KONINKRIJK BELGIË

MINISTERIE VAN ECONOMISCHE ZAKEN

UITVINDINGSOCTROOI

Nr 903 261

Internat. Klassif: H04J H04L 11/03K

Ter inzage gelegd op: **19 -03- 1986**

De Minister van Economische Zaken,

Gezien de octrooiwet van 24 mei 1854;

Gezien het proces-verbaal op 19 september *19* 85 *te* 15 *uur* 55

ter Griffie van het provinciaal Bestuur van Antwerpen opgemaakt.

BESLUIT :

Artikel 1. - *Er wordt aan* de firma : BELL TELEPHONE MANUFACTURING COMPANY N.V.
Francis Wellesplein 1
2018 Antwerpen

vert. door : Mevr. M. Snoeckx, Francis Wellesplein 1, 2000 Antwerpen

een uitvindingsoctrooi verleend voor: data communicatiesysteem (Uitv.: M. De Prycker)

T.35-D

Artikel 2. - *Dit octrooi wordt hem verleend zonder vooronderzoek, op zijn eigen verantwoording, zonder waarborg hetzij voor de wezenlijkheid, de nieuwheid of de verdiensten der uitvinding, hetzij voor de nauwkeurigheid der beschrijving, en onverminderd de rechten van derden.*

Bij dit besluit moet het dubbel gevoegd blijven van de beschrijving en van de tekeningen der uitvinding, door de belanghebbende getekend, en tot staving van zijn octrooiaanvraag ingediend.

Brussel, de 19 maart *19* 86
BIJ SPECIALE MACHTIGING:
De Directeur

L. WUYTS

900261

UITVINDINGSOKTROOI

BELL TELEPHONE MANUFACTURING COMPANY
Naamloze Vennootschap

Francis Wellesplein 1 B-2018 Antwerpen
België

DATA COMMUNICATIESYSTEEM

Uitvinder : M. DE PRYCKER

De onderhavige uitvinding heeft betrekking op een data communicatiesysteem welke omvat : een pakketschakelnetwerk, een aantal gebruikerketens, en een aantal zender/ontvangerketens elk gekoppeld tussen dit netwerk en minstens één van deze gebruikerketens, waarbij elke zenderketen van een uitgaande zender/ontvangerketen in staat is om pakketten ontvangen van een uitgaande gebruikerketen op dit netwerk over te dragen en waarbij elke ontvangerketen van een zender/ontvangerketen van bestemming gekoppeld is met een gebruikerketen van bestemming die een tijdtelketen omvat om ontvangen pakketten aan een vertraging te onderwerpen.

Een dergelijk systeem is reeds bekend uit het artikel "Analysis and Optimal Design of a Packet-Voice Receiver" door G. Barberis en D. Pazzaglia, gepubliceerd in de IEEE Transactions on Communications, Vol. Com. 28, No. 2, februari 1980, blz. 217-227.

In dit bekend data communicatiesysteem vormt de zender datapakketten uit de spraakperioden, die in een uitgaande gebruikersketen worden opgewekt. Gezien deze spraakperioden van elkaar door stille perioden gescheiden zijn, wordt een stel van onderscheiden reeksen datapakketten voortgebracht. In een eerste uitvoering van dit bekend systeem wordt geen informatie verzameld over de vertraging waaraan de pakketten in het netwerk onderworpen worden en een klok in de ontvangerketen wordt ingesteld in overeenstemming met de klok in de zenderketen een tijdsinterval gelijk aan de hierboven

vermelde vertraging na de ontvangst van een eerste pakket van een reeks. Gezien de netwerkvertraging een willekeurige waarde heeft kan het in een slechtste geval gebeuren, d.w.z. als de netwerkvertraging ondergaan door een eerste pakket van een reeks zeer klein is, dat één of meer van de volgende pakketten van de reeks niet meer op tijd in de ontvanger toekomen omdat ze in het netwerk een te grote vertraging hebben ondergaan. Voor elk van deze pakketten wacht men tot het volledig ontvangen is vooraleer het aan de gebruikerketen van bestemming toe te voeren. Aldus wordt elk van deze pakketten onderworpen aan een bijkomende veranderlijke vertraging, die een nadelige invloed heeft op de werkingskwaliteit van het systeem. Als in een slechtste geval het maximum van de netwerkvertraging groter wordt dan het tijdsinterval dat de reeks onder beschouwing scheidt van een volgende in een stel, is het duidelijk dat bits verloren zullen gaan. In het hierboven vermelde artikel is een dergelijk slechtste geval niet beschouwd, misschien omdat een verminderde kwaliteit in het geval van spraak toelaatbaar is en waarschijnlijk vooral omdat het optreden van een dergelijk slechtste geval dan zeer twijfelachtig is omdat het tijdsinterval tussen twee opeenvolgende reeksen pakketten gemiddeld gelijk is aan de duur van elk van deze reeksen, zoals in het artikel is vermeld. Ook heeft het slechts invloed op de betrekkelijk kleine overeenkomstige reeks pakketten en niet op de andere.

Dit zou echter niet het geval zijn indien de reeks pakketten betrekkelijk zeer lang zou zijn en indien de aard van de data onbekend zou zijn en bijvoorbeeld bestaan uit een continu bitstroom van spraak, video of andere data of een mengsel daarvan. Inderdaad, dan zou het verlies van bits niet toelaatbaar zijn gezien deze bits een groot belang zouden kunnen hebben en omdat de verminderde kwaliteit dan de hele reeks pakketten zou

beïnvloeden.

Een doelstelling van de onderhavige uitvinding bestaat erin een data communicatiesysteem van het hierboven beschreven type te verschaffen, maar dat een goede werkingskwaliteit heeft onafhankelijk van de aard van de overgedragen data en van de lengte daarvan.

Volgens de uitvinding wordt deze doelstelling bereikt doordat deze vertraging zodanig gekozen is dat met een voorafbepaalde waarschijnlijkheid de fout in een vertraagd pakket altijd kleiner is dan een voorafbepaalde waarde.

Op deze wijze wordt een gewenste werkingskwaliteit verzekerd.

De onderhavige uitvinding heeft eveneens betrekking op een data communicatiesysteem welke omvat : een pakketschakelnetwerk, een aantal gebruikerketens, en een aantal zender/ontvangerketens die elk een klok bevatten en elk tussen dit netwerk en minstens één van deze gebruikerketens gekoppeld zijn, waarbij elke zenderketen van een uitgaande zender/ontvangerketen in staat is om pakketten die zenderklokpositie-informatie bevatten op dit netwerk over te dragen en waarbij elke ontvangerketen van een zender/ontvangerketen van bestemming in staat is om zijn klok met deze van de zender te synchroniseren in functie van de informatie die met deze pakketten ontvangen wordt.

Een dergelijk data communicatiesysteem is ook uit het hierboven vermeld artikel bekend. Daarin wordt zenderklokpositie in de datapakketten opgenomen zodat databits in de ontvanger verloren kunnen geraken als de klok daarvan met deze van de zender gesynchroniseerd wordt.

Een andere doelstelling van de onderhavige uitvinding bestaat erin een data communicatiesysteem van het laatst beschreven type te verschaffen, maar welke dit

nadeel niet vertoont.

Volgens de uitvinding wordt deze doelstelling bereikt doordat hoogstens het laatste van deze pakketten data bevat die naar deze gebruikerketen van bestemming moeten overgedragen worden.

Aldus is er geen gevaar van databits te verliezen gedurende de synchronisatie van de klokken.

De hierboven vermelde en andere doeleinden en kenmerken van de uitvinding zullen duidelijker worden en de uitvinding zelf zal het best begrepen worden aan de hand van de hiernavolgende beschrijving van uitvoeringsvoorbeelden en van de bijbehorende tekeningen waarin :

Fig. 1 een schematisch zicht is van een eerste uitvoering van een data communicatiesysteem volgens de uitvinding;

Fig. 2 een tijdsdiagram is dat de werking van deze uitvoering illustreert;

Fig. 3 een schematisch zicht is van een tweede uitvoering van dit systeem;

Fig. 4 een tijdsdiagram is dat de werking van deze uitvoering illustreert;

Fig. 5 een diagram is dat de variatie van de grootte van de buffer BU van Fig. 3 in functie van het aantal klokpositie bevattende pakketten voorstelt;

Fig. 6 de vertraging Ts + Tr in functie van Ts toont, waarbij Ts en Tr respektievelijk door DTs en BU van Fig. 3 verschaft worden.

Het in Fig. 1 getoonde data communicatiesysteem omvat een pakketschakelnetwerk PSN waaraan ieder van een aantal gebruikerketens, zoals UC, gekoppeld is via een zender/ontvangerketen SEND/REC, een bus SMB en een netwerktoegangstussenketen NAI.

De zender/ontvangerketen SEND/REC omvat een zender SEND, een ontvanger REC en een gemeenschappelijke

computer CC met een bijbehorende klok CL. Deze computer CC bestuurt zowel de zender als de ontvanger en de klok CL is met verscheidene ketens van het systeem verbonden, hoewel dit niet getoond is.

De zender SEND omvat een pakketvormingsketen PA en een uitwisselgeheugen EM1, die in serie tussen een uitgang van de gebruikerketen UC en de bus SMB verbonden zijn en door de computer CC bestuurd worden. De ontvanger REC omvat een uitwisselgeheugen EM2, een buffereenheid BU van grootte Tr, een pakketherkenningsketen PRC, een tijdtelketen TC, een pakketopzoekketen PSC en een pakketontvormingsketen DPA, die samen met EM2 door de computer CC bestuurd wordt. EM2, BU en DPA zijn in serie tussen de bus SMB en een ingang van UC verbonden en EM2, PRC en TC zijn in serie verbonden tussen SMB en een ingang van PSC wiens uitgangen respektievelijk BU en TC besturen.

De gebruikerketen UC kan aan de computer CC adresinformatie verschaffen en kan een continu bitstroom, die door spraak, video of andere data of een mengsel daarvan gevormd wordt, opwekken en ontvangen. Deze bitstroom heeft een bitsnelheid van B bits/sec, bijv. 2 Mbit/sec, en begint met een startcode. Er dient opgemerkt dat de inhoud van de bitstroom voor de werking van het systeem zonder belang is.

De netwerktoegangstussenketen NAI bestuurt de toegang tot het netwerk PSN, de overdracht van data van EM1 naar het netwerk via de bus SMB en de overdracht van data van dit netwerk naar EM2 via de bus SMB. In de PSN gebeurt de overdracht van data bijvoorbeeld door het gebruik van een procedure met pas (token).

Het hierboven beschreven systeem werkt als volgt. Hierbij wordt verwezen naar de Fig. 1 en 2.

Als de uitgaande gebruikerketen UC een continu data bitstroom maar een gebruikerketen van bestemming

wenst over te dragen, deelt hij het adres van deze bestemming mee aan de gemeenschappelijke computer CC waar het in het computergeheugen (niet getoond) wordt opgeslagen. De computer CC verwittigt dan de UC dat hij de overdracht van de continu bitstroom van data op een snelheid van M bits/sec kan starten.

In de pakketvormingsketen PA wordt deze bitstroom verdeeld in pakketten DP0, DP1, ..., DPk, ... enz. van lengte L of duur T1 = L/B, en deze pakketten worden aan het uitwisselgeheugen EM1 toegevoerd. Daarin voegt de computer CC aan elk pakket een hoofding toe bestaande uit het adres van de gebruikerketen van bestemming en een pakketserienummer, dat functie is van de stand van de zenderklok CL. Bijvoorbeeld wordt het serienummer van elk van de pakketten DPk (met k=0, 1, ...) aangeduid door k die overeenstemt met de positie van de klok CL. Elk dergelijk pakket wordt dan vanuit EM1 op het netwerk PSN overgedragen via de bus SMB, onder de besturing van de tussenketen NAI.

Als het adres van een dergelijk pakket door de tussenketen NAI van bestemming wordt herkend, wordt dit pakket naar het uitwisselgeheugen EM2 via de bus SMB overgedragen, onder de besturing van NAI. Omdat het netwerk PSN een stochastisch gedrag heeft komen de pakketten in EM2 toe na een willekeurige vertraging, die gelijk is aan t0, t1, ..., tk, ... voor respektievelijk de pakketten DP0, DP1, ..., DPk, ... Als gevolg hiervan komen de pakketten in EM2 al of niet in de goede volgorde toe. Onder de besturing van de computer CC worden deze pakketten dan in de buffereenheid BU opgeslagen en aan de pakketherkenningsketen PRC toegevoerd. In de pakketherkenningsketen PRC wordt de aankomst van het eerste pakket DP0 gedetecteerd aan de hand van het serienummer 0, dat in de hoofding van dit pakket is gecodeerd. Als dit gebeurt start de PRC de tijdtelketen

TC, welke na een tijd Tm geteld te hebben, de pakketopzoekketen PSC in werking stelt. Deze keten PSC zoekt dan in de buffereenheid BU naar het eerste pakket DP0 en draagt dit op de kloktik 0' naar de pakketontvormingsketen DPA over. De PSC start ook opnieuw de tijdtelketen TC, die na een tijd T1 (kloktik 1') geteld te hebben opnieuw de pakketopzoekketen PSC in werking stelt. De laatstgenoemde keten zoekt dan in de buffereenheid BU het tweede pakket DP1 op en draagt het in de buffer opgeslagen gedeelte daarvan naar de DPA over. Ingeval het pakket niet beschikbaar is op de kloktik 1' wordt het nadien afgewezen. Al de volgende pakketten DP2, ... worden op dezelfde wijze als het pakket DP1 verwerkt.

Uit hetgeen voorafgaat volgt dat het eerste pakket DP0 aan een totale vertraging T2 = t0 + Tm onderworpen wordt en dat al de volgende pakketten DP1, ... een zelfde vertraging ondergaan. Het is echter duidelijk dat in de buffereenheid BU de pakketten een langere tijd kunnen worden opgeslagen, met een maximum gelijk aan de buffergrootte Tr, uitgedrukt in tijdseenheden.

De vertraging Tm wordt ingevoerd om de invloed van de willekeurige netwerkvertraging te verzachten, gezien een dergelijke willekeurige vertraging aan de ingang van de gebruikerketen van bestemming om reden van kwaliteit onaanvaardbaar is, in het bijzonder als het gaat om video of spraak.

Er wordt nu uiteengezet hoe de bovengenoemde waarde Tm van de vertraging T van het eerste pakket DP0 en de buffergrootte Tr, uitgedrukt in tijdseenheden, gekozen werden.

Als men noemt :

$$T2 = t0 + T \qquad (1)$$

de totale vertraging ondergaan door het eerste pakket DP0;

P(t) de cumulatieve waarschijnlijkheidsfunctie van de vertraging van een pakket in het netwerk;

p(t) de waarschijnlijkheidsdichtheidsfunctie van P(t);

kunnen de volgende toestanden optreden voor het pakket DPk :

tk < T2

In dit geval komt het pakket DPk op tijd toe in de ontvanger van bestemming, zodat het daarin volledig gebruikt kan worden. Dit gebeurt met een waarschijnlijkheid P(T2).

T2 < tk < T2 + T1

in dit geval komt een eerste deel (i bits) van het pakket DPk te laat toe, terwijl het tweede deel (L-i bits) daarvan op tijd is gezien het vóór de kloktik van het volgende pakket toekomt. Slechts L-i bits van dit pakket kunnen in de ontvanger van bestemming gebruikt worden als

$$T2 + \frac{i-1}{B} < tk =< T2 + \frac{i}{B}$$

waarbij i veranderlijk is tussen i=1 en L-1.

Dit gebeurt met een waarschijnlijkheid P1 gegeven door :

$$P1 = P(T2 + \frac{i}{B}) - P\ (T2 + \frac{i - 1}{B}) \qquad (2)$$

Er dient opgemerkt dat de ontbrekende i bits door een opvulcode vervangen worden.

tk >= T2 + T1 :

In dit geval komt het gehele pakket DPk niet op tijd toe en dient verworpen te worden. Dit gebeurt met een waarschijnlijkheid

$$P2 = 1 - P\ (T1 + T2) \qquad (3)$$

Uit hetgeen voorafgaat volgt dat de gemiddelde pakketlengte, die in de ontvanger van bestemming gebruikt kan worden en die L(T2) genoemd wordt omdat ze afhangt van T2, gegeven wordt door :

$$L(T2) = LP(T2) + \sum_{i=1}^{L-1} (L-i)\,P1 \qquad (4)$$

of, met de betrekking (2), door

$$L(T2) = \sum_{i=0}^{L-1} P(T1 + T2) \qquad (5)$$

Een waarschijnlijkheidsfunctie die een goed model is van de vertraging ondergaan in vele pakketnetwerken is de gammadistributie met een k-factor (de macht van t in de hiernavolgende formule) gelijk aan 1. In dit geval heeft men :

$$p(t) = q^2.t.e^{-qt} \qquad \text{voor } t >= 0 \qquad (6)$$

$$\text{en } P(t) = 1 - e^{-qt} - q.t.e^{-qt} \qquad \text{voor } t >= 0 \qquad (7)$$

waarin 2/q de gemiddelde vertraging over het netwerk is.

De betrekking (5) kan daarom geschreven worden :

$$L(T2) = L - e^{-q.T2}(M + N + M.q.T2) \text{ voor } t >= 0 \qquad (8)$$

$$\text{met } M = \sum_{i=0}^{L-1} e^{-q.i/B} \qquad (9)$$

$$\text{en } N = \sum_{i=0}^{L-1} \frac{q.i}{B} e^{-q.i/B} \qquad (10)$$

De waarde van T2 wordt zodanig bepaald dat er een bitfoutwaarde BER hoogstens gelijk aan A of een minimum kwaliteit 1-A verkregen wordt, waarbij de BER het omgekeerde is van het aantal bits dat één enkele foutieve of ontbrekende bit vertoont. Dit gebeurt als T2 minstens een minimum waarde Tm heeft die voldoet aan

$$\frac{L - L(Tm)}{L} =< A \qquad (11)$$

of, met de betrekking (8), als

$$e^{-qTm}(M + N + M.q.T2) =< L.A \qquad (12)$$

Bijvoorbeeld, voor $A = 10^{-6}$

$L = 5000$ bits

$1/q = 250$ microseconden

B = 2 Mbit/sec.

wordt er gevonden dat Tm gelijk is aan 3,57 milliseconden.

Wegens de betrekking (1) en gezien de vertraging van het eerste pakket over het netwerk onbekend is, is T2 een willekeurige veranderlijke, zodat het onmogelijk is om T2 gelijk aan Tm te hebben voor elke waarde van to. Nochtans dient T2 gelijk te zijn aan Tm, zelfs als to zijn minimum waarde heeft, die gelijk is aan nul (theoretisch) in het geval van de gammadistributie. Om deze reden wordt de waarde van T gelijk gekozen aan Tm zodat

$$T2 = to + Tm \qquad (13)$$

De vertraging to van het eerste pakket kan zodanig groot zijn dat pakketten, overgedragen na het eerste pakket, vóór dit eerste pakket ontvangen worden. Om dergelijke pakketten niet te verliezen is het duidelijk dat ze tijdelijk in een buffer BU (Fig. 1) opgeslagen moeten worden tot het eerste pakket DPO aan de DPA werd toegevoerd, en met dit doel dient de grootte Tr (in tijdseenheden) van de buffer BU gelijk te zijn aan T2. Omdat T2 echter een willekeurige veranderlijke is, zoals reeds vermeld, werd aan de buffer BU een maximum grootte gegeven die overeenkomt met Tr, zodanig dat de waarschijnlijkheid dat Tr groter blijft dan of gelijk is aan T2 (zodat geen pakketten verloren gaan) een welbepaalde waarde Q heeft, die zo dicht mogelijk bij één ligt en gegeven wordt door :

$$Q = P\,(Tr \Rightarrow T2) \qquad (14)$$

of $$Q = P\,(to \leq Tr - Tm) \qquad (15)$$

wegens de betrekking (13)

of $$Q = \int_0^{Tr - Tm} p(t)\,dt \qquad (16)$$

Voor de waarschijnlijkheidsdichtheidsfunctie gegeven door de betrekking (6) wordt de betrekking (16)

$$Q = 1 - e^{-q\,(Tr-Tm)} - q\,(Tr-Tm)\,e^{-q\,(Tr-Tm)} \qquad (17)$$

Bijvoorbeeld, als Q = 0,999999 en met Tm = 3,57 milliseconden, zoals hierboven berekend, vindt men Tr = 7,75 milliseconden.

Voor een kleinere Q daalt de waarde van Tr betrekkelijk snel en is bijvoorbeeld gelijk aan 5,89 milliseconden als Q = 0,999.

In de hierboven beschreven eerste uitvoering wordt de vertraging T2 bepaald zonder enige kennis te hebben van de netwerkvertraging waaraan het eerste pakket DP0 onderworpen wordt.

In een tweede uitvoering van het systeem, getoond in Fig. 3, wordt van een schattingsalgoritme voor de netwerkvertraging gebruik gemaakt, waarbij het minimum van deze vertraging gelijk is aan nul (theoretisch) in het geval van de beschouwde gammadistributie. Dit algoritme is in het hierboven vermeld artikel beschreven en gesteund op het gebruik van het serienummer of de klokpositie-informatie, hierboven vermeld, voor de synchronisatie van de ontvangerklok en de zenderklok. Meer in het bijzonder wordt gebruik gemaakt van de klokpositie-informatie bevat in n synchronisatiepakketten SP0 tot SPn-1 en eventueel ook in het eerste (DP0) van de datapakketten, die op deze synchronisatiepakketten volgen.

Het in Fig. 3 getoonde data communicatiesysteem verschilt van dit van Fig. 1 doordat de zender SEND bovendien een vertragingseenheid DTs, een synchronisatieketen SC en een poortketen GC1 omvat. De ketens DTs, PA, GC1 en EM1 zijn in serie tussen een uitgang van de gebruikerketen UC en de bus SMB verbonden, en DTs, PA en EM1 worden door de computer CC bestuurd. De synchronisatieketen SC heeft een toelatingsingang E bestuurd door UC, een verhinderingsingang D bestuurd door

PA en een uitgang verbonden met EM1 via de poortketen GC1.

De ontvangerketen REC van Fig. 3 verschilt van deze van Fig. 1 doordat hij bovendien een poortketen GC2 omvat, die de uitgang van EM2 met de ingang van BU koppelt en door de pakketherkenningsketen PRC bestuurd wordt. Er dient echter opgemerkt dat de functie van PRC verschilt van deze in het systeem van Fig. 1. Ook de klokingang CL van de PRC is nu uitdrukkelijk getoond.

Het zojuist beschreven systeem werkt als volgt, waarbij verwezen wordt naar de Fig. 3 en 4.

Als de uitgaande gebruikerketen UC een continu databitstroom naar een gebruikerketen van bestemming wenst over te dragen, deelt hij het adres van deze bestemming mee aan de gemeenschappelijke computer CC waar het in het computergeheugen (niet getoond) wordt opgeslagen. De computer CC deelt dan aan de UC mee dat hij de overdracht van de continu data bitstroom aan een snelheid van M bits/sec kan starten. Deze bitstroom wordt toegevoerd aan de vertragingseenheid DTs waarin hij aan een vertraging gelijk aan Ts onderworpen wordt, vooraleer aan de pakketvormingsketen PA toegevoerd te worden. Ondertussen activeert de startcode van deze bitstroom de toelatingsingang E van de synchronisatieketen SC. Als deze keten in werking is gesteld brengt hij n synchronisatiepakketten SP0 tot SPn-1 voort op een snelheid van M pakketten/sec, warbij elk dergelijk pakket een code omvat die aangeeft dat het een synchronisatiepakket is. Elk dergelijk synchronisatiepakket wordt aan het uitwisselgeheugen EM1 via de poortketen GC1 toegevoerd, en in EM1 wordt een hoofding bestaande uit het adres van de gebruikerketen van bestemming en een serienummer, dat betrekking heeft op de positie van de klok CL, aan het synchronisatiepakket toegevoegd onder de besturing van de

computer CC. Dit gebeurt op dezelfde wijze als beschreven met betrekking tot het systeem van Fig. 1 voor een datapakket. In Fig. 4 zijn de klokposities van de n synchronisatiepakketten SP0 tot SPn-1 respektievelijk met o tot n-1 aangeduid, terwijl deze van de datapakketten DP0, ..., enz. met D0, ... enz. zijn aangeduid.

Op het ogenblik dat alle bits van het eerste datapakket DP0 in de pakketvormingsketen PA werden ingevoerd, d.w.z. na een tijd Ts + T1, en dat dit eerste datapakket klaar is voor overdracht naar het uitwisselgeheugen EM1, activeert PA de verhinderingsingang D van de synchronisatieketen SC om de overdracht van synchronisatiepakketten SP0 tot SPn-1 stop te zetten.

Uit hetgeen voorafgaat volgt dat in de zender de synchronisatiepakketten gedurende een tijdsinterval

Ts + T1 met T1 = L/B

overgedragen worden, zodat

$$n = (T1 + Ts) \cdot M \qquad (18)$$

waarbij :

n het grootste geheel getal is dat kleiner is dan (T1 + Ts) . M.

Ieder van de synchronisatie- en datapakketten, dat in het uitwisselgeheugen EM1 wordt opgeslagen, wordt naar het uitwisselgeheugen EM2 van de ontvanger van bestemming overgedragen op de wijze hierboven beschreven met betrekking tot Fig. 1.

Onder de besturing van de computer CC worden de in EM2 ontvangen pakketten toegevoerd aan de pakketherkenningsketen PRC en aan de poortketen GC2, die verondersteld wordt geblokkeerd te zijn.

In de PRC worden de n synchronisatiepakketten SP0 tot SPn-1 herkend uit de informatie en serienummers of kloktikken 0 tot n-1, die in de hoofdingen van deze

pakketten gecodeerd zijn. Zolang de PRC de aanwezigheid van synchronisatiepakketten herkent, houdt hij de poortketen GC2 in de geblokkeerde positie. Integendeel, als de PRC nadien de aankomst van het eerste datapakket DP0 herkent opent hij de poortketen GC2, teneinde de doorgang van alle datapakketten naar de buffereenheid BU mogelijk te maken.

In de PRC, die (niet getoonde) tijdvergelijkingsmiddelen omvat, worden de n synchronisatiepakketten SP0 tot SPn-1 en het onmiddellijk volgende eerste datapakket DP0 als volgt verwerkt, waarbij vooral verwezen wordt naar Fig. 4 die een voorbeeld van dergelijke pakketten toont :

- de PRC herkent het eerste synchronisatiepakket SP0 met klokpositie 0 en brengt de ontvangerklok in de overeenkomstige positie 0'. Aldus is het verschil tussen de zender en ontvangerklokken gelijk aan de willekeurige vertraging van het eerste synchronisatiepakket SP0 over het netwerk PSN;
- bij de ontvangst van één van de volgende synchronisatiepakketten SP1 tot SPn-1 vergelijkt de PRC de klokposities 1 tot n-1, die in deze pakketten gecodeerd zijn, met de positie van de lopende ontvangerklok en stelt deze positie af telkens en slechts als het synchronisatiepakket vóór de overeenkomstige lopende kloktik ontvangen wordt. Meer in het bijzonder :
  - omdat het tweede synchronisatiepakket SP1, met klokpositie 1, na de overeenkomstige klokpositie 1' van de lopende ontvangerklok ontvangen wordt, wordt deze positie niet afgesteld;
  - omdat het derde synchronisatiepakket, met klokpositie 2, ontvangen wordt in de klokpositie 2" die de klokpositie 2' van de

lopende ontvangerklok voorafgaat, wordt deze positie gebracht op 2";

- gezien het vierde synchronisatiepakket SP3, met klokpositie 3, na de overeenkomstige klokpositie 3" (gelijk aan 3' + T3) van de lopende ontvangerklok ontvangen wordt, wordt deze positie niet afgesteld;
- enz. Hierbij wordt verondersteld dat na de ontvangst van het synchronisatiepakket SPn-2 de ontvangerklok zich in de positie (n-2)" bevindt;
- omdat het laatste synchronisatiepakket SPn-1, met klokpositie n-1, ontvangen wordt in de klokpositie (n-1)"' die de overeenkomstige klokpositie (n-1)" van de lopende klok voorafgaat, wordt deze positie op (n-1)"' gebracht.

Zoals reeds hierboven vermeld opent de PRC de poortketen GC2 na de ontvangst van het laatste synchronisatiepakket, zodat de datapakketten dan gelijktijdig aan de buffereenheid BU en aan de PRC toegevoerd worden. De PRC start dan een tijdtelling T1 en aan het einde daarvan (kloktik DO') bekrachtigt hij de tijdtelketen TC. Laatstgenoemde keten telt dan een tijdsinterval Tm, waarna hij de pakketopzoekketen PSC in werking stelt. De functie van PSC, BU, TC, DPA en UC zijn dezelfde als deze hierboven beschreven met betrekking tot Fig. 1.

In een voorkeursuitvoering maakt de PRC ook gebruik van de klokpositie-informatie, die in de hoofding van het eerste datapakket DP0 aanwezig is, om een uiteindelijke afstelling van de ontvangerklok te verwezenlijken indien de DP0 voor de hogervermelde kloktik DO' ontvangen wordt, bv. op de kloktik DO'(1). In dit geval stelt de PRC de ontvangerklok af op DO'(1)

vooraleer de tijdtelketen TC, die het tijdsinterval Tm telt, te activeren. Indien het pakket DP0 na DO' ontvangen wordt, bv. in DO'(2), wordt de klok niet afgesteld.

Uit hetgeen voorafgaat volgt dat door het gebruik van de n synchronisatiepakketten, en in de voorkeursuitvoering ook van het eerste datapakket, de ontvangerklok op de zenderklok werd afgesteld en dat het eerste datapakket DP0 dan over een tijdsinterval Tm werd vertraagd. Het is duidelijk dat deze afstelling niet perfekt is en dat er een zekere fout overblijft, die -te genoemd wordt, zodat de totale vertraging van het eerste datapakket gelijk is aan Tm - te.

Er wordt nu uiteengezet hoe de genoemde waarde Tm van de vertraging T van het eerste datapakket DP0 en de buffergrootte Tr gekozen werden.

Het is duidelijk dat de kwaliteit van de schatting van de netwerkvertraging, verkregen op de hierboven beschreven wijze, afhankelijk is van het aantal gebruikte pakketten dat klokpositie-informatie bevat. Uit het hierboven vermeld artikel en meer in het bijzonder uit de betrekking (41) daarvan volgt dat de waarschijnlijkheidsdichtheidsfunctie van het verschil tussen de zender- en ontvangerklokken, en daarom van de schattingsfout, na de ontvangst van n + 1 dergelijke pakketten gegeven wordt door

$$p1\ (t) = (n + 1)\ p(-t)\ [1 - P(-t)\ ]^{n} \text{ voor } t =< 0 \quad (19)$$

De laatste uitdrukking is enkel bepaald voor negatieve waarden van t, omdat de schattingsfout bepaald wordt als het verschil tussen een onderschatting van de willekeurige netwerkvertraging en de werkelijke waarde daarvan.

In het geval van de gammadistributie, zoals gedefinieerd door de betrekkingen (6) en (7), wordt de

betrekking (19)

$$p1(t) = -(n+1)q^{2}e^{(n+1).q.t}(1-qt)^{n} \qquad (20)$$

Uit hetgeen voorafgaat volgt dat in plaats van de klokken een tijd T na de ontvangst van het eerste datapakket te synchroniseren, d.w.z. na T2 = to + T zoals in het systeem van Fig. 1, de beide klokken nu gesynchroniseerd worden, met een fout -te, nadat een aantal synchronisatiepakketten en een eerste datapakket werden ontvangen, waarbij het laatstgenoemd datapakket dan aan de vertraging T werd onderworpen. Aldus wordt de totale vertraging T2 gegeven door

$$T2 = T - te \text{ met } te =< 0 \qquad (21)$$

Gezien T en te onafhankelijke willekeurige veranderlijken zijn, die door de betrekking (21) verbonden zijn, kan men berekenen dat de waarschijnlijkheidsdistributiedichtheid van T2 gegeven wordt door :

$$p2(t) = -(n+1)q^{2}(T-t)e^{(n+1)q(T-t)}[1-q(T-t)]^{n} \qquad (22)$$

met $t-T >= 0$

Op een analoge wijze als hierboven beschreven voor het systeem van Fig. 1 kan de minimum waarde Tm van T2 uit de betrekking (12) berekend worden, hetgeen resulteert in een zelfde waarde als in het laatstgenoemd systeem. Anderzijds, en opnieuw op een analoge wijze als voor het systeem van Fig. 1, wordt de buffergrootte Tr zodanig berekend dat de waarschijnlijkheid dat Tr groter dan of gelijk blijft aan T2 een waarde Q heeft, die zo dicht mogelijk bij 1 ligt en gegeven wordt door de betrekking (14) of

$$Q = \int_{0}^{Tr} p2(t).dt \qquad (23)$$

Door rekening te houden met de betrekking (22) kan deze waarschijnlijkheid geschreven worden :

$$Q = (n+1)^{n} [f_n(1) - f_n(a)] \quad (24)$$

waarin

$$a = 1 - q\,(T - Tr) \quad (25)$$

en

$$fn(x) = -e^{(1-x)(n+1)} \sum_{j=0}^{n+1} \frac{[x(n+1)]^{n-j}}{(n+1-j)!}\, n!\, [(1-x)(n+1)-j] \quad (26)$$

Uit de betrekkingen (24), (25) and (26) kan men Tr berekenen in functie van n voor verscheidene waarden van Q, waarbij de andere veranderlijken q, BER en L constant zijn. Fig. 5 toont meer in het bijzonder Tr in functie van n voor de waarden Q = 0,999; Q = 0,995 en Q = 0,95, in het geval dat 1/q = 250 microseconden, BER = 10^{-6} en L = 5000. Uit deze figuur volgt dat het verschil in Tr klein is voor verscheidene waarden van Q en dat Tr snel daalt als n stijgt vanaf 0, maar dat voor grotere n de stijging van Tr klein is als n stijgt. Het blijkt ook dat een nagenoeg constante Tr reeds voor een betrekkelijk kleine waarde van n verkregen wordt.

Omdat de vertraging Tr in de ontvanger functie is van het aantal n + 1 pakketten met klokpositie-informatie uitgezonden door de zender en omdat n functie is van de vertraging Ts in deze zender, zoals volgt uit de betrekking (18), is de vertraging Tr functie van Ts.

Fig. 6 toont Ts + Tr in functie van Ts voor

Q = 0,999

M = 1000

T1 = 2,5 milliseconden

L = 5000

Uit deze figuur volgt dat Ts + Tr een algemeen stijgende functie is waarvan het minimum optreedt voor Ts = 0. Dit betekent dat voor de hoger vermelde waarden er geen bijkomende vertraging Ts vereist is in de zender, zodat het voldoende is om synchronisatiepakketten enkel

gedurende de tijd T1 over te dragen. Wanneer echter een analoge figuur getekend wordt voor een veel hoger Q, bv. Q = 0,999999, maar voor dezelfde waarden van M, T1 en L, is de minimum waarde van Ts + Tr nog steeds Ts = 0 maar er is een andere waarde van Ts voor dewelke Ts + tr zeer dicht bij dit minimum is. Het kan daarom gebeuren dat voor andere waarden van de veranderlijken, zoals Q nagenoeg gelijk aan 1, de minimum waarde van Ts + Tr verschillend van nul is. In dit geval zou het gebruik van de bijkomende vertragingseenheid DTs gerechtvaardigd zijn.

Hoewel de principes van de uitvinding hierboven zijn beschreven aan de hand van bepaalde uitvoeringsvormen en wijzigingen daarvan, is het duidelijk dat de beschrijving slechts bij wijze van voorbeeld is gegeven en de uitvinding niet daartoe is beperkt.

CONCLUSIES

1. Data communicatiesysteem welke omvat : een pakketschakelnetwerk (PSN), een aantal gebruikerketens (UC), en een aantal zender/ontvangerketens (SEND/REC) elk gekoppeld tussen dit netwerk (PSN) en minstens één van deze gebruikerketens (UC), waarbij elke zenderketen (SEND) van een uitgaande zender/ontvangerketen in staat is om pakketten ontvangen van een uitgaande gebruikerketen op dit netwerk over te dragen en waarbij elke ontvangerketen (REC) van een zender/ontvangerketen van bestemming gekoppeld is met een gebruikerketen van bestemming die een tijdtelketen (TC) omvat om ontvangen pakketten aan een vertraging (T) te onderwerpen, met het kenmerk, dat deze vertraging zodanig gekozen is (Tm) dat met een voorafbepaalde waarschijnlijkheid de fout in een vertraagd pakket altijd kleiner is dan een voorafbepaalde waarde.

2. Data communicatiesysteem volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat de gekozen waarde (Tm) van deze vertraging (T) zodanig is dat ze aan de betrekking

$$\frac{L - L(Tm)}{L} =< A$$

voldoet, waarin :

L de pakketlengte in bits is;

A deze voorafbepaalde waarde is;

L(Tm) de waarde voor T2 = Tm is van de gemiddelde pakketlengte L(T2) gegeven door

$$L(T2) = \sum_{i=0}^{L-1} P\left(T2 + \frac{i}{B}\right)$$

met :

P(t) de cumulatieve waarschijnlijkheid van de vertraging van een pakket over het netwerk, waarbij P(t) een waarschijnlijkheidsdichtheid p(t) heeft;

T2 de totale vertraging is van een pakket over het netwerk (PSN) en deze tijdtelketen (TC);

L-i het aantal bits van een pakket is dat naar deze gebruikerketen van bestemming wordt gevoerd;

B de bitsnelheid van overdracht is.

3. Data communicatiesysteem volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat de zender en ontvanger van elk van deze zender/ontvangerketens (SEND/REC) respektievelijk een pakketvormingsketen (PA) en een pakketontvormingsketen (DPA) omvatten, dat deze uitgaande gebruikerketen in staat is om een continu bitstroom op te wekken die in de pakketvormingsketen (PA) van deze uitgaande zender/ontvangerketen in pakketten omgevormd wordt, en dat de pakketontvormingsketen (DPA) van deze zender/ontvangerketen van bestemming ontvangen pakketten kan omvormen tot een continu bitstroom die dan naar deze gebruikerketen van bestemming gezonden wordt.

4. Data communicatiesysteem volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat de ingang van de ontvanger van elk van deze zender/ontvangerketens (SEND/REC) gekoppeld is met een buffereenheid (BU) en met een pakketherkenningsketen (PRC) die zelf gekoppeld is met deze tijdtelketen (TC) die toegang heeft tot een pakketopzoekketen (PSC), waarbij in deze buffereenheid (BU) de ontvangen pakketten worden opgeslagen en deze pakketherkenningsketen (PRC) de eerste (DPO) van de ontvangen pakketten kan herkennen en dan deze tijdtelketen (TC) kan activeren, welke deze gekozen vertragingstijd (Tm) telt en dan deze pakketopzoekketen

(PSC) in werking stelt, die de in deze buffereenheid opgeslagen pakketten in de juiste volgorde naar deze gebruikerketen van bestemming overdraagt, te beginnen met dit eerste pakket en op zodanige wijze dat alle pakketten aan dezelfde totale vertraging (T2 = to + Tm) onderworpen worden als die waaraan dit eerste pakket in dit netwerk (PSN) en in deze tijdtelketen (TC) onderworpen wordt.

5. Data communicatiesysteem volgens conclusie 4, met het kenmerk dat deze buffereenheid (BU) een grootte heeft welke overeenkomt met een buffervertraging (Tr) die voldoet aan de betrekking

$$Q = \int_0^{Tr - Tm} p(t)\, dt$$

waarin :

Q de waarschijnlijkheid, dichtbij 1, is dat Tr >= T2 is;

Tr deze buffervertraging is;

Tm deze gekozen vertaging is;

T2 deze totale vertraging is;

p(t) de waarschijnlijkheidsdichtheidsfunctie is van de vertraging van een pakket in het netwerk.

6. Data communicatiesysteem volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat elk van deze zender/ontvangerketens een klok (CL) omvat, dat de zender van deze uitgaande zender/ontvangerketen middelen (SC, CC) omvat om over dit netwerk (PSN) een reeks van zenderklokpositie bevattende pakketten (SPO/n-1, DPO) over te dragen, en dat de ontvanger van deze zender/ontvanger van bestemming een pakketherkenningsketen (PRC) omvat die in staat is om deze zenderklokpositie bevattende pakketten te herkennen en om de ontvangerklok in functie van de zenderpositie bevat in deze pakketten af te stellen.

7. Data communicatiesysteem volgens conclusie 6, met het kenmerk, dat deze pakketherkenningsketen (PRC) vergelijkingsmiddelen omvat en deze ontvangerklokafstelling uitvoert door eerst de

ontvangerklok gelijk of nagenoeg gelijk te maken aan de zenderklokpositie bevat in het eerste (SP0) van deze zenderklokpositie (SP0/n-1, DP0) bevattende pakketten en door daarna de ontvangklok af te stellen telkens deze vergelijkingsmiddelen aanduiden dat de klokpositie bevat in een klokpositie bevattend pakket, dat volgt op het eerste pakket, kleiner is dan de positie van de lopende ontvangerklok.

8. Data communicatiesysteem volgens conclusie 6, met het kenmerk, dat deze zenderklokpositie bevattende pakketten (SP0/n-1, DP0) gevormd worden door een aantal synchronisatiepakketten (SP0/n-1) en een eerste datapakket (DP0) van een aantal datapakketten dat op dit aantal synchronisatiepakketen volgt.

9. Data communicatiesysteem volgens conclusie 8, met het kenmerk, dat de ingang van de ontvanger van elk van deze zender/ontvangerketen (SEND/REC) gekoppeld is met een buffereenheid (BU) die zelf met deze tijdtelketen (TC) gekoppeld is, waarbij deze pakketherkenningsketen (PRC) in staat is om het opslaan van deze synchronisatie- en datapakketten in deze buffereenheid (BU) respektievelijk te verhinderen en toe te staan en om deze tijdtelketen (TC) te bekrachtigen nadat deze klokafstelling werd uitgevoerd of een voorafbepaald tijdsinterval (T1) na de ontvangst van het laatste (SPn-1) van deze synchronisatiepakketten.

10. Data communicatiesysteem volgens conclusie 9, met het kenmerk, dat deze tijdtelketen (TC) gekoppeld is met een pakketopzoekketen (PSC) en deze pakketopzoekketen in werking stelt nadat deze gekozen tijdvertraging (T) werd geteld, waarbij deze pakketopzoekketen (PSC) dan de in deze buffereenheid opgeslagen pakketten in de juiste volgorde naar deze gebruikerketen van bestemming overdraagt.

11. Data communicatiesysteem volgens conclusie 3

en conclusie 4 of 10, met het kenmerk, dat deze pakketopzoekketen (PRC) met deze gebruikerketen van bestemming via deze pakketontvormingsketen (DPA) gekoppeld is.

12. Data communicatiesysteem volgens conclusie 9, met het kenmerk, dat deze buffereenheid (BU) een grootte heeft overeenstemmend met een buffervertraging (Tr) die voldoet aan de betrekking

$$Q = \int_0^{Tr} p2(t)dt$$

waarin :

Q de waarschijnlijkheid, dichtbij 1 is, dat Tr >= T2;

Tr deze buffervertraging is;

T2 de totale vertraging is gevormd door de som van de vertraging in deze tijdtelketen en de schattingsfout (-te) tussen de zender- en ontvangerklokken na afstelling;

p2(t) de waarschijnlijkheidsdichtheidsfunctie is van deze totale vertraging T2.

13. Data communicatiesysteem volgens conclusie 11, met het kenmerk, dat

$p2(t) = p1(T-t)$

waar :

T deze vertraging is;

p1(t) de waarschijnlijkheidsdichtheidsfunctie van deze schattingsfout is.

14. Data communicatiesysteem volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat voor dit netwerk (PSN) geldt :

$$P(t) = 1 - e^{-qt} - qt\, e^{-qt} \quad \text{voor } t >= 0$$

$$\text{en } p(t) = q^2 t\, e^{-qt} \quad \text{voor } t >= 0$$

waarin :

P(t) deze cumulatieve waarschijnlijkheidsfunctie van de netwerkvertraging is;

p(t) de waarschijnlijkheidsdichtheidsfunctie van P(t) is;

2/q de gemiddelde netwerkvertraging is.

15. Data communicatiesysteem volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat de zender van elk van deze zender/ontvangerketens een vertragingseenheid (DTs) omvat om deze pakketten bijkomend te vertragen vooraleer ze over dit netwerk over te dragen.

16. Data communicatiesysteem welke omvat : een pakketschakelnetwerk (PSN), een aantal gebruikerketens (UC), en een aantal zender/ontvangerketens (SEND/REC) die elk een klok (CL) bevatten en elk tussen dit netwerk (PSN) en minstens één van deze gebruikerketens (UC) gekoppeld zijn, waarbij elke zenderketen (SEND) van een uitgaande zender/ontvangerketen in staat is om pakketten die zenderklokpositie-informatie bevatten op dit netwerk over te dragen en waarbij elke ontvangerketen (REC) van een zender/ontvangerketen van bestemming in staat is om zijn klok met deze van de zender te synchroniseren in functie van de informatie die met deze pakketten ontvangen wordt, met het kenmerk, dat hoogstens het laatste (DPO) van deze pakketten data bevat die naar deze gebruikerketen van bestemming moeten overgedragen worden.

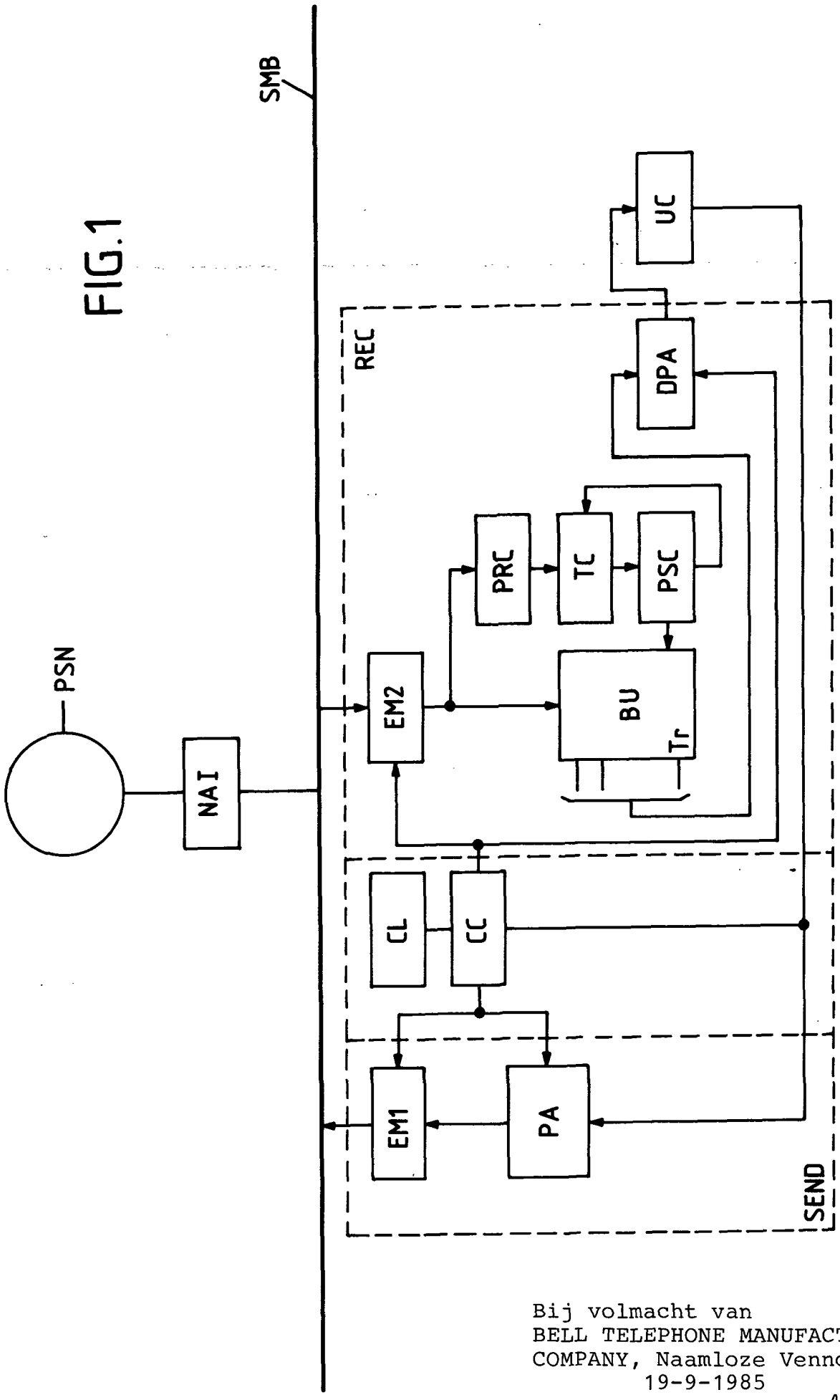
Zijnde een totaal van 26 bladzijden.

Antwerpen, 19 september 1985
ORIGINEEL

Bij volmacht van :
BELL TELEPHONE MANUFACTURING COMPANY
Naamloze Vennootschap

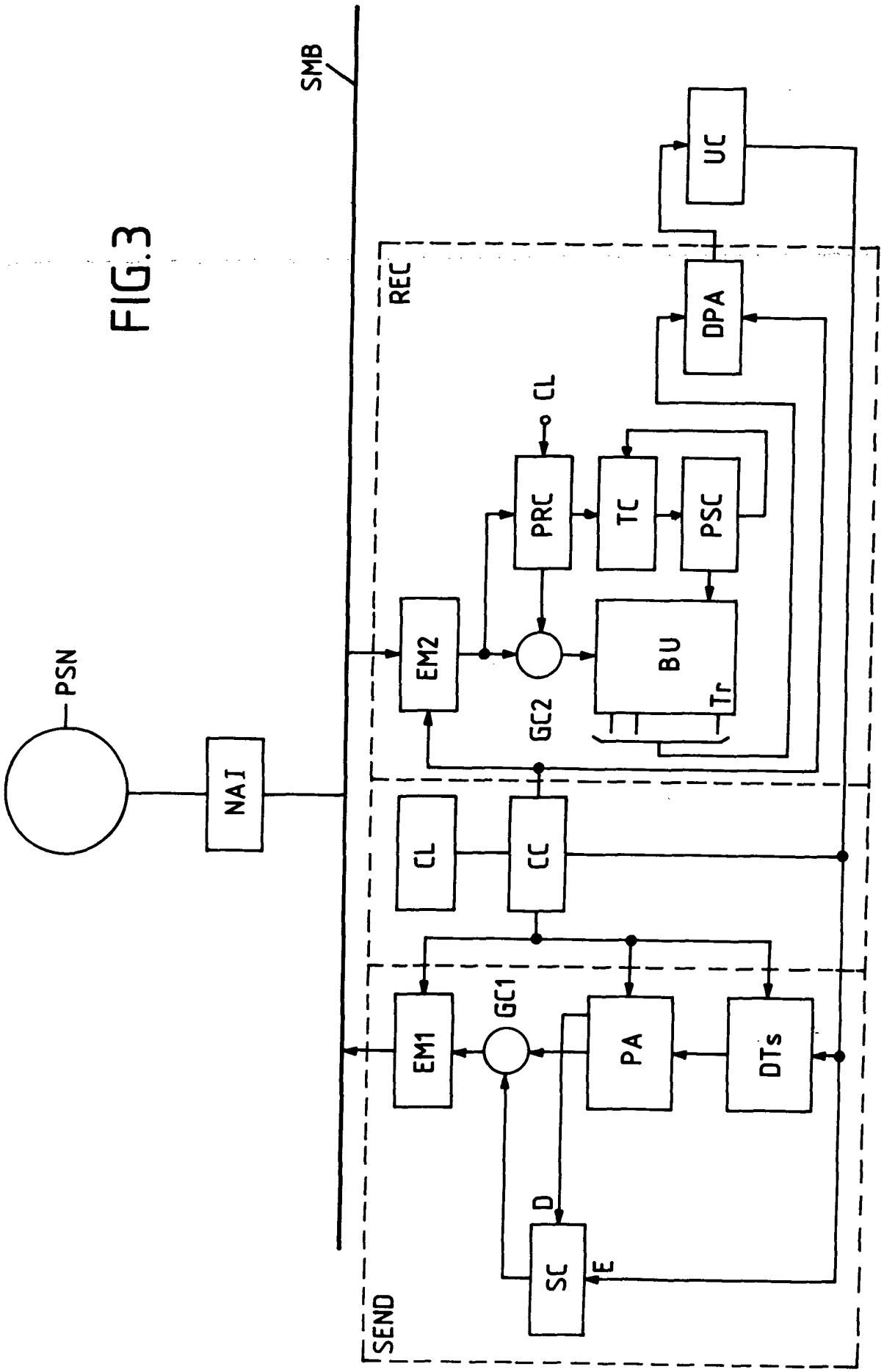
M. Smoelders

FIG.1



Bij volmacht van
BELL TELEPHONE MANUFACTURING
COMPANY, Naamloze Vennootschap
19-9-1985

FIG.3



Bij volmacht van
BELL TELEPHONE MANUFACTURING
COMPANY, Naamloze Vennootschap
19-9-1985

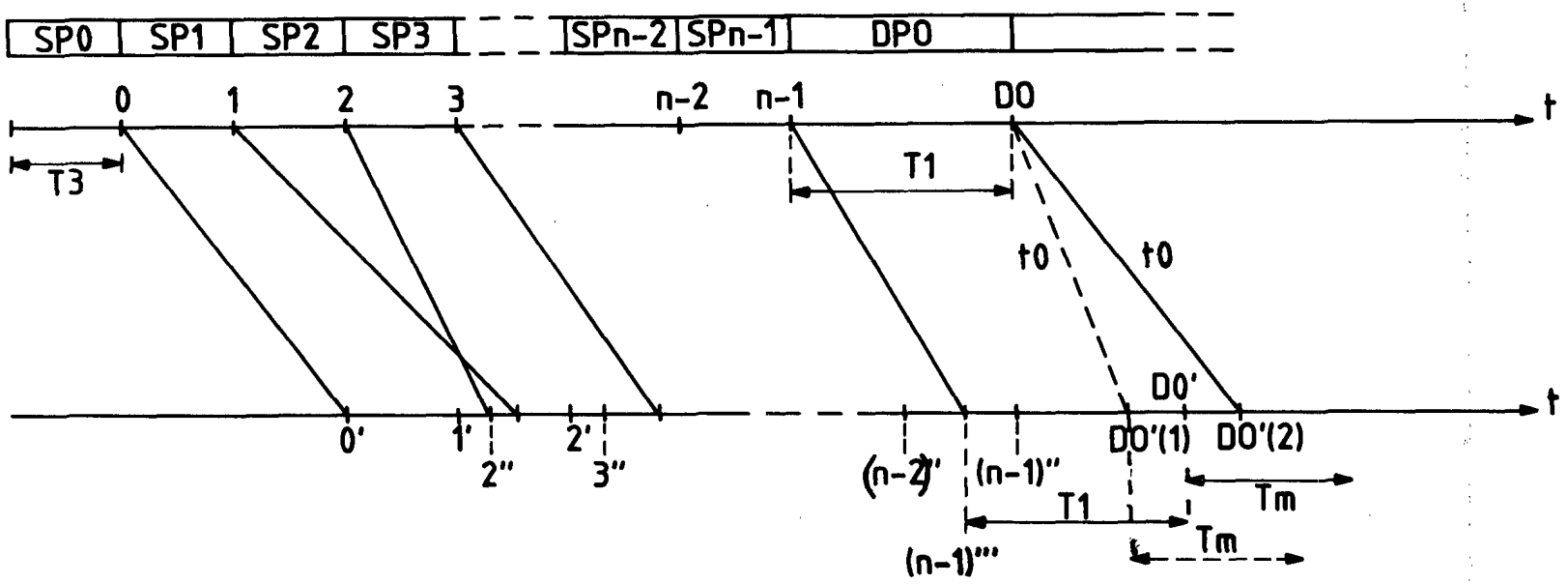


FIG.4

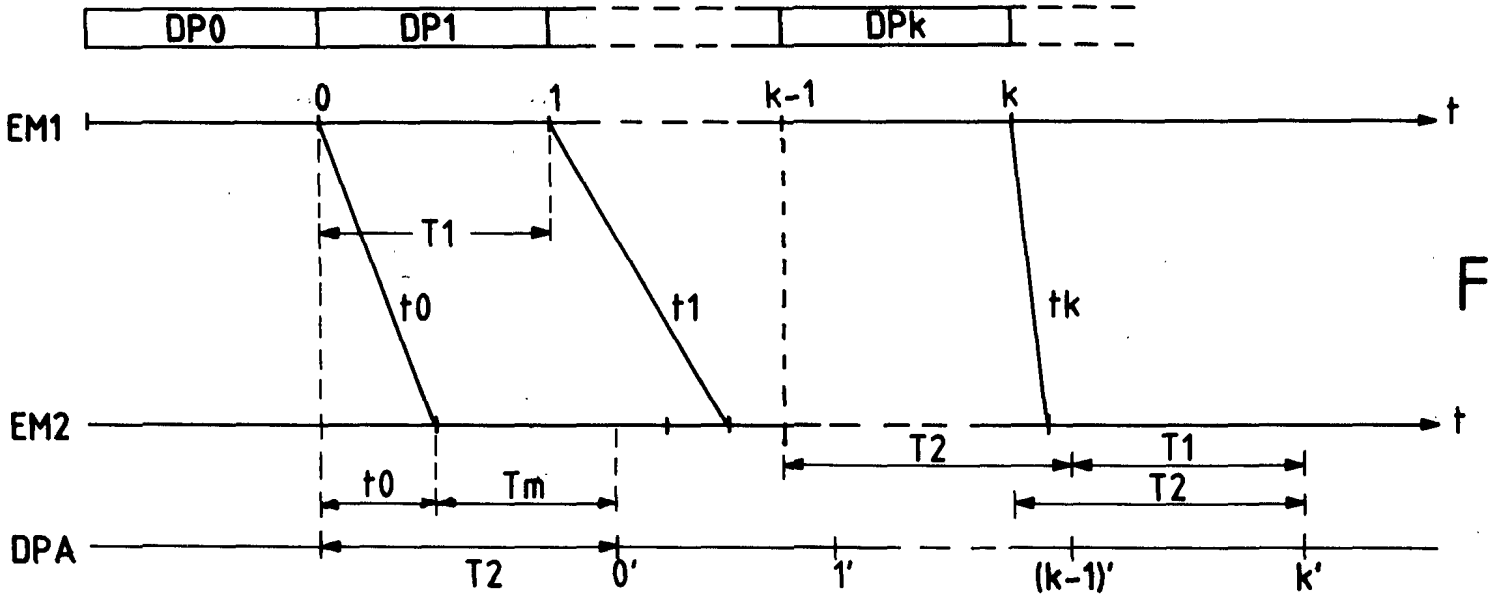


FIG.2

Bij volmacht van
BELL TELEPHONE MANUFACTURING
COMPANY, Naamloze Vennootschap
19-9-1985

BELL TELEPHONE MANUFACTURING COMPANY
Naamloze Vennootschap

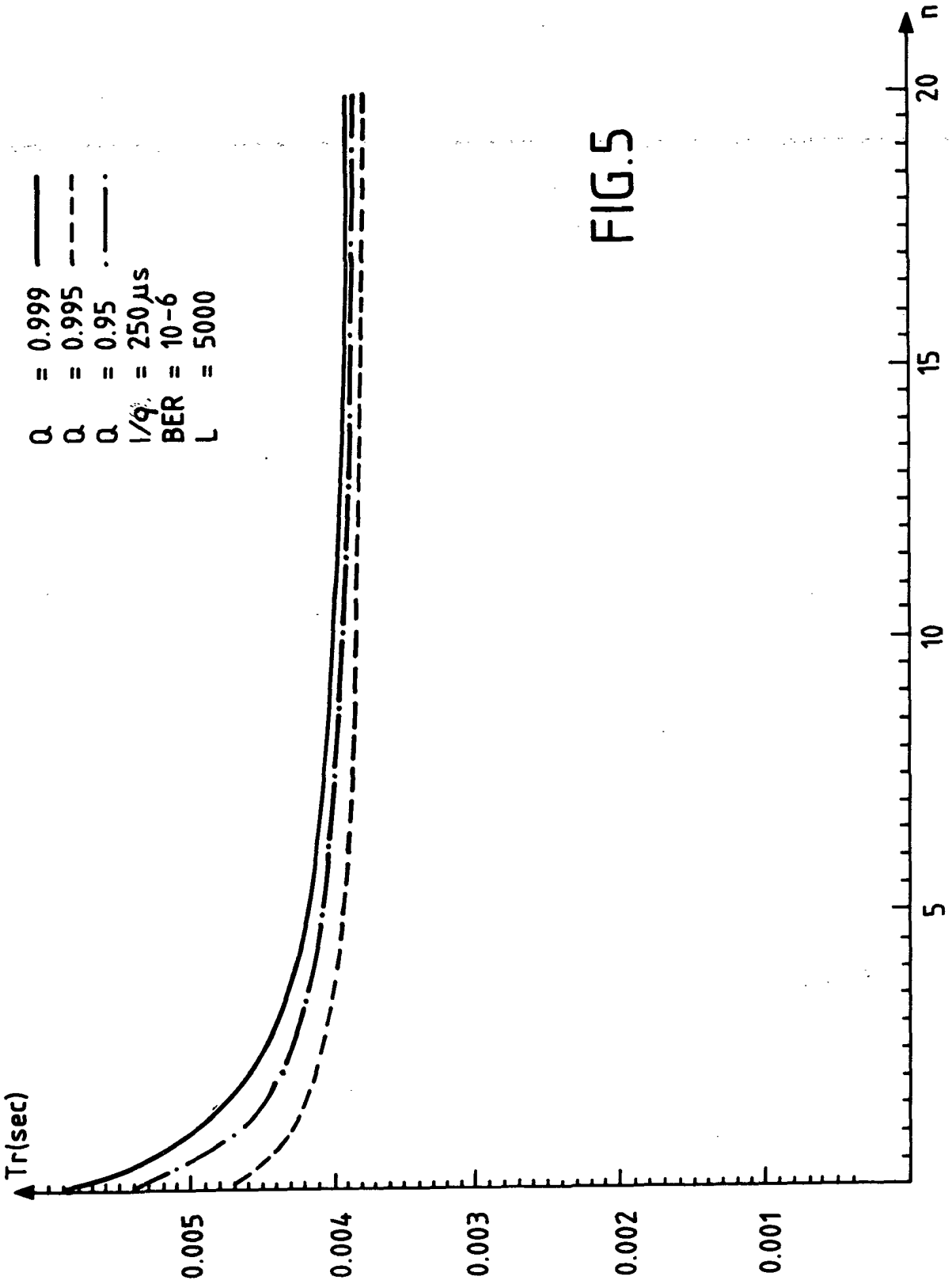
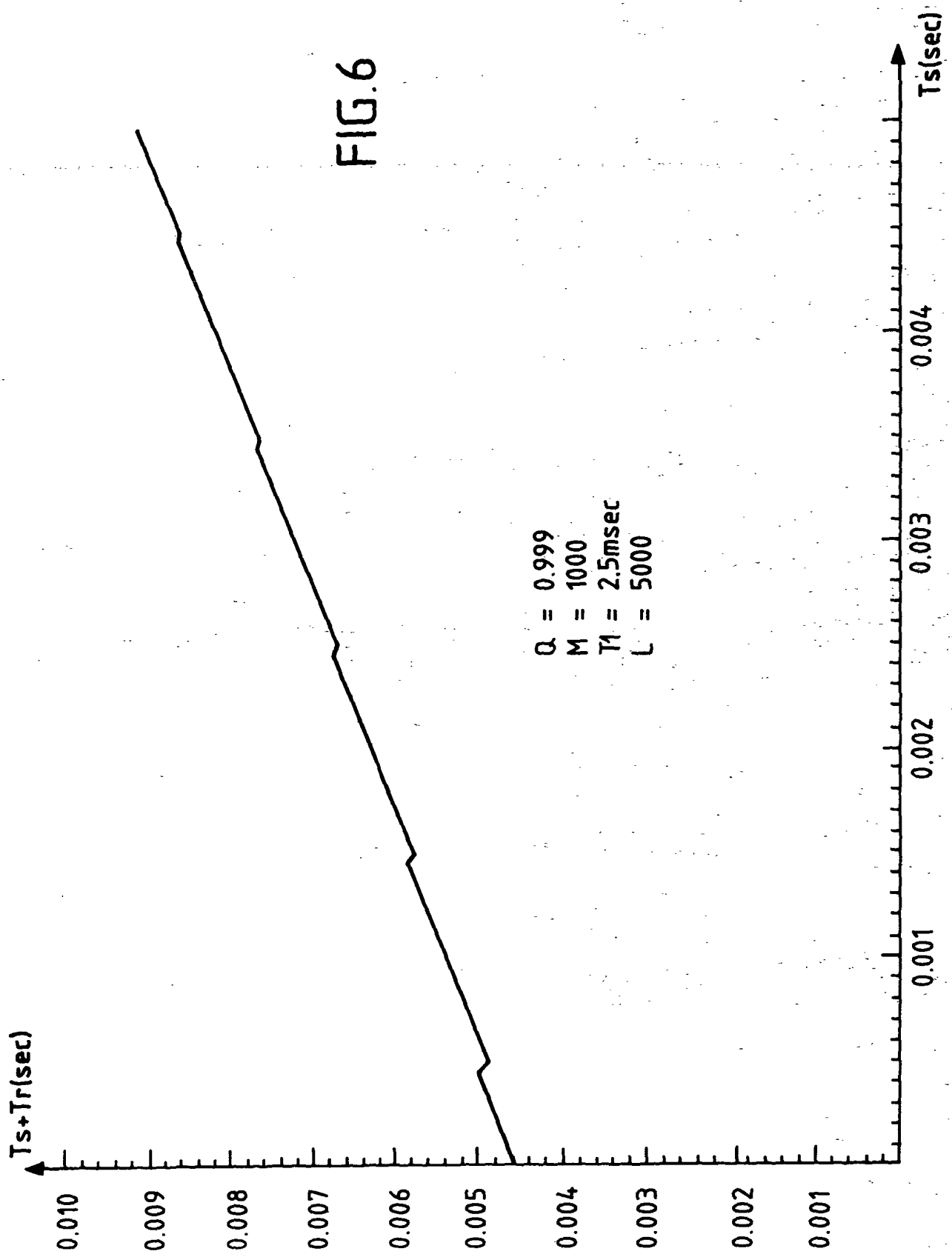


FIG.5

Bij volmacht van
BELL TELEPHONE MANUFACTURING
COMPANY, Naamloze Vennootschap
19-9-1985

BELL TELEPHONE MANUFACTURING COMPANY
Naamloze Vennootschap

FIG.6



Bij volmacht van
BELL TELEPHONE MANUFACTURING
COMPANY, Naamloze Vennootschap
19-9-1985

M.S. Noeby