U.D.C. 621.395.342

電子式自動交換機の諸問題

Problems Concerning Electronic Automatic Telephone Exchange

高田昇平*

内容梗概

必然的にそこに行かねばならないと方向的には一致しながら，その方法においては諸説紛紛としている電子交換の問題について，各国で現在非常な勢で行われている研究の概要を述べ，もつとも問題となる構成要素について筆者の考えと将来の見通しに言及した。

〔I〕緒言

従来各都市で使用されている自動交換機は機械的な方法で，たとえば上昇・回転運動によつて端子と端子とを文字通り接続せしめるものである。かかる機械的方法が何十年という間実際に使われてきたのであるが，機械部分の磨耗，接点の損耗，継電器調整の絶えざる保守など面白くない点があり，また一方真空管，トランジスタなどいわゆる電子装置が開発されてきたのでこれらを使つて機械部分を取除こうという夢は多くの人々によつて抱かれたことと思う。たとえば真空管とかトランジスタを継電器の代りに使えないだろうか。あるいはブラウン管で使つているような電子線を使つて選択なり接続なりをすることはできないであろうか。これらの着想は色々考えられるが何分にも広く行き渡つた現用の機械的な自動交換方式にとつて代るためには，よほど確実・安定・長寿命であつて経済的にも引合い，性能としても格段の相違があるものでなければならない。部分的にはかなり面白いと思われる着想が現実に実らなかつたのはそのためであろう。

また，交換機関係の技術者は膨大な加入者群を考える代りに部品としては比較的単純なものを使う習慣がついているために真空管およびその回路の技術にはあまり習熟する必要がなかつた。また，その逆に真空管・トランジスタの取扱いになれた無線技術者は交換機回路をほとんど知らない。これを両方組合せることにはかなりの困難をともなう。しかし近来 counter 回路，digital computer などで電子管あるいは半導体素子を ON-OFF 回路として使用することが盛んになつてくると同時に自動交換機を電子化することも各方面で検討されはじめた。かかる電子式自動交換機を実現するに当つてどういうことが問題となるか。これは勿論実際に試作してみなければ明瞭にならないが，現在の段階で一応の考察を試みることとした。

〔II〕方式

現在ひろく使用されている機械的な自動交換機の欠点を機械的に改良すべくクロスバー交換機が出現した。これについてはべつの論文で詳述される筈であるが機械的な運動をかなり減らしている。同時に機能上にも劃期的な改良が行われている。すなわち従来のものは手探りのごときラインファインダとダイアリングによるセレクタ・コンネクタの直接駆動によつて発信者のいわゆる『紐』がのびて被呼者に達するのであるが，新しい交換においては発信者および被呼者の番号を識別しかつ記憶し，空いているリンクおよびトランクを探して接続するのである。あたかも一人の交換手が発信者の要求を満足せしむるがごとき動作が自動的に行われるのである。前者をステップ・バイ・ステップ方式と称し，後者を全共通制御方式と称する。もつともこの両者の中間に位いする部分共通制御方式がある。これはダイアルの一数字毎に制御してやるもので一部に現用されている。

電子式自動交換機においても色々な方式が考えられるが，根本的な考え方すなわち話をしたい人と相手とを他に漏れぬような条件で第三者（交換機）が接続するということに変りはない。しかしその動作の迅速性を利用して交換機械特にその制御部分を極力共通に使うようにして設備費の低減を計ることが望ましい。この点から見ればステップ・バイ・ステップの方式よりも全共通制御方式のごとく接続進行を制御するいわゆるマーカを備える方が有利のように思われる。また，後述するごとく，制御関係は電子式に置き変えてもそれ程の欠点はでてこないが，接続部についてはいまだかなり困難な点があるので，たとえばクロスバー・スイッチとの共用によつて電子式交換を実現するということも考えられる。

今日までに発表されたいわゆる電子式自動交換機についていえば，まず我国逓信省で実験されたサイラトロンを用いた全電子管方式[1]が諸外国に先んじたものであつた。しかしその後調査研究を中止された模様である。外国においては，ベルギーで ME 式 (Mechano-Electronic Automatic Exchange) なる実験局を作つた[2]。これはその名の示すごとく制御関係のみに電子管を用い接続部にはマルチ・スイッチを用いている。イギリスのロンドン郊外にできた実験局は全電子式で真空管とネオン放電管を用い，時分割多重通信の方式を取り入れて制御を行

* 日立製作所中央研究所

つている[3]。また，スエーデンのエリクソン社が1953年にヘルシンキ交換局に冷陰極放電管とトランジスタを用いた加入者識別装置を納めている[4]。また，最近ベル研究所において引続いて二つの電子制御自動交換方式を発表した[5],[6],[7]。一つは ECASS 方式 (An Experimental Electronically Controlled Automatic Switching System) といい，もちろん共通制御であるが変つているのは相手番号の釦を押したあとに送受器を挙げることである。すると数字は一旦時間間隔に変換されて局に到達し，飜訳されて接続回路網を動作せしめる。接続回路網はクロスバーと同様なラインフレームとトランクフレームよりなり，冷陰極放電管とリード・リレーと称するガス封入型の密閉されたリレーによつて接続が行われる。それに引続いて発表されたものが DIAD 方式 (Drum Information Assembler and Dispatcher) である。これは普通の送受器を用い，そのダイアル・パルスを磁気ドラムで一旦記憶し，これを中継線ドラムに転送して中継線を決定し接続回路網を制御するのである。接続回路網はやはりリード・リレーと冷陰極放電管を使つているがその接続は MACTOR (Matcher-Selector-Connetor) の動作によつて行われる。

終戦後の我国における研究としては数年前より大阪大学において全電子式交換機の研究が進められている[8]。これは冷陰極放電管を用い共通制御方式をとつている。また，東大理学部高橋研究室の後藤氏の発明にかかるパラメトロンを使つた電子式交換機が電々公社の電気通信研究所において試作された[9]。これは接続部にはクロスバー・スイッチを用い，共通制御部にパラメトロンを使つている。また，クロスバー・スイッチの駆動には熱陰極放電管が用いられている。

〔III〕 接続要素

交換の主たる要素は接続である。これを電子化するにはどんなことが問題になるであろうか。まず真空管を考えてみる。格子の制御によつて真空管を導通状態にしたとしても真空管の内部抵抗は非常に高く，回線中に真空管を挿入することはちよつと考えられない。これと同じ理由によつてラインファインダ，セレクタなどと類似の形態をブラウン管式の電子線ビームを用いて形成せしめるという考え方も，そのままの形では到底実現性がない。電子流そのものを接続に使うことは望みが薄いが，電子流を使つて他の回路を接続せしめるということは考えてみる価値がある。電子流が当らなければ導通がないが，当れば導通するというような材料はないだろうか。十数年前著者は半導体に電子流を衝突せしめてその抵抗の変化を交流ブリッジで測定したことがある。当時の実験では到底 ON-OFF といえる程度の変化はえられなかつた。戦後いわゆる induced conductivity の実験が少しずつ発表されており，こういう技術の開発の可能性も決して皆無ではないと考えられる。この induced conductivity は束縛電子の電導レベルへの飛躍，あるいは占有レベルにおける正孔の出現に帰せしめられる。正孔の射入により他の電極間の電導度が増すことはトランジスタの原理そのものである。電子線に包含されている電子自身が直接電導帯に投入されただけでも接続端子間に導通を生ぜしめる可能性がある。

あるいは真空中に相対向せしめた二つの電極板間の空間に電子ビームを投入してもよい。導通に関与する電子が少くても両電極にかかる電圧変化に対する電流の変化が大きければインピーダンスとしては低い訳でこれは電極の構造いかんによつて実現性がある。

電子ビームの代りに光のビームを用い，一連のフォト・トランジスタ群から選択導通せしむることも実現の可能性がある。あるいは磁界と半導体の組合せも考えられる。これらの可能性は大いに今後の研究に待たれる事項であろう。

真空管の内部インピーダンスを極力低下せしめる一方法としてガス放電の利用が広く行われている。熱陰極を用いたサイラトロンは制御電圧も低く継電器の電子管化としては好適と考えられるが，使用中の特性変化，従つて寿命という点で果して満足されるかどうか。一層の改良が必要なのではあるまいか。また前述の逓信省の研究結果によれば放電に基づく雑音の発生がかなり問題になつている[1]。そのほか，あらゆる継電器をサイラトロン化した場合の陰極加熱用の電力も馬鹿にならない。最近具体化された電子式交換機は冷陰極放電管をもつぱら用いている。加熱電力を要せぬ点は非常に有利であるが放電々圧の変動，寿命，雑音などに関しては依然今後の問題として残されている。もつとも単純な型の冷陰極放電管は陰極と陽極とトリガー電極とをそれぞれ1個ずつ有し，トリガー電極を制御用とし陰極—陽極間を導通用とする。そのほか，トリガー電極を2個設け "AND" 回路として用いうるもの，補助陰極を設けて放電の安定化を計つたもの等々，色々の変形があるがこれらの詳細は専門書にゆずりたい[10]。ただ最近各方面で用いられてきたものにデカトロンがある。これは多くの電極を有し，その配列と電圧印加の方法を適当にして導通状態を順々に次の電極に送ることができるものである。ただし現在では制御要素として使う方が有利であろう。

ごく最近 RCA から Transfluxor なるものが発表された[11]。これは矩形ヒステリシスを有するフェライト材を用い，一つの無磁界安定点から今一つの無磁界安定点

へ，駆動パルスによつて遷移せしめる際の電磁誘導によつて外部回路に電流を流すものであるが，遷移を起すフェライトの断面積を音声で変調することができる。そしてさらに偏倚によつてその作用を消滅することもできるので音声電流の導通を ON-OFF することができる訳である。

〔IV〕 制 御 要 素

上述の接続要素に用いられるものは当然制御要素として用いられる訳である。これは従来の制御要素はすべて接続によつて行われていたことを考えればきわめて明白である。しかし電子式自動交換においてはかならずしも接続要素を用いなくとも制御が可能であることがその大きな特長の一つである。制御要素の形式としては計量的なものと計数的なものとがある。従来の自動交換の観念としてはほとんど計数的なものであるが決して必要条件ではない。前述の方式の項で述べたようにECASS方式では途中に『時間々隔』という計量的数値を含んでいる[5]。希望する数値にたとえば0ないし9を指示する計量方式は直接的であり簡単であるが，計数方式に比べると一般に確実性に乏しい。二つの状態を識別できる現象ならなんでもよい。もつとも簡単で確実なものをえらぶべきであろう。ただし計数方式にも上記の二つの状態をそのまま一つの単位とする二進計数方式のほかに，一般にn進計数方式が可能である。接続要素の項で述べたデカトロンは十進計数法の代表的なものといえよう。しかし各電極においては ON と OFF の二つの状態をとるにすぎない。ここでは話を計数方式のみに限定することにする。

まず，真空管を用いたいわゆる flip-flop 回路がある。これは二つの三極管を対にして用い，お互の格子をおのおの相手の陽極に接続してある。片方の三極管に飽和陽極電流が流れる時はほかの三極管の陽極電流は cut off 以下となる。それが次の入力パルスによつて二つの三極管の電流状態が入れ代るのである。つまりこの場合一方の三極管についていえば陽極電流が zero と飽和値との二つの状態をもつているわけである。この回路はトランジスタを用いても形成できる。接合トランジスタの場合は2個の三極真空管とまつたく同じであるが，点接触トランジスタの場合は1個のみでいわゆるN字特性を持つており安定点が二つある。これを利用して正負の識別ができる。ただし点接触トランジスタは接合型に比し動作に不安定な点があるので交換機に使用するに際しては検討を要する。

デカトロンを含めて，放電現象を利用するものは接続要素の項で若干述べたのでここには触れないが当然制御にも用いられる。

次に磁性材料を用いるものについて述べよう。矩形ヒステリシスを有するフェライトあるいは DELTA MAX のごとき磁性材料の上部安定点（正磁場を加えた後の残留磁束）と下部安定点（負磁場を加えた後の残留磁束）とを二つの状態とすることができる。この状態を次段に送るには駆動用負パルスによつてたとえば上部安定点から下部安定点に落し，その際の flux 変化を別のコイルで電圧として拾つて次段の励磁を行わしめる。これはかならずしも磁性材料でなくともチタン酸バリウムのごとき強誘電体を用いても実現される。また，前述の Transfluxor をチャンネル・セレクタとして使用できることが示されている[12]。かかる磁性材料のこの方面への応用は注目すべきものがある。

わが国で発明されたパラメトロンもその代表例であるが，ちよつと変つた形で ON-OFF を区別している。すなわちパラメトロンは全数を3群にわけて一定周期で順次励振されているが，その振動の位相として二つの状態をとる。これを0, π とする。たとえば OFF を0とし ON を π に対応せしむればよい。今，一つのパラメトロンに二つの入力 A, B があり，そのほかに標準入力を一つ入れてある回路を考える。標準入力の位相が0であれば A, B ともに π である時にかぎり出力は π，すなわち ON となる。また，もし標準入力の位相が π であれば A, B のうちいずれかが π であれば出力は π，すなわち ON となる。前者は "AND" 回路，後者は "OR" 回路となる。以上はパラメトロン使用の一例にすぎないが，継電器回路のほとんどすべてをパラメトロンで形成することが可能である。

制御要素として安定なる動作を行うためにはいうまでもなく ON の状態と OFF の状態がハッキリ区別されることである。継電器ならば感動値が不足では困る。接点にゴミがはさまつては困る。真空管ならばその電子放射が不足して十分な電子電流がえられず電圧降下が足りないと OFF から ON に移らない。パラメトロンにしても入力電圧が足りなければ希望どおりの位相の出力がえられない。かくのごとく要素の特性の規定が必要である。

これら要素の製造者はその特性が管理限界内にあることを保証し，回路設計者はいかなる特性の範囲の要素を用うればその回路が確かに動作するかを検討し，回路製作者および保守者は使用せんとする要素が十分その動作範囲内の特性をもつているかを検査する必要がある。このことは近代の電子工業技術の根本原則であつて，これが守られるならば従来の接触接続による制御要素は完全に電子装置に置き代えられるに違いない。

〔V〕 電子交換の将来

電子交換が将来有利であることはすでにあきらかであろう。各国の情況を見ても本格的な研究が行われている。しかしこれがどういう形に纒まるかは予断をゆるさない。電々公社通研の喜安氏の談話[12]によれば,「各国ともいまだフン切りがつかない状態にある」様子である。電子管に自信を持つたオランダのフィリップス会社のごときところでは冷陰極放電管を使えばあるいはほかよりもつとも有利に電子式自動交換機ができ上るかも知れない。しかし公衆用として果してこれを発展させて行くべきであろうか。もつと安定・確実・安価な方式がすぐ現れるのではないだろうか，という疑問が起る。たとえば半導体，フェライトなどの組合せでうまくゆくのではないか，という考えがすぐ起る。自動交換機の性質として方式の決定は当然慎重を要するが，逡巡はそれだけ旧機械的方式の拡充となつて眼に見えない損失を積重ねることにならないとも限らないので大局から見た経済的判断は急を要するものと思う。

著者が電子交換に興味をもつたのは，通信の冗長度によるチャンネルないしルートの不必要な占拠を電子切替によつて救済したいと考えたからである。普通の音声においてもこちらからしやべつていない時，母音の同波形の繰返しの時，チャンネルはほかにゆずつてもよい。テレビ電話についても同様のことがいえる。電子交換技術の発展は単に現在の機械的交換機を電子式にするだけにとゞまらず，もつと大きな将来性を蔵しているように思う。これをもつて本稿の結言としたい。

この問題について理解ある御助力を賜つている日立製作所中央研究所菊田所長，浜田主任研究員，具体的諸問題について御指導御激励を賜る日立製作所通信事業部渡辺技師長はじめ関係各位に対し厚く謝意を表す。また，常々種々御討論と御協力をして下さる吉田足夫，渡辺順平，安藤文雄，井立義春，島田正三，萱島興三の諸氏に感謝する。

参考文献

(1) 電々公社編： 自動電話交換二十五年史 上巻 450頁 昭和28年
(2) J. Kruithof: Mechanoelectronic Telephone Swithing System, Elec. Com. Vol. 31 107 June. 1954
(3) F. Scower: A Small Experimental Electronic Automatic Telephone Exchange, P. O. E. E. Vol. 47 April, 1954
(4) G. Svala: Electronic Identifier for Subscriber's Stage, Ericsson Review, Jan., 1955
(5) W. A. Malthaner & H. E. Vaughan: An Experimental Electronically Controlled Automatic Switching System, B. S. T. J. Vol. 31 May, 1952
(6) W. A. Malthaner & H. E. Vaughan: An Automatic Telephone System Employing Magnetic Drum Memory, Proc., of I. R. E. Vol. 41 Oct,. 1953
(7) S. T. Brewer & G. Hecht: A Telephone Switching Network and Its Electoronic Controls, B.S.T.J. Vol. 34 March, 1955
(8) 喜田村・水谷・手塚： 放電管式交換機について 電気通信学会電子計算機研究専門委員会資料 昭和29年1月27日
(9) 研究所の動き： パラメトロン電子交換機を試作・通研月報 Vol. 9 No. 2 1956
(10) たえば S.Simon: Application of Cold Cathode Tube to Switching Circuit, Ele. Comm. Vol. 29 207 1952
(11) J. A. Rajchman & A. W. Lo: The Transfluxer, Proc. of I.R.E. Vol. 43 March, 1956
(12) 喜安氏講演： 電々公社通信技術委員会交換部会 昭和31年5月31日

Vol. 39 日 立 評 論 **No. 2**

◎自動燃焼制御装置
◎インデックステスト法の理論と実際（その3）
◎電磁接手とその応用
◎可逆冷間圧延機用引張巻取機
◎120吋 湿部ヘルパ駆動付抄紙機用電気設備
◎日立ポーダブルアナログ計算機
◎交換機の検査の自動化について
◎テレビジョン用ブラウン管の電子銃について
◎赤外線電球の放射性とその応用
◎各種電力ケーブルの短絡容量
◎水底ケーブルの漏洩コンダクタンス
◎ボイラ微粉炭装置用E型ミル用ボール
◎熱間ダイス鋼 HDC の鍛錬方法を異にせる大物の機械的性質について
◎鋳鉄の黒鉛組織におよぼすガスの影響

東京都千代田区丸の内1ノ4
(新丸の内ビルディング7階)
日 立 評 論 社
誌代特集号1冊 ¥100 〒16
(振替口座 東京 71824 番)