

## DATATRANSMISSIE, II TECHNISCHE ASPECTEN

*door J. R. van Klinken*

### 1 Verbindingen

De moderne techniek van datatransmissie is gebaseerd op een tweetal technische vindingen in de vorige eeuw:

- De ontwikkeling van de telegraaf t.b.v. berichtenverkeer. Deze was oorspronkelijk gebaseerd op gelijkstroomoverdracht, d.w.z. gegevens (tekens) werden over een verbinding gezonden met behulp van een codering, bestaande uit „wel”-stroom en „geen”-stroom. Bij ontvangst worden deze patronen van stroompulsen weer terugvertaald en vastgelegd in tekens, woorden en boodschappen. De telex is één van de meest bekende vormen van telegrafie.
- De ontwikkeling van de telefoon t.b.v. gespreksverkeer. Deze maakt gebruik van wisselstroomoverdracht, d.w.z. van de overdracht van elektrische trillingen. De menselijke stem kan zo, na omzetting van de geluidstrillingen (tonen) in overeenkomstige elektrische trillingen, langs een verbinding worden overgebracht, zodat deze op grote afstanden hoorbaar kan worden gemaakt.

Beide vindingen gaven aanleiding tot een reeks van ontwikkelingen, die ertoe hebben geleid dat de telefoon en de telex onder bereik van zeer velen werden gebracht. In de loop der jaren hebben PTT-organisaties een uitgebreid en complex net van verbindingen opgebouwd, dat voornamelijk uit ondergrondse kabelverbindingen bestaat en voorts uit straalverbindingen. Dit verbindingsnet, veelal telefoonnet genoemd, wordt behalve voor het telefoonverkeer ook gebruikt voor het telegraafverkeer, met inbegrip van het telexverkeer.

De gewenste verbindingen worden tot stand gebracht via diverse soorten telefoon- en telegraafcentrales. Wenst een aansluiting contact met een andere aansluiting, dan moet in alle centrales die worden gepasseerd om de verbinding tot stand te brengen, door middel van schakelaars (kiezers) een doorverbinding worden gemaakt. Men spreekt dan van een gekozen verbinding. Men kan in de tussenliggende centrales ook vaste doorverbindingen maken. Tussen de beide aansluitingen ontstaat dan een vaste, permanente verbinding, ook wel huurlijn genoemd. De door deze vaste verbinding bezette lijnen zijn onttrokken aan het openbare verkeer.

Het is dit telefoonnet, waarvan datatransmissie in hoofdzaak gebruik moet maken. Het zal duidelijk zijn, dat bij de toepassing van datatransmissie speciale technieken nodig zijn om het gegevenstransport in overeenstemming te brengen met de mogelijkheden die het telefoonnet biedt.

In de eerste plaats immers is, ondanks de goede kwaliteit van het huidige telefoonnet, het aantal fouten in de overdracht over dit net groot in verhouding tot het aantal dat intern in een computer kan optreden.

Het verschil in de foutenkansen kan één miljoen bedragen! De datatransmissie-gebruiker heeft echter geen of een beperkte invloed op de kwaliteit van de verbinding. Deze valt immers onder verantwoordelijkheid van een

PTT-organisatie, wiens belangrijkste zorg het is, het normale telefoon- en telegraafverkeer doelmatig af te wikkelen.

Om datatransmissie over het telefoonnet bruikbaar te doen zijn heeft men daarom speciale methoden moeten ontwikkelen om automatisch fouten op te sporen en te verbeteren en zodoende het aantal resterende fouten terug te brengen tot een aanvaardbaar niveau.

In de tweede plaats is de snelheid van de gegevensoverdracht over het telefoonnet betrekkelijk gering t.o.v. die in de computer, zodat maatregelen nodig zijn om het snelheidsverschil te overbruggen en om de beperkte capaciteit van de verbindingen zo goed mogelijk te benutten. De datatransmissie-gebruiker zal meestal van normale telefoonverbindingen bestemd voor spraakverkeer gebruik maken. De snelheid hiervan ligt ca. 1 tot 10 duizend maal lager dan de snelheid van de computer. Het telefoonnet zelf werkt met groepen telefoonverbindingen. Deze groepen, zoals muzieklijnen, kan de PTT echter ook ter beschikking stellen, waardoor hogere snelheden mogelijk worden. Daarnaast worden telegraafverbindingen geboden. De snelheid ervan ligt ca. 20 tot 200 maal lager dan de snelheid bij een telefoonverbinding.

Datatransmissie zal met voordeel gebruik kunnen maken van huurlijnen, omdat deze in hun eigenschappen meer constant zijn dan een gekozen verbinding, hetgeen de snelheid en betrouwbaarheid van de gegevensoverdracht ten goede komt.

## 2 Tekenoverdracht

Omdat de invoer- en uitvoerapparatuur evenals de verwerkende computerapparatuur aan weerszijden van een verbinding vrijwel altijd op basis van tekens werkt (letters, cijfers e.d.) is datatransmissie gericht op het overdragen van tekens. Tekens kan men beschouwen als de kleinste eenheden, de elementen van tekst, al dan niet machinaal leesbaar. In de apparatuur worden tekens voorgesteld door reeksen van bits, bitpatronen in een magnetische, elektrische of mechanische vorm. Een bit is een tweetalig cijfer (een 1 of een 0) en geeft een bepaalde keuze aan uit twee mogelijkheden, zoals aan/uit, positief/negatief, wel of niet magnetisch enz. Evenzo leggen 2 bits een keuze vast uit  $2^2 = 4$  mogelijkheden. Gebruikt men 7 bits voor een teken dan zijn  $2^7 = 128$  verschillende bitpatronen mogelijk en dus 128 verschillende tekens. Men codeert nu tekens in een vast aantal bits door aan elk teken een specifiek bitpatroon toe te kennen. Bij datatransmissie zijn verschillende van deze codes, zogenaamde transmissiecodes, in gebruik.

De meest gebruikte code is een 7-bits code, internationaal gestandaardiseerd door ISO (International Organization for Standardization).

Een bit wordt beschouwd als de eenheid van informatie. De snelheid waarmee informatie kan worden overgebracht, de transmissiesnelheid, definieert men dan ook als het aantal bits dat per seconde wordt overgezonden, afgekort het aantal bps. Een gebruikelijke transmissiesnelheid bij een telefoonverbinding is 1200 bps, hetgeen inhoudt dat per seconde tussen de 120 en 200 tekens kunnen worden overgezonden, afhankelijk van de code en

wijze van verzenden. De gebruikelijke snelheid bij een telegraafverbinding ligt een factor 10 tot 20 lager.

Het verzenden van bits geschiedt door middel van elektrische signalen. In het eenvoudigste geval neemt een signaal slechts twee verschillende waarden aan, bijvoorbeeld aan of uit, positief of negatief e.d. Het ligt voor de hand dat een dergelijk tweewaardig signaal precies één bit vertegenwoordigt. Het signaal zal dan vaak bestaan uit een stroomstootje, een puls. Op deze wijze kan elk teken worden herleid tot een specifieke reeks van pulsen. Omgekeerd kan uit een reeks pulsen een specifiek teken worden gereconstrueerd.

Datatransmissie gaat meestal zo te werk dat tekens bit voor bit, dus puls voor puls worden verzonden. Men spreekt dan van serietransmissie. Hierbij doen zich een aantal problemen voor:

- Aan de zenzijde van een verbinding moet een ter beschikking gesteld teken herleid worden tot een reeks te verzenden pulsen, terwijl aan de ontvangtzijde een omgekeerd proces moet plaatsvinden, het reconstrueren van het verzonden teken uit de ontvangen reeks pulsen.

De herleiding en reconstructie is slechts mogelijk als deze in een regelmatig en in hetzelfde ritme plaatsvinden. Zowel aan de zenzijde als aan de ontvangtzijde is één of ander klokmechanisme nodig. Om de gelijkloop tussen beide klokmechanismen te bewerkstelligen kan men steeds het begin en het einde van elk teken markeren door speciale start- en stopsignalen. Aan het einde van een teken wordt dan de ontvanger in de gelegenheid gesteld om weer in de pas te komen met de zender. Men spreekt hierbij van asynchrone transmissie.

Telexverkeer maakt bijvoorbeeld van deze synchronisatiewijze gebruik.

Men kan ook tewerk gaan door het begin en einde van een groot aantal tekens aan te geven door middel van een speciaal synchronisatieteken, dat door de ontvanger kan worden herkend en waarmee de ontvangstklok kan worden bijgesteld.

Men spreekt dan van synchrone transmissie. Deze transmissie maakt zeer nauwkeurige interne klokken nodig, terwijl voorts het aantal te verzenden tekens in hun geheel ter beschikking moet worden gesteld in een hulpgeheugen (buffer). Synchrone transmissie zal daarom vaak duurder zijn dan asynchrone transmissie, maar maakt hoge transmissiesnelheden mogelijk, door het ontbreken van start- en stopsignalen per teken.

- Telefoonverbindingen zijn niet geschikt om pulsreeksen (gelijkstroomsignalen) over te dragen. De pulsen moeten voor het verzenden eerst worden omgezet in geschikte wisselstroomsignalen (moduleren). De ontvangen wisselstroomsignalen zullen bij ontvangst opnieuw moeten worden omgezet (demoduleren), zodat de oorspronkelijke pulsreeksen weer worden gereconstrueerd. De apparatuur, die voor de omzetting wordt gebruikt noemt men een „modem”. Er zijn vele modulatiemethoden in gebruik elk geschikt voor een bepaalde snelheid en betrouwbaarheid.

### 3 Foutbeheersing

Op velerlei wijze kunnen tijdens de overdracht over het telefoonnet de elec-

trische signalen die de over te brengen gegevens representeren zo worden verminkt, dat deze niet meer juist door de ontvanger kunnen worden geïnterpreteerd. De reconstructie van bits, tekens of berichten uit de ontvangen signalen verloopt dan foutief. Het resultaat is dat er fouten in de ontvangen bits en tekens voorkomen. Men spreekt dan van transmissiefouten.

De foutenkans ligt ruwweg in de orde van 1 op de  $10^5$  bits. Het optreden van verminderingen vindt onder meer zijn oorzaak in de fysieke beperkingen van de verbinding, zoals het voorkomen van ruis, vervorming en storingen en is daardoor nimmer geheel te vermijden.

Eén van de grote problemen bij datatransmissie is het aantal fouten terug te brengen tot een aanvaardbaar niveau. Men heeft voor de foutbeheersing bevredigende methoden ontwikkeld. Foutbeheersing, te onderscheiden in het opsporen van fouten en het verbeteren ervan, is mogelijk door een overmaat aan informatie mee te zenden, redundantie genoemd, die uitsluitend voor controledoelinden wordt gebruikt. Met andere woorden er worden meer bits overgezonden dan alleen nodig zijn voor de codering van de tekens. De aan de zenzijde toegevoegde controlebit(s) geven vaak één of ander „totaal” aan van de bits van de bijbehorende teken(s). De ontvanger zal eveneens zulk een „totaal” berekenen en dit vergelijken met het meegezonden „totaal”. Verschillen deze „totalen” dan is de overdracht kennelijk foutief verlopen.

Het verbeteren van geconstateerde fouten geschiedt normaliter door het verzenden van de foutieve teken(s) te herhalen. Men noemt dit retransmissie. Het is hierbij nodig, dat de ontvanger aan de zender een melding van foutieve ontvangst terugzendt. Een wederzijdse communicatie tussen beide zijden van de verbindingsweg is dus een vereiste.

De foutbeheersing van de overdracht geschiedt grotendeels automatisch, d.w.z. redundantie wordt automatisch gegenereerd, gecontroleerd en zonodig weer verwijderd. Ook het genereren en afhandelen van terugmeldingen aan de ontvanger moet automatisch geschieden.

De retransmissiemethode kan de foutenkans verbeteren met een faktor 100 tot 1000. Het aantal resterende fouten komt dan in de orde van 1 bit op de  $10^7$  tot  $10^8$  bits, hetgeen veelal acceptabel is.

In de praktijk wordt deze algemene methode vaak nog aangevuld met andere methoden, die meer specifiek op een bepaalde toepassing zijn gericht. Hiermee kunnen bijvoorbeeld de invoergegevens worden gecontroleerd op volledigheid, bestaanbaarheid, redelijkheid e.d. Als de ontvangstzijde een computer is zijn dergelijke meer verfijnde controles eenvoudig te realiseren.

#### **4 Eindstations**

De invoer- en uitvoerapparaten via een verbinding aangesloten op een verwerkende computer worden eindstations of terminals genoemd.

De eindstations kan men onderscheiden in:

- stations bestemd voor machinaal-leesbare gegevensdragers, zoals ponsband-, ponskaart- en magneetbandapparatuur, dus voor niet-manuele invoer,
- stations bestemd voor handinvoer van brongegevens, zoals schrijfmachine-apparatuur.



Daar deze laatste stations bestemd zijn voor die plaatsen in het proces van de informatieverwerking waar de eerste gegevens ontstaan en worden vastgelegd, hebben deze zeer veel toepassing gevonden. De stations worden veelal eenvoudig en goedkoop gehouden.

De schrijfmachinestations bezitten een toetsenbord, zoals van een schrijfmachine, soms aangevuld met een apart toetsenbord voor cijfers of voor speciale functies. Het afdrukken geschiedt tekengewijs op een afdrukrol, eveneens vergelijkbaar met die van een schrijfmachine. De afdruksnelheid is laag, ca. 10-30 tekens per seconde, evenals de nodige transmissiesnelheid. Tot deze stations behoren de bekende „Teletypes”, die ook een voorziening hebben voor langzame ponsbandinvoer en -uitvoer. De stations hebben soms een hulpgeheugen ter grootte van slechts 1 teken, soms ter grootte van een regel tekens, die dan achter elkaar, vaak synchroon, kan worden verzonden. In het laatste geval zijn soms correctiemogelijkheden aanwezig, voordat de regel wordt verzonden. In enkele gevallen wordt gebruik gemaakt van een opslaggeheugen in de vorm van een magneetband (cassette), waarin de ingetikte tekens worden vastgelegd alvorens ze achter elkaar over te zenden. Men kan hiermee een zendsnelheid bereiken van 200 tekens per seconde.

Het is niet altijd nodig om gegevens vóór of na het verzenden, in blijvende vorm op papier vast te leggen. Dit kan leiden tot overbodige papierafval.

Ook als de ontvangen gegevens voor het direct verstrekken van inlichtingen worden gebruikt, behoeven deze veelal slechts tijdelijk te worden gepresenteerd.

Men maakt dan wel gebruik van beeldstations. Het invoeren geschiedt via een toetsenbord, zoals bij een schrijfmachinestation. Het uitvoeren door projectie van de ontvangen gegevens in leesbare tekens op een beeldscherm, dat vergelijkbaar is met dat van een televisietoestel.

Ingetikte gegevens worden ook op het scherm afgebeeld. De plaats van het volgende te projecteren teken wordt aangeduid door een teken van speciale vorm, de cursor. Deze schuift automatisch op met het intikken.

Sommige beeldstations kunnen ook gebruik maken van een lichtpen als extra invoermogelijkheid. Door aanwijzen op het scherm met deze lichtgevoelige pen, die via een draad met het apparaat is verbonden, kan uit een aantal geprojecteerde aanduidingen of vragen afkomstig van de verwerkende computer, een keuze worden aangegeven.

De afbeeldingssnelheid is vergelijkbaar met de afdruksnelheid van schrijfmachinestations.

## 5 Netwerken

Bij datatransmissie zijn dikwijls vele eindstations betrokken. Deze zijn dan via een samenstel van verbindingen, een netwerk, met de centrale verwerkende computer verbonden. Men denke bijvoorbeeld aan plaatsreserveringssystemen van luchtvaartmaatschappijen, waarbij vele boekingskantoren met de centrale computer kunnen communiceren.

Daar de kosten van de verbindingen en de nodige apparatuur ervoor hoog kunnen zijn als er vele aansluitingen zijn, tracht men met een minimum aan

verbindingen en apparatuur de communicatie met de verschillende stations te realiseren.

Men maakt hierbij gebruik van het feit, dat de snelheid van het invoeren, het intikken van tekens, laag is, terwijl tussen het intikken van tekens of berichten onregelmatige en soms lange pauzes voorkomen. Om de tijd en de capaciteit van de verbinding beter te benutten staan in beginsel twee wegen open:

- Op één verbinding worden meer eindstations aangesloten, die bij toerbeurt hiervan gebruik kunnen maken. Vele stations kunnen zo van dezelfde, afgetakte, verbinding gebruik maken, echter niet tegelijkertijd.

De eindstations worden hierbij veelal door de centrale computer cyclisch uitgenodigd een bericht te verzenden (polling). Is geen bericht voorhanden, dan komt het volgende station in de cyclus aan de beurt. Op deze wijze wordt de tijd over de stations verdeeld.

- De capaciteit van een gemeenschappelijke verbinding wordt verdeeld over wegen (kanalen) met lagere capaciteit, die elk permanent worden toegewezen aan de stations.

Een analoge oplossing doet zich voor bij het wegverkeer, waar een weg in een aantal afzonderlijke rijstroken kan worden verdeeld.

De verdelingstechniek wordt multiplexen genoemd.

Beide methoden worden vaak gecombineerd toegepast.

Het zal duidelijk zijn dat de verbindingen van een netwerk zo moeten worden gekozen, dat de capaciteiten ervan optimaal worden verdeeld, zonder dat er „verkeersopstoppingen” optreden. Er is een doelmatige verkeersregeling, berichtenbesturing, nodig.

Het ontwerpen van zulk een netwerk kan een zeer complexe zaak zijn.

## **6 Programmatuur**

Indien vele eindstations zijn aangesloten op een centrale computer die de verwerking van de aangeboden gegevens verricht, worden aan de programmatuur hiervoor bijzondere eisen gesteld. De computer zal zowel de toepassingsprogramma's van de gebruikers moeten bedienen als veelal de berichtenbesturing verzorgen.

De berichtenbesturende programmatuur zal zorg dragen voor de ontvangst van de berichten van de eindstations en deze in een intern of extern geheugen gereed zetten. De gebruikersprogramma's zullen de berichten op een hen passend tijdstip uit dit geheugen ophalen, verwerken en zonodig beantwoorden. Het antwoord wordt weer in een wachtrij in een geheugen geplaatst en door de berichtenbesturende programmatuur vervolgens teruggezonden naar het betreffende station. De berichten, die in de wachtrij worden geplaatst, zijn voorzien van een indicatie van het station van afkomst of bestemming en veelal van het gebruikersprogramma waarvoor ze zijn bestemd (transactiecode).

Daar de berichtenbesturing complexe, maar dienstverlenende taken vervult, zal deze bij voorkeur onafhankelijk moeten zijn van de gebruikerspro-

gramma's. Vaak zal een uitbreiding van de gebruikelijke besturingsprogrammatuur van de computer (operating system) deze taken op zich kunnen nemen. Een deel van deze taken wordt soms vervuld door speciale besturingsapparatuur.

Naast de bovengenoemde basistaken zal de berichtenbesturende programmatuur nog over vele faciliteiten moeten beschikken voor de beveiliging van het communicatiesysteem en het verwerkingssysteem, met name opdat wordt voorkomen, dat bestanden ten onrechte of onjuist worden geraadpleegd of gemuteerd. Het is gebruikelijk, dat slechts toegang tot een bestand aan de gebruiker wordt verleend, als deze van te voren een bepaald code-woord, een wachtwoord, opgeeft. Ook wordt van te voren vastgelegd of en wanneer een bestand kan worden gewijzigd of slechts gelezen (lees- en schrijfbeveiliging).

Als een verbinding of een station uitvalt moet worden voorkomen, dat bestanden worden beschadigd en dat het gehele netwerk buiten werking wordt gesteld. Het systeem moet bij storingen zo volledig mogelijk ongehinderd kunnen blijven doorwerken. Indien toch door een storing de verwerking tot stilstand is gekomen, moet herstarten ervan altijd mogelijk zijn. Daartoe worden alle binnenkomende berichten, en soms ook de uitgaande, voordat ze verder worden verwerkt, weggeschreven op een extern geheugen (logging). Valt het systeem uit dan geeft dit een doeltreffende mogelijkheid om de situatie even vóór de storing volledig te herstellen, door reconstructie vanuit de gelogde berichten en oude, nog niet gewijzigde bestanden. De verwerking kan na de reconstructie worden vervolgd.

Bij meer ingewikkelde systemen zal veel aandacht worden besteed aan het optimaal gebruiken van de capaciteit van de centrale computer, met name ten aanzien van de koppeling met de gebruikersprogramma's. Ook het optimaal benutten van de verbindingen kan dan van groot belang worden.