과의 최적화 감쇄량 결점의 주요 원인 누화현상 반사현상 유도대책 도체저항의 불평형	도체경, 심선 절연 구조 심선절연, 주위금속체의 영향 심선의 구조, 절연, 연정의 선정 Core의 집합법, 접속법 심선의 구조, 절연 제조정도의 향상
사용형태	의적조건의 엄격 의적조건의 완화	가공, 지하관로, 직매 국내, 우내

3. 通信케이블의 技術發展過程과 現況

傳送路는 裸線으로 부터 始作되었으며, 市內紙絶緣鉛被케이블 以後 細心化, 多對化가 試圖되었으며, 占積率의 觀點에서 星型構造로 되어 왔다. 또한 裝荷技術이 進展되는 한편, 多重化 方式이 進展되어 平衡케이블의 高周波 特性의 改善技術이 進步하여 無裝荷케이블方式이 實用化 되었다.

以上の 過程에서 細心, 多對化, 信賴性의 向上, 漏話特性의 改善를 可能케한 新材料(프라스틱)를 絶緣 및 外被에 適用하게 되어 CCP 케이블, 市外PEF 케이블, 中繼PEF 케이블이 開發, 實用化되고 있다. 또한 大容量의 傳送이 可能한 同軸케이블이 開發되어 周波數帶域은 MHz로 넓어졌다. 이와 같이 通信케이블의 技術은 新材料를 積極的으로 利用한 自然環境에의 挑戰, 高周波利用, 傳送路의 大容量化의 追求로 이어져 왔다.

3-1. 通信케이블의 基本技術의 確立

두 개의 서로 떨어진 地點間에서 電氣通信을 하는데에는 兩地點間에 電流가 흐르는 導體가 必要하며, 裸線은 線條가 적고, 自然環境 및 人爲的 障害에 依한 危

險性이 크기 때문에 心線을 함께 集合한 케이블을 開發하였다. 心線數를 增大시키는데에는 細心多對化 多重化의 方法이 있으며, 어느 境遇에도 漏話를 重視한다.

(1) 細心多對化

0.4mm 1,800對 및 0.65mm 400對 等 紙絶緣케이블에서는 對型構造에 依한 多對化이었으나, 다시 多對化를 爲해서 星型構造로 變遷되었다. 星型構造의 케이블은 心線收容率이 높고, 占積率이 높으며, 重信回線 使用에도 有利한 構造이다.

(2) 長距離 多重化

傳送距離가 길어지면 減衰量이 커지기 때문에 長距離線路에서는 減衰量을 輕減시켜야 한다. 裝荷線路에서는 傳送帶域의 遮斷特性 때문에 多重搬送이 어렵고, 裝荷에 依한 傳播遲延, 傳播速度의 큰 周波數 依存性으로 位相歪가 생긴다. 이 때문에 無裝荷方式으로 하여 多重度를 높이기 爲하여 使用 周波數 帶域이 넓어지므로 高周波數에서 漏話特性이 좋은 케이블을 製造해야 한다. 그리하여 各 quad의 撚程을 다르게 하고, 絶緣方法도 紙 cordel을 採用한 搬送케이블을 開發했다. 그 結果 漏話特性이 좋고, 減衰量도 減少되고, 多重度도 크게 向上되었다. 또한 長距離基幹線路의 傳送容量의 急增에 따라 同軸케이블 方式으로 變遷되었다.

3-2. 프라스틱 케이블의 技術

(1) 緒 言

케이블의 基本構造로 오랫동안 紙絶緣鉛被 케이블이 使用되었으며, 이는 心線絶緣에 있어서 종이는 誘電率이 적고, 心線間의 物理的 位置를 바르게 하고, 掘曲에도 잘 견디는 特徵이 있기 때문이다.

그 後 프라스틱이 開發되어 漏話特性이 좋고, 非吸濕性으로 絶緣耐力이 크며, 高周波 特性이 좋기 때문에 케이블의 絶緣材料로 採擇하였다. 한편 外被材料로는 徒來에 鉛이 使用되었으나, 化學腐蝕, 機械的 強度, 무거운 欠點 등이 있는 反面에 프라스틱은 이 欠點들을 解消하는 特徵을 가지고 있어, 外被構造는 프라스틱化가 實現되어 왔다. 프라스틱 케이블은 鉛被케이블에서 問題이던 架空케이블에서의 鳳圧振動疲勞, 地下케이블에서의 電蝕, 化學腐蝕이 解消되고, 서비스品質의 向上과 補修作業의 省力化에 貢獻하고 있다.

또한 通信케이블에의 프라스틱化로 漏話特性을 改善하고, PEF 케이블로 傳送特性의 向上, 細心, 多對化를 實現하였다.

(2) 市外 PEF 케이블의 技術

市外케이블은 裝荷方式으로 부터 搬送方式으로 變遷

되어 多重化의 必要性이 있으나, 케이블의 漏話特性의 問題가 있어 이를 改善하기 爲하여 PEF 絶緣市外케이블을 開發하게 되었다. 音聲市外回線과 短距離搬送回線用 케이블로 使用되며, 發泡PE(PEF)를 絶緣體로 하여 誘電率이 낮고, 傳送特性이 좋으며, 케이블의 外徑도 적어진다. 外被는 通常 alpeth 構造로 하여 靜電遮弊效果를 얻고 있다.

導體徑은 0.65 mm와 0.9 mm의 二種을 使用하며, 短距離搬送 quad 에는 0.9 mm를 使用하고, 回線需要의 急增에 따라 市外케이블도 多對化가 必要하게 되어 0.65 mm를 使用하게 되었다. 減衰量의 溫度特性은 0.65 mm가 0.9 mm에 比해서 非直線性이 크다.

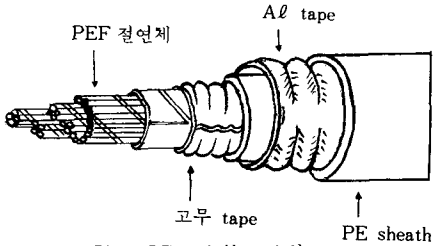


그림 1. PEF 市外케이블

(3) 市內 플라스틱케이블의 技術

架空用 鉛被케이블의 代替로 配線效率의 向上, 建設工事의 簡易化, 信賴性의 向上을 目的으로 着色이 容易한 PE의 特徵을 살려서 CCP 市內케이블을 開發하였다. 이 케이블은 配線效率이 크게 向上되어 電話需要의 激增에 對備하여 即時架設體制의 確立에 寄與하고 있다.

外被構造는 鉛被의 欠點을 解消하기 爲하여 플라스틱化가 이루어져, PE 外被, alpeth, wellmautel, stalpeth 등이 採用되고 있다. 한편, 建設工事의 省力化를 目的으로 自己支持型 CCP 케이블이 開發되었으며, 溫度變化에 依한 心線保護를 爲한 LAP 構造, 防水性混和物을 充填한 市內 CCP-JF 케이블 등도 開發되었다.

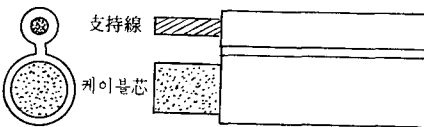


그림 2. 自己支持型 케이블

(4) PE 絶緣技術의 高度化

PE는 高密度PE와 低密度PE가 있으며, 高密度PE는 機械的 特性이 優秀하다. PE의 發泡方法에는 押出發泡方法과 塗裝發泡方法이 있으며, 絶緣두께를 얇게 하는데는 押出發泡方法을 適用한다. 塗裝發泡方法

은 導體徑이 가늘은 境遇 좋으며, 굵어지면 絶緣速度가 느리게 된다. 그래서 0.4 mm 心線徑 以上에서는 押出發泡方法을 適用한다.

低密度PE의 押出發泡는 PEF 市外케이블에서 實用化되고, 高密度PE가 高速押出에 適合한 熔融溫度는 發泡劑의 分解溫度보다 높다. 그리하여 高密度PE의 押出發泡技術로서 化學發泡法 및 gas 發泡法을 開發하였다. 또한 이런 發泡技術로서 機械的 強度를 높여 주고, 靜電容量 不平衡 特性을 改善하여 주고 있다.

3-3. 同軸케이블의 技術

(1) 同軸케이블의 基本概念

同軸케이블은 平衡型 케이블에 對應하는 것으로 廣帶域傳送의 境遇 問題로 되고 있는 高周波가 漏話가 輕減되어 높은 周波數까지 傳送이 可能하고, 多重傳送도 可能하다. 同軸케이블은 1對의 導體中 한 개를 圓筒型으로 하고, 다른 하나의 導體를 그 圓筒의 中心에 놓은 것이며, 電流의 通路는 中心의 導體와 周圍의 導體로 이루어진다. 따라서 同軸케이블의 特徵은 高周波 漏話特性이 좋고, 傳送損失이 적으며, 耐電壓이 높고, 導體抵抗이 적은 것으로 되어 있다. 同軸케이블의 傳送損失을 작게 하기 爲해서 中心導體와 外部導體間의 誘電率을 작게 할 必要가 있다. 한편 特性임피던스가 變化하면 反射現象이 發生하기 때문에 同軸케이블은 길이 方向에 均一한 特性임피던스를 가지도록 製造되어야 한다. 特性 임피던스를 均一하게 하기 爲해서 中心導體와 外部導體의 位置關係를 正確히 安定시켜야 하지만, 이것은 이들 사이의 誘電率을 最小化 시키는 要求와 相反되기도 한다. 結局 적은 誘電率로 中心導體와 外部導體의 位置關係를 正確히 安定하게 確保하는 絶緣構造의 檢討가 同軸케이블의 技術에 關한 가장 重要한 課題이다.

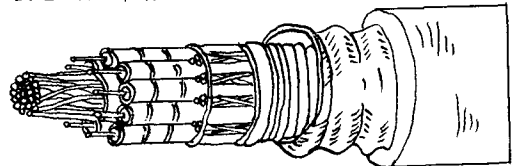


그림 3. 9.5 mm 同軸케이블

(2) 同軸케이블의 發展過程

最初로 開發한 同軸케이블은 6心構造의 것이었으며, 使用 周波數 帶域은 4 MHz 이었다. 그 後 大容量化에 따라 8心, 12心, 18心 등으로 多心化 되었으며, P-4M方式, CP-12M方式, PCM-100M方式에 適用되고 있다.

同軸케이블은 同軸心이 細徑이면 減衰量이 增加하고 中繼間隔이 짧아지지만 트랜지스타 技術의 進展에 따

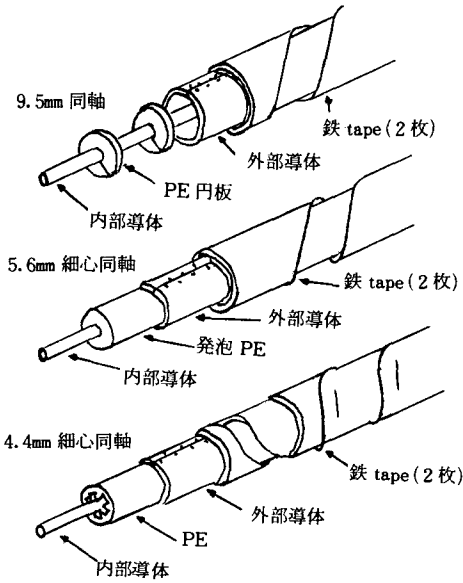


그림 4. 各種 同軸케이블의 絶緣

라 中繼器의 價格이 低廉하게 되어 가늘은 同軸心의 同軸케이블을 使用하는 것이 經濟的이다.

그리하여 外部導體의 內徑이 9.5mm 以後에 5.6mm 및 4.4mm의 同軸케이블이 開發되었다. 同軸케이블에서는 實效誘電率이 적은 絶緣構造를 要求하고 있어, 絶緣方式은 9.5mm 同軸에서는 PE 圓板을 内部導體에 定한 間隔으로 裝着하고, 5.6mm 細心同軸에서는 發泡 PE 을 採用하며, 4.4mm 細心同軸에서는 量型의 小型 PE 圓板을 使用하고 있다.(위의 同軸케이블의 絶緣構造參照.)

同軸心의 構造는 大略 다음과 같다.

표 3. 동축케이블의 구조

명 칭	내 부 도 체 경 (mm)	절 연 체 형 식	외부도체 두께 (mm)	차 페 체 경 (약) (mm)
9.5mm 동축	약 2.6	PE 원판	약 0.3	11
5.6mm 세심, 동축	1.2	발포 PE	0.15	7
4.4mm 세심, 동축	1.18	PE 공형	0.18	5

同軸케이블은 漸次 搬送電話 以外에도 data 通信等 digital 傳送도 하며, 많은 分野에서 同軸케이블을 널리 利用하고 있다. 即 高周波 利用技術의 發達로 各種 同軸케이블은 여러 가지 用途에 實用化되고, 高周波 傳送路로서 同軸케이블에 多採로운 特性이 要求되고

있다. 搬送通信方式에서는 채널數가 增加하면 이에 比例하여 傳送帶域이 넓어지고, 線路의 減衰量은 周波數와 함께 增加하기 때문에 케이블 單位길이當의 減衰量을 減少시키든가, 中繼器의 間隔을 短縮시키지 않으면 안된다. 그러나 傳送周波數가 높아지면, 平衡型 케이블에서는 漏話가 크게 增大되어 使用할 수 없으며, 높은 周波數에서 電氣의 特性이 좋은 同軸케이블이 그의 特徵을 發揮하고 있다. 그리하여 同軸케이블 방식이 採擇되어 各광을 받고 있다.

(3) 同軸케이블의 傳送特性

同軸케이블의 傳送特性 即, 1次 및 2次定數를 求하기 爲해서 다음과 같이 記號를 定한다.

- d_1 (mm); 内部導體의 外徑
- d_2 (mm); 外部導體의 內徑
- f (MHz); 周波數
- g_1 (%); 内部導體의 % 導電率
- g_2 (%); 外部導體의 % 導電率
- ϵ ; 絶緣層의 實效誘電率
- $\tan \delta$; 絶緣層의 實效損失角이라 하면 單位길이 當의 抵抗 R 은

$$R = 8.3\sqrt{f} \left(\frac{1}{d_1} \sqrt{\frac{100}{g_1}} + \frac{1}{d_2} \sqrt{\frac{100}{g_2}} \right) \left[m\Omega / km \right]$$

單位길이 當의 인덕턴스 L 은

$$L = 0.2 \log_e \frac{d_2}{d_1} + \frac{1.332}{\sqrt{f}} \left(\frac{1}{d_1} \sqrt{\frac{100}{g_1}} + \frac{1}{d_2} \sqrt{\frac{100}{g_2}} \right) \left[mH / km \right]$$

單位길이 當의 靜電容量 C 는

$$C = \frac{\epsilon}{18 \log_e \frac{d_2}{d_1}} \left[\mu F / km \right]$$

單位길이 當의 콘덕턴스 G 는

$$G = 2\pi f C \tan \delta \left[\mu\Omega / km \right]$$

同軸케이블은 高周波 傳送線路이므로 그 減衰定數는

$$\alpha = \frac{R}{2} \sqrt{\frac{C}{L}} + \frac{G}{2} \sqrt{\frac{L}{C}}$$

$$= \frac{R}{2Z_0} + \frac{G}{2} Z_0 = \alpha_R + \alpha_G$$

여기서 Z_0 는 特性임피던스로 $Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}}$ 이 된다. α_R 및 α_G 는 各各 抵抗減衰定數 및 漏洩減衰定數라

한다. 上式들에서 보는 바와 같이 同軸케이블의 抵抗은 周波數의 平方根에 比例하므로 減衰定數 $\alpha \propto \sqrt{f}$ 의 關係가 된다. 또 位相定數는 $\beta = W\sqrt{LC}$ 로 求할 수 있고, 傳播速度는 $\mu = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ 로 求할 수 있다. 內外導體徑의 最適比(3.6)에서 임피던스 값은 $76.8\sqrt{\epsilon}$ 이다. 케이블 內外構造의 不均一에 依한 特性임피던스의 不均等은 反射의 原因이 되며, 特히 TV 傳送에서 問題로 된다. 特性임피던스의 不均等의 原因은 實效誘電率의 變動 $\Delta\epsilon_s$, 外部導體內徑의 變動 Δd_2 , 中心導體外徑의 變動 Δd_1 , 中心導體의 偏心 h 等에 있다.

이 特性임피던스의 偏差 S 는

$$S = \frac{\partial Z_0}{\partial \epsilon_s} \Delta\epsilon_s + \frac{\partial Z_0}{\partial d_1} \Delta d_1 + \frac{\partial Z_0}{\partial d_2} \Delta d_2$$

로 表示되며, 普通 d_1 의 偏差는 無視할 程度이고, d_2 와 絶緣體 自體와 그 間隔에 依하여 決定되는 ϵ_s 의 不均一이 問題가 되며, 그 中에서도 d_2 의 偏差는 重要하다.

平衡型線路에서는 漏話는 靜電的 및 電磁的 結合이 原因이 되며, 이 結合에 依하여 發生하는 漏話는 周波數에 比例하여 增加한다. 그러므로 使用 最高 周波數는 數百 KHz 以下로 된다. 그러나 同軸케이블은 그 構造上 電界 및 磁界가 外部에 나가지 않으므로 靜電的 및 電磁的 結合이 생기지 않고, 다만 外部導體의 表面에 흐르는 電流가 다른 外部導體에 流入되어 漏話가 생긴다. 그러나 漏話特性은 周波數가 增加함에 따라 良好하게 되며, 이 點이 同軸케이블이 廣帶域傳送路로 使用되는 最大의 理由가 된다. 平衡型 케이블의 漏話는 一般的으로 遠端漏話<近端漏話의 關係가 있으나, 同軸케이블의 漏話는 遠端漏話>近端漏話의 關係가 있어, 이것이 同軸케이블의 特徵이기도 하다.

3-4. 局內케이블의 技術

(1) 局內케이블의 基本概念

局內 케이블은 主로 電話交換局內의 架間配線, 架內配線에 使用되는 것으로 初期에는 含浸局內 케이블이 使用되었으나, 케이블이 프라스틱化 되면서 이를 使用하지 않게 되었다. 그 後 PVC 콤파운드의 製造技術의 發達, 新可塑劑의 開發에 따라 輕量, 防塵性, 難燃性, 非汲濕性 等 特性이 優秀한 通信케이블의 製造가 可能하게 되었다.

局內 케이블로서는 多條겹쳐서 布線되기 때문에 輕量이고, 케이블의 壓力에 잘 견딜 것, 難燃性일 것, 心線識別이 容易할 것, 耐濕性이 좋을 것 등이 要求되고 있으며, 이 때문에 局內 케이블用 프라스틱 材料는 PVC

를 使用하고 있다. 但, 搬送局內케이블은 電氣的 特性上 PE를 絶緣體로 하고 있다. 心線의 單獨識別은 局內케이블의 性質上 重要한 事項으로 主로 다음과 같 은 方式이 있다.

- Spiral marking; 1~3色의 色條를 絶緣體上에 spiral狀으로 marking 하는 것.
- Dot marking; 絶緣體表面에 數種의 破線을 印刷한 것으로 spiral marking의 欠點을 補完한 反面 識別하기 多少 不便하다.
- Tracer方式; 一般 通信 케이블의 識別方式과 같이 絶緣體의 色에 依해서 區分하는 方式이며, PVC 屋 局內케이블에서 採用하고 있다.
- Print方式; Dot marking과 비슷한 方式으로 絶緣體 表面에 長點, 短點을 印刷하고, 그의 組合에 依하여 識別 한다. Print 局內 케이블에서 利用하고 있다.
- Ring marking; 絶緣體의 全圓周에 ring狀으로 marking한 것이며, 어느 方向에서도 쉽게 볼 수 있다.

(2) 局內케이블의 種類

- Print 局內케이블; 電話局內, 構內交換設備의 配線에 使用되는 音聲回線用이다. 主로 크로스바交換機에 使用하며 心線 單獨으로 識別되도록 되어 있다.
- PVC 屋局內케이블; 市外回線의 音聲用 局內 케이블로서 市外케이블의 局內布線, 搬送回線端末의 音聲部分用 布線에 使用되는 케이블이다.
- 局內成端用 PVC 케이블; 星型構成的 케이블에서 市內星스탈페스케이블 等과 局內에서 接續하여 成端에 使用되는 케이블이다.
- PE-V 搬送局內케이블; 搬送케이블의 成端 및 局內의 配線에 使用되는 것으로 搬送周波數에서 使用되기 때문에 PE 絶緣을 한다. 特性임피던스를 75 Ω로 하는 等 電氣的 特性이 一般局內케이블과 다르다.

이들 局內 케이블의 構造는 大部分 錫鍍軟銅線에 PV C 絶緣을 하고 心線識別用 印刷를 하며, 2個燃 혹은 3個燃한 것을 層으로 配列하여 케이블心을 만들고, 그 위에 灰色의 PVC 外被를 한다.

3-5. Al 被誘導遮弊케이블의 技術

電力線으로 부터의 電力誘導를 防止하기 爲하여 通信케이블에서는 여러 가지 方法으로 誘導遮弊構造로 하고 있으며 市外 PEF-P 誘導遮弊케이블, 市內星鉛被誘導遮弊케이블, Al 被誘導遮弊케이블 등이 開發使用되고 있다. 그중 Al 被誘導遮弊케이블에 對하여만

檢討하기로 한다.

電力線으로 부터의 誘導電壓을 抑制하기 爲하여 Al 被케이블에 鋼帶外裝을 한 誘導차폐케이블을 使用하는 것이 經濟的으로나 技術的으로나 有利하다는 結論에서 Al 被誘導차폐케이블이 開發되었다. 이 케이블은 電磁誘導차폐用으로 使用되기 때문에 차폐層의 電流回路로서의 케이블外被의 導電率이 클 것, 磁氣回路로서의 鋼帶의 透磁率이 클 것이 要求되나, 實際의 케이블에서는 鋼帶 두께를 두껍게 하여 차폐層內의 磁束에 依한 reactance를 크게 한다. 市內 Al 被誘導차폐케이블의 外被構造는 內側으로 부터 Al 테핑, PE 座床, 電磁軟鐵테프, PE 外被 등으로 되어 있으며, 電磁軟鐵의 磁性特性은 周波數 및 磁界의 強度에 影響을 받기 때문에 Al 被誘導차폐케이블은 電界의 強弱에 依하여 차폐效果가 變化하는 特性을 가지고 있다.

그러나 이 케이블은 可撓性, 溫度變化에 依한 熱應力低下 效果의 優秀性, 高電界強度에서의 차폐特性을 改善시킬 必要性이 있다.

3-6. 海底케이블의 技術

(1) 海底케이블의 特徵

海底케이블이 다른 케이블과 根本的으로 다른 點은 布設되는 環境條件이 깊은 海底面이기 때문에 다른 케이블에 要求되는 電氣의 特性外에

- 單位길이의 케이블이 길기 때문에 構造, 軋수의 不均一이 原因이 되는 特性에 對하여 要求가 嚴格하다.
- 海水의 浸入, 海底面의 水圧에 견디는 構造, 材質이 要求된다.
- 洩海部の 潮流, 波, 海底面의 岩盤 등에 依하여 생기는 張力, 振力, 振動, 磨耗 등으로 부터 케이블을 保護하는 防護層이 要求된다.
- 케이블을 布設 또는 障礙修理時 큰 張力에 견디는 強度가 要求된다.

등의 條件을 滿足하는 構造로 되어야 한다. 海底케이블에는 市內케이블, 市外케이블, 同軸케이블 등 3種類가 있다.

市內케이블은 層의 構造, PE 絶緣, PE-LAP 外被의 케이블로 jell 充塡型 케이블을 使用하고, 市外케이블은 PE 充實構造의 quad를 撻合한 것에 外被가 없는 構造이고, 同軸케이블은 PE 充實絶緣型 케이블이 使用되고 있다. 이들 케이블의 外周에는 鐵線外裝이 되어 있어 케이블의 機械的 強度, 磨耗에 對한 防護를 한다. 또한 鐵線에 防蝕層을 하여 潮流起電力에 依한 電蝕을 防止한다.

(2) 海底케이블의 發展過程

海底케이블은 1850년에 英佛海峽에 布設된 것이 始初이며, 當初에는 가다파차(GP)絶緣의 銅線單心構造, 또는 이것을 2~4心 集合한 것에 鐵線外裝을 한 것이다. 그 後 電話用 케이블로서 高阻絶緣鉛被 海底케이블, 紙絶緣鉛被搬送케이블이 開發되었으며, 絶緣材料 GP를 PE로 代替한 PE 絶緣搬送케이블을 開發하였다. 또한 海底케이블의 PE化가 發展되어 市外케이블이 PE 充實 quad型케이블로, 市內케이블이 PE-P型 케이블로 各各 變遷되었다. 한편 同軸케이블은 1965년에 4心同軸外裝케이블이 陸上同軸傳送路의 海峽橫斷部分에 使用된 것이 海底同軸케이블 方式의 始初의 일이며, 그 後 900 channel, 2700 channel 方式의 海底同軸케이블 方式이 採擇 使用되고 있다. 長距離 區間用으로 深海部에서는 無外裝海底同軸케이블을 使用하고 淺海部에서는 外裝케이블을 使用하는 方式이 實用되고 있으며, 앞으로 無外裝同軸케이블의 大口徑化, 市外케이블의 經濟化 등을 目標로 開發될 것이다. 그러나 우리의 境遇는 莫大한 設備關係로 아직 海底케이블을 開發하지 못하고 있는 實情이다.

4. 通信케이블 技術의 展望

4-1. 廣帶域化의 進展

(1) 廣帶域對形케이블의 開發

經濟社會의 發展과 情報化社會의 進展에 따라 電氣通信서비스는 量的으로 擴充되고, 質的으로 多樣化하는 傾向으로 되고 있다. 特히 서비스의 質的 多樣化에 依하여 傳送信號의 廣帶域化, 高品質化가 要求되고 있으나, 既存通信網으로는 漏話에 依하여 心線收容 및 中繼器 利用의 制限, 맨홀內의 space의 不足 등 技術的 및 設備容量으로 問題가 되기 때문에 市內 線路의 廣帶域傳送問題 抬頭되어 오고 있다. 卽 一條의 케이블方式으로 video 傳送이 可能한 케이블의 開發로 傳送損失의 抵減, 良好한 漏話特性, 多對化 등을 期待하는 것이다. 4 MHz에 있어서 損失이 20 dB/km인 廣帶域對形케이블(一名 low loss cable)의 경우 그 特徵을 보면, ① Quad內의 漏話問題로 對形케이블로 하고, ② 一條方式을 前提로 하여 近端漏話 때문에 遮폐tape를 감은 unit 構造로 하며, ③ 低容量(31.5 nF/km), 高임피던스(140 Ω), 減衰量의 低減 등으로 되어 있다.

이 케이블에서는 良好한 傳送特性을 가지면서 收容對數를 增大시키는 것과 遠達漏話減衰量을 減少시켜야 하므로 unit內 全對의 撻程을 다르게 해야 한다.

이 케이블은 漏話特性이 좋고, 減衰量이 좋기 때문에 低中容量 digital 傳送方式에의 經濟的인 適用可能

性이 있으며, 앞으로 digital 傳送方式의 導入에 期待된다.

(2) 市內同軸 케이블網

CATV, CCTV 等의 共通 service 多數 分配形式의 새로운 서비스에 對應하기 爲해서는 數百MHz까지 傳送할 수 있는 傳送路로서 傳送容量이 큰 市內同軸 케이블網이 構想되고 있다. 市內同軸 케이블의 特徵은 케이블의 製造技術과 配線網 構成上으로 나누어 볼 수 있으며, 케이블의 製造技術의 特徵은 幹線用 케이블을 低損失 構造로 하기 爲하여 中心-外部導體間의 絕緣體에 PEF에 의한 一重構造 또는 發泡포리스티플과 PE에 의한 二重構造를 使用한다. 또 配線網上의 特徵은 大規模 CATV network에의 適用을 考慮하여 system의 配線構成上 分岐部分이 많아지고, 中繼器의 監視信號를 同軸 케이블의 中心-外部導體間에 重疊시켜 傳送하는 것이 不可能하기 때문에 그 對策이 必要하다.

(3) 新型同軸케이블

新型同軸케이블은 大口徑同軸케이블, 超電導同軸케이블 등이 있으며, 이들은 現在의 同軸케이블을 基本으로 하는 것이며, 多重化하여 傳送帶域이 넓을 때 傳送損失의 增加를 同軸心을 굵게 하거나 金屬의 超電導現象을 利用함으로써 避하는 것이다. 大口徑同軸케이블의 境遇는 傳送損失이 同軸心の 直徑에 逆比例하기 때문에 中心導體外徑 및 外部導體의 內徑을 各 各 5.5 mm, 20 mm로 하면 傳送速度가 1.2 G bit/s의 PCM 傳送에서도 1.5 km 程度의 中繼間隔으로 된다.

超電導 同軸케이블은 金屬을 絕對溫度에서 零度附近까지 冷却시키면 超電導現象을 일으키고 導體抵抗이 零에 가까운 性質을 利用하는 것으로 同軸心을 極히 가늘게 해도 高周波에서의 傳送損失은 적고 PCM 傳送方式에서 1.6 G bit/s의 傳送速度의 境遇 250 km 程度까지 無中繼傳送的 可能性이 있다.

4-2. ミリ波 導波管 線路

앞으로의 새로운 傳送媒體로서 ミリ波 導波管을 들 수 있다. 이것은 圓形導波管을 使用하여 TE₁₁ mode를 傳送하는 것으로 導波管의 直徑이 波長에 比하여 훨씬 크게 되면 傳送損失이 極히 작아지는 特性이 있기 때문에 大容量에서 低損失의 傳送路를 構成할 수 있다.

TE₁₁ mode의 이와 같은 特性은 일찌기 理論적으로 밝혀졌으나 導波管의 製造技術, ミリ波의 發振技術 等의 問題로 實用化에 長時間이 所要되고 있다.

표 4. 주요 도파관과 그의 목적

도 파 관	사 용 목 적
51 mm ϕ 유전체내 도파관	150 mm ϕ 방호강관, 동도내의 일반 직선부의 혼용선로
40 mm ϕ 도파관	기설관로 이용 도파관 선로
Single Corner 도파관	Manhole 내, 동도내에서의 굴곡부
Double Corner 도파관	〃

ミリ波 導波管線路는 布設眞直度, route 形狀에 依하여 傳送特性이 變化하기 때문에 線路構成에 있어서 眞直性を 증거 할 必要가 있다.

4-3. 光纖維 케이블의 技術

(1) 緒 言

앞으로의 傳送媒體로 各 方面에서 注目하고 精力의 으로 研究되고 있는 것으로 光纖維 케이블이 있다. 光纖維는 core 라고 하는 屈折率이 높은 誘電體의 結에 clad 라고 하는 屈折率이 낮은 誘電體를 配列 한 것으로, core 內에 光에너지를 傳送하는 方式이다. 1966 年에 英國의 Dr. Kao 가 光纖維케이블을 通信에의 利用 可能性을 提示한 以來 1970 年에 美國의 Corning Glass 社에서 20dB/km의 低損失 光纖維를 開發하여 光纖維의 通信에의 適用이 現實的인 研究課題로 되었다. 그 後 美國, 日本 等 各國에서는 光纖維製造技術의 確立, 低損失化, 廣帶域化 等 傳送特性의 改善, 光纖維 素線의 케이블化, 接續方法, 發光 및 受光素子 等에 對하여 研究開發을 繼續하여 오고 있다. 이 努力의 結果 波長 1.2 μ m에서 0.3 dB/km의 光纖維의 試作에 成功하였다.

光纖維케이블은 從來의 銅케이블과는 傳送特性, 機械의 特性의 面에서 基本的으로 다르며, 그 特徵을 살펴보면 다음과 같다.

- 從來의 銅케이블과 比較하여 傳送損失이 極히 작고, 傳送帶域도 크기 때문에 長距離 大容量 傳送路를 構成할 수 있다.
- 長波長 領域에 低損失 領域이 있어 長波長의 發光素子가 開發되면 中繼間隔이 크게 延長될 수 있다.
- 漏話 및 外部誘導障得을 無視할 수 있다.
- 傳送特性의 溫度變化가 極히 작다.
- 光纖維는 外徑이 가늘기 때문에 同軸케이블에 比하여 多心化가 可能하다.
- 輕量이고 可撓性이 좋아서 取扱하기 容量하고 布設作業에서 便利하다. 위와 같은 特徵을 가지는 反面에 다음과 같은 問題를 考慮하지 않으면 안된다.
- 適當한 被覆方式으로 保護를 하여야 한다.

- 外力에 依하여 光纖維에 micro bending이 發生하여 傳送特性이 變化하는 念慮가 있다.
- 光纖維의 傳達, 接續에는 高精度의 技術이 必要하다.
- 光섬유는 電力傳送이 되지 않기 때문에 中繼器用 給電線이 必要하다.
- 光섬유의 傳送特性은 從來의 케이블과 다르기 때문에 測定에 高度의 技術이 必要하다.
- 光섬유의 布設張力を 確保하기 爲하여 光섬유케이블에는 tension member 가 必要하다.

(2) 光纖維의 種類

光纖維는 屈折率의 分布에서 step index型和 grade index型的 二種이 있다. 前者는 屈折率이 徑方向으로 階段狀으로 變化하고, 後者는 連續의으로 變한다. 한편 光의 傳播모드로부터 single mode와 multi mode 光纖維로 分類된다. 여기서 傳播모드는 光섬유內에서의 境界條件을 基本으로 Maxwell의 電磁方程式을 解得하는 固有解에 對應하는 것으로 光纖維內에 獨立해서 存在할 수 있는 電磁界分布이다. Single mode 光섬유에서는 多數의 모드가 傳播된다. 現在 主로 많이 開發되고 있는 것은 step index型 multi mode 光섬유, graded index型 single mode 光섬유, graded index型 multi mode 光섬유의 三種이 있다.

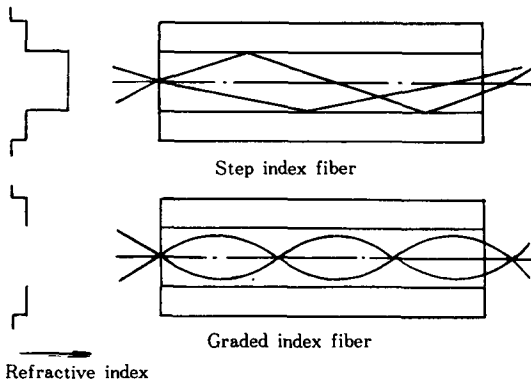


그림 5. Structures of optical fibers

(3) 光纖維의 傳送特性

光纖維의 傳送特性은 使用材料 및 構造 parameter인 屈折率差, 屈折率分布形, 코아徑, 開口數 등으로 決定되며, 一般의으로 傳送損失과 帶域幅으로 表示한다. • 傳送損失; 光纖維 固有의 損失인 散亂損 및 吸收損失과 製造以後의 損失인 構造不安全 및 屈曲에 依한 損失, 接續損失 등을 傳送損失로 들 수 있다. • 傳送帶域; 傳送損失이 光의 直流의 損失에 相當하는

것에 反하여 傳送帶域은 光의 交流의 損失이다. 傳送帶域 特性은 受信端에 있어서 信號의 歪에 關聯되는 量이며, 主로 光섬유內의 굴절율分布 現象과 core 및 clad間의 屈折率差에 依하여 決定되며, 모드分散, 材料分散, 構造分散에 起因된다.

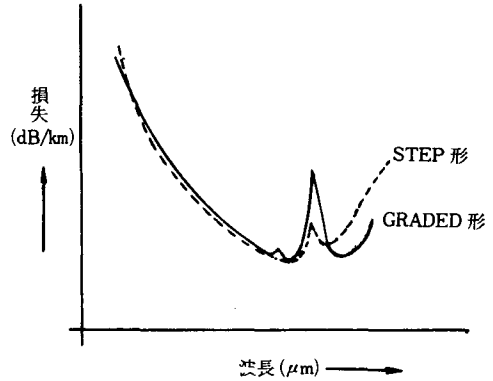


그림 6. 石英系 光 fiber의 損失波長 特性

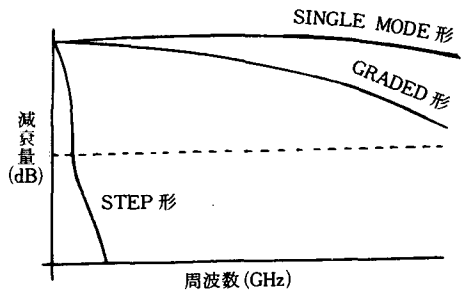


그림 7. 傳送帶域 特性圖

(4) 光纖維의 製造

光纖維의 製造工程은 preform의 製造, drawing, coating의 3段階로 되어 있으며, 이 過程에서 母材의 선택, 屈折率 制御, 코아徑, 外徑, 編心 등의 制御 技術, 光섬유의 外傷防止가 重要視되고 있다.

製法으로 外付 CVD法, 內付 CVD法, VAD法 등이 있으며, 이에 對한 詳細記述은 省略한다.

光섬유의 케이블化에 있어서는 光섬유의 特徵을 充分히 살려서 傳送特性, 機械의 特性上 安定한 構造로 하여야 한다.

光섬유케이블의 構造를 決定하는 要因은 光섬유素線의 構造, 適用시스템과 트래픽으로부터 決定되는 必要心線數, 給電方法, 接續法, 機械의 外部條件 등이다. 케이블의 構造는 從來의 케이블과 같이, 層型 또는 unit型和 美國에서 開發한 리본테프의 多層構造에 依

한 高密度化한 것으로 大別된다.

(5) 光纖維의 周邊技術

光섬유에 對한 周邊技術로서 接續 및 測定技術을 들이 살펴본다. 光섬유의 接續은 光섬유 相互의 接續, 콘넥타接續, 光섬유와 光素子와의 接續 등으로 나누어 볼 수 있다. 光섬유 相互의 接續에서는 單心接續과 多心接續으로 보며, 前者의 境遇 融差接續 V溝接續, sleeve接續, 三心固定接續이 提案되고 있으며, 後者の 경우 케이블의 構造와 깊은 關係가 있어 많은 研究가 進行되고 있다.

光섬유의 接續에서는 高度의 精密度가 要求되며, 接續損失을 可及的 減少시키는 方向으로 光섬유의 切斷, 切斷面의 精度, 經年特性等의 要因을 考慮하면서 많은 檢討가 進行되고 있다.

光섬유의 傳送特性의 測定에는 振動을 避하고 光섬유 相互의 軸을 一致시키기 爲하여 精密한 setting을 爲할 必要가 있으며, 測定法의 簡易化 및 改良에 對한 研究와 測定機器의 開發에 傾注하고 있다.

(6) 光纖維케이블 方式의 適用

光섬유케이블을 利用한 通信傳送方式은 長距離基幹回線으로부터 市內配線網에 이르는 基本網 外에 海底케이블, 廣帶域專用網, 局內配線網 등을 들 수 있다.

傳送方式은 analog, digital의 兩方式이 可能하며 光纖維의 廣帶域特性을 有效하게 살리고, 光素子의 非直線性, 將來의 digital網에의 移行을 考慮하면 基本的으로는 digital方式에의 適用이 有利한 것으로 생각된다. 光섬유케이블의 方式은 光섬유케이블의 價格, 中繼裝置의 價格, 中繼間隙等 아직도 未確定된 要素들이 많으며, 앞으로 解決해야 할 研究課題이기도 하다.

5. 國際委員會의 動向

國際 規格을 決定, 推進하는 CCITT와 IEC에서의 케이블에 關한 動向을 簡單히 살펴본다.

5-1. CCITT의 動向

CCITT의 線路技術에 關한 研究委員會는 SG 5, SG 6, SG 15 등이며, 其中 케이블에 關聯된 SG 15의 活動概略은 다음과 같다.

• Analog 傳送을 爲한 케이블

既存 및 新 analog 傳送方式과 海底同軸傳送方式의 同軸케이블의 電氣의 特性, 試驗項目, 測定法에 對하여 檢討되었다. 特히 임피던스 不均等의 測定法, 規格値가 檢討되고, 減衰量, 漏話問題 등에 對하여도 論議되었다. 또한 9.5mm 同軸케이블과 同等한 性能을 가지는 新型의 同軸케이블과 大口徑同軸케이블로 代表되는 60 MHz 以上の 方式用 케이블의 標準化도

檢討對象으로 되고 있다.

• Digital 傳送用 케이블의 特性

Digital 傳送用 케이블로서는 平衡對케이블, 細心同軸케이블, 同軸케이블 등이 考慮되며, 各種 傳送方式에 對한 케이블의 規格이 論議되었다. 平衡對케이블에 對해서는 同一케이블에 雙方向의 回線을 收容하는 것과 片方向의 回線단을 收容하는 二種의 케이블을 檢討하였고, 同軸케이블에 對해서는 이미 標準화된 4.4mm 및 9.5mm 同軸케이블을 digital 傳送용으로 適用할 것을 檢討하였다.

• 光纖維케이블

새로운 課題로서 光섬유케이블을 檢討하게 되었으며, 當面問題로서 測定法의 標準化, 光섬유의 各種構造, 칫수에 對한 規格化 檢討가 있으며, 今年初의 會議에서는 現在 우리 나라에서 研究開發중인 光섬유케이블에 對하여 紹介된 바 있다.

5-2. IEC의 動向

IEC 中에서 通信케이블을 取扱하는 專門委員會는 TC-46이며, 이 委員會에서는 公衆電氣通信網에 使用되는 것은 除外되었다. 따라서 IEC의 케이블規格은 局內使用分이 主體가 되며, 難燃性を 考慮한 PVC 絕緣, 外被를 使用한 局內케이블, 絕緣電線의 規格化 作業이 推進되고 있다. 그러나 約10年 前부터 TC-46의 方針이 크게 變하여 PE 絕緣, 外被케이블의 規格化를 推進하여 CCP케이블, PIC케이블, PEC케이블 등이 새로 開發되었으며, 많은 好評을 받고 있다.

6. 結 論

以上 檢討한 바와 같이 單純한 것으로 生覺되는 通信케이블은 긴 歷史와 複雜한 要因들을 가지고 있으며, 그 時代의 背景에 依하여 最適化를 圖謀하고 新技術을 開發, 實用化하여 오고 있다.

앞으로 電話以外에 data 通信, 畫像通信 등 서비스의 多樣化가 期待되며, 이에 對應하여 柔軟性 있게 對處하여 나가야 하는 重大한 課題를 안고 있다.

임피던스, 損失 등 各特性의 最適化, digital 傳送一이 可能하도록 同軸케이블을 主體로 한 大容量性, 廣帶域性에의 研究가 繼續되어야 하며, 光纖維 케이블에 對한 研究開發도 活潑히 推進될 것이다.

通信設備中에서 가장 基本設備인 通信케이블의 技術開發을 통해서 急増하는 通信需要에 圓滑하게 對處하여 福祉國民의 文化生活에 寄與하여야 할 것으로 본다.

여기에서 檢討된 內容은 紙面關係로 깊이 있게 다루지 못한 點도 있으며, 筆者와 關聯되거나 關心 있는

分野만 取扱되었기 때문에 앞으로의 展望에 있어서 容觀性이 缺如된 點도 있겠으나 널리 諒解하여 주시기 바란다.

參 考 文 獻

1. 橋 本 ; 通信用ケーブル, 電氣通信協會發行.
2. 小 島 : 通信ケーブル의 現狀と動向, '電子通信學會誌' Vol. 61, No. 12 (1978年 12月).
3. 染 谷 ; 電子通信技術의 將來展望, 電子通信學會誌 Vol. 62, No. 8 (1979年 8月).
4. 光ファイバ小特集, 電子通信學會誌 Vol. 59, No. 7 (1977年 7月).

5. 具 淵 ; 多樣化するケーブル技術, 施設誌 Vol. 29, No 4~5 (1977年 4月, 5月)
6. 同軸傳送方式 20周年記念特集, 施設 Vol. 28, No. 10 (1976年 10月).
7. 日本 古河電工時報 No. 68 (1980. 3).
8. 申龍徹 ; 有線通信工學, 文運堂發行.
9. Proc. of the 27th International wire and Cable Symposium (1978).
10. Proc. of the 28th International wire and Cable Symposium (1979).
11. Proc. of the 29th International wire and Cable Symposium (1980).

♣ 意 思 決 定

意思決定이라는 말은 現代經營學에서 많이 쓰이는 말로서 未來의 行動方案을 選擇 또는 決定케 하는 行爲로 解析된다. 그러나 決定과 選擇을 어떻게 解析하느냐에 따라 意思決定에 관한 理論的 研究方向的 差異가 생기게 된다. 즉 記述的 決定理論 (descriptive decision theory)와 規範的 決定理論 (normative decision theory)의 見解차이며 前者를 decision making, 後者를 decision theory 라고 부르게 된다.

記述論的 觀點에서 보아 意思決定이란 未來의 行動方案을 人間의 意識的 判斷에 의해서 選擇케 하는 行爲로서 보다 구체적으로 表現한다면 特定한 行動方案을 얻기 위해 決定者의 主觀的 選好의 評價에 따른 決心 또는 決斷을 隨伴케 되는 選擇行爲로서 理解된다. 이 경우 決定者의 意識的 判斷에 의한 選擇은 決定과 同一語로 使用된다. 그러나 規範的 觀點에서 본다면 行動主體의 主觀的 判斷에 의한 決定에 앞서 代替的 行動方案의 檢證可能性, 合理的 決定方案 등의 提示로 決定에 이르도록 하는 行爲를 選擇理論의 主對象으로 하고 있으며 決定은 選擇過程에 있어 最終的 行動方案이 檢證될때 選擇과 同一視된다. 意思決定은 行動을 誘發하게 되는 決定狀況이 分明치 않거나 行動의 決心을 強要받음에 行動에 앞서 취하여 지는 行爲이다. 不分明한 決定狀況의 存在가 本質的으로 意思決定을 要求하게 되어 意思決定의 問題를 誘發시키게 된다. 이에 決定狀況

이란 決定者가 目的達成을 위해 制限된 資源의 活用範圍內에서 統制可能要素와 統制不能要素의 結合狀態를 뜻한다. 이와 같은 決定狀況을 어떻게 認識하고 評價하느냐에 따라 意思決定의 合理化程度가 測定된다고 할 수 있겠다. 한편 Herbert A. Simon 은 意思決定을 다음과 같은 3가지의 基本的 過程으로 區分하고 있다. 즉, 意思決定을 위한 機會發見, 可能한 行動方案의 發見, 代替的 行動方案中 最善의 方案選擇으로 大別하고 있다. 여기에서는 意思決定과 意思決定過程을 同一視하고 있으며 이와같은 段階의 區分은 意思決定이 單純히 最終段階인 選擇過程만을 包含할 것이 아니라 이段階에 이르는 全體的 過程을 包含해야 된다는 것을 強調하고 이 機能을 管理過程을 包括하는 中心으로 보게 된 것이다. 또한 Simon 은 以上の 3段階를 다음의 3가지 活動으로 分類하고 있는데 첫 段階인 意思決定을 要求하는 條件에 대한 環境探究로서 機會發見段階를 情報活動으로, 둘째 段階인 可能한 行動方案의 考案, 開發, 分析으로서 發見段階를 設計活動, 셋째 段階인 最善의 方案을 選定하는 段階를 選擇活動으로 分類하고 있다. 以上の 各 段階는 特定한 意思決定에 있어 그 自體가 複雜한 意思決定 過程을 形成하므로 이들 段階의 循環은 複雜하게 된다. 그러나 組織的인 意思決定過程으로 이들 段階를 明確히 區別할 수 있다.