

Technische Hogeschool Delft
Afdeling der Elektrotechniek

Aard : Afstudeerverslag
Omvang : 77 pagina's
Datum : Januari 1986
INSPEC : 6210

Vakgroep : Transmissie van Informatie
Code : 05-1-565-28-228

Auteur : J.A.M. van Lieshout

Titel : De overdracht van een enkelvoudig
audiografiesignaal over de twee
B-kanalen van een ISDN verbinding.

Korte inhoud:

Voor de overdracht van een audiografiesignaal kan gebruik gemaakt worden van twee digitale 64 kbit/s kanalen. Deze kanalen kunnen deel uit maken van een ISDN verbinding.

Bij de overdracht van een signaal over twee geheel onafhankelijke kanalen kunnen zich enkele problemen voordoen, met name het optreden van tijlvertragingen tussen de twee kanalen en het optreden van slips. Voor de oplossing van deze problemen is er een systeemopzet gekozen die voor een groot deel software-matig wordt gerealiseerd. Het programma is geïmplementeerd op een 6809 microprocessor.

Mentor : ir. A. Kegel
Afstudeerdocent : Prof.ir. J.L. de Kroes

INHOUDSOPGAVE

HOOFDSTUK 1	INLEIDING	3
HOOFDSTUK 2	SYSTEEM KEUZE	6
2.1	Mogelijke systemen	6
2.2	Het gekozen systeem	7
HOOFDSTUK 3	VERTRAGING	9
HOOFDSTUK 4	SYSTEEMCONCEPT	12
4.1	Audio	12
4.2	Stuffing	15
4.3	De framestructuur	17
HOOFDSTUK 5	FOUTBEHEERSING	18
5.1	Mogelijke fouten	18
5.2	Foutendetectie en correctie	23
HOOFDSTUK 6	TIMING	29
6.1	De kloksignalen	29
6.2	Synchronisatie	30
6.3	Hersynchronisatie na een slip	35

HOOFDSTUK 7	REALISATIE	37
7.1	Het zendgedeelte	37
7.2	De microprocessor	40
7.3	Het ontvanggedeelte	41
HOOFDSTUK 8	CONCLUSIE EN AANBEVELINGEN	44
LITERATUURLIJST		46
BIJLAGE A	HET INTEGRATED SERVICES DIGITAL NETWORK (ISDN)	49
BIJLAGE B	HET MULTIPLEXSYSTEEM	57
BIJLAGE C1	HET FLOWDIAGRAM	60
BIJLAGE C2	DE ASSEMBLERLISTING	70
BIJLAGE D	DE EXAMENZITTING	77

INLEIDING

In de toekomst worden er steeds meer nieuwe tele-informatiediensten ontwikkeld. In de literatuur (20,21,22) worden een aantal van deze diensten aangegeven zoals ;

- elektronisch uitgeven,
- elektronische post,
- telewinkelen,
- reserveringen (theaters,vlieg-tickets),
- telebankieren,
- telesoftware,
- een hybride videotekstdienst (telefoon + tv-kabel), ditzitel.

In het laboratorium van de vakgroep Transmissie van Informatie wordt al geruime tijd onderzoek verricht op het gebied van audiografie. Bij de audiografie, het geheel van grafische groeibeelden in combinatie met geluid, houdt men zich bezig met het opwekken, bewerken, overdragen en weergeven van grafische en auditieve informatie. Audiografie kan als technische ondersteuning dienen voor een aantal van de bovengenoemde nieuwe tele-informatie diensten.

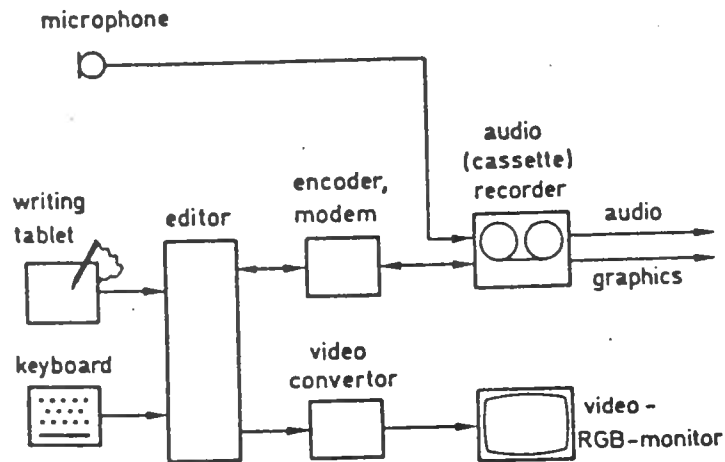
De grafische informatie bestaat voornamelijk uit symbolen (letters, cijfers, etc) en grafische beelden waar gebruik gemaakt wordt van een beperkt aantal kleuren en helderheidsniveaus.

De grafische beelden worden als een tekening opgebouwd zodat men desgewenst het verloop van de afbeelding kan volgen en dat de benodigde seinsnelheid laag is.

Bij audio moet in eerste instantie gedacht worden aan spraak bijvoorbeeld een commentaar bij de begeleidende beelden, terwijl achtergrondgeluiden en muziek niet worden uitgesloten.

Audiografie leent zich uitstekend voor instructieve doeleinden, dit doordat de opbouw van het beeld eenvoudiger is dan de opbouw van een

videobeeld.



figuur 1.1. : Een audiografische studio

In hoofdstuk 2 worden de problemen behandeld die zich voordoen wanneer het audiografie signaal overgezonden moet worden over een telefoonkanaal. Tevens worden er in dit hoofdstuk een aantal mogelijke oplossingen genoemd. Hieruit wordt het gebruikte systeem gekozen met de daarbij horende voor- en nadelen.

In hoofdstuk 3 wordt de vertraging bepaald die een digitaal signaal ondergaat in een centrale. Dit levert namelijk een eis op voor de verdere systeemopzet. Het systeemconcept wordt gegeven in hoofdstuk 4.

Wanneer er gebruik gemaakt wordt van lange transmissiewegen bestaat er een kans dat er fouten optreden. Allereerst worden in hoofdstuk 5 de mogelijke fouten besproken en op welke signaalstromen deze een nadelige invloed hebben. Daarna wordt er een voorstel gedaan voor het detecteren en corrigeren van fouten.

In hoofdstuk 6 worden de processen behandeld die voor de juiste timing

moeten zorgen aan de ontvangkant. Enkele problemen komen er aan de orde die te maken hebben met de synchronisatie en hersynchronisatie. Een deel hiervan wordt software-matig opgelost.

Nadat alle deelprocessen zijn behandeld wordt er in hoofdstuk 7, voor zover als mogelijk, de realisatie hiervan besproken.

In hoofdstuk 8 wordt een korte samenvatting gegeven van de voorafgaande hoofdstukken. Hieruit wordt een conclusie getrokken. Verder is er nog een enkele aanbeveling gedaan met betrekking tot de systeemopzet.

Bijlage A bevat een uiteenzetting over het Integrated Services Digital Network (ISDN).

Bijlage B geeft een multiplexsysteem weer, waar vanuit conclusies kunnen worden getrokken die van belang zijn bij het bepalen van de vertraging zoals beschreven in hoofdstuk 3.

Het flowdiagram en de assemblerlisting van het programma is weergegeven in respectievelijk bijlage C1 en C2.

In bijlage D worden er enkele problemen behandeld die naar voren zijn gekomen tijdens de examenzitting.

SYSTEEM KEUZE

2.1 Mogelijke systemen

Door verschillende codeermethodes wordt het grafische signaal met zo min mogelijke redundantie gecodeerd, zodat voor registratie en transport van een smalbandig medium gebruik kan worden gemaakt.

Een voorbeeld van audiografie is o.a. de scribofoon. Met deze scribofoon is het mogelijk om tijdens een telefoongesprek een schets of een aantekening met het spraaksignaal mee te zenden.

Het grafische signaal, afkomstig van het schrijftableau, heeft een datastroom van gemiddeld 200 bit/s.

De overdracht van de grafische data kan plaats vinden in een band rond 1900 Hz, in de spraakband van een analoge telefoonverbinding, d.m.v. DPSK modulatie (18).

In het geval van een digitale verbinding kan de grafische data door middel van component-codering overgezonden worden. Hier wordt de grafische data vervlochten met het digitale audiosignaal (19).

In beide gevallen is de bandbreedte van het audiosignaal gelijk aan 3400 Hz en de datasnelheid is maximaal 200 bit/s.

Voor andere audiografie toepassingen wordt een audiokwaliteit gewenst die overeenkomt met de AM omroep. De bandbreedte van het audiosignaal is dan ongeveer 6 KHz.

Wanneer dit digitaal gemoduleerd wordt ontstaat er een bitstroom van 112 kbit/s. De grafische data wordt met 5000 bit/s aangeboden. Deze snelheid is zo gekozen dat, indien het gewenst wordt, er in enkele seconden beelden als een dia overgezonden kunnen worden. Bij normaal schrijven en tekenen kan de bitsnelheid beperkt blijven tot 200 bit/s. De totale bitstroom is nu ongeveer 128 kbit/s. Deze bitstroom is te groot om te kunnen worden verwerkt door één enkel genormeerd 64 kbit/s kanaal.

Voor de overdracht van het audiografiesignaal kunnen de volgende systemen gebruikt worden:

- Een n*64 kbit/s verbinding van een smalband satelliet kanaal
- Het DATANET 1, mits de pakketten met geluid een niet te lange vertraging ondervinden.
- Een eerste orde PCM multiplexkanaal.
- De twee B-kanalen van een ISDN verbinding.

2.2. Het gekozen systeem

Voor de overdracht van het audiografie signaal worden de twee B-kanalen van een ISDN verbinding aanbevolen. De reden hiervoor is dat iedere gebruiker in de nabije toekomst beschikking heeft over zo een ISDN aansluiting.

ISDN staat voor Integrated Services Digital Network. Het ISDN voorziet in een end- to -end digitale verbinding waar een reeks van diensten van dezelfde transmissie- en schakelfaciliteiten gebruik maakt.

Mogelijke diensten zijn:

- Telefoon
- Data
- Telex
- Facsimile
- Beeldtelefoon
- Low scan video
- Diensten waarbij de audiografie een ondersteuning is (zie Inleiding).

Het CCITT heeft een ISDN-gebruikers interface aanbevolen die bestaat uit twee B-kanalen van elk 64 kbit/s voor de overdracht van spraak en data, en een D-kanaal van 16 kbit/s voor de overdracht van signalering

en low speed data.

Deze twee B-kanalen kunnen daarom uitstekend gebruikt worden voor de overdracht van het audiografiesignaal met een bitstroom van ongeveer 2×64 kbit/s.

Voor de aansluiting van de gebruiker op het ISDN kan de al aanwezige abonneelijn naar de eindcentrale gebruikt worden.

Een ander kanaaltipe, die door de CCITT gedefinieerd wordt, is het H0-kanaal met een capaciteit van 384 kbit/s. Dit kanaal zou ook gebruikt kunnen worden voor de overdracht van het audiografiesignaal. Een nadeel hiervan is dat er maar $1/3$ van de totale kanaalcapaciteit benut wordt. Daardoor ligt het voor de hand dat het gebruik van de twee B-kanalen een geschikte oplossing is.

Voor een uitvoerigere beschrijving van het ISDN wordt er verwezen naar bijlage A.

De twee B-kanalen zijn geheel onafhankelijk van elkaar.

Bij het ontwerpen van een 2×64 kbit/s systeem doen zich enkele problemen voor :

- De twee deelstromen hebben bitstromen die een verhouding hebben van audio : data = 20 : 1.
- Doordat de informatie op beide kanalen wordt gezet dienen de kanalen aan de ontvangzijde eenduidig gedetecteerd te worden.
- Door het digitaal schakelen in een multiplex systeem bestaat de kans dat de kanalen vertraging ondervinden. Voor één kanaal maakt dit niet uit, maar voor een juiste decodering van twee kanalen is onderling verschillende vertraging ongewenst.
- In een digitaal netwerk treden ten gevolge van het niet geheel synchroon zijn van de centrale klokken 'slips' op. Deze zorgen voor een verlies van synchronisatie.
- Op de transmissiewegen kunnen fouten optreden die het audiografiesignaal kunnen verstoren.

VERTRAGING

Om aan genoeg kanaalcapaciteit voor de overdracht van het audiografiesignaal te komen kunnen de twee B-kanalen van een ISDN verbinding gebruikt worden. Deze twee kanalen zijn geheel onafhankelijk van elkaar.

De twee B-kanalen moeten naar dezelfde eindbestemming gerouteerd worden. De mogelijkheid bestaat dat tijdens het schakelen van een kanaal door een centrale een van de gewenste uitgaande lijnen geblokkeerd is. Om dan toch de juiste bestemming te bereiken kan deze verbinding via een andere centrale gerealiseerd worden (zie bijlage B).

Voor één kanaal maakt het niet uit via welke centrales de verbinding gerouteerd wordt. Maar bij het gebruik van twee kanalen bestaat er een kans dat de routing van de beide kanalen niet dezelfde is.

Er doen zich nu een drietal problemen voor:

Probleem 1

Een internationale verbinding wordt geschakeld door maximaal 15 centrales. Het maximale verschil tussen de twee verbindingen met dezelfde eindbestemming bedraagt 4 centrales. Hierdoor ontstaat een niet gedefinieerde vertraging tussen de beide kanalen onderling.

Volgens de CCITT (10) is de gemiddelde vertraging van een digitale-digitale verbinding kleiner dan 900 us. En voor 95 % zal de vertraging de 1500 us niet overschrijden.

De gemiddelde vertraging die optreedt tussen de twee kanalen is 3.6 ms.

Probleem 2

Er zal ook een vertraging optreden door het verschil in looptijd. Maar in het geval van twee aardse verbindingen is deze vertraging te verwaarlozen. Wanneer er echter één kanaal via een satelliet geschakeld wordt en de andere via een aardse verbinding, dan is het verschil in

looptijd in de orde van 250 ms.

Probleem 3

De tot nu toe behandelde vertraging kan beschouwd worden als statische vertraging. Wanneer de verbinding eenmaal is opgebouwd dan is deze vertraging constant.

Daarnaast treedt er ook een vorm van dynamische vertraging op, bijvoorbeeld door temperatuurschommelingen. Dit introduceert variaties in de looptijden van een verbinding. Dit leidt tot jitter van de klok, afgeleid uit de datastroom, ten opzichte van de centrale klok. Deze jitter kan een slip tot gevolg hebben (zie hoofdstuk 5).

Voorlopig wordt er van uitgegaan dat de twee kanalen gerouteerd worden via twee aardse verbindingen. Hierdoor is de mogelijke onderlinge vertraging maximaal 4 ms. Hierop moet het ontwerp zich richten.

Door de opgetreden vertraging is het niet mogelijk om de datawoorden en de audiowoorden op de juiste wijze te detecteren (zie hoofdstuk 4). Om de onderlinge vertraging tussen de twee kanalen te kunnen bepalen moet er per kanaal een identificatie van de data plaats vinden. Dit kan gebeuren door de data te bundelen in een framestructuur. Het begin van ieder multiframe wordt voorzien van een multiframewoord (zie figuur 4.2). De multiframewoorden zijn kanaalgebonden, hetgeen een identiteit oplevert van elk kanaal.

Door het verschil in aankomsttijden van deze multiframewoorden is het mogelijk om de onderlinge vertraging te bepalen.

Een methode om de vertraging op te heffen, is het vertragen van de bitstroom, welke het eerst ontvangen wordt.

Een mogelijke oplossing hiervoor is het maskeren van de uitleesklok van een elastische buffer (FIFO), die in elk kanaal aanwezig is.

Voorwaarden voor het juist functioneren zijn:

1) Een voldoende omvang van de buffer.

De vulgraad van de buffer hangt hoofdzakelijk af van de statische vertraging.

2) De vertraging mag niet groter zijn dan een halve multiframe periode om eenduidige herkenning van de multiframe te verzekeren.

Bij een maximale vertraging van 4 ms is de multiframe duur minimaal gelijk aan 8 ms. Dit komt overeen met 64 bytes. De bufferlengte moet dan minimaal 32 bytes zijn.

Door ieder multiframe te voorzien van een oplopend nummer is het ook mogelijk om vertragingen groter dan 4 ms op te vangen. Dit wordt behandeld in hoofdstuk 6.

Een grotere vertraging is ook op te vangen door een grotere multiframe lengte te kiezen. Dit heeft echter als nadeel dat de synchronisatie-tijd en de hersynchronisatie-tijd langer wordt.

SYSTEEMCONCEPT

Audio en grafische data worden tijdgemultiplexed over twee 64 kbit/s kanalen verzonden.

In een tijdverdeeld multiplexsignaal (TDM) wordt een framestructuur aangebracht om de verschillende tijdsloten in de bitstroom te kunnen identificeren. Zonder kennis van de juiste plaats van een tijdslot is het niet mogelijk het signaal te decoderen. Om de framing te kunnen realiseren wordt er frameinformatie meegestuurd.

Enkele frames worden gebundeld tot een multiframe en deze worden ieder voorafgegaan door een multiframewoord.

Dankzij dit multiframewoord is eenduidige herkenning van de verschillende signaalstromen mogelijk.

De indeling van de verschillende frames wordt in de volgende paragrafen behandeld.

4.1. Audio

Om een geluidskwaliteit te behalen die overeenkomt met AM-omroep wordt het geluid begrensd tot een bandbreedte van 6 kHz. Wanneer het signaal wordt bemonsterd met een frequentie van 12 kHz is reconstructie van het oorspronkelijke signaal mogelijk. Gekozen is voor een bemonsterfrequentie van 14 kHz. Dit heeft als voordeel dat er geen extreme eisen gesteld behoeven te worden aan de steilheid van de filters. Als modulatiemethode wordt PCM (Pulse Code Modulatie) gebruikt.

Doordat er met een eindig aantal codewoorden wordt gecodeerd, worden er kwantiseringsfouten gemaakt. Naarmate het aantal stappen en daardoor het aantal onderscheidbare niveaus groter is, kan reconstructie van het bronsignaal aan de ontvangzijde nauwkeuriger plaatsvinden.

In Europa wordt er gebruik gemaakt van het 30 kanalen-systeem. Hierin

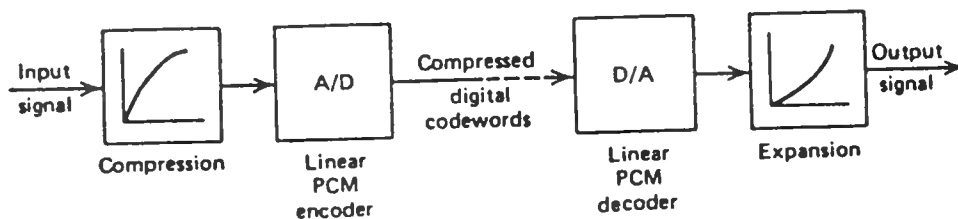
worden 30 analoge signalen, met een bandbreedte van 3400 Hz, ieder bemonsterd met een bemonsterfrequentie van 8 kHz. De ontstane monsters worden gecodeerd tot 8 bit woorden.

De 30 digitale signalen worden tijdgemultiplexed tot het eerste orde digitaal signaal (het 30 kanalen-systeem).

Bij een lineaire codering wordt de vervorming, die ontstaat bij lage signaalniveaus, ontoelaatbaar groot. Daarom wordt er een niet-lineaire codering, compressie, toegepast, waardoor er voor de lagere signaalniveaus meer kwantiseringsniveaus beschikbaar zijn..

Door een logaritmisch verloop te kiezen, wordt bereikt dat de signaal-kwantiseringsverhouding over het gehele bereik nagenoeg constant is. Aan de ontvangzijde moet dan een inverse bewerking, expansie, plaats vinden. Het geheel van compressie en expansie heet companding.

In Europa wordt A-law companding toegepast.



figuur 4.1 : Companding (14)

Het audiosignaal, met een bandbreedte van 6 kHz, wordt bemonsterd met een frequentie van 14 kHz. Nu is de vraag; met hoeveel bits dienen de monsters gecodeerd te worden ?

Bij het CCITT is dit nog steeds onder studie. Ook ontbreken er nog subjectieve testen, die het verschil in de hoeveelheid bits per gecodeerd woord aangeven.

Het CCIR heeft wel aanbevelingen gedaan voor audio met een bandbreedte van 15 kHz. Hier wordt een bemonsterfrequentie gebruikt van 32 kHz en

wordt er gecodeerd met 10 tot 14 bits per monster. Als companding wordt A-law met 13 segmenten toegepast (CCIR rec.647).

De meeste hardware schakelingen en de microprocessor werken met 8 bits woorden of een veelvoud hiervan, vandaar dat er gekozen is voor 8 bits per monster.

Met een bemonsterfrequentie van 14 kHz komen we tot een bitstroom van 112 kbit/s. De capaciteit van één kanaal is 64 kbit/s. Dit is niet genoeg voor de overdracht van de ontstane bitstroom, daarom worden er twee kanalen gebruikt met een totale capaciteit van 128 kbit/s.

Gekozen is er voor een frame opzet bestaande uit bytes omdat een ISDN 64 kbit/s verbinding woordgeoriënteerd is (zie bijlage A).

De audiostream omvat 7/8 van de totale kanaalcapaciteit.

Een goede keus voor de framelengte is 8 bytes, hiervan zijn 7 bytes bestemd voor audio. De frameduur is dan 1 ms.

Er blijft 1 byte per frame over voor data en frameinformatie. De capaciteit hiervan is 8 kbit/s per kanaal.

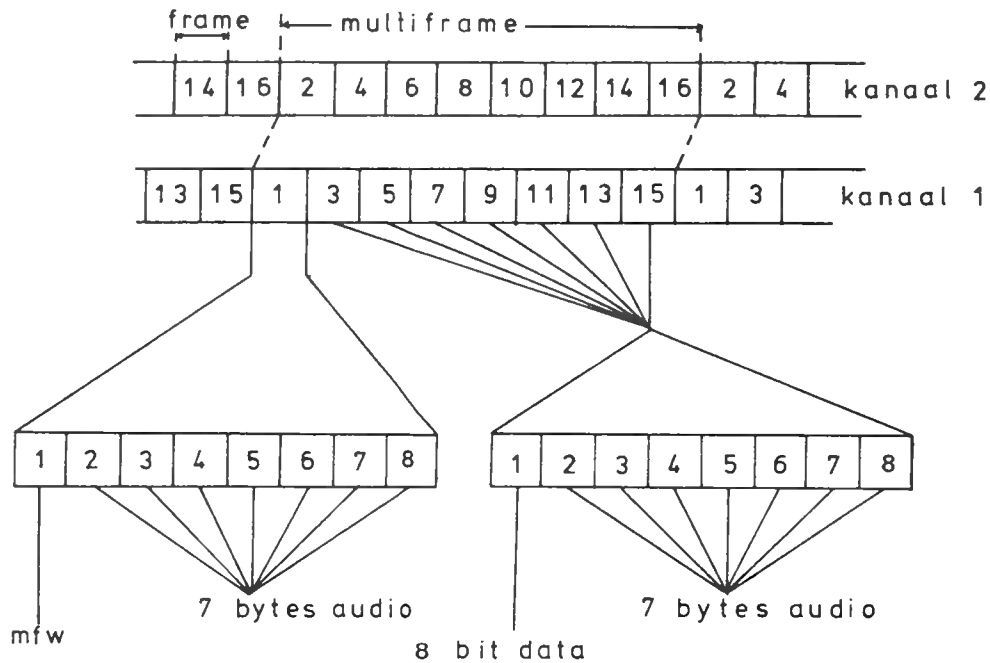
Om een vertraging van maximaal 4 ms op te kunnen heffen moet de multiframe lengte minimaal gelijk zijn aan 8 ms. Met een frameduur van 1 ms zal een multiframe dan 8 frames bevatten.

Voor de datasnelheid is 5 kbit/s gekozen. Dit is 5/8 van de totale capaciteit. Hierdoor ontstaat een multiframestructuur bestaande uit 5 dataframes en 3 nog nader te bepalen frames.

Om goede continuïteit van het audiosignaal te verkrijgen worden de audiowoorden om en om naar elk kanaal geschreven.

Om de beide kanalen eenduidig te kunnen herkennen wordt er aan het begin van ieder multiframe, in het eerste frame, een woord toegevoegd. Deze woorden, multiframewoorden (MFW) genoemd, zijn kanaalgebonden en leveren zo een identiteit voor elk kanaal.

Een mogelijke frame opzet is weergegeven in figuur 4.2.



figuur 4.2 : Een frame opzet

4.2. Stuffing

Als bron van het audiografiesignaal kan een audiorecorder gebruikt worden. Bij het afspelen wordt de grafische data met een autonome klok afgegeven. De kanalen, waarover de transmissie plaats vindt, hebben echter ook een autonome klok. Als oplossing voor de aanpassing van de klokken kan stuffing worden toegepast.

Het audiosignaal komt in analoge vorm van de band af. Dit wordt bemonsterd door de klok van het ISDN. Daarom heeft er voor de audio geen stuffing plaats te vinden.

Stuffing, ook wel justification genoemd, is een methode om snelheids-

verschillen en variaties in de snelheid van verschillende bitstromen op te vangen. Hier wordt een bitstroom met een lagere bitsnelheid voorzien van stuffing bits om zo een hogere bitstroom te krijgen. Een voorbeeld van stuffing vindt men in het multiplexen van vier eerste orde multiplex signalen (2048 kbit/s) tot een tweede orde multiplex signaal (8448 kbit/s). De tweede orde bitstroom is meer dan vier maal groter dan de eerste orde bitstroom om, met behulp van stuffing, variaties van de verschillende bitstromen te kunnen opvangen.

In het multiframe zoals beschreven in de vorige paragraaf is stuffing als volgt in te brengen.

Een datawoord bevat datainformatie of het is een stufwoord. Als data/stuffing frame kan het derde frame in het multiframe worden gebruikt. Er moet alleen ergens worden aangegeven of het datawoord een stufwoord is of niet. Een mogelijkheid is het tellerwoord in het tweede frame. Dit tellerwoord geeft het multiframe een oplopend nummer. Met dit nummer is het mogelijk om een vertraging die groter is dan een halve multiframe lengte op te vangen (zie hoofdstuk 6).

Het tellerwoord bevat 5 bits voor tellertoepassingen. Er zijn drie bits over die kunnen aangeven of het datawoord in het volgende frame een stufwoord is of niet.

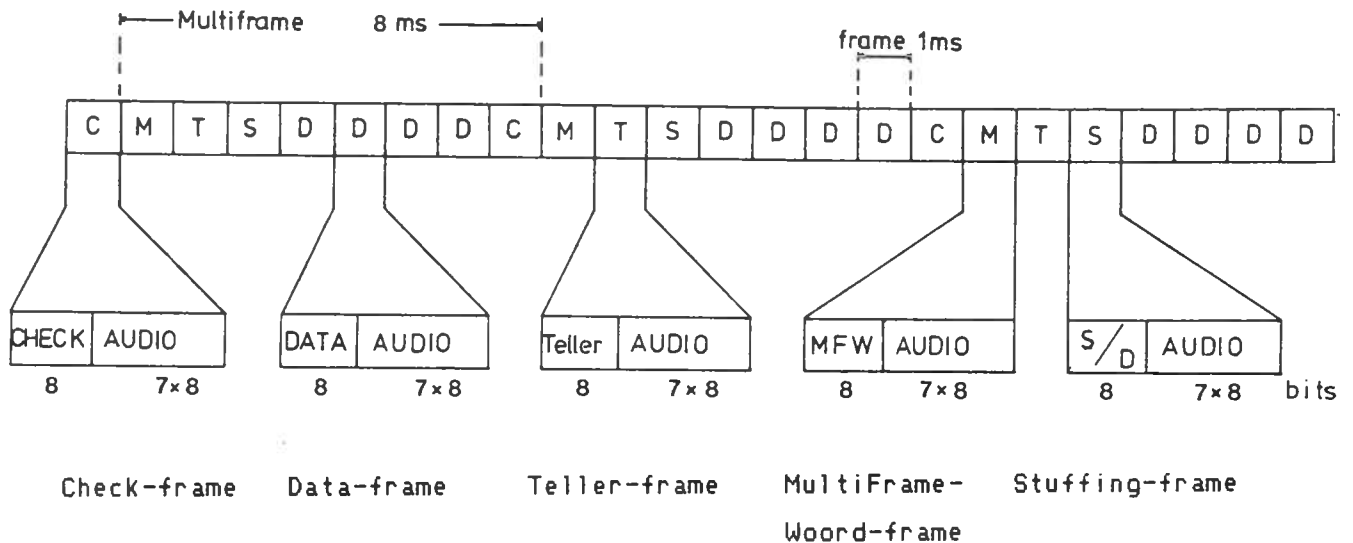
Met deze 3 bits worden maar 2 toestanden aangeduid, een Hamming afstand 3. Er kan met één bitfout nog tot een correcte beslissing gekomen worden.

De gemiddelde bitsnelheid wordt dan 4500 bit/s. Met een variatie van 500 bit/s.

Er blijft nog een frame over die, naast 7 bytes audio, één byte over heeft voor andere toepassingen dan data. Deze wordt gebruikt voor een checksum om de datawoorden in een multiframe te beschermen tegen fouten. Dit wordt beschreven in hoofdstuk 5.

4.3. De framestructuur

Het multiframe wordt als volgt ingedeeld:



figuur 4.3 : Framestructuur

MFW = multiframewoord = 8 bits kanaalgebonden woord.

S/D = stuf/datawoord. Dit wordt door 3 tellerbits bepaald.

Check = pariteitswoord voor de 5 datawoorden in één multiframe.

Data = 8 bits grafische data.

Audio = 7 bytes audio informatie.

Teller = 5 bits voor de nummering van een multiframe.

3 bits voor de bepaling van stuf/datawoord.

000 : S/D = datawoord

111 : S/D = stufwoord

FOUTBEHEERSING

Op een ISDN verbinding kunnen fouten ontstaan. Allereerst wordt er bekeken wat voor fouten zich kunnen voordoen. Nadat er bepaald wordt voor welke bitstromen een fout fataal is, wordt er een voorstel gedaan voor een mogelijke foutdetectie en correctie.

5.1. Mogelijke fouten

Fouten kunnen zich op een viertal manieren voordoen:

- Bitfouten
- Bytefouten
- Slips
- Bursts

Bitfouten

Het CCITT heeft aanbevelingen (8) gedaan ten aanzien van het optreden van bitfouten op een internationale digitale verbinding die een deel vormt van ISDN.

De aanbevelingen zullen twee delen omvatten en dat zijn die voor de audiodiensten en die voor de datadiensten. Deze twee aanbevelingen dienen bij een internationale ISDN verbinding allebei van toepassing te zijn.

De methode voor het bepalen van de parameters bij het optreden van fouten wordt als volgt beschreven.

Bij een drempel BER (Bit Error Rate) wordt het percentage van een gemiddelde periode T_0 bepaald waarin de BER de drempel overschrijdt. Het percentage wordt bekeken over een langere periode T_L .

- Voor spraakdiensten is de gemiddelde periode $T_0 = 1$ minuut en een drempel BER van $1 \cdot 10^{-6}$.
- Voor data diensten is de gemiddelde periode $T_0 = 1$ seconde en een drempel BER van nul. Dit is equivalent met het concept van error free seconds (EFS).

TABLE 1/G.821
Error performance objectives for international ISDN connections

$T_0 = 1$ minute		$T_0 = 1$ second	
BER in 1 minute	Percentage of available minutes	BER in 1 second	Percentage of available seconds
Worse than $1 \cdot 10^{-6}$	Less than 10%	> 0	Less than 8%
Better than $1 \cdot 10^{-6}$	More than 90%	0	More than 92% (% EFS)

Note 1 - It is intended that international ISDN connections should meet the requirements in the table for both values of T_0 .

Note 2 - The limits proposed are based on the best knowledge currently available but are subject to review in the future in the light of further studies. For the time being the limits should be considered as being provisional.

A BER threshold of $1 \cdot 10^{-5}$ has been proposed as an alternative to $1 \cdot 10^{-6}$ and it is possible that the ultimate value may lie in the range $1 \cdot 10^{-5}$ to $1 \cdot 10^{-6}$. In considering this threshold, the percentage of available minutes should be kept under review.

Note 3 - Total time T_L has not been determined since the period may depend upon the application. A period of the order of any one month is suggested as a reference.

Note 4 - The unavailability threshold of $1 \cdot 10^{-3}$ may need review, particularly in its effect on some services such as facsimile, where a value of $1 \cdot 10^{-4}$ may prove to be advisable.

tabel 5.1. : Bitfouten op een ISDN verbinding (8)

Bytefouten

Doordat op een 64 kbit/s verbinding van ISDN de overdracht woordgeoriënteerd is zullen bitfouten, zoals beschreven in het bovenstaande, zich manifesteren als bytefouten.

In de multiframestructuur kunnen bytefouten als volgt optreden:

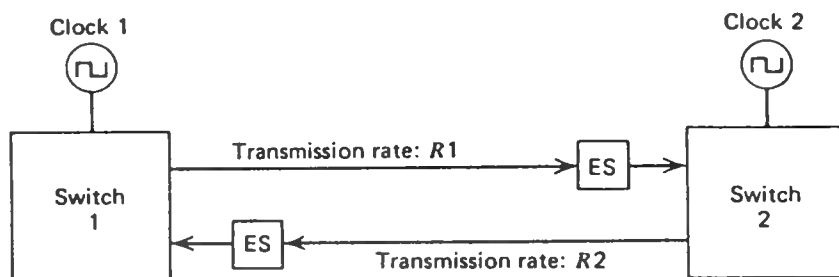
- Multiframewoorden worden door fouten niet meer herkend. Het multiframewoord is van belang voor het synchroniseren en het gesynchroni-

seerd houden van de beide kanalen. Bij een fout in het multiframe-woord bestaat de kans dat het kanaal uit synchronisatie raakt. Een oplossing hiervoor wordt gegeven in de volgende paragraaf.

- Een fout in het tellerwoord heeft alleen invloed op het synchroniseren.
- Een fout in het audioword zal een klik in het audiosignaal tot gevolg hebben.
- Een fout in het datawoord en checkwoord kan gecorrigeerd worden. Dit is beschreven in de volgende paragraaf.

Slips

Wanneer er een verbinding wordt gemaakt tussen twee digitale centrales kunnen er zich problemen voordoen in de netwerksynchronisatie.



figuur 5.1. : Gekoppelde centrales (14)

In figuur 5.1 is een situatie gegeven van een verbinding tussen twee centrales. De uitgaande klok wordt gedefinieerd door de lokale centrale klok. Maar de digitale centrales hebben vaak autonome klokken. Dit leidt ertoe dat de binnenkomende klok, die afgeleid wordt uit de datastroom, afwijkt van de lokale klok.

Deze afwijking bestaat uit een kleine, maar onvermijdelijke, frekwen-

tie offset en, door allerlei transmissie effecten veroorzaakte, jitter en wander.

Bij het 2.048 Mbit/s eerste orde signaal wordt door de CCITT (G.732) een tolerantie voor de locale klok aanbevolen van 50 ppm .

De ontvangbuffer (Elastic Store) van de centrale 2 wordt ingelezen met de herwonnen lijnklok R1, zodat er geen bits verloren gaan. De ontvangbuffer wordt nu echter uitgelezen met de locale klok R2. Verschilt de gemiddelde frekwentie van de herwonnen klok R1 van die van R2, dan ontstaat er in de loop van de tijd een zekere onder- dan wel overschrijding van de buffervulling. Dit worden 'slips' genoemd. Dit leidt ertoe dat een bepaald aantal bits tweemaal worden uitgelezen, bitstuffing, of in het geheel niet gelezen worden, biteating.

Het optreden van slips op een willekeurig tijdstip leidt tot het verliezen van synchronisatie, omdat de framing dan niet meer klopt. Daarom wordt een dreigende slip tijdig onderkend en wordt er 'controlled slip' uitgevoerd.

Twee soorten slips kunnen er dan optreden (12):

- a) Een enkele slip van 8 bits van een 64 kbit/s digitaal signaal is bekend als een octet slip en dit is een slip van een monster van een PCM gecodeerd analoog signaal.
- b) Een slip van een frame van een eerste orde digitaal signaal is bekend als een frame slip. Voor netwerken met een eerste orde signaal van 2048 kbit/s wordt een frame slip voorgesteld als het gelijktijdig optreden van octet slips in de 30 PCM gecodeerde signalen.

Wanneer er een octet tweemaal wordt uitgelezen spreken we van bytestuffing. In het geval van byte-eating wordt een octet niet uitgelezen.

Het probleem van het optreden van slips is alleen van belang bij de synchronisatie bij het vormen en verzenden van een eerste orde multi-

plex signaal. Hogere orde multiplex signalen ondervinden deze problemen niet, doordat er gebruik gemaakt wordt van 'justification', zodat volledig asynchrone bitstromen toch synchroon verwerkt kunnen worden.

TABLE 1/G.822
Performance objectives for slip rate on a
64-kbit/s international connection or bearer channel^{a)}

Performance	Mean slip rate thresholds	Measurement period	Network objectives as percentage of total time ^{b)}
Connection unacceptable	≥1 slip in 2 min	1 h	<0.1%
Connection acceptable but degraded	<1 slip in 2 min and >1 slip in 5 h	24 h	<1.0%
Connection satisfactory	≤1 slip in 5 h	24 h	≥99%

^{a)} All values are provisional. The slip rate thresholds have been subject to more investigations than the other numbers in the table.

^{b)} Total time ≥ 1 year.

tabel 5.2. : Slip rates (9)

De hoeveelheid toegestane slips per tijdseenheid wordt door de CCITT gegeven voor een 64 kbit/s internationale verbinding. Deze verbinding kan deel uit maken van ISDN. Dit is weergegeven in tabel 5.2.

In het ontworpen systeem wordt er gebruik gemaakt van twee 64 kbit/s kanalen. Deze worden voorzien van een multiframestructuur om de beide kanalen te kunnen synchroniseren. De consequentie van een octet slip is dat deze kanalen uit synchronisatie raken.

Door het verlies van synchronisatie worden de audiowoorden en de datawoorden niet op het juiste moment uitgelezen. Hierdoor worden de datawoorden en de audiowoorden niet juist gedecodeerd. Voor spraakoverdracht zijn deze slips hooguit als een klik te horen. Voor de data leidt een slip tot een aantal fouten datawoorden.

Pas bij het aanvangen van een nieuw multiframe, kan de verbinding

hergesynchroniseerd worden. De methode hiervoor wordt beschreven in hoofdstuk 6.3.

Als er op één kanaal een slip plaats vindt, dan is het andere kanaal nog in synchronisatie.

Doordat de audiowoorden om en om op de kanalen worden gezet is het audiosignaal na een slip, gedurende de rest van het multiframe, verstoord.

Doordat de data ,onderling vertraagd, op beide kanalen wordt gezet is in het geval van een slip foutcorrectie mogelijk. De manier van foutcorrectie wordt beschreven in de volgende paragraaf.

Bursts

Op de transmissieweg kunnen door storingen, zoals blikseminslag en fading op de microgolfwegen, bursts optreden. Een burst is een cluster van transmissiefouten.

Door het vervlechten van verschillende codewoorden in de tijd is het mogelijk om bursts te corrigeren. Een burst gedraagt zich, wanneer de codewoorden weer uit elkaar gehaald zijn, als een codewoord met random fouten. Het corrigerende karakter van deze methode hangt af van de cyclische code die er gebruikt wordt.

Een methode om de data te scheiden in de tijd wordt voorgesteld in de volgende paragraaf.

5.2. Foutendetectie en correctie

De grafische data, in deze opzet afkomstig van het tekentableau, wordt gecodeerd met absolute richtingvectoren en differentiële vectoren. Hierbij worden allereerst, wanneer de pen op het tekentableau wordt

gezet, de begin x- en y coördinaten doorgegeven.

Daarna wordt er door een ketting van vectoren de positie van de pen gecodeerd (13).

Wanneer er dus tijdens zo een ketting een fout ontstaat, volgt de tekening op het beeldscherm niet meer die van de pen op het teken-tableau.

Nu maakt het niet uit wanneer het audiografiesignaal wordt be- en verwerkt in een audiografische studio omdat er in dit geval geen fouten optreden.

Bij transport van data over lange transmissiewegen zoals straal- of satellietverbindingen kunnen er fouten optreden. Een vorm van foutcorrectie dient dan te worden toegepast.

Een manier voor foutcorrectie is wanneer er, aan de ontvangzijde, een fout gedetecteerd wordt er om herhaling van de data wordt gevraagd.

Maar in het geval van audiografie, waarbij het mogelijk is dat het signaal slechts éénmaal uitgezonden kan worden, is herhaling niet mogelijk.

Hier is naast foutdetectie ook nog foutcorrectie gewenst.

Een mogelijkheid om foutdetectie en correctie toe te passen, is het gebruik van een binaire cyclische codering. Deze methode voegt aan een hoeveelheid bits een aantal checkbits toe. Deze bits kunnen geplaatst worden in een frame dat, naast de audio-woorden, de checksum met zich meeneemt.

Een voorbeeld van een cyclische code is de Hamming code.

Een multiframe bevat 40 databits die beschermd moeten worden. Wordt er een byte, in het multiframe, gereserveerd voor een checksum dan is het mogelijk om twee fouten te kunnen detecteren en één fout te corrigeren (15).

De cyclische code is alleen van belang wanneer het gaat om een klein aantal fouten.

In het geval van het optreden van slips, waarbij een kanaal uit

synchronisatie raakt, leidt deze methode van foutcorrectie tot een groot aantal checkbits.

Een betere oplossing is de gebruikmaking van de aanwezigheid van twee kanalen. De capaciteit van beide kanalen is samen 10 kbit/s en de broninformatie heeft een datasnelheid van 5 kbit/s. Het is mogelijk om de data tweemaal uit te zenden. Dit kan op verschillende manieren, te weten:

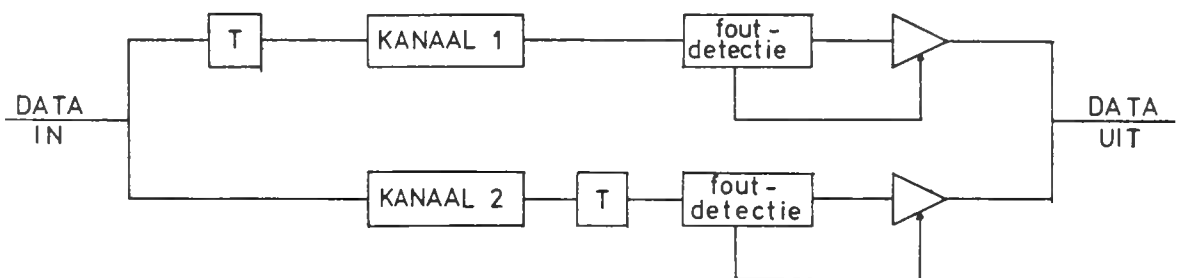
- Het tweemaal na elkaar uitzenden van dezelfde datablokken.
- Het op beide kanalen tegelijkertijd uitzenden van de datablokken.
- In het geval van het voorgaande punt kunnen de datablokken van een kanaal een tijd vertraagd worden, zodat wanneer er een burst op de beide kanalen plaatsvindt toch foutcorrectie mogelijk is. Want het in tijd vertraagde datablok komt na de burst bij de ontvanger aan, mits de gekozen vertraging groot genoeg is.

Gekozen is voor de laatste manier omdat deze de meeste bescherming biedt. Dit is weergegeven in figuur 5.2.

Nu hoeft er op beide kanalen alleen foutdetectie plaats te vinden. Dit kan als volgt gebeuren:

Aan de hand van het aantal fouten in een multiframe kan beslist worden welk kanaal er ingeschakeld wordt.

Deze methode biedt bescherming tegen slips omdat bij een slip één kanaal nog in synchronisatie is en daardoor de juiste data bevat.



figuur 5.2. : Foutdetectie en correctie

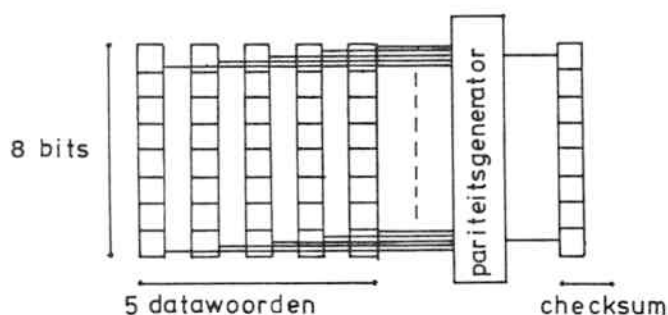
In een multiframe zijn er 6 bytes beschikbaar voor data en checksum. Foutdetectie kan op elk datawoord toegepast worden, door bijvoorbeeld elk datawoord een pariteitsbit mee te geven.

Een nadeel van deze foutdetectie is dat het alleen geschikt is voor een oneven aantal fouten, want bij een even aantal fouten klopt de pariteit weer en wordt dat woord ten onrechte voor goed aangezien. In het geval van een slip wordt er een audiowoord voor een datawoord aangezien. Als de kans op alle audiowoorden even groot is dan is de kans op een woord waarvan de pariteit ook klopt gelijk aan $1/2$. Dit is de kans dat een audiowoord, in het geval van een slip, ten onrechte voor een datawoord wordt aangezien.

Gekozen is voor een beveiliging van een blok data van 5 woorden met een pariteitswoord. Dit totaal van zes woorden past precies in één multiframe.

Bij deze codering wordt van de 5 woorden ieder niveau van een pariteitsbit voorzien. Deze pariteitsbits vormen de checksum.

In figuur 5.3 wordt weergegeven hoe de checksum gegenereerd moet worden. De hardware oplossing van deze pariteitsgenerator wordt besproken in het hoofdstuk Realisatie.



figuur 5.3. : Checksum

Deze methode is echter niet bestand tegen alle even fouten. Want

wanneer er twee fouten optreden, beide op hetzelfde niveau in de datawoorden en het pariteitswoord, worden deze fouten niet gedetecteerd en ten onrechte voor goed aangezien.

Omdat de bitfoutkans klein genoeg is kan het aantal fouten in een multiframe beperkt worden tot twee fouten. Met een bitfoutkans van p is de kans dat er twee bitfouten op hetzelfde niveau optreden ongeveer gelijk aan $120 * p^2$. Dit is als volgt te berekenen:

Er zijn 5 datawoorden en een pariteitswoord. In deze 6 woorden zijn er $\binom{6}{2} = 15$ combinaties van 2 fouten mogelijk. Een totaal van 8 niveaus geeft een totaal van $8 * 15 = 120$ combinaties. De kans op 2 fouten in 6 datawoorden (48 bits) is gelijk aan $p^2 * (1-p)^{48-2}$. De totale kans is dan gelijk aan $120 * p^2 * (1-p)^{46} \approx 120 * p^2$ wanneer $p \ll 1$.

Het kanaal met het minste aantal fouten kan worden doorgelaten.

Om fouten, die niet door de checksum gedetecteerd worden, te herkennen is het mogelijk om beide datastromen met elkaar te vergelijken.

Hierdoor kunnen deze fouten wel gedetecteerd worden, alleen is correctie niet mogelijk omdat bij het vergelijken niet bekend is welke datastroom de juiste is. In het geval van grafische data kan er dan door middel van visuele inspectie van het resultaat een keuze gemaakt worden uit de twee datastromen.

Duidelijk is dat deze beveiliging alleen kan plaats vinden op de datawoorden want voor het dubbel uitzenden van de audiowoorden is geen voldoende kanaalcapaciteit aanwezig

Een fout in een audioword zal zich dan ook manifesteren als een klik. De mogelijkheid bestaat dat de fout zich voordoet in het multiframewoord. Op de aanwezigheid van dit woord wordt ieder multiframe getest om te bepalen of de beide kanalen nog gesynchroniseerd zijn.

Ontstaat er een fout in het multiframewoord dan bestaat de kans dat er ten onrechte geconstateerd wordt dat het kanaal uit synchronisatie is en dat hersynchronisatie nodig is. Om dit tegen te gaan wordt er bij een eerste fout in een multiframewoord gewacht tot het volgende multi-

frame. Wordt het multiframewoord dan nog niet herkend dan is het kanaal uit synchronisatie, omdat de kans op een fout in twee opeenvolgende multiframewoorden erg klein is.

Is het tweede multiframewoord wel herkend dan wordt er terecht verondersteld dat er een fout is opgetreden in het multiframewoord en vindt er geen hersynchronisatie plaats.

Is de foutkans klein genoeg en accepteert men de fouten die ontstaan bij slips en bursts dan zouden beide 5 kbit/s kanalen onafhankelijk van elkaar gebruikt kunnen worden. Foutencorrectie in de vorm van bijvoorbeeld een cyclische code moet dan wel toegepast worden.

TIMING

6.1. De kloksignalen

Aan de ontvangkant van een ISDN-verbinding wordt op het S-referentiepunt een bruto bitstroom aangeboden van 192 kbit/s (zie Bijlage A). Dit bestaat uit twee B-kanalen en een D-kanaal met een totale netto bitstroom van 144 kbit/s.

Uit de bitstroom dient allerlei informatie te worden gehaald, met name de verschillende kloksignalen. De complete timing aan de ontvangkant bestaat uit drie kloksignalen ;

- de woordklok, dit omdat de overdracht over een ISDN verbinding woordgeoriënteerd is,
- de frameklok,
- de multiframeklok.

Het S-interface circuit (SIC) zorgt voor de scheiding van de twee B-kanalen en levert de woordklok (?).



figuur 6.1. : S-interface circuit

Omdat er in het frame geen frameinformatie is toegevoegd moet er op een andere manier gezocht worden naar de frameklok.

Acht frames zijn gebundeld tot een multiframe. De duur van een

multiframe is 8 ms. Het begin van een multiframe wordt aangegeven door een multiframewoord. Door middel van dit multiframewoord kunnen de checkframes, dataframes en andere frames eenduidig herkend worden (zie figuur 4.3).

De multiframeklok wordt verkregen door continue te zoeken naar de aanwezigheid van een multiframewoord op de beide kanalen totdat het multiframewoord herkend wordt.

Het zoeken naar dat multiframewoord kan door een hardware schakeling gerealiseerd worden (16). Maar gezien de eenvoud wordt het zoeken software-matig gedaan door een microprocessor.

Wanneer het multiframewoord herkend is wordt een frameteller (T) gereset. Iedere keer wanneer er een woord wordt binnengehaald, wordt de teller met één opgehoogd. Met deze teller wordt door de processor beslist of een woord een audiowoord, een datawoord of een checksum is.

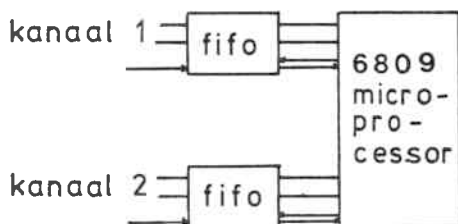
Met andere woorden ; de microprocessor is in staat om de aangeboden datastroom te demultiplexen.

Er ontstaat echter een nadeel. Door het optreden van een vertraging tussen beide kanalen (zie hoofdstuk 3) zijn de multiframeklokken van beide kanalen onderling niet in fase. Dit leidt ertoe dat de audiowoorden en datawoorden niet eenduidig gedecodeerd kunnen worden. De procedure om de beide kanalen te synchroniseren wordt in de volgende paragraaf behandeld.

6.2. Synchronisatie

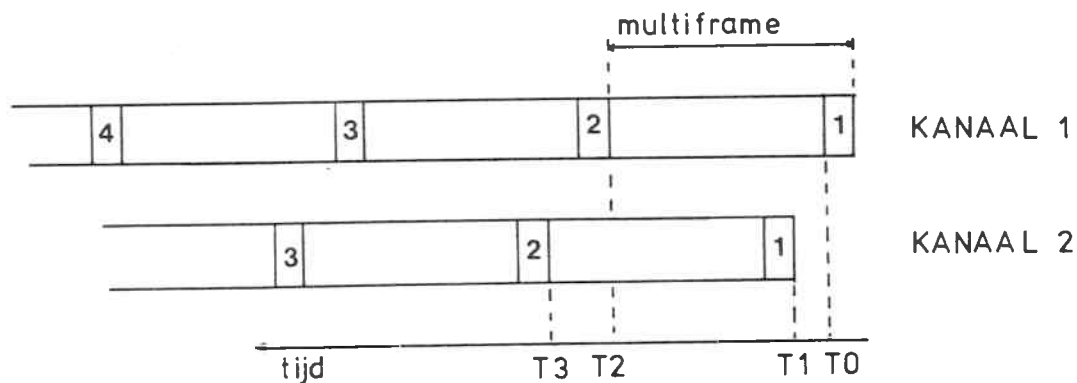
Aan de ontvangzijde moeten de audiowoorden en datawoorden eenduidig gedetecteerd worden; hiervoor moeten de kanalen gesynchroniseerd zijn. Omdat er onderlinge vertraging op kan treden tussen de beide kanalen

moet er, naast synchronisatie per kanaal, ook nog synchronisatie plaats vinden tussen de beide kanalen onderling.
Dit wordt als volgt gerealiseerd:



figuur 6.2 : Microprocessor

Beide kanalen worden om en om door de microprocessor uitgelezen. Wordt er in een van de twee kanalen het kanaalgebonden multiframe woord gedetecteerd, dan wordt het uitlezen op dat kanaal gestopt. De fifo zal zich daardoor vullen. De microprocessor zoekt nu verder alleen naar de aanwezigheid van het multiframe woord op het andere kanaal. Wordt dit multiframe woord gedetecteerd dan worden de kanalen daarna gelijktijdig uitgelezen. De beide kanalen zijn in synchronisatie. Dat dit niet altijd het geval is blijkt uit fig. 6.3.



figuur 6.3. : Synchronisatie 1

Stel op moment T0 wordt de synchronisatieprocedure gestart. Op T1 wordt het multiframewoord van kanaal 2 herkend. Dit multiframe heeft nummer 1. Er wordt gestopt met uitlezen op kanaal 2. Op T2 wordt op kanaal 1 het multiframewoord van het multiframe 2 herkend. De microprocessor beslist dan ten onrechte dat de beide kanalen onderling in synchronisatie zijn.

Twee mogelijke oplossingen zijn hiervoor te bedenken:

Mogelijkheid 1:

In het multiframe is een frame aangebracht dat, naast de 7 audioworden, een teller bevat. Deze teller loopt van 0 tot 255. Met behulp van deze teller wordt het multiframe voorzien van een nummer.

In het geval van figuur 6.3 wordt op het moment T2 het multiframe 2 herkend op kanaal 1. Nu blijkt dat beide nummers van de multiframe niet overeenkomen. Derhalve zijn de kanalen niet gesynchroniseerd. Het multiframe met het laagste nummer, in dit geval multiframe 1 op kanaal 2, wordt genegeerd en er wordt gewacht tot er op dit kanaal het multiframe met nummer 2 wordt herkend. Dit gebeurt op het moment T3.

Op het moment T2 kan, door het verschil in multiframe nummers, aangegeven worden hoe groot de vertraging, afgerond op aantallen framenummers, is.

Men kan naar aanleiding van de grootte van de vertraging beslissen of men de verbinding opnieuw moet maken of dat de vertraging op te heffen is.

Het opheffen van de vertraging is afhankelijk van de grootte van de ontvangbuffer. De vulgraad van de buffer hangt hoofdzakelijk af van de statische vertraging. Dit gebeurt éénmalig en wel bij het aanvangen van de synchronisatieprocedure.

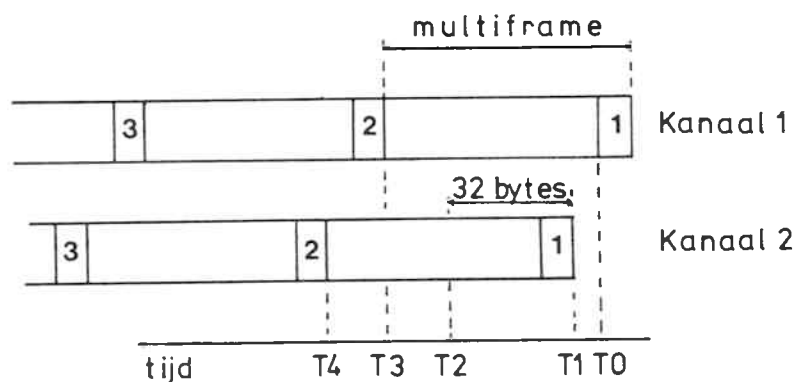
Wordt er één verbinding gelegd via een satellietverbinding en de andere via een aardse verbinding dan is de mogelijke onderlinge vertraging

in de orde van 250 ms. Deze vertraging zal dus maximaal 32 multiframe omvatten. Als de multiframe teller loopt van 0 tot 31 (5 bits) dan is het mogelijk om deze vertraging op te vangen. De ontvangbuffer moet dan $32 * 8 = 256$ bytes groot zijn.

Om buffers uit te sparen kan de ontvangbuffer eenmalig uitgevoerd worden en ingeschakeld worden op het kanaal dat vertraagd dient te worden.

Mogelijkheid 2:

Bij deze oplossing wordt er van uitgegaan dat de maximale vertraging kleiner is dan de halve multiframe lengte (4 ms). In figuur 6.4 is de synchronisatieprocedure weergegeven.



figuur 6.4. : Synchronisatie 2

Op moment T1 wordt op kanaal 2 het multiframe 1 herkend. Bij het lezen op het andere kanaal wordt er een tellerstand (T) bijgehouden. Overschrijdt deze teller de halve framelengte (31) dan worden de fifo's gereset, omdat bij een maximale vertraging van 4 ms de beide multiframe woorden in een venster van 4 ms moeten liggen. Op het moment T2 worden de fifo's gereset en wordt de synchronisatieprocedure opnieuw gestart.

Op moment T3 wordt er dan op kanaal 1 multiframe 2 herkend. Er wordt gestopt met uitlezen op kanaal 1. Op moment T4 wordt op kanaal 2 multiframe 2 herkend. De beide kanalen zijn vanaf dit moment in synchronisatie.

Wanneer de vertraging groter is dan 4 ms dan zijn de multiframe nummers op het moment T4 niet hetzelfde en wordt er doorgegeven dat de verbinding opnieuw gemaakt moet worden, in de hoop dat de onderlinge vertraging dan kleiner is.

Een nadeel van de eerste oplossing is dat het softwareprogramma complexer wordt en misschien niet is te implementeren op de 6809 microprocessor doordat deze een beperking heeft in het aantal instructies per seconde (17). Deze oplossing heeft, bij grotere vertragingen, grotere buffers nodig.

Een nadeel van de tweede oplossing is dat de maximaal op te vangen vertraging 4 ms is.

Voorlopig is er voor de tweede oplossing gekozen omdat de synchronisatietijd korter is. Maar wanneer steeds meer internationale verbindingen via een satelliet gaan zou ook de eerste methode overwogen kunnen worden.

Een verlies van synchronisatie dient zo snel mogelijk te worden opgelost, zodat er weinig of geen storing optreedt voor de gebruiker. De synchronisatietijd moet daarom zo kort mogelijk zijn.

Wanneer er vanuit wordt gegaan dat de maximale vertraging 4 ms mag zijn, dan is de synchronisatietijd bij beide oplossingen maximaal gelijk aan anderhalf maal de multiframe lengte, dat is 12 ms.

Is de vertraging groter dan 4 ms dan is alleen de eerste oplossing bruikbaar. De synchronisatietijd hangt dan af van de maximaal op te vangen vertraging.

6.3. Hersynsynchronisatie na een slip

Om een slip tijdig te herkennen test de microprocessor continu of de beide kanalen nog gesynchroniseerd zijn. Dit gebeurt op de volgende manier:

Wanneer de kanalen in synchronisatie zijn moeten de multiframewoorden zich op een vaste plaats in het multiframe bevinden, op plaats $T=0$. Door voortdurend te testen op het multiframewoord is het mogelijk te bepalen of de kanalen nog in synchronisatie zijn.

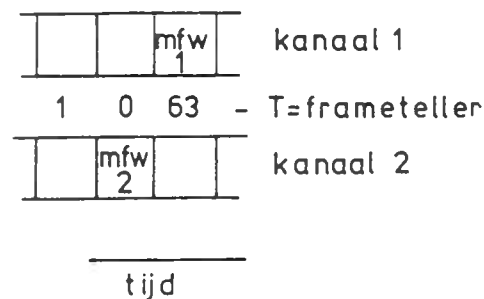
Wordt er achtereenvolgens, op een van de kanalen, het multiframewoord tweemaal niet herkend, dan besluit de processor tot hersynchronisatie. Dit laatste wordt gedaan om bij een bitfout in het multiframewoord niet gelijk tot hersynchronisatie over te gaan.

Deze hersynchronisatie duurt even lang als de synchronisatieprocedure zoals beschreven in de vorige paragraaf. Daarnaast duurt het maximaal twee multiframe lengtes eerdad de microprocessor constateert dat de kanalen uit synchronisatie zijn.

Een nadeel hiervan is dat wanneer er een slip optreedt automatisch de nogal lange hersynchronisatieprocedure begint. Om dit tegen te gaan is de volgende slipprocedure bedacht.

De microprocessor bepaalt, in een tijdvenster van drie bytes, in welk tijdslot zich het multiframewoord (mfw) bevindt (fig. 6.5). In het geval van byte-eating, waarbij een woord niet wordt uitgelezen, zal het multiframewoord zich in tijdslot $T=63$ bevinden. In het geval van byte-stuffing, waarbij een woord tweemaal wordt uitgelezen, bevindt zich het multiframewoord in tijdslot $T=1$.

In figuur 6.5 wordt het bovenstaande weergegeven waarbij er op kanaal 1 een slip, byte-eating, is opgetreden.



figuur 6.5. : Venster van drie bytes

Mocht er een slip optreden, dit is in fig. 6.5 byte-eating in kanaal 1, dan wordt het multiframewoord herkend in tijdslot $T=63$. Wordt het multiframewoord van kanaal 2 op de juiste plaats herkend, tijdslot $T=0$, dan wordt er éénmaal gestopt met uitlezen op kanaal 2. Zo worden beide kanalen onderling weer gesynchroniseerd.

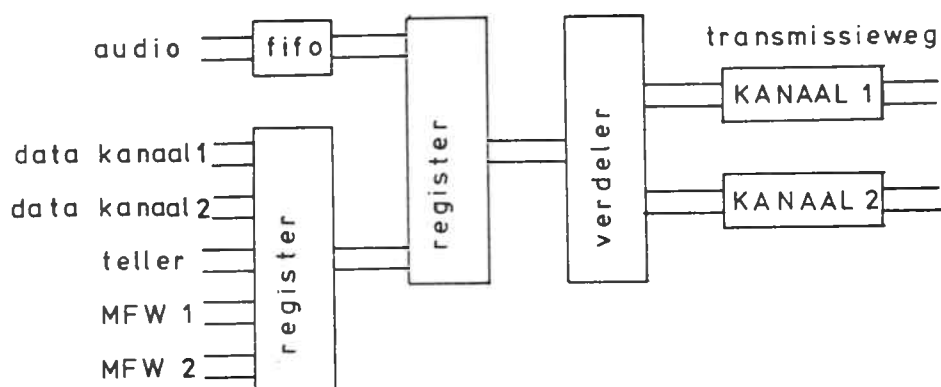
De kans bestaat, hoewel die erg klein is, dat op kanaal 1 byte-eating plaats vindt en op kanaal 2 byte-stuffing. Dan wordt kanaal 2 tweemaal gestopt met uitlezen om zo de beide kanalen onderling te kunnen hersynchroniseren.

De hersynchronisatietijd is gelijk aan de tijd vanaf het optreden van een slip tot het herkennen van het multiframewoord in het venster van drie bytes. Dit is maximaal gelijk aan de duur van een multiframe-lengte, dit is 8 ms.

Wordt er in één van de tijdsloten gedurende twee multiframeperiodes geen multiframewoord herkend dan wordt er overgegaan tot hersynchronisatie. Dit is dezelfde synchronisatieprocedure zoals beschreven in de vorige paragraaf.

REALISATIE

7.1. Het zendgedeelte



figuur 7.1. : Blokschema zender

Het audiosignaal heeft een bandbreedte van 6 kHz en als digitale modulatiemethode wordt Puls Code Modulatie (PCM) toegepast. De bemonsteringsfrequentie is gekozen op 14 kHz. Dit levert geen zware eisen voor het ontwerp van het ingangsfILTER. Deze klokfrequentie wordt met behulp van een PLL afgeleid uit de 8 kHz woordklok die geleverd wordt door het ISDN. Een blokschema hiervoor is weergegeven in figuur 7.6. De data, met een bitstroom van 5000 bit/s, wordt geleverd door een grafische studio. Met behulp van een tekentableau en een beeldscherm is het mogelijk om simulaties van fouten te testen. Een fout in de grafische data zal al snel leiden tot een fout in het beeld. Om de schakeling beter te kunnen testen is er in plaats van het audiosignaal een teller genomen die een klokfrequentie heeft van 14 kHz. Het invoeren van audio nadat de schakeling goed blijkt te werken is

dan geen probleem. Een mogelijke PCM codec zou het CMOS I.C. MK 5156 (8 bits codec met A-law companding) kunnen zijn. Eenvoudige luister-testen met FM-radio spraak/muziek via deze codec gaven een goede kwaliteit en geen hoorbare aantasting van het signaal, buiten het wegvallen van de hoge tonen (16).

Omdat de beide signaalstromen worden gemultiplxed is het nodig dat de signaalstromen in een elastisch buffer (fifo) gebufferd worden. Dit is noodzakelijk omdat bij het multiplexen de afname van datawoorden aperiodiek plaats vindt.

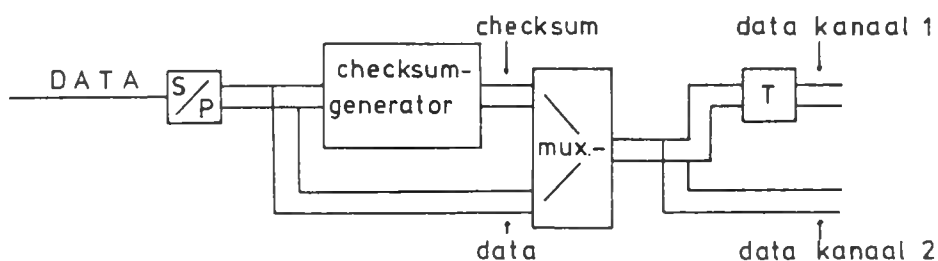
Om te zorgen voor een goede doorstroming van het audiosignaal, wordt het audiosignaal om en om naar de beide kanalen weggeschreven.

De registers en de verdeler zoals getekend in figuur 7.1 zorgen voor de opbouw van de frame en multiframestructuur. De verdeler heeft de functie om de verschillende signaalstromen te verdelen over de verschillende tijdsloten die het TDM signaal vormen.

De eerste byte van elk frame wordt voorzien van een multiframewoord, data, teller, en een checksum. Ieder kanaal heeft een eigen multiframewoord (MFW) om eenduidige detectie mogelijk te maken.

De teller wordt ieder multiframe met één opgehoogd om zo de multiframe van een oplopend nummer te voorzien. Het doel van deze teller is beschreven in hoofdstuk 6.

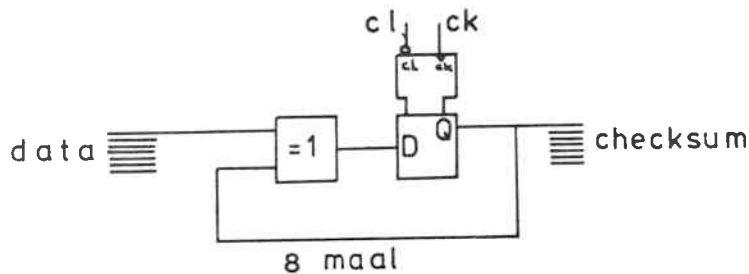
De verschillende kloksignalen voor de opbouw van de frames worden gerealiseerd door hardware logica. Aangezien dit niet van belang is voor de rest van het verslag wordt de behandeling hiervan achterwege gelaten.



figuur 7.2. : Databewerking zendkant

De grafische data wordt seriëel aangeboden door een grafische studio en dient daarom eerst omgezet te worden tot een parallelle datastroom. Om foutdetectie en correctie te kunnen realiseren worden de datastromen, voorzien van een checksum, over de beide kanalen gezonden. Om een betere foutcorrectie te bewerkstelligen bij een burst wordt één van de datastromen een tijd T vertraagd (zie hoofdstuk 5). Het blok-schema hiervan is weergegeven in figuur 7.2.

De vijf datawoorden in een multiframe worden op de volgende wijze van een checksum voorzien (zie hoofdstuk 5.2).



cl = multiframe signaal

ck = data woordklok

figuur 7.3. : Checksum generator

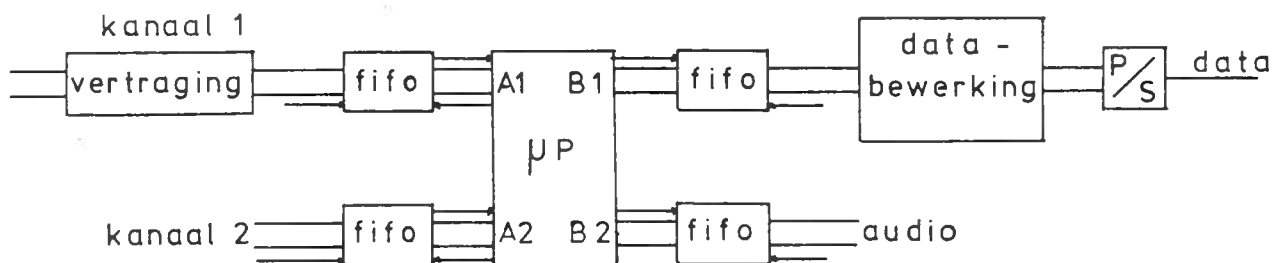
Van ieder blok van vijf datawoorden in één multiframe wordt, van ieder niveau, de pariteit bepaald. Het hierbij ontstane woord is de checksum of ook wel pariteitswoord genoemd.

De schakeling die het pariteitswoord genereerd is weergegeven in figuur 7.3. en de werking hiervan wordt als volgt beschreven:

Bij het aanvangen van een multiframe worden de D-Flip Floppen gereset. De exclusive-or poort fungeert hier als een 1 bit-adder. Na het doorlopen van de vijf datawoorden staat aan de uitgang van de D-Flip Floppen de 8 bits checksum klaar.

7.2. De microprocessor

De synchronisatie en het realiseren van de frameklok wordt softwarematig gerealiseerd. Hiervoor wordt er een Labbus ontwikkelsysteem gebruikt met een 6809 microprocessor. Het flowdiagram en de assemblerlijsting van het programma wordt behandeld in bijlage C.



figuur 7.4. : Blokschema periferie microprocessor

De interfacing met de microprocessor wordt gerealiseerd door PIA's (Peripheral Interface Adapter). Deze zijn voorzien van enkele besturingslijnen die onder softwareprogramma's bestuurd kunnen worden om de datawoorden naar binnen te halen en weer naar buiten te sturen.

De vertraging die kan optreden tussen de twee kanalen wordt in deze opstelling gesimuleerd door 8 HEF 4557B I.C.'s (1-64 bit variable length register). De vertraging is in te stellen door middel van 6 dip-switches.

De vertraging mag maximaal 4 ms zijn. Om deze vertraging op te heffen is een buffer nodig van 32 bytes. Hiervoor worden fifo's, de AM 3341, gebruikt. Deze fifo's dienen tevens voor snelheidsaanpassingen tussen de microprocessor en de twee kanalen.

De uitgangen voor audio en data worden gescheiden uitgevoerd en voor snelheidsaanpassingen voorzien van fifo's.

De microprocessor is in staat om de audiowoorden, die om en om naar beide kanalen zijn weggeschreven, weer te vervlechten tot het oorspronkelijke audiosignaal. Dit signaal wordt naar de audiouitgang B2 gestuurd. De microprocessor is niet snel genoeg om ook de foutdetectie en -correctie voor zijn rekening te nemen. Daarom worden de beide datastromen, voorzien van het pariteitswoord, gescheiden naar buiten gebracht om de foutdetectie en correctie met hardware schakelingen uit te voeren. Dit wordt in het ontvangedeelte besproken.

Om het systeem te testen op slips is er een schakeling aan toegevoegd die byte-eating of byte-stuffing genereert. Dit wordt gerealiseerd door een datawoord extra in de fifo van een van de kanalen te kloppen (byte-stuffing) of door een datawoord niet in de fifo te kloppen (byte-eating).

7.3. Het ontvangedeelte

De audiowoorden worden in de audiofifo geklokt. De fifo wordt uitgelezen met de 14 KHz audiowoordklok. Deze klok wordt met behulp van een PLL afgeleid uit de 8 KHz woordklok (figuur 7.6.).

Om de schakeling te testen wordt er in plaats van audio een teller op de ingang gezet. Door nu een andere teller, die eerst gesynchroniseerd wordt met de audioteller, mee te laten lopen kunnen het aantal fouten geregistreerd worden. Als foutenteller wordt een Fluke 1910A multicounter gebruikt.

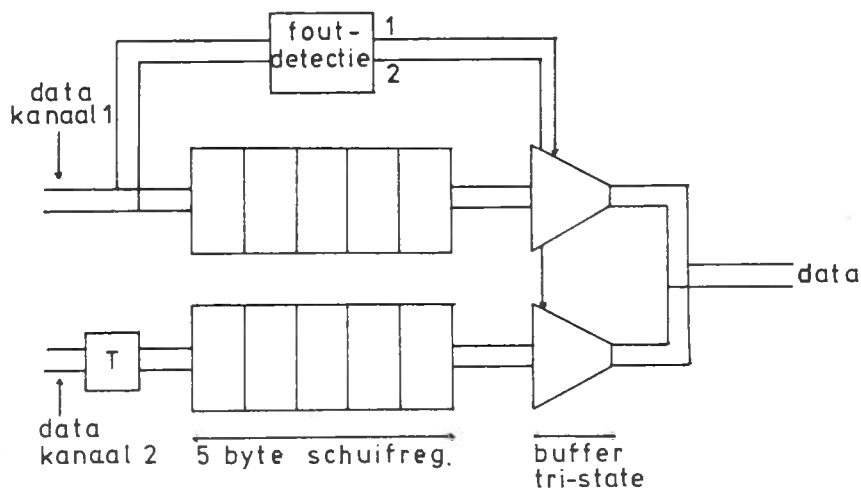
De data moet aan de ontvangzijde op fouten worden getest. Hiertoe wordt aan de zenzijde de data, voorzien van een checksum, op beide kanalen gezet waarvan één datastroom enige tijd vertraagd wordt (fig. 7.2.). Aan de ontvangzijde dient dan ook de andere datastroom eenzelfde tijd vertraagd te worden opdat de twee datastromen gelijk lopen.

Correctie van de data vind als volgt plaats. Als er in een blok van 5 datawoorden een fout wordt gedetecteerd wordt er overgeschakeld op het andere kanaal. Zijn hierop ook fouten geconstateerd dan kan er overgeschakeld worden op het kanaal met het minste aantal fouten.

Omdat pas na de vijf datawoorden wordt bepaald of er een fout is opgetreden moeten de vijf datawoorden opgeslagen worden. Hiervoor wordt een vijf bytes schuifregister gebruikt. Bij het constateren van een fout wordt het schuifregister van het andere kanaal uitgelezen.

Tevens kan er een indicatie worden gegeven in hoeverre het kanaal betrouwbaar is. Met een te grote foutkans kan er besloten worden om de verbinding te verbreken en opnieuw te maken.

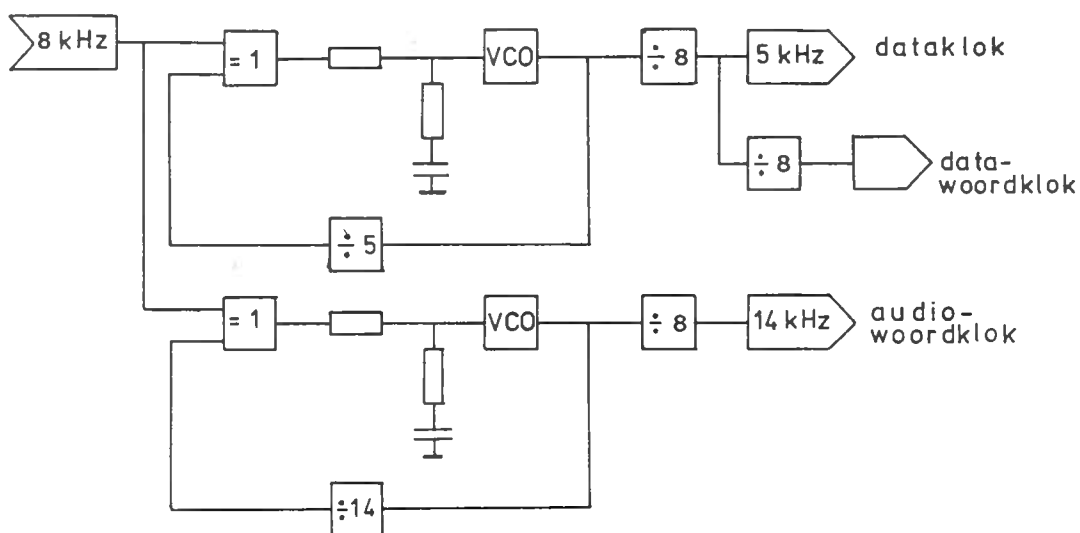
De foutdetectie en correctie is als volgt uitgevoerd.



figuur 7.5. : Databewerking ontvangkant

Voor de foutdetectie wordt er eenzelfde schakeling als in figuur 7.3. gebruikt. Bij het aanvangen van een multiframe geeft de microprocessor een signaal naar buiten. Hierdoor worden de D-Flip Floppen gereset. De vijf datawoorden en het pariteitswoord worden de schakeling ingeklokt. Wanneer er geen fout is opgetreden verschijnt er aan de uitgang van de D-Flip Floppen een woord van 8 nullen.

De dataklok (5000 Hz) en de datawoordklok worden, evenals de audio-woordklok, afgeleid van de 8 kHz woordklok met behulp van een PLL. Deze woordklok wordt geleverd door het ISDN.



figuur 7.6. : Het klokcircuit

CONCLUSIE EN AANBEVELINGEN

Voor de overdracht van een audiografiesignaal met een netto bitstroom van 128 kbit/s kan gebruik gemaakt worden van twee B-kanalen van een ISDN verbinding. Deze kanalen hebben elk een capaciteit van 64 kbit/s. Bij de overdracht van een signaal over twee geheel onafhankelijke kanalen kunnen zich enkele problemen voordoen, namelijk het optreden van tijdvertragingen tussen de twee kanalen onderling en het optreden van slips.

Een systeemopzet voor het oplossen van deze problemen wordt in het verslag voorgesteld.

De twee deelstromen worden in een framestructuur geplaatst om de verschillende tijdsloten in de bitstroom te kunnen identificeren. Zonder kennis van de juiste plaats van een tijdslot is het niet mogelijk het signaal te decoderen.

Door ieder frame te voorzien van een kanaalgebonden identificatiewoord is het mogelijk om de onderlinge vertraging te bepalen. De vertraging is op te heffen door het minst vertraagde kanaal opzettelijk een vertraging te geven zodat beide deelstromen weer gelijk lopen.

De tijdvertragingen met een maximum van 4 ms zijn weg te regelen. Maar het is ook mogelijk om vertragingen groter dan 4 ms op te heffen, dit vereist alleen een ander besturingsprogramma en een langere synchronisatietijd.

Omdat er een framestructuur wordt toegepast leiden slips tot een tijdelijk synchronisatieverlies. Een hersynchronisatieprocedure wordt er toegepast om tot een zo kort mogelijke synchronisatietijd te komen.

Het opheffen van de onderlinge vertraging en het herkennen van een slip met de daarbij horende hersynchronisatieprocedure wordt softwarematig bestuurd.

In het systeemconcept is er wel rekening mee gehouden dat het ISDN voor de nodige signaalbewerkingen zorgt zodat er wordt uitgegaan van

een woordgeoriënteerde datastroom.

De interfacing tussen een ISDN-terminal en de microprocessor is gerealiseerd.

Het audiosignaal heeft een bandbreedte van 6 KHz. Met een bemonsteringsfrequentie van 14 KHz en 8 bits per monster komt dit tot een audiobitstroom van 112 kbit/s. De grafische data wordt met 5000 bit/s aangeboden. Met behulp van stuffing worden onder meer snelheidsvariëaties dynamisch opgevangen tot een maximale waarde van 500 bit/s, ofwel 10 %.

Omdat op de transmissieweg fouten kunnen optreden is er een voorstel gedaan om naast bitfouten ook nog slipfouten en bursts te kunnen opvangen. Hiertoe wordt de data op beide kanalen uitgezonden, waarvan de data op één kanaal een tijd vertraagd wordt. De ontvanger kiest hieruit het kanaal met het minste aantal (of geen) fouten.

In deze opzet is er gekozen voor audiografietoepassingen. Het zou ook kunnen zijn dat de gebruiker een kanaalcapaciteit wenst van ongeveer 128 kbit/s voor toepassingen zoals tele-software, elektronische krant en andere tele-informatie diensten. Door het toepassen van een framestructuur houdt men in deze opzet een effectieve kanaalcapaciteit over van 126 kbit/s. Een eventuele foutdetectie is dan voor rekening van de gebruiker.

LITERATUURLIJST

- 1- D.V. Glen
"Integrated Services Digital Networks standard, and related technology".NTIA Report, juni 1982.

- 2- CCITT Studie group XVIII
"Final report to the VIII th. CCITT plenary assembly (part V)".
Malaga-Torremolinos, 1984

- 3- CCITT
"General network planning, GAS 3 ".
Geneva 1983

- 4- CCITT
"Economic and technical aspects of the choice of telephone switching systems, GAS 6 ".
Geneva 1981

- 5- Nguyen Q.Duc , Eng K.Chew
"ISDN Protocol architecture".
IEEE Communications Magazine, march 1985-vol.23, no.3.

- 6- B.R. Kerswell, M.T. Norris and R.C. Turner
"Network terminating equipment for the ISDN: The customer interface ".
Britisch Telecom. Technol. Journal, juli 1984-vol.2, no.3.

- 7- T. Israel, D. Klein, S. Schmol
"System 12, Configurations for ISDN subscriber equipment, network terminations,digital telephones, and terminal equipment ".
Electrical Communications Vol.59. No. 1/2, 1985

- 8- Yellow book CCITT Vol.III fascile III.3:
Rec. G.821:"Error performance on an international digital
connection forming part of an integrated services digital network"
Geneva 1980

- 9- Yellow book CCITT Vol.III fascile III.3:
Rec. G.822:"Controlled slip rate objectives on an international
digital connection".
Geneva 1980

- 10- Yellow book CCITT Vol.VI fascile VI.5:
Rec. Q.507:"Transmission characteristics for telephony of digital
transit exchanges".
Geneva 1980

- 11- C.D.E. Price, R.A. Boulter
"Integrated Services Digital Network".
Britisch Telecommunications Engineering Vol.3, jan. 1985

- 12- R. Smith, L.J. Millot
"Synchronisation and slip performance in a digital network".
Britisch Telecommunications Engineering Vol.3, july 1984

- 13- A. Kegel, J.H. Bons
"The coding of dynamographical information with applications to
scribophone, teleboard and vidibord".
New systems and services in telecommunications, II pp.439-445
Elsevier Science Publishers B.V., 1984

- 14- J. Bellamy
"Digital telephony".
John Wiley & sons ,1982

- 15- S. Lin
"An introduction to Error-Correcting codes ".
Prentice Hall, Inc. ,1970

- 16- R.M. Foederer
"De overdracht van een enkelvoudig audiografiesignaal over twee digitale transmissiewegen met verschillende looptijd ".
Afstudeerverslag 05-1-565-28-202 ,TH Delft, jan. 1985

- 17- Lance A. Leventhal
"6809 Assembly language programming ".
Osborne / Mc Grawhill , 1981

- 18- P.J. Tanis
"Gelijktijdig transport van spraak en schrijfsignalen via het geschakelde telefoonnet ".
Laboratoriumverslag TH Delft , maart 1979

- 19- J.C. Verbree
"Component-codering bij digitale scribofonie-verbindingen ".
Afstudeerverslag 05-1-565-28-183 ,TH Delft, juli 1982

- 20- "Medio-Info"
VNU Business Publications BV. Amsterdam

- 21- "Kabelvisie"
Kabelvisie BV. Culemborg

- 22- Johan Vos
"Nieuwe media en beleid, een Europese inventarisatie"
VNU Business Publications BV. Amsterdam

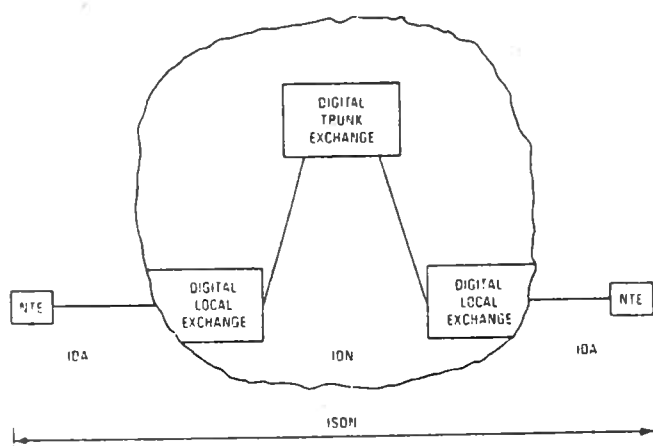
HET INTEGRATED SERVICES DIGITAL NETWORK (ISDN)

Enige tijd geleden waren de geschakelde telefooncentrales volledig analoog. Deze worden Integrated Analog Networks (IAN) genoemd. De uitvinding van de Pulse Code Modulatie (PCM) door Alec Harley Reeves in 1983 gaf een theoretische basis voor de digitale transmissie van spraaksignalen, maar het duurde 20 jaar voordat PCM werd toegepast in een telefooncentrale.

Nu zijn de automatische geschakelde telefooncentrales in het algemeen steeds meer digitaal geworden. Deze type netwerken worden Integrated Digital Networks (IDN) genoemd.

Naast telefonie toepassingen ontstaan er steeds meer behoeften naar andere, niet op spraak beruste, diensten. De type netwerken die deze diensten realiseren worden Integrated Service Digital Networks (ISDN) genoemd (5), (11).

Het ISDN voorziet in een end- to -end digitale verbinding waar een reeks van diensten, zoals spraak, data en tekst van dezelfde transmissie en schakelfaciliteiten gebruik maakt. Het IDN is dan ook een stap in de richting van ISDN.



figuur A.1. : Relatie ISDN, IDN en IDA (11)

In de komende jaren worden er door o.a. het CCITT specificaties gemaakt voor de ontwikkeling van toekomstige telecommunicatienetwerken en diensten zoals ISDN.

Enige redenen voor integratie van de verschillende diensten zijn (3) :

- Het netwerk kan economisch efficiënter zijn wanneer meerdere diensten er gebruik van maken.
- Het geeft een grotere flexibiliteit voor het plannen en introduceren van nieuwe diensten.
- De gebruiker kan een terminal gebruiken voor alle diensten, en de gebruiker heeft maar één verbinding nodig met het netwerk.
- Dezelfde procedures, waardoor het gebruik eenvoudiger wordt.
- Eenzelfde techniek reduceert de kosten voor gebruik en onderhoud.

Maar er zijn ook enige nadelen aan de integratie van de diensten:

- De apparatuur kan, doordat het verschillende diensten moet voorzien, erg complex worden.
- Een fout in een deel van het ISDN heeft effect op alle diensten.
- Er moeten investeringen gedaan worden bij de gebruiker en de PTT.
- Er ontstaan mogelijk technische en organisatorische problemen bij de splitsing van gesprekken en data.

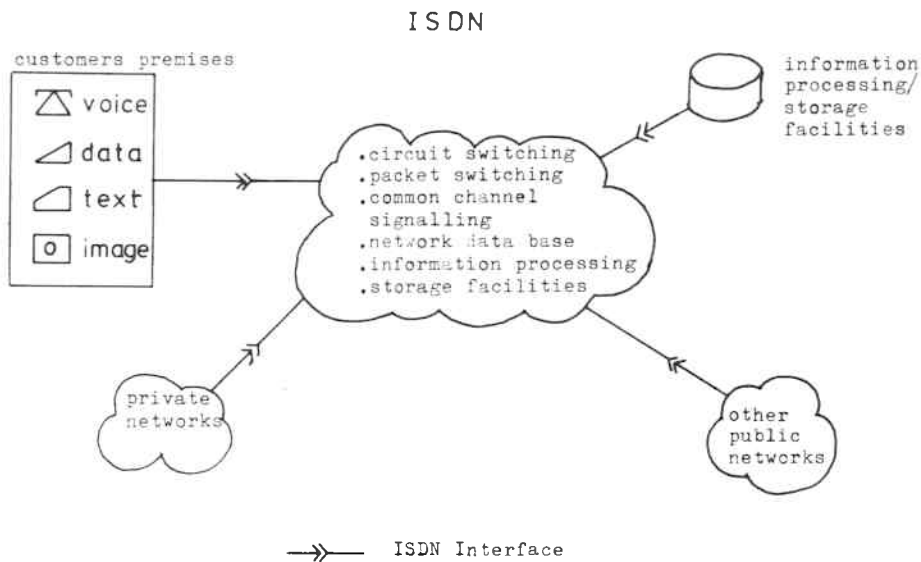
Een exacte lijst van voor- en nadelen is momenteel nog niet te geven want dit hangt af van het verdere verloop van de integratie van de diensten en studies hierover door o.a. CCITT.

Omdat Integrated Digital Networks sinds kort worden geïmplementeerd zal het nog vele jaren duren voordat een werkelijke ISDN is gerealiseerd.

IDN heeft verbindingen van 64 kbit/s die eenvoudig geïmplementeerd

Kunnen worden in een ISDN.

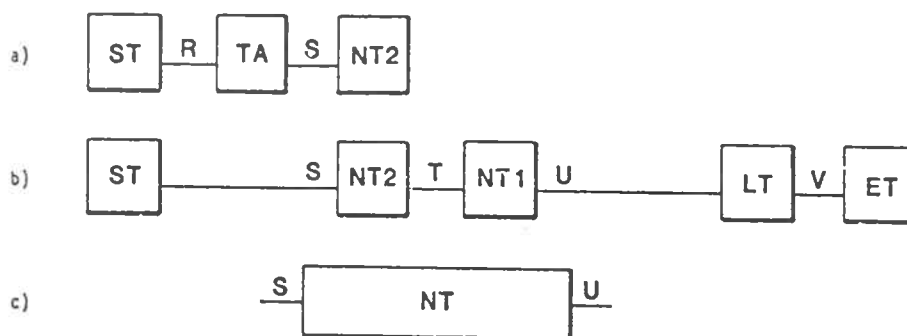
ISDN kan langzaam worden gerealiseerd door integratie van apparatuur en integratie van diensten. Zo kunnen de transmissielijnen en de verschillende schakelapparatuur en abonneelijnen gebruikt worden ten behoeve van de verschillende diensten.



figuur A.2. : ISDN

De interfaces en de systeemblokken van een ISDN verbinding worden door de CCITT in het volgende figuur beschreven.

waarin ST = subscriber terminal
 TA = terminal adapter
 NT1 = netwerk termination
 NT2 = distribution function
 ET = exchange termination
 Lt = line termination



- a) R and S interfaces.
- b) Deletion of terminal adaptor; NT functions.
- c) Combined NT1 and NT2.

figuur A.3. : ISDN interfaces

Om ervoor te zorgen dat er niet teveel standaard ISDN-gebruikers interfaces ontstaan, heeft het CCITT de volgende kanaaltypes gedefinieerd (5):

- a) Kanalen die geen signaleringsinformatie oversturen voor circuit-switching in een ISDN.
 - * B-kanaal van 64 kbit/s
 - * H0-kanaal van 384 kbit/s
- b) Kanalen die in eerste instantie signaleringsinformatie oversturen. In sommige applicaties kan er over deze kanalen ook datapackets verstuurd worden samen met signaleringsinformatie door gebruik te maken van statistisch multiplexen.
 - * D-kanaal van 16 kbit/s of 64 kbit/s
 - * E-kanaal van 64 kbit/s

Het B-kanaal is geschikt voor overdracht van ST informatie door het netwerk. Dit kan 64 kbit/s PCM zijn (A-law of u-Law). Het B-kanaal kan ook datasnelheden aan van kleiner dan 64 kbit/s. Deze data wordt dan aangevuld tot 64 kbit/s (CCITT X.1).

Het CCITT heeft verder nog enkele interface structuren gedefinieerd die moeten handelen overeenkomstig met de ISDN gebruikers interfaces. De

meest belangrijke zijn (5):

- * Basis toegang (basis acces) interface structuur die twee B-kanalen en een D-kanaal samenvoegt, 2B+D, waarin B=64 kbit/s en D=16 kbit/s.
- * Eerste orde toegang (primary rate acces) interface structuur zoals 30B+D of 30B+E waarin B=D=E=64 kbit/s.

De twee B-kanalen zijn geheel onafhankelijk van elkaar.

Voor de signalering wordt common channel signalling CCITT No.7 aanbevolen.

Enkele diensten die geïntegreerd kunnen worden zijn :

- Telefoon

De telefoonsignalen worden met 8-bit PCM overgezonden over een 64 kbit/s digitale verbinding.

- Data

De data kan overgedragen worden door circuit-switching of packet-switching.

Synchrone dataoverdracht kan een bitsnelheid hebben van groter dan 600 bit/s, terwijl voor asynchrone dataoverdracht een bitsnelheid geldt van kleiner dan 300 bit/s.

High speed data tot 64 kbit/s kan geïntegreerd worden met de telefoondiensten.

- Telex

Telex kan geïntegreerd worden met data. Nu is de seinsnelheid nog 50 Baud, maar dat kan toenemen tot 300 Baud.

- Facsimile

Een facsimile dienst heeft een capaciteit nodig van 10 kbit/s of meer. Het kan daarom geïntegreerd worden met datadiensten.

Hogere snelheden kunnen geïntegreerd worden met telefoondiensten.

- Beeldtelefoon

De beeldtelefoon is nog niet gestandariseerd door de CCITT. Door

de hoge bitsnelheden is integrering moeilijk.

- Low scan video

Door de lage bitsnelheden is het mogelijk om het te integreren met telefoondiensten.

- Diensten waarbij de audiografie een ondersteuning is (zie inleiding).

Audiografie is een combinatie van audio en grafische beelden. Het kan geïntegreerd worden met telefoondiensten.

Aangezien de kant van de terminal voor de gebruiker het belangrijkste is wordt in het navolgende het S-interface behandeld.

Voor het S-interface zijn de volgende ontwerpeisen op te stellen (6):

- Zoveel terminals als mogelijk moeten op de NTE (Network Terminal Equipment) kunnen worden aangesloten.
- De interface protocollen aan de gebruikerskant moeten overeenkomen met die van de ISDN protocollen aan de netwerzijde.
- De ISDN verbinding moet transparant zijn voor de gebruiker.
- De interface moet een capaciteit hebben van 64 kbit/s.

De interfaces die hieraan voldoen zijn X21 en X21bis, waarvan de laatste compatible is met RS232.

Deze interfaces hebben twee nadelen:

- 1) Het zijn punt tot punt interfaces, en de terminal kan slechts beschikken over één ISDN kanaal.
- 2) Beide interfaces hebben beperkingen ten aanzien van de signalering tussen de gebruikers en het netwerk.

De aanbevolen CCITT I420 interface heeft de bovenstaande nadelen niet, want het kan twee ISDN kanalen tegelijkertijd verwerken en de signalering vindt buiten deze kanalen plaats.

Bovendien zorgt dit interface voor een eenvoudiger opzet van de network terminating equipment, zonder dat de terminal equipment in complexiteit toeneemt. Dit leidt tot verlaging van de kosten.

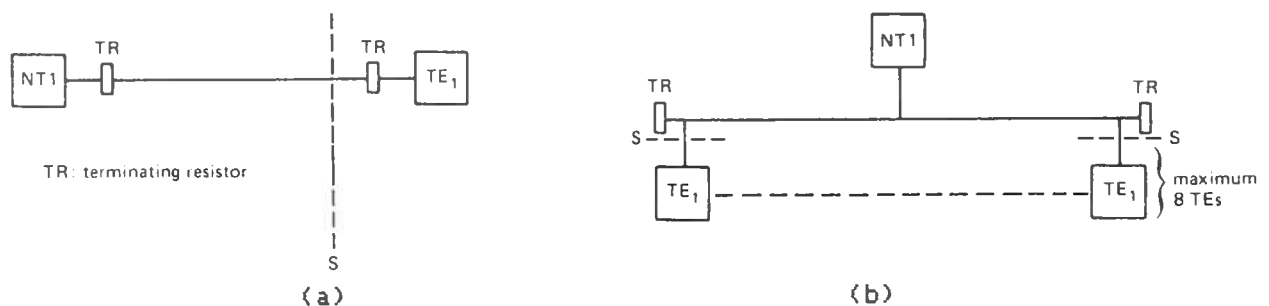
De interface 1420 is geschikt voor de overdracht van twee B kanalen, voor de overdracht van twee onafhankelijke gelijktijdige gesprekken, en een D-kanaal, voor signalering en packet switching.

De totale netto bitstroom is 144 kbit/s.

De interface mag geïmplementeerd worden in het S of T referentiepunt.

De elektrische karakteristieken op deze punten zijn hetzelfde.

Hierdoor zijn er twee configuraties te bedenken:



figuur A.4. : Mogelijke configuraties

(a) Punt tot punt

(b) Punt tot multipunt, hier zitten 8 terminals op een passieve bus.

De interface in het S of T referentiepunt bestaat uit een vier-draads transmissie systeem met een bitsnelheid van 192 kbit/s, die de 144 kbit/s gebruikersdata omvat.

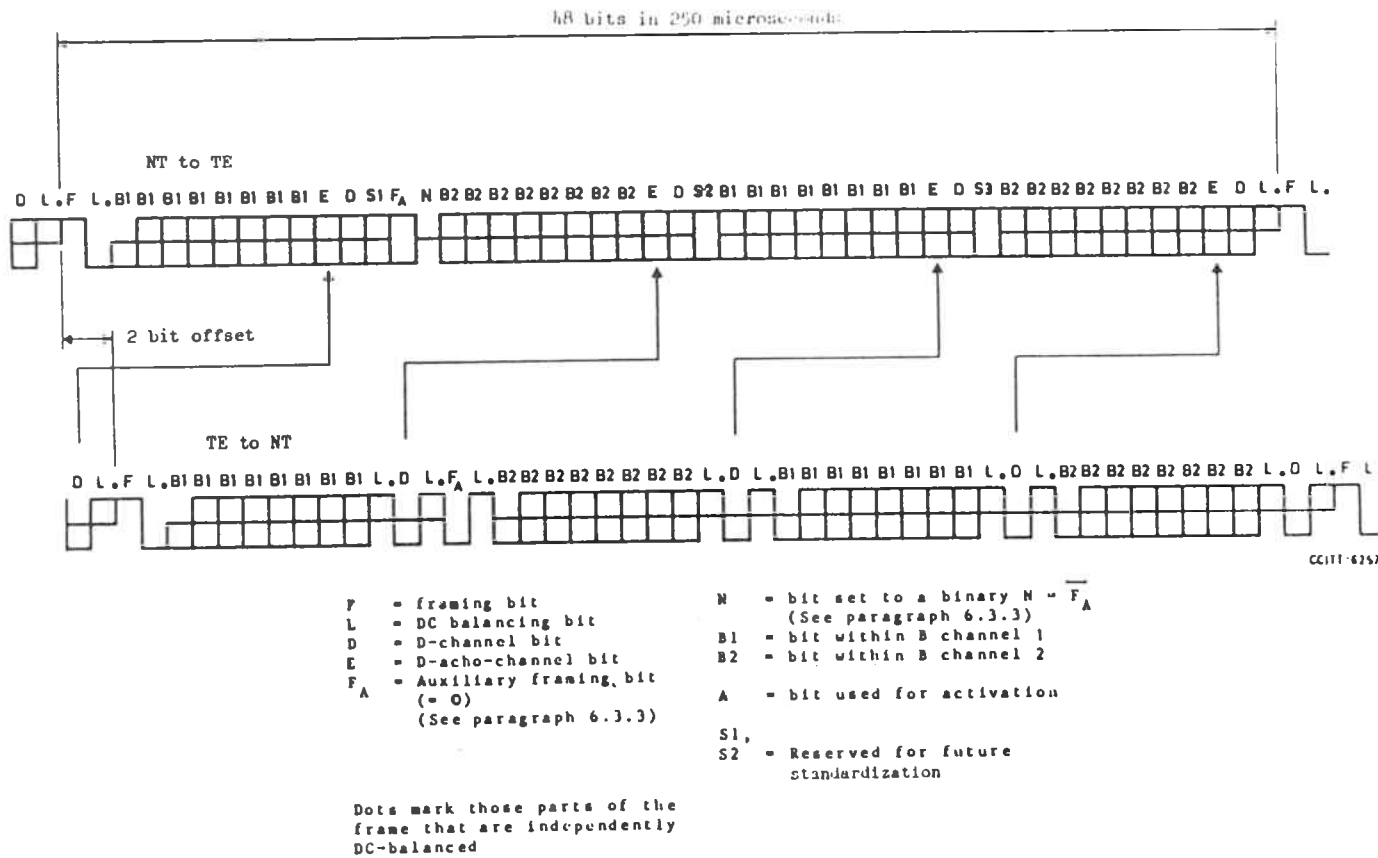
Als lijncode wordt AMI codering met 100% pulsbreedte gebruikt.

Schendingen in de AMI coderingregels wordt gebruikt om de frame-informatie mee te zenden.

De framestructuren van de door de NT1 en de TE verzonden frames zijn niet hetzelfde.

De overgebleven 48 kbit/s worden gebruikt voor frame synchronisatie, balans bits, terminal activeren en deactiveren.

Zoals blijkt is de frameopbouw woordgeoriënteerd, daarom worden in het verslag de twee B-kanalen als woordgeoriënteerde kanalen gebruikt. Het S-interface circuit is inmiddels door ITT (7) al op een geïntegreerd circuit gerealiseerd.



figuur A.5. : Framestructuur op het referentiepunt S en T (1)

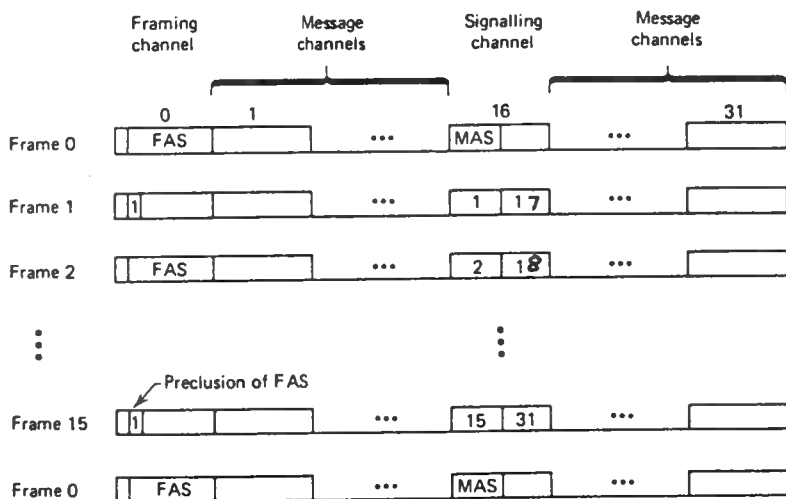
HET MULTIPLEXSYSTEEM

De manier waarop een kanaal door een centrale gerouteerd wordt is van belang bij het bepalen van de vertraging die een signaal ondergaat in een digitale-digitale verbinding.

In eerste instantie worden 30 digitale 64 kbit/s kanalen tijd gemulti-plexed (TDM) tot een eerste orde multiplex signaal. De totale bitstroom is 2048 kbit/s. De twee overige kanalen worden gebruikt voor framing en signalering.

Wanneer men een grotere capaciteit wenst kan men overgaan op een hogere orde multiplexsignaal. Zo bevat het tweede orde multiplexsignaal, met een bitstroom van 8448 kbit/s, 120 telefoonkanalen.

Een 30/32 kanalen PCM/TDM systeem met een bitsnelheid van 2,048 Mbit/s vindt in Nederland toepassing op bestaande laagfrequentkabels zoals die worden aangetroffen tussen eindcentrale en knooppuntcentrale.



Framing sequence of primary digital signal of CCITT using channel-associated signaling. FAS: 0011011 MAS: 0000.

figuur B.1. : Framestructuur 30 kanalen systeem (14)

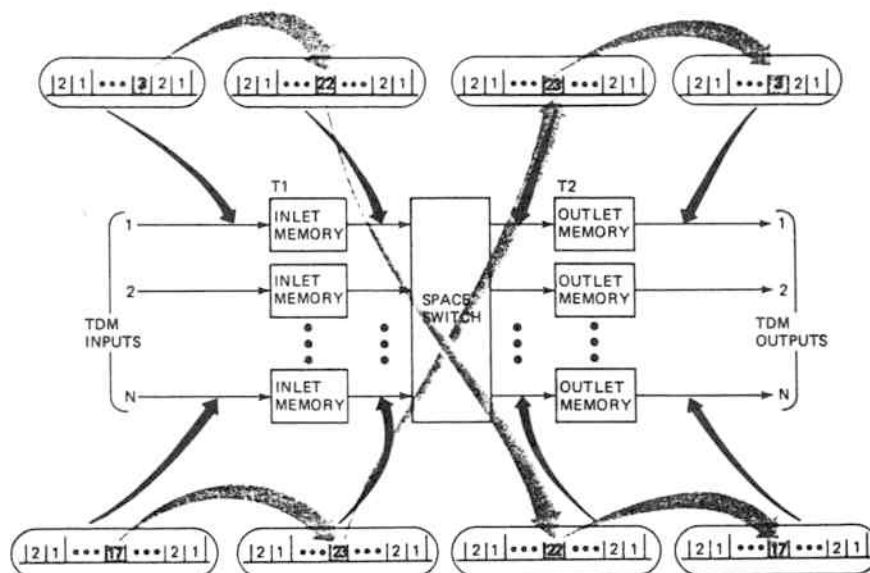
Digitaal schakelen wordt vaak twee-dimensionaal, in de dimensie tijd en de dimensie ruimte, gerealiseerd. De tijdschakelaar houdt een inkomend tijdslot vast totdat er een uitgaand tijdslot is vrijgekomen. De vertraging is voor zo een tijdschakelaar maximaal gelijk aan de duur van een TDM signaal en dat is 125 μ s.

Daarom mogen er maar een beperkt aantal tijdschakelaars gebruikt worden omdat anders de vertraging te groot wordt.

De ruimteschakelaar schakelt een tijdslot naar een ander TDM kanaal. De ruimteschakelaar levert geen vertraging op.

Als laatste schakelaar is er een tijdschakelaar die het TDM signaal verdeelt in afzonderlijke telefoonkanalen die naar de gewenste uitgang worden gestuurd.

Mogelijke configuraties om met deze bouwstenen te schakelen zijn T-S switching (Time-Space switching), STS switching, TST switching en TSSST switching (14)



figuur B.2. : Een TST structuur (14)

Criteria voor het ontwerpen van een digitale schakelaar zijn de complexiteit en de kans dat een schakelaar geblokkeerd is.

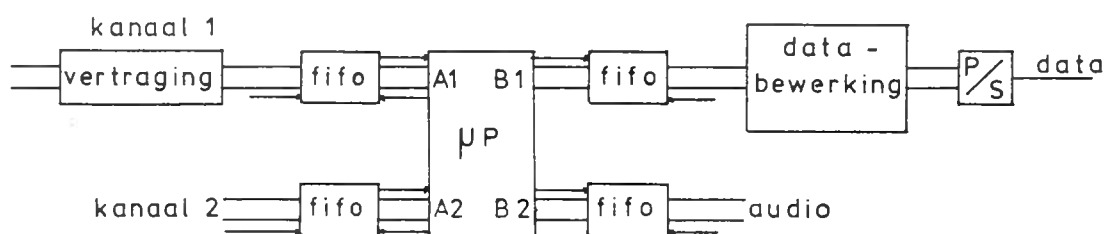
STS switches zijn qua complexiteit eenvoudiger dan die van TST switches. Maar de kans op blokkering is bij een TST kleiner. Daarom wordt een TST switch het meest toegepast.

Zolang het mogelijk is moet de verbinding gemaakt worden via directe routes op het laagste niveau van een netwerk. Deze routes zijn gewenst omdat deze het minst aan netwerkfaciliteiten in beslag nemen en over het algemeen een betere transmissiekwaliteit geven. Echter uit economische overwegingen is het aantal directe routes beperkt. Om toch aan een lage blokkeringskans te komen zijn alternatieve routes nodig tussen twee eindcentrales. Hierbij bestaat de kans dat een verbinding via andere centrales gerouteerd wordt naar de eindbestemming.

HET FLOWDIAGRAM

Het programma dat de beide kanalen moet synchroniseren en dat de kanalen gesynchroniseerd moet houden wordt beschreven met behulp van flowdiagrammen met S.D.L. (Specifications and Descriptions Language). Het programma is daarna vertaald in assembler voor de 6809 microprocessor (17). De uitvoering in flowdiagrammen maakt het mogelijk om het programma ook geschikt te maken voor een andere processor.

In deze opzet heeft de microprocessor twee dataingangen en twee datauitgangen.

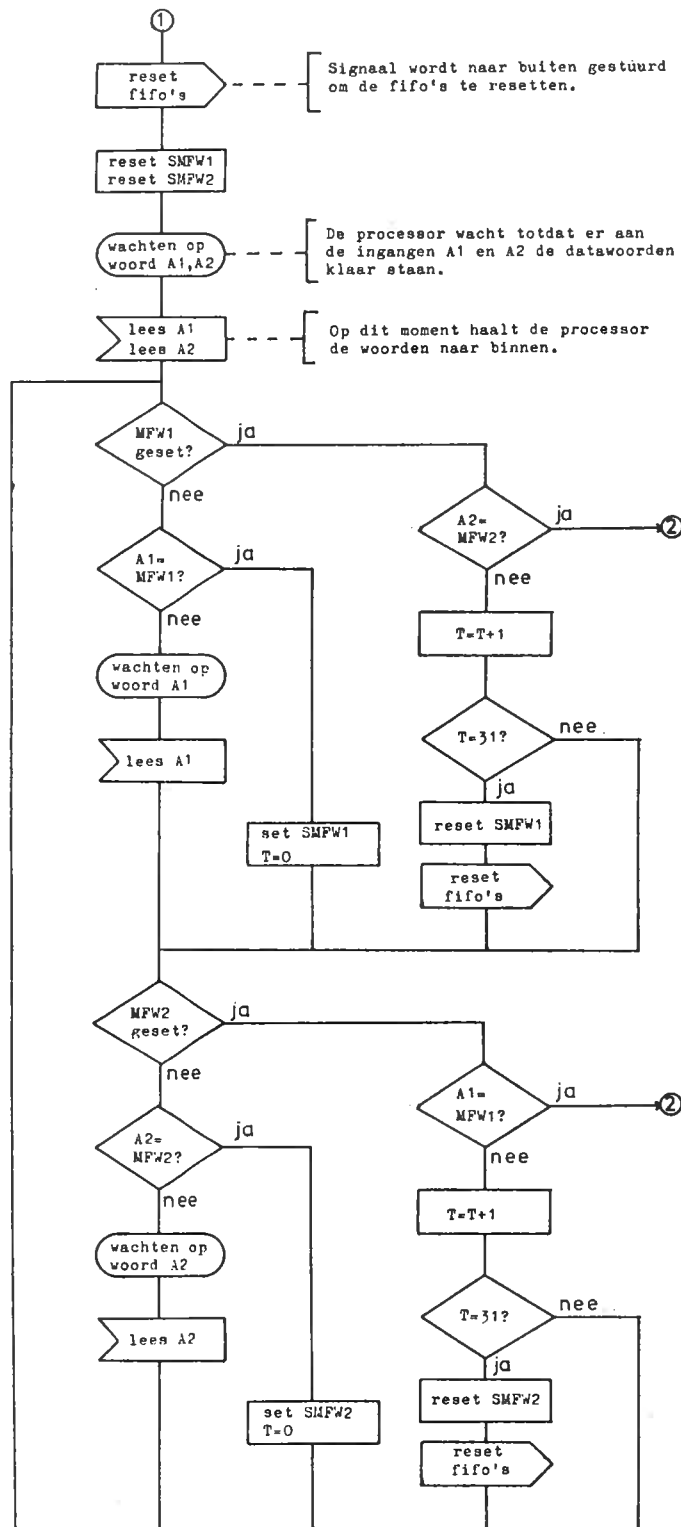


figuur C.1. : De microprocessor

De twee ingangen A1 en A2 zijn er om de data van de kanalen 1 en 2 naar binnen te halen. Via de twee uitgangen B1 en B2 worden respectievelijk de data- en audiowoorden gescheiden naar buiten gebracht.

Het programma bestaat uit de volgende blokken :

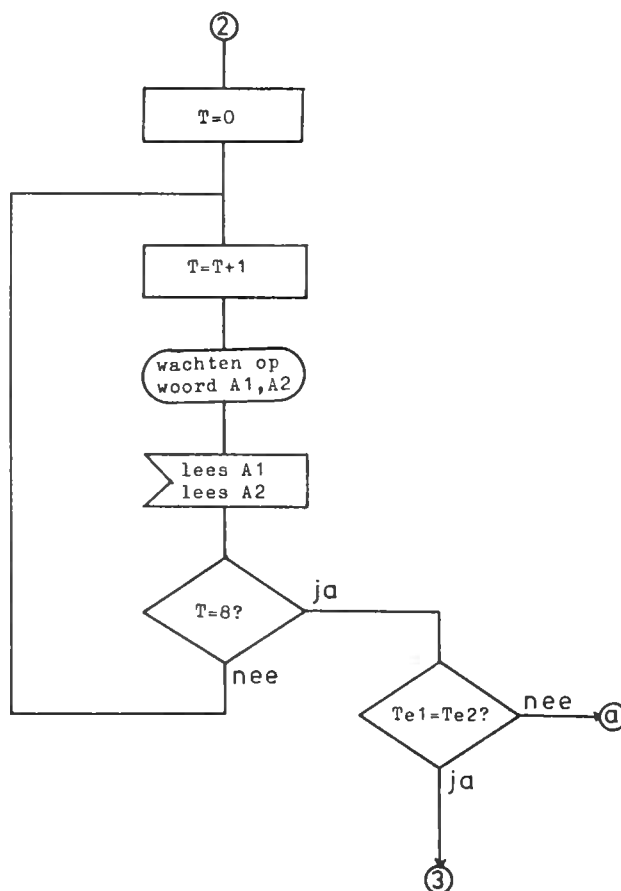
- Het synchroniseren van de beide kanalen.
- Het testen of de vertraging niet groter is dan 4 ms.
- Het testen of er een bitfout is opgetreden in het multiframewoord.
- Het testen op byte-slips.
- In het geval van een slip wordt er een korte hersynchronisatieprocedure gestart.



figuur C.2. : Het synchroniseren van de beide kanalen.

Voor het synchroniseren wordt er gebruikt gemaakt van twee vlaggen namelijk SMFW1 (Set MultiFrameWoord1) en SMFW2. Deze vlaggen worden geset wanneer het desbetreffende multiframewoord herkend is. De twee multiframewoorden moeten, bij maximale vertraging, in een venster van een halve framelengte liggen (hoofdstuk timing). Dit wordt bijgehouden door een teller (T). Deze wordt gereset wanneer een van de multiframewoorden wordt herkend. Op dat kanaal wordt gestopt met uitlezen tot dat op het andere kanaal het multiframewoord is herkend.

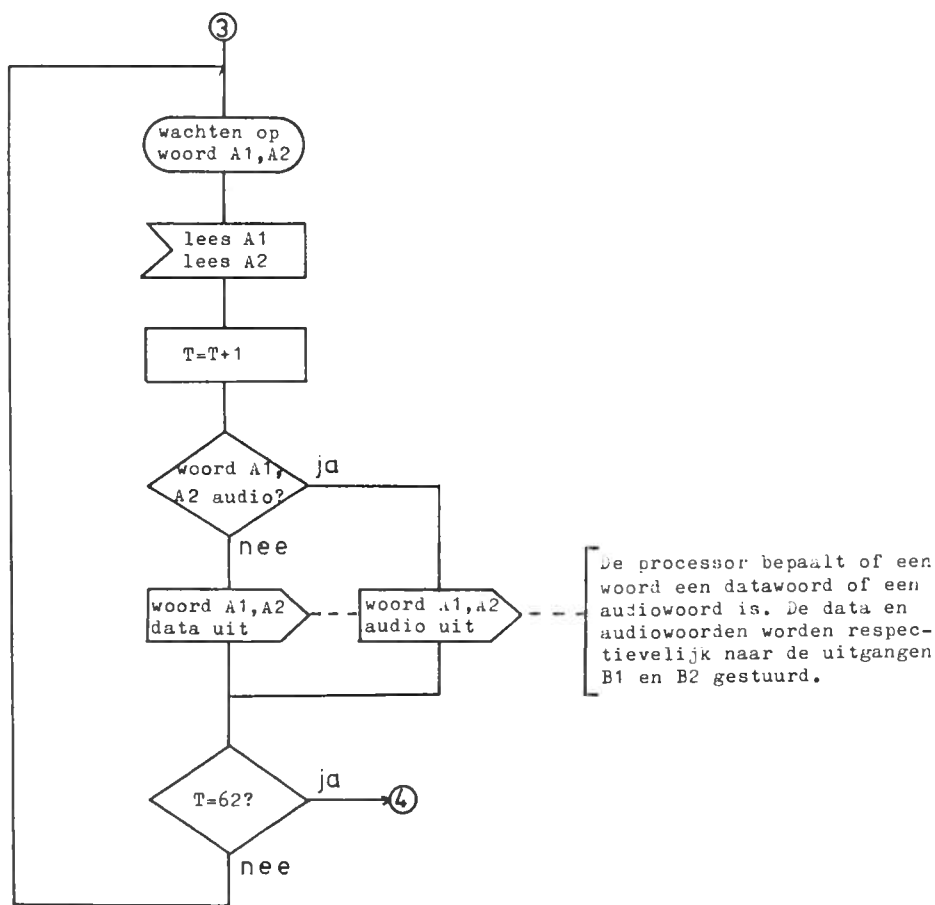
Wanneer de teller de 31 passeert dan wordt de vlag SMFW1 of SMFW2 gereset. Zijn beide multiframewoorden, binnen het venster van 32 bytes herkend, dan moet er alleen nog getest worden of de vertraging niet te groot is.



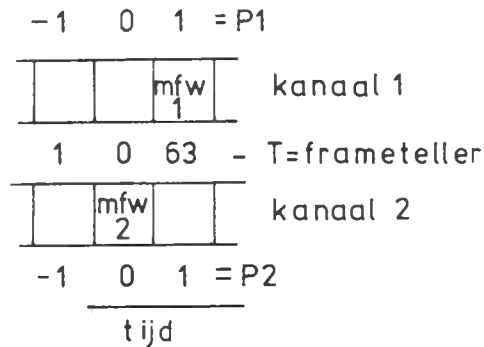
figuur C.3. : Testen op de vertraging.

Het testen of de vertraging kleiner is dan 4 ms gebeurt door beide tellerwoorden in het teller-frame met elkaar te vergelijken. In figuur C.3. wordt dit weergegeven door de vergelijking $T_{e1}=T_{e2}$?

In punt a in figuur C.3 is de vertraging groter dan 4 ms. Er wordt naar buiten doorgegeven dat de verbinding opnieuw gemaakt moet worden. Het flowdiagram in figuur C.4. geeft weer hoe een multiframe doorlopen wordt. Door de stand van de teller T kan er bepaald worden of een ingelezen woord een datawoord of een audioword is.

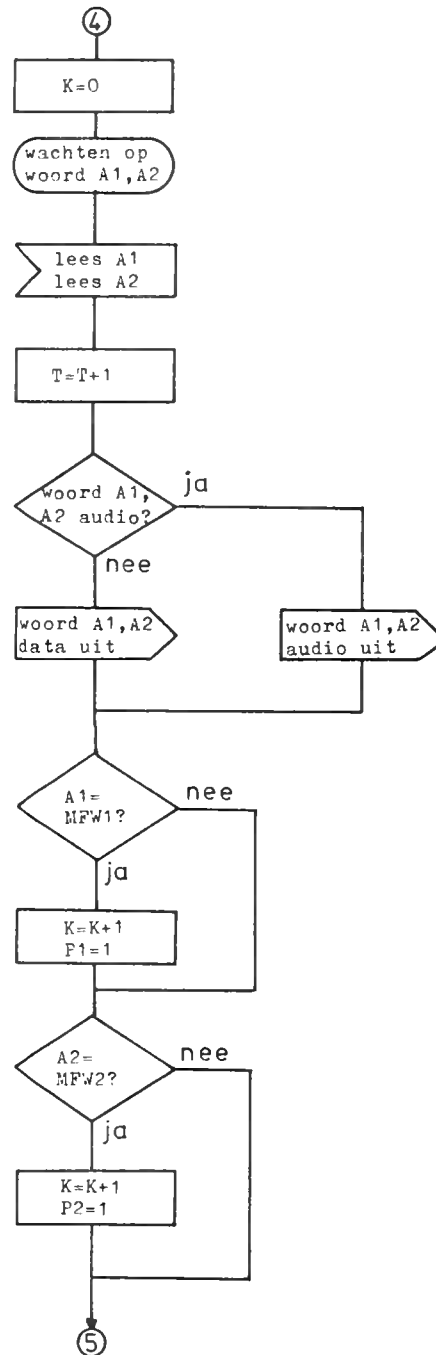


figuur C.4. : Het doorlopen van een multiframe.

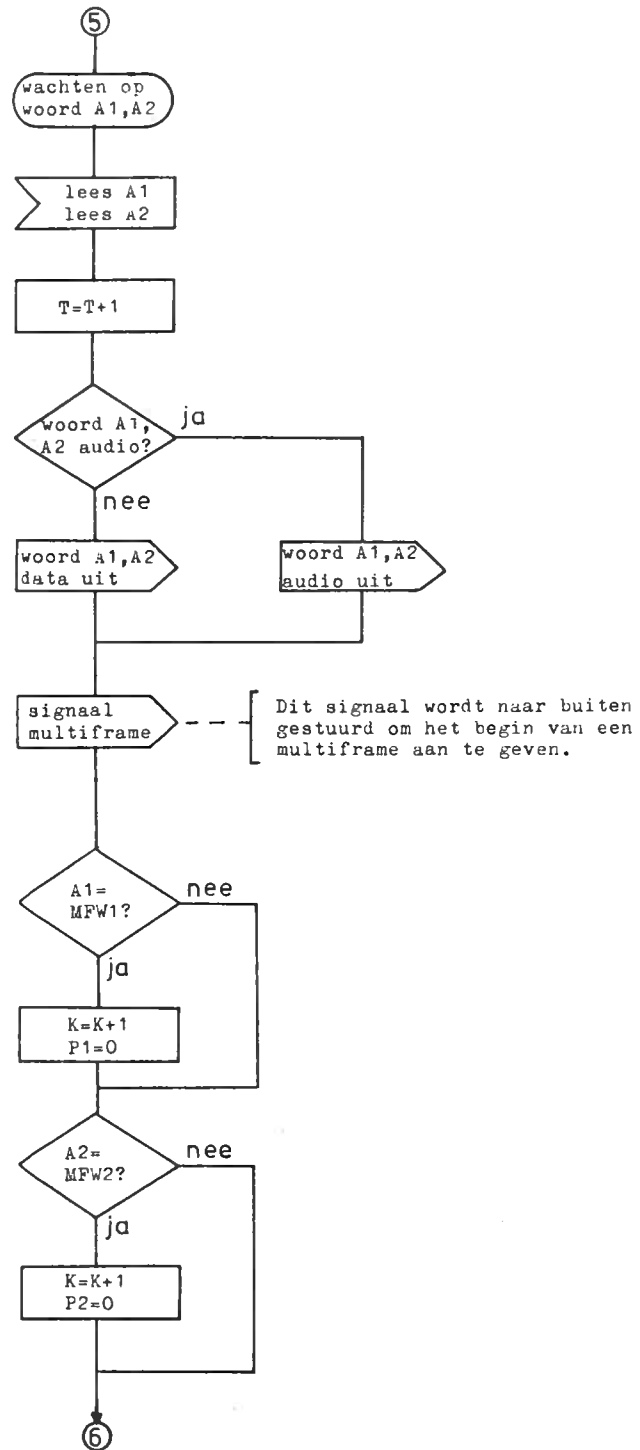


figuur C.5. : Venster van drie bytes.

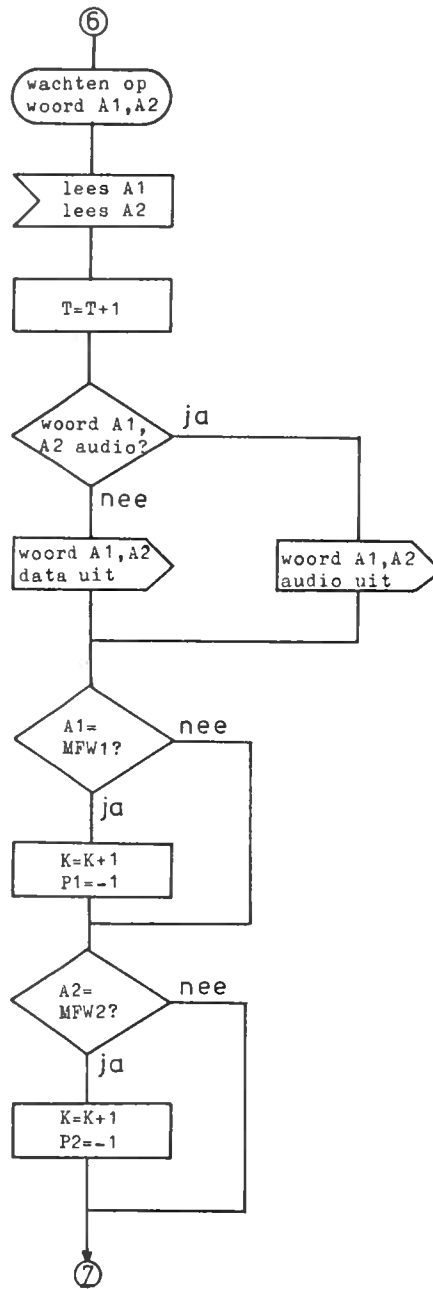
In een venster van 3 bytes wordt er bepaald in welk tijdslot het multiframewoord zich bevindt. Wanneer de kanalen in synchronisatie zijn bevinden de multiframewoorden zich in tijdslot $T=0$ (T is de multiframesteller). In het geval van een slip zal het multiframewoord te vinden zijn in tijdslot $T=63$ (byte-eating) of $T=1$ (byte-stuffing). Wordt het multiframewoord van een kanaal eerder herkend dan die van het andere kanaal, dan worden de kanalen weer rechtgetrokken. Wanneer het multiframewoord 1/2 in tijdslot $T=63$ wordt herkend dan krijgt $P1/P2$ de waarde 1. In tijdslot $T=0$ krijgt $P1/P2$ de waarde 0, en in tijdslot $T=1$ krijgt $P1/P2$ de waarde -1 . Dit is achtereenvolgens weergegeven in figuur C.6, C.7 en C.8.



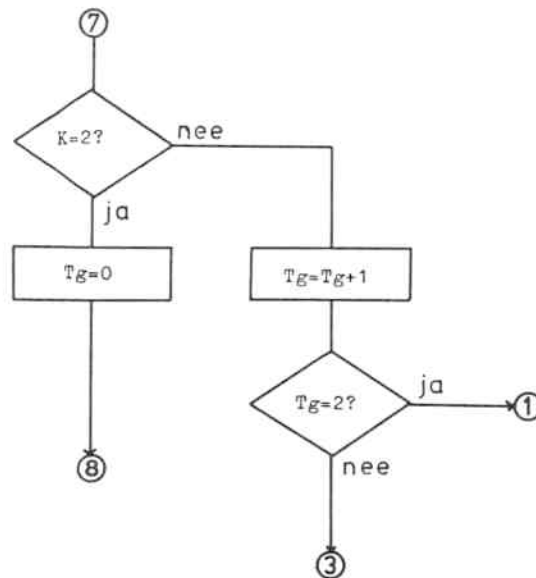
figuur C.6. : Herkennen van byte-eating



figuur C.7. : Kanalen zijn in synchronisatie



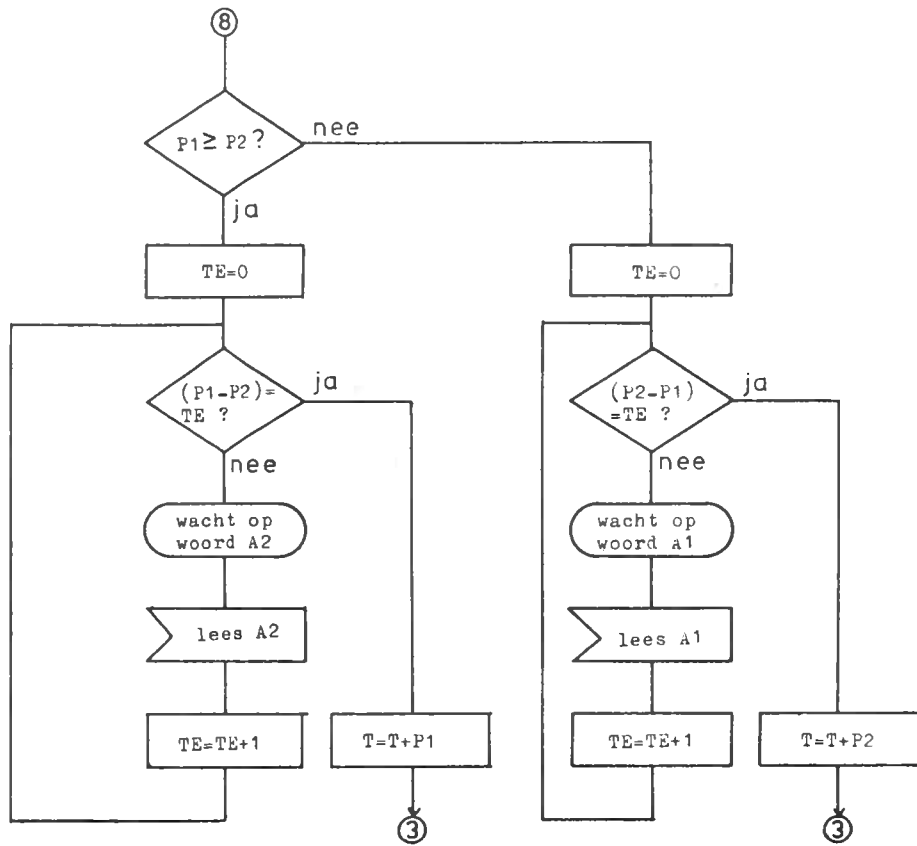
figuur C.8. : Herkennen van byte-stuffing



figuur C.9. : Testen op bytefouten in het MFW.

In het venster moeten er twee multiframewoorden (teller K) herkend worden, in elk kanaal één. Is dit niet het geval dan bestaat er de mogelijkheid dat er een fout is opgetreden in het multiframewoord. Om niet direct over te gaan op hersynchronisatie wordt er nog een multiframe gewacht (teller Tg). Is het aantal multiframewoorden kleiner dan twee dan wordt er overgegaan op hersynchronisatie.

In figuur C.6, C.7 en C.8 krijgen P1 en P2 de waarde -1, 0 of 1 al naar gelang er een slip is opgetreden. Het verschil in waarde tussen P1 en P2 is de mate waarin één van de kanalen wordt gestopt met uitlezen totdat de kanalen weer gesynchroniseerd zijn. Dit is weergegeven in figuur C.10.



figuur C.10.: Het hersynchroniseren na het optreden van een slip.

ISDN.SRC

2-jan-86 13:00

page

1

```

1 * Onderwerp:
2 * De overdracht van een enkelvoudig audiografie-signaal
3 * over de twee B kanalen van een ISDN-verbinding.
4 *
5 * Dit programma synchroniseert de twee kanalen en test
6 * of er byte-slipping is opgetreden. In het geval van
7 * een slip wordt er een hersynchronisatieprocedure gestart.
8 * De audio en data-kanalen worden gescheiden naar
9 * buiten gevoerd.
10 *
11         NAM        ISDN
12 *
13 * Initialisatie PIA 1&2&3 en ACIA
14 *
15         ORG        $4000
16 * A1 en A2 zijn twee data ingangen
17 * B1 is een data uitgang
18 * B2 is een audio uitgang
19 *
20 PIA1     EQU      $FF30
21 CA1      EQU      PIA1+2
22 DDA1     EQU      PIA1
23 DA1      EQU      PIA1
24 CB1      EQU      PIA1+3
25 DDB1     EQU      PIA1+1
26 DB1      EQU      PIA1+1
27 PIA2     EQU      $FF34
28 CA2      EQU      PIA2+2
29 DDA2     EQU      PIA2
30 DA2      EQU      PIA2
31 CB2      EQU      PIA2+3
32 DDB2     EQU      PIA2+1
33 DB2      EQU      PIA2+1
34 PIA3     EQU      $FF48
35 CA3      EQU      PIA3+2
36 DDA3     EQU      PIA3
37 DA3      EQU      PIA3
38 CB3      EQU      PIA3+3
39 DDB3     EQU      PIA3+1
40 DB3      EQU      PIA3+1
41 * De ACIA wordt gebruikt om de fifo's te resetten
42 ACIACR   EQU      $FF6A
43         CLR      CA1           Inputlijnen
44         CLR      DDA1
45         CLR      CA2
46         CLR      DDA2
47         CLR      CA3
48         CLR      DDA3
49         LDA      #$FF           Outputlijnen
50         STA      DDB1

```

ISDN.SRC

2-jan-86 13:00

page

2

```

51      STA      DDB2
52      STA      DDB3
53      LDA      #%00101110      Leesstrobe
54      STA      CA1
55      STA      CA2
56      STA      CA3
57      LDA      #%00101100      Schrijfstrobe
58      STA      CB1
59      STA      CB2
60      STA      CB3
61      LDA      #%00000011      Reset ACIA
62      STA      ACIACR
63      LDA      #$70      Direct Page = $70
64      TFR      A,DP
65      JMP      HERSYN
66      *
67      * Variabelen
68      *
69      P1      EQU      0
70      P2      EQU      1
71      T      EQU      2      Frameteller
72      K      EQU      3
73      TG      EQU      4
74      WOORD1 EQU      5      Tijdelijke opslag woord A1
75      WOORD2 EQU      6      Idem woord A2
76      SMFW1  EQU      7
77      SMFW2  EQU      8
78      TE1    EQU      9
79      TE2    EQU     10
80      *
81      * Programma om de twee kanalen te synchroniseren
82      *
83      MFW1    EQU     $5000
84      MFW2    EQU     %11111110
85      MFW2    EQU     %11111101
86      HERSYN LDA     #%00100000      )
87      STA     ACIACR      )Reset
88      LDA     #%01000000      )Fifo's
89      STA     ACIACR      )
90      CLR     <TG
91      CLR     <SMFW1
92      CLR     <SMFW2
93      START  LDA     CA1      De processor wacht totdat er aan de
94      BPL     START      ingangen A1 en A2 de datawoorden klaar staa
95      JSR     LEES1      Lees woord A1
96      STA     <WOORD1
97      JSR     LEES2      Lees woord A2
98      STB     <WOORD2
99      MFW1G  LDA     <WOORD1
100     LDB     <SMFW1

```


ISDN.SRC

2-jan-86 13:00

page

3

```

101          SMI      TMFW2
102          CMPA     #MFW1
103          BNE      DOORP1
104          LDB      #$FF
105          STB      <SMFW1
106          CLR      <T
107          BRA      MFW2G
108  TMFW2    LDB      <WOORD2
109          CMPB     #MFW2
110          BEQ      SYN
111          INC      <T
112          LDB      <T
113          CMPB     #32
114          BNE      MFW2G
115          CLR      <SMFW1
116          LDA      #%00100000      )
117          STA      ACIACR          )Reset
118          LDA      #%01000000      )Fifo's
119          STA      ACIACR          )
120  DOORP1   JSR      LEES1
121          STA      <WOORD1
122  MFW2G    LDA      <WOORD2
123          LDB      <SMFW2
124          BMI      TMFW1
125          CMPA     #MFW2
126          BNE      DOORP2
127          LDB      #$FF
128          STB      <SMFW2
129          CLR      <T
130          BRA      MFW1G
131  TMFW1    LDB      <WOORD1
132          CMPB     #MFW1
133          BEQ      SYN
134          INC      <T
135          LDB      <T
136          CMPB     #32
137          BNE      MFW1G
138          CLR      <SMFW2
139          LDA      #%00100000      )
140          STA      ACIACR          )Reset
141          LDA      #%01000000      )Fifo's
142          STA      ACIACR          )
143  DOORP2   JSR      LEES2
144          STB      <WOORD2
145          BRA      MFW1G
146  *
147  * Testen of de vertraging niet groter is dan 4 ms
148  *
149  SYN      CLR      <T
150  SYNC     INC      <T

```

ISDN.SRC

2-jan-86 13:00

page

4

```

151      JSR      LEES1
152      JSR      LEES2
153      STB      <WOORD2
154      LDB      <T
155      CMPB     #8
156      BNE     SYNC
157      CMPA     <WOORD2
158      BEQ     GESYN
159      ANDA     #%11111100
160      LBNE    HERSYN
161      LDB      <WOORD2
162      ANDB     #%11111100
163      LBNE    HERSYN
164      LDX     #NG
165      EMT     L.PDAT
166      EMT     L.STOP
167      *
168      * De twee kanalen zijn gesynchroniseerd .
169      * Testen of de twee kanalen nog gesynchroniseerd
170      * zijn. Gelijktijdig wordt er getest of er
171      * byte-slipping is opgetreden. In het geval
172      * van een slip wordt er een korte hersynchronisatie-
173      * procedure gestart.
174      *
175      GESYN   JSR      SCHRIJF
176              STA     <WOORD1
177              STB     <WOORD2
178              LDB     <T
179              CMPB    #62
180              BNE     GESYN
181              CLR     <K
182              CLR     <P1
183              CLR     <P2
184              JSR     SCHRIJF
185              STA     <WOORD1
186              STB     <WOORD2
187      EEN1    CMPA     #MFW1           Herkennen van byte-eating
188              BNE     EEN2
189              INC     <K
190              INC     <P1
191      EEN2    CMPB     #MFW2
192              BNE     TWEE1
193              INC     <K
194              INC     <P2
195      TWEE1   JSR     SCHRIJF           Kanalen zijn in synchronisatie
196              CLR     <T
197              STA     <WOORD1
198              STB     <WOORD2
199              LDA     DA3           Genereren van het multiframe signaal
200              LDA     <WOORD1

```

ISDN.SRC

2-jan-86 13:00

page

5

```

201          CMPA      #MFW1
202          BNE       TWEE2
203          INC       <K
204 TWEE2     CMPB      #MFW2
205          BNE       DRIE1
206          INC       <K
207 DRIE1     JSR       SCHRIJF      herkennen van byte-slipping
208          STA       <WOORD1
209          STB       <WOORD2
210          CMPA      #MFW1
211          BNE       DRIE2
212          INC       <K
213          DEC       <P1
214 DRIE2     CMPB      #MFW2
215          BNE       TESTK
216          INC       <K
217          DEC       <P2
218          *
219          * Testen op bytefouten in het MFW
220          *
221 TESTK     BSR       SCHRIJF
222          STA       <WOORD1
223          STB       <WOORD2
224          LDB       <K
225          CMPB      #2
226          BEQ       P1GGP2
227          INC       <TG
228          LDB       <TG
229          CMPB      #2
230          LBEQ      HERSYN
231          BRA       GESYN
232          *
233          * Hersynchroniseren na het optreden van een slip
234          *
235 P1GGP2    CLR       <TG
236          BSR       SCHRIJF
237          STA       <WOORD1
238          STB       <WOORD2
239          LDA       <P1
240          SUBA      <P2
241          BMI       P1KP2
242          CLR       <TE1
243 LOOP1     CMPA      <TE1
244          BEQ       SYN1
245          BSR       LEES2
246          STB       <WOORD2
247          INC       <TE1
248          BRA       LOOP1
249 SYN1     LDA       <T
250          ADDA      <P1

```

ISDN.SRC

2-jan-86 13:00

page

6

```

251          STA      <T
252          JMP      GESYN
253 P1KP2    LDB      <P2
254          SUBB     <P1
255          CLR      <TE2
256 LOOP2    CMPB     <TE2
257          BEQ      SYN2
258          BSR      LEES1
259          STA      <WOORD1
260          INC      <TE2
261          BRA      LOOP2
262 SYN2     LDB      <T
263          ADDB     <P2
264          STB      <T
265          JMP      GESYN
266 *
267 * Subroutines
268 * Subroutines voor het lezen van datawoorden A1 en A2
269 *
270 LEES1    LDA      CA1
271          BPL      LEES1
272          LDA      DA1
273          RTS
274 LEES2    LDB      CA2
275          BPL      LEES2
276          LDB      DA2
277          RTS
278 *
279 * Subroutines voor het binnenhalen van de woorden A1 en A2
280 * en het naar buiten sturen van data en audiowoorden.
281 *
282 SCHRIJF  LDB      <T
283          TFR      B,A
284 AUDIO    ANDB     #%00000111
285          BEQ      DATA
286          LDB      <WOORD1
287          STB      DB1
288          LDB      <WOORD2
289          STB      DB1
290          BRA      LEES
291 DATA    SUBA     ##08
292          BLE      LEES
293          LDA      <WOORD1
294          STA      DB3
295          LDA      <WOORD2
296          STA      DB3
297 LEES     INC      <T
298 LUS1     LDA      CA1
299          BPL      LUS1
300          LDA      DA1

```

ISDN.SRC

2-jan-86 13:00

page

7

```
301 LUS2 LDB CA2
302 BPL LUS2
303 LDB DA2
304 RTS
305 *
306 * Kommentaar over de verbinding
307 *
308 ORG $6000
309 NG FCB $0D,$0A
310 FCC /Vertraging te groot/
311 FCB $0D,$0A
312 FCC /Verbinding opnieuw maken/
313 FCB $80
314 *
315 * Einde programma
316 *
```

DE EXAMENZITTING

Tijdens de afstudeervoordracht en de examenzitting zijn er enkele problemen naar voren gebracht die bij kunnen dragen tot de verdere ontwikkeling van een audiografie systeem.

Voor de overdracht van de auditieve informatie is er gekozen voor een PCM systeem. Andere methodes om audio digitaal over te zenden zouden ook toegepast kunnen worden. Hierbij valt te denken aan delta-modulatie of delta-sigma-modulatie.

Bij het ontwerpen van een systeem dat auditieve informatie overstuurt, dient er rekening gehouden te worden met de zogeheten "round trip delay time". Doordat de abonneelijnen niet altijd met de juiste impedanties zijn afgesloten ontstaan er reflecties. Het gereflecteerde audiosignaal is dan te horen door de spreker zelf. Wanneer de vertraging tussen het oorspronkelijke signaal en het gereflecteerde signaal te groot is wordt dit als hinderlijk ervaren. Hierdoor krijgt het audiosignaal een blikken klank.

Wanneer een verbinding wordt gerealiseerd via een satelliet dan is die round trip delay time in de orde van 500 ms. Wanneer er hier reflecties ontstaan dan kan dit leiden tot stotteren van de spreker. Om dit te voorkomen worden er echo-sperrers toegepast. Deze zorgen voor een demping van ca. 20 dB op de terugweg tijdens het spreken. In het systeemconcept wordt het audiosignaal over twee kanalen verzonden. Wanneer één verbinding gerealiseerd wordt via een satelliet en de andere via een aardse verbinding dan zal het eerste kanaal echo-sperring ondervinden.

De audiowoorden worden om en om weggeschreven naar de beide kanalen. Bij het uitvallen van een kanaal door bijvoorbeeld echo-sperring worden de even of de oneven audiomonsters ontvangen. De vraag is nu; is het audiosignaal nog verstaanbaar en valt er nog hieraan iets te verbeteren?