HAMFU
HISTORY

KRIEG IM AETHER

Vorlesungen an der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich
imWintersemester 1965/1966
Leitung: Abteilung für Übermittlungstruppen, Oberstdivisionär E. Honegger

Anwendungen der Pulscodemodulation

Referent: W. Neu

Diese Vorlesung wurde durch die Stiftung HAMFU digitalisiert und als
PDF Dokument für www.hamfu.ch aufbereitet.

ANWENDUNG DER PULS - CODE MODULATION

Es wurde im Rahmen dieses Kolloquiums bereits zweimal über Puls-Code Modulation referiert. Es wird dementsprechend vorausgesetzt, dass das Prinzip bekannt ist (vergl.IV Folge, Sammlung der Kolloquien "Krieg im Aether", Vorträge von Dr. A. Schellenberg und Dr.W. Bleickardt).

Es wird vor allem über die Anwendungsmöglichkeiten auf zivilem Gebiet gesprochen. Militärische Anwendungen werden nur gestreift.

Das Referat unterteilt sich in 4 Kapitel

- Warum Pulscodemodulation:

  warum heute aktuell, warum interessiert sich die PTT dafür.

- Konsequenzen der Einführung eines PCM Systems

  vor allem auf dem Gebiet der Vermittlungstechnik.

- Möglichkeiten eines PCM Systems

  was kann man damit alles leisten.

- Schwierigkeiten

  die mit der Einführung solcher Systeme verbunden sind.

1. Warum PCM

Es wird immer mehr telefoniert und daher werden immer mehr Telefonkabel benötigt.
Die Kabelanlagen sind das teuerste am ganzen Telefonnetz. Aber nicht nur die Kosten machen Schwierigkeiten, sondern immer mehr auch das Verlegen der Kabel. In den Städten werden die Kabel gewöhnlich in Zementröhren verlegt und da ist das Einziehen neuer Kabel zunächst einfach. Wenn das Rohr aber voll ist, dann muss ein neues verlegt werden und dazu muss die Strasse aufgerissen werden - das schätzt niemand! Auf dem Land werden die Kabel oft einfach in einen Graben gelegt und zugeschüttet; aber auch da ist das Verlegen ein Problem, weil es heute nicht immer leicht ist, Firmen zu finden, die diese Arbeit ausführen wollen.

Man kommt auf die Idee, die Kabel besser auszunützen, indem man mehr als ein Gespräch über eine 2 oder 4-Drahtleitung schickt.
Das kann man mit einem Trägersystem, bei dem jedes Gespräch auf eine andere Trägerfrequenz aufmoduliert wird und das ganze Gemisch miteinander übertragen wird. Nun sind aber die bestehenden Telefonkabel, die man ja nachträglich mehrfach ausnützen möchte nicht für diese relativ hohen Frequenzen gebaut, und verursachen daher ein Uebersprechen von einem Aderpaar auf das andere, was die Kanalzahl stark einschränkt.
Dazu kommt, dass die Endausrüstungen für Trägersysteme relativ teuer sind. Sie können daher erst ab ca. 25 km wirtschaftlich eingesetzt werden.
Interessant wären aber gerade Leitungen unter 25 km.

Da kommen nun Systeme mit PCM in Betracht. Obwohl wir noch keine genauen Zahlen haben, können wir annehmen, dass die Endausrüstung für ein PCM-System ungefähr die Hälfte derjenigen für ein Trägersystem kostet; später wahrscheinlich noch weniger.

Dazu kommt, dass das System weniger kritisch ist in Bezug auf Uebersprechen und andere Störungen. Es kann daher auch in (bei diesen Frequenzen) relativ schlechten Kabeln verwendet werden. Die Impulse können ja bei jedem Verstärker regeneriert, d.h. neu gebildet werden.
Solche Systeme sind zunächst in erster Linie für das Bezirksnetz von Interesse, also als Verbindung zwischen Zentralen. Z.B. von einem Fernamt zu den Knotenämtern oder Endämtern:

Bild 1 : Verbindungen von einem Fernamt zu den Knoten- oder Endämtern.

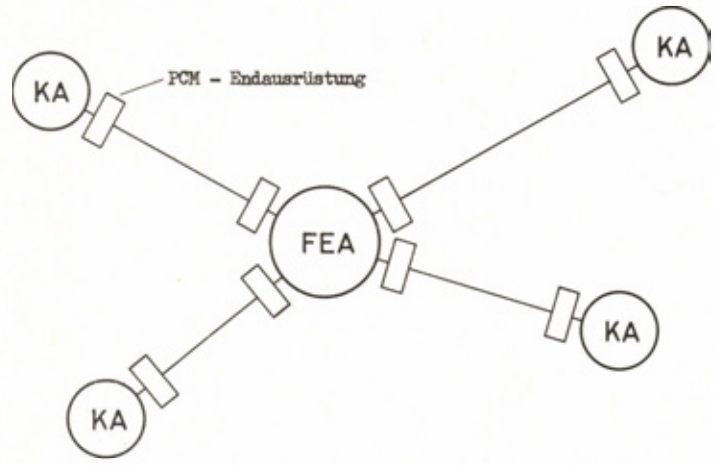


Bild 1

2. Konsequenzen: Vermittlungstechnik

Wenn man einmal solche PCM Leitungen hat, die sternförmig von einer Zentrale ausgehen, dann erhebt sich sofort die Frage: ist es eigentlich notwendig, dass man hier die Impulssignale demoduliert, niederfrequent durchschaltet und dann wieder moduliert.
Nun - es ist nicht notwendig; man kann sie digital durchschalten, also in Impulsform. Man ist sogar fast gezwungen dazu: Eine PCM Zentrale, die alle diese Kanäle miteinander verbindet, kostet nämlich weniger als die Endausrüstungen, die sie ersetzt. Also viel weniger als die Endausrüstungen und eine mechanische Zentrale.
(Vielleicht sollte ich mich etwas vorsichtiger ausdrücken: es sieht so aus, als ob sie weniger kosten würde !).
Ausserdem braucht sie weniger Platz, was in den Städten auch ein Faktor ist. Selbstverständlich muss sie aber auch mit den bisherigen Zentralen zusammenarbeiten können; und dazu braucht es Anpassungen, das reduziert die Vorteile etwas.

PCM - Zentrale

Wie arbeitet nun eine PCM-Zentrale ?
Die zu den verschiedenen Telefonkanälen gehörenden Impulse kommen ja zeitlich nacheinander bei der Zentrale an. Sie müssen einerseits auf andere Leitungen geschaltet werden, anderseits aber auch zeitlich verschoben werden, entweder mit Verzögerungsleitungen oder mit Speichern. Die letztere Lösung ist flexibler. Wir wollen daher annehmen, dass jeder Impuls (Bit) in einer Speicherzelle, z.B. einem Flip-Flop gespeichert wird.

Bild 2

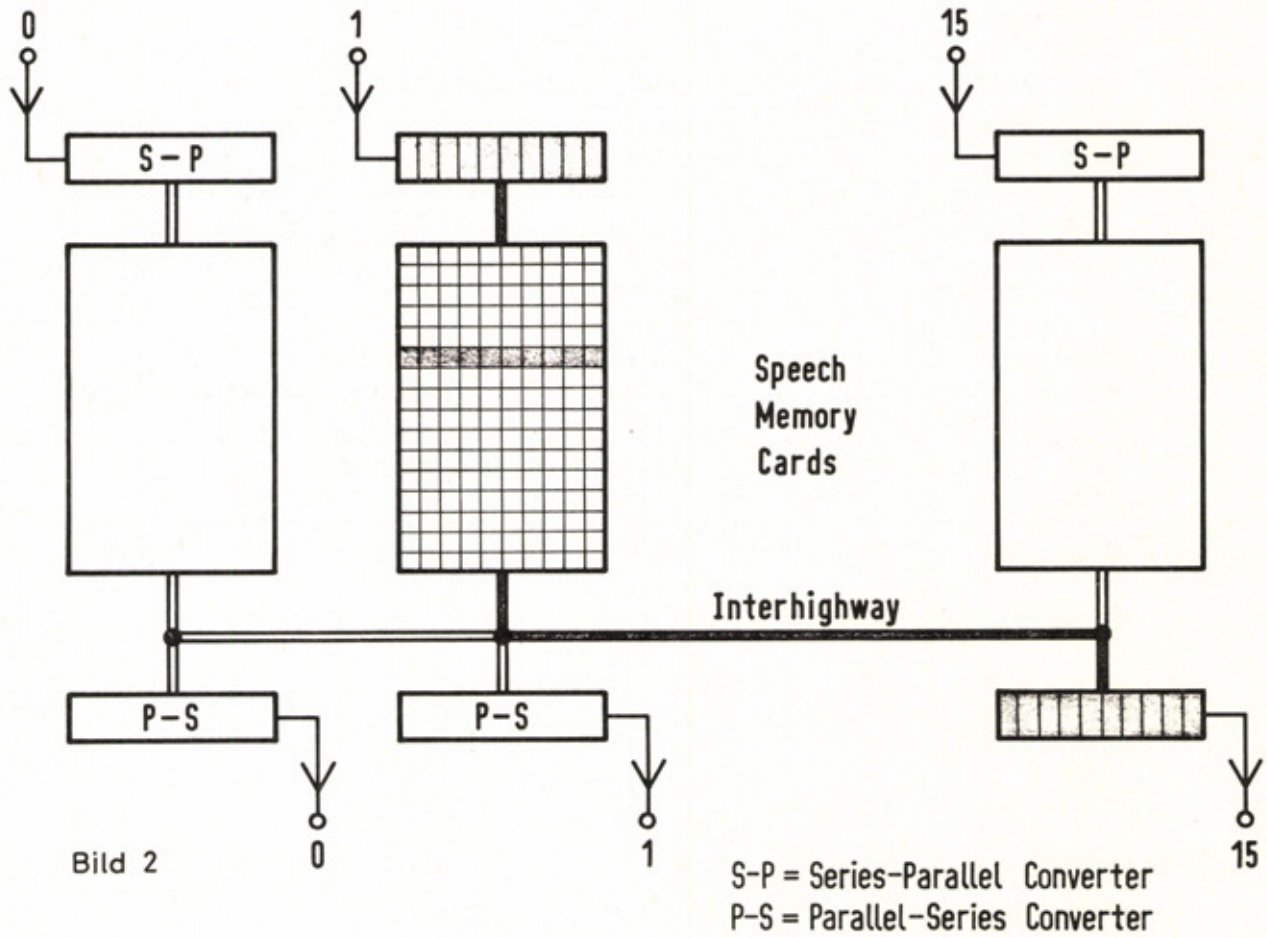


Bild 2

Innerhalb der Schalteinheit werden die 10 Bit eines Kanals parallel, d.h. gleichzeitig verschoben, zur Erhöhung der Schaltgeschwindigkeit; in den Zuführungsleitungen (highways) erscheinen sie jedoch in Serie.

Durch eine solche Anordnung erreicht man erstens, dass jede beliebige Zeitposition auf einem highway in jede andere Zeitposition auf einem anderen highway übergeführt werden kann. Man hat also einen blockierungsfreien Schalter für z.B. 225 ankommende und 225 abgehende Leitungen. Zweitens ist es nicht nötig, dass die ankommenden PCM-Gruppen synchron sein müssen. Sie werden quasi asynchron in den Speicher geschrieben und dann synchron ausgelesen. Allerdings kann es dabei gelegentlich vorkommen, dass ein Impuls der Sprache entweder unterdrückt oder verdoppelt wird. Es ist aber kaum störend.

Mehrere solcher Schalteinheiten lassen sich zu beliebig grossen Zentralen zusammensetzen. Der Verbindungsaufbau und sonstige Funktionen erfolgen durch eine gemeinsame Steuerung (common control).

Diese Technik eignet sich besonders gut für Knotenämter, d.h. solche die nicht mit Teilnehmern, sondern mit anderen Zentralen verbunden sind. Bei Teilnehmerzentralen ist es dagegen vorläufig noch wirtschaftlicherdie erste Schaltstufe mechanisch auszuführen.
Die 2. Stufe kann dann mit Vorteil durch die Abtasteinheit, die sowieso benötigt wird, erfolgen; also mit amplitudenmodulierten Impulsen (PAM). Erst von der 3. Stufe an erfolgt die Durchschaltung in PCM-Form.

Die Wirtschaftlichkeit der verschiedenen Schaltmethoden hängt nämlich von der Ausnützung, d.h. dem mittleren Verkehr pro Leitung ab:

0.1 Erlang /└_____ mechanisch

0.5 Erlang /└_____ elektronisch

Eine solche Aufteilung hat auch Vorteile in Bezug auf Zuverlässigkeit, über die man sowieso noch relativ wenig weiss.

Es ist also zu erwarten, dass wir zuerst die Bezirksleitungen in PCM ausführen werden, dann die Fern- und Knotenämter, später auch Endämter und zuletzt noch die Fernverbindungen.

3. Möglichkeiten

Wir wollen jetzt annehmen, wir hätten ein solches komplettes Netz, und uns fragen, was man damit anfangen könnte.
Natürlich kann man telefonieren,

a) Telefon

das ist selbstverständlich. Man kann aber noch mehr, z.B Daten übertragen

b) Datenübertragung

Da das System an sich digital ist, eignet es sich ausgezeichnet dazu.

Wir können mit Geschwindigkeiten von 10'000 - 20'000 Bit pro sec. in einem Telefonkanal rechnen, während das heutige Telefonnetz ungefähr 1200 Bit pro sec. zulässt. Nicht nur die Geschwindigkeit ist höher, sondern auch die Zuverlässigkeit. Die Impulse werden ja in regelmässigen Abständen regeneriert und sollten daher viel weniger Störungen aufweisen. Damit wird es attraktiver, Computer über das Telefonnetz fernzusteuern und durch mehrere Teilnehmer gleichzeitig benützen zu lassen (multiple access).

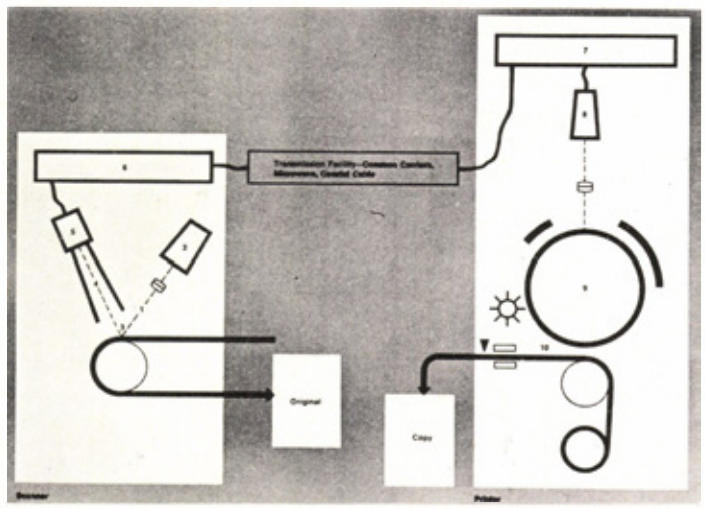
Noch etwas müssen wir hier erwähnen: Die

c) Bildübertragung

Es ist zwar schon lange möglich Bilder zu übertragen; aber die bisherigen Verfahren hatten zu viele Nachteile, um populär zu werden.
Entweder brauchte man eine photochemische Entwicklung, oder speziell prepariertes und feucht gehaltenes Papier. Zudem war die Bildqualität ungenügend und die Uebertragung zu langsam.

Nun scheint ein Verfahren aufzukommen, das diese Situation ändern könnte. (Bild 3).
Es ist das Xerox-Verfahren mit einer zwischengeschalteten elektronischen Abtastung und Uebertragung. Wir haben allerdings noch keine Bilder gesehen und können daher noch nichts über ihre Qualität aussagen.

Bild 3



Das zu übertragende Videosignal hat nur zwei Werte: Schwarz oder weiss. Die Uebertragungsbandbreite beträgt entweder 48 KHz oder 240 KHz. Im ersten Fall kann ungefähr eine Seite A4 pro Minute übertragen werden, im zweiten Fall ca. 5. Dazu braucht man allerdings heute einen Uebertragungskanal mit einer Bandbreite entsprechend 12 bzw. 60 Telefonkanälen, und das limitiert natürlich die Anwendung des Systems, da solche Kanäle nicht überall zur Verfügung stehen.

Bei einem PCM-System ist das jedoch anders: Ein Schwarz-Weiss-Bild mit einer Videobandbreite von 48 KHz kann hier praktisch mit einem Telefonkanal übertragen werden. Dadurch ist es nicht nur billiger, sondern vor allem kann die Verbindung gewählt werden, genau wie fürs Telefon. Es ist nur noch nötig, eine breitbandige Uebertragung von den Teilnehmern zur Zentrale bereitzustellen (was allerdings auch Probleme hat;) dann können die Bilder durch die Zentralen und Leitungen geschickt werden. Statt einen Brief per Post zu schicken, müsste man nur den Teilnehmer wählen und könnte ihm dann den Brief durch den Draht senden.

Noch etwas kann man mit PCM-Signalen einfacher machen, die

d) Verschlüsselung

Das ist natürlich fürs Militär besonders wichtig; es könnte jedoch auch für zivile Zwecke wichtig wer-

den. Wenn man einmal Geschäftspapiere übers Telefon schickt, wird man dafür sorgen müssen, dass das nicht jeder empfangen kann.

4. Schwierigkeiten

Die Einführung solcher Systeme ist selbstverständlich mit Schwierigkeiten verbunden.

Es ist einmal das Problem der Möglichkeiten der Zusammenarbeit dieses neuen Systems mit vorhandenen Systemen anderer Konzeption (Kompatibilität).
Es braucht für das Sicherstellen dieser Zusammenarbeit, vielerorts Geräte, die die Signale ineinander umwandeln, Kodierungseinrichtungen aber auch Anpassungseinrichtungen anderer Art. Die konventionelle Signalisierung kann für ein solches System nicht verwendet werden, ist sie doch viel zu langsam. Diese Frage der Signalisierung muss so gelöst werden, dass sie sowohl mit dem neuen wie mit älteren Systemen zur Anwendung kommen kann.
Die Wirtschaftlichkeit des neuen Systems steigt mit dem Umfang der Bündelung der Kanäle und der Grösse der Zentralen. Dies ruft nach Konzentration des Verkehrs. Wie dies im einzelnen aussehen wird, wie z.B. kleinere Netzgruppen zu grösseren zusammengefasst bzw. konzentriert werden weiss man heute noch nicht.

Bei der Anwendung von PCM-Systemen für militärische Zwecke muss gerade die Tatsache, dass solche Systeme in erster Linie für grosse Zentralen und grosse Leitungsbündel vorgesehen werden, besonders berücksichtigt werden.

Es ist offensichtlich nicht wirtschaftlich, einen einzelnen Telefonie-Kanal zu kodieren. Praktisch wird eine Zusammenfassung von 24 - 30 Kanälen in Aussicht genommen. Für Teilnehmerzentralen sind 1000 Teilnehmer eher eine untere Zahl.

Die bereits erwähnte Konzentration, die man bei der zivilen Anwendung auf irgend eine Art herbeiführen kann ist vielleicht gerade für militärische Zwecke nicht verwirklichbar oder sogar unerwünscht. Dazu kommt, dass dieses vollständig neue System neben Systemen älterer Bauart oder anderer Konzeption zur Anwendung kommt. Einerseits steht das neue, von wenigen Spezialisten bekannte System, anderseits die anderen.

Dieses neue System in das Nachrichtensystem einzubauen, bedarf der weitsichtigen, umfassenden Planung auf lange Zeit, will man nicht die Gefahr laufen, das Funktionieren des Nachrichtensystems überhaupt in Frage zu stellen.
Zum Beispiel besitzt das PCM-System die Möglichkeit der Datenübertragung; trifft man innerhalb des Nachrichtensystems auf irgend ein Subsystem, das diese Möglichkeit nicht hat, so erwächst daraus eine neue Schwierigkeit.

Studiert man heute ein Nachrichtensystem, das in 10 - 15 Jahren zur Anwendung kommen kann, dann ist es richtig PCM ins Auge zu fassen. Will man aber etwas, das innerhalb der nächsten 2 - 3 Jahre zum Einsatz kommt, dann ist es wohl aussichtslos mit PCM etwas anfangen zu wollen. Es ist auch daher langsam vorzugehen und weitsichtig zu planen, weil PCM-Systeme heute international noch nicht normiert sind.
Dies ist übrigens gerade ein Grund, warum auf zivilem Gebiete heute schon die Fragen des Zusammenschaltens der verschiedenen Systemelemente, Fernverbindungen, Gruppenkonzentration u.s.f., und der Leistungsmöglichkeiten des Systems, Bild- und Datenübertragung, erörtert und studiert werden müssen, auch wenn zunächst nur ein Teil davon gebraucht wird.