

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
23. Februar 2006 (23.02.2006)

PCT

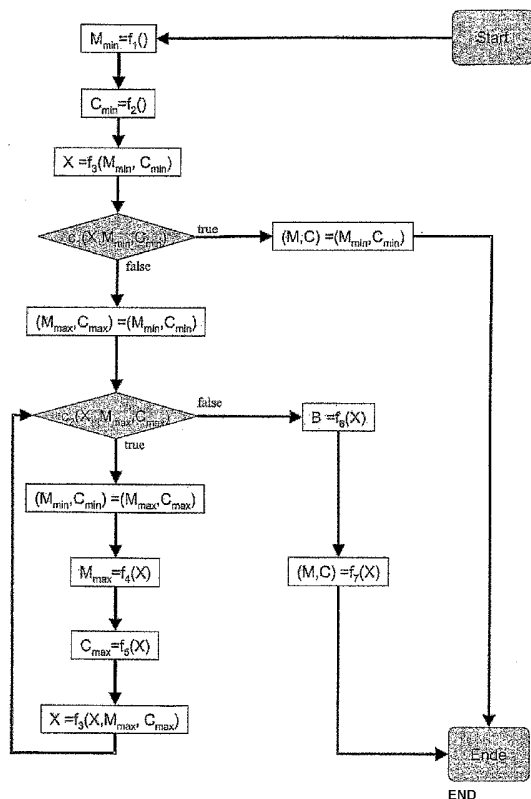
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2006/018300 A1**

- (51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **H04Q 7/30**, H04L 12/56
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2005/008939
- (22) Internationales Anmeldedatum:  
18. August 2005 (18.08.2005)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:  
10 2004 040 294.9 19. August 2004 (19.08.2004) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **T-MOBILE DEUTSCHLAND GMBH** [DE/DE]; Landgrabenweg 151, 53227 Bonn (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **SCHRÖDER, Bernd** [DE/DE]; Weidenstrasse 4, 26135 Oldenburg (DE).
- (74) Anwalt: **RIEBLING, Peter**; Postfach 3160, 88113 Lindau/B (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR DIMENSIONING HARDWARE COMPONENTS FOR BASE STATIONS OF CDMA COMMUNICATION NETWORKS

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR DIMENSIONIERUNG VON HARDWAREKOMPONENTEN FÜR BASESTATIONEN VON CDMA-KOMMUNIKATIONSNETZEN



(57) Abstract: The invention relates to a method for dimensioning hardware components for base stations of CDMA communication networks, especially hardware components of a UMTS base station (node B). The number of hardware components, that is channel elements (CE) and modems (M), required for the individual base stations in order to maintain a defined blocking probability, is determined on the basis of the spatial traffic distribution and a CDMA network comprising base stations.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Dimensionierung von Hardwarekomponenten für Basisstationen von CDMA-Kommunikationsnetzen, insbesondere von Hardwarekomponenten einer UMTS Basisstation (Node-B). Auf der Grundlage einer räumlichen Verkehrsverteilung und eines CDMA Netzwerkes mit Basisstationen wird bestimmt, wie viele Hardwarekomponenten, sprich Channel Elemente (CE) und Modems (M), an den einzelnen Basisstationen benötigt werden, um eine bestimmte Blockierwahrscheinlichkeit einzuhalten.

WO 2006/018300 A1



TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

**Veröffentlicht:**

— *mit internationalem Recherchenbericht*

**Verfahren zur Dimensionierung von Hardwarekomponenten für  
Basisstationen von CDMA-Kommunikationsnetzen**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Dimensionierung von verbindungs- und  
5 trägerorientierter Hardware für die Luftschnittstelle von CDMA-  
Kommunikationsnetzen, insbesondere unter Berücksichtigung der Soft-Kapazität  
und der simultanen Existenz verschiedener Trägerdienste.

Bisherige Verfahren waren in der Lage entweder verbindungsorientierte Hardware  
10 zu dimensionieren, zum Beispiel basierend auf Erlang B oder ähnlichen  
Produktformlösungen, oder auch trägerorientierte Hardware für die simultane  
Existenz mehrerer Trägerdienste auf Basis der multidimensionalen Erlang-Formel  
oder ähnlichen Produktformlösungen, jedoch nicht beide Fragestellungen  
simultan. Die Erlang-B-Verlustformel wird in Kommunikationssystemen  
15 angewendet, um die Anzahl notwendiger Kanäle für Sprachverbindungen  
abzuschätzen. Die drei Variablen sind das Angebot (typischerweise in der  
Hauptverkehrsstunde) in der Einheit Erlang, die maximale  
Blockierwahrscheinlichkeit und die Anzahl der Kanäle: Die Aktivität ausgedrückt in  
der Pseudoeinheit Erlang berechnet sich aus dem Verhältnis der Zeit, zu welcher  
20 ein Kanal tatsächlich benutzt wurde dividiert durch die Zeit, zu der er insgesamt  
zur Verfügung gestanden hätte: Die Blockierwahrscheinlichkeit gibt die  
Wahrscheinlichkeit an, mit der ein Ruf aufgrund belegter Kanäle nicht aufgebaut  
werden konnte und daher abgewiesen werden musste( es tritt also Verlust auf).  
Ein Wert von 0,05 bedeutet also 5 abgewiesene (blockierte) Rufe bei 100  
25 Rufaufbauversuchen. Die Anzahl der Kanäle ist die Anzahl verfügbarer  
Verkehrskanäle.

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, eine Verfahren zur simultanen  
Dimensionierung von sogenannten Channel-Elementen und Modems in einer  
30 Basisstation (Node-B) eines CDMA-Netzes unter Berücksichtigung der  
Netzauslastung und unter Einhaltung vorgegebener  
Blockierwahrscheinlichkeiten anzugeben.

**BESTÄTIGUNGSKOPIE**

Weitere Ziele der Erfindung sind Untersuchungen zur Kapazität der Luftschnittstelle bei vorgegebener Hardware-Ausstattung einer Basisstation und vorgegebenem Benutzerverhalten (Hard-Capacity), Untersuchungen zum Einfluss von Geschwindigkeiten auf die Performance von Verbindungen  
5 zwischen BS und Nutzern, und Entwicklung und Validierung von Verfahren zur Bestimmung der Versorgungswahrscheinlichkeiten im Uplink unter Berücksichtigung pixelindividueller Verkehrsverteilungen.

Die gestellte Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale des  
10 Patentanspruchs 1 gelöst.

Vorteilhafte Ausgestaltungen und bevorzugte Merkmale des erfindungsgemäßen Verfahrens sind in den abhängigen Ansprüchen definiert.

15 Die wesentliche Erweiterung des erfindungsgemäßen Verfahrens gegenüber den bisher bekannten Verfahren liegt in der Einbeziehung der „Soft“-Kapazität, das heißt, einer begrenzten Netzkapazität unter Berücksichtigung von netzeigenen Interferenzen.

20 Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Dimensionierungsverfahrens erläutert. Das Verfahren wird vorzugsweise in Form eines Softwareprogramms auf einem Personal Computer implementiert und ausgeführt.

### 25 Definitionen

Die Eingabeparameter zur Anwendung des Verfahrens zur Dimensionierung der Hardware-Komponenten einer Basisstation bestehen aus einer Menge von Diensten und einer Menge von Sektoren, für die jeweils bestimmte Parameter spezifiziert werden müssen. Zudem werden Kosten  $K_M$  und  $K_C$  für ein  
30 Modempaar bzw. ein Channel Element festgelegt.

Die Menge der Dienste wird mit  $S$  bezeichnet und jeder Dienst  $S$  wird durch die folgenden Größen gekennzeichnet:

- $S.E [\omega^k], k = 1, 2$ : Momente des Uplink-Dienstlastfaktors
- 5 •  $S.VAR [\omega ]$ : Varianz des Uplink-Dienstlastfaktors
- $S.E [\gamma^k], k = 1, 2$ : Momente des Downlink-Dienstlastfaktors
- $S.v_{up}$ : Uplink Aktivitätsfaktor (mittlere Aktivität)
- $S.v_{down}$ : Downlink Aktivitätsfaktor (mittlere Aktivität)
- $S.C$ : benötigte CEs (Up- und Downlink zusammen)
- 10 •  $S.M = 2$ : benötigte Modems (Up- und Downlink zusammen)
- $S.B^*$ : vorgegebene Blockierwahrscheinlichkeit
- $S.\theta$ : Faktor, der angibt, um wie viel die reine "Soft"-Blockierwahrscheinlichkeit höchstens überschritten werden darf

- 15 Die Menge der Sektoren an der betrachteten Basisstation wird mit  $Z$  bezeichnet. Für jeden Sektor  $Z \in Z$  werden die folgenden Parameter spezifiziert:

- $Z.a_S$ : Verkehrsintensität von Dienst  $S$  [Erl]
- 20 •  $Z.\eta_{th}$ : Blockierschwelle für den Uplink (Lastfaktor)
- $Z.\hat{T}_{th}$ : Blockierschwelle für den Downlink  
(Basisstationsleistung)
- $Z.E [\Gamma]$ : Mittelwert der Fremdzelllast
- $Z.VAR [\Gamma]$ : Varianz der Fremdzelllast
- 25 •  $Z.E [Q_S^k], k = 1, 2$ : Momente des Positionslastfaktors [ $mW^k$ ]
- $Z.E [Q_{S1}, Q_{S2}]$ , Erwartungswert des Produkts zweier  
Positionslastfaktoren [ $mW^2$ ]
- $Z.\hat{T}_{const}$ : konstante Basisstationsleistung [ $mW$ ]

Das erfindungsgemäße Verfahren beruht darauf, dass für jede Basisstation die minimale Anzahl von Hardware-Komponenten ermittelt wird, bei der die vorgegebenen Blockierwahrscheinlichkeiten eingehalten werden. Sollte dieses Ziel aufgrund der beschränkten "Soft"-Kapazität nicht erreichbar sein, werden  
 5 die Hardware-Komponenten so dimensioniert, dass die "Soft"-Blockierwahrscheinlichkeit, d.h. bei uneingeschränkten Hardware-Ressourcen, höchstens um einen vorgegebenen Faktor erhöht wird.

Sei  $B_{Z,S}[M,C]$  die gemeinsame "Soft"- und "Hard"- Blockierwahrscheinlichkeit  
 10 für Dienst  $S$  in Sektor  $Z$ , falls die Basisstation mit  $M$  Modempaaren und  $C$  Channel Elementen bestückt ist. Dann kann die Hardwaredimensionierung als Optimierungsproblem formuliert werden:

**Zielfunktion:**

15 
$$\min \{ M K_M + C K_C \}$$

**Nebenbedingungen:**

20 
$$\forall Z \in Z, S \in S : B_{Z,S}[M,C] \leq \max\{S \cdot B^*, B_{Z,S}^{soft} \cdot S \cdot \theta\}$$

Die Bezeichnung  $B_{Z,S}^{soft}$  steht hier für die reine "Soft"-Blockierwahrscheinlichkeit ohne Blockierung durch Hardware-Einschränkungen. Zusätzlich zu den Eingabeparametern, die das Problem beschreiben, werden noch einige Parameter benötigt, die den Ablauf des Algorithmus steuern. Diese dienen  
 25 speziell dazu, den Trade-Off zwischen Genauigkeit und Laufzeit des Algorithmus einzustellen.

- $\xi_{hard}$ : Parameter, ab dem angenommen wird, dass an einer Basisstation kein Hard-Blocking mehr auftritt. Falls also die reine Hardware-  
 30 Blockierung unter  $\xi_{hard}$  liegt, entspricht dies unendlicher Hardware und die Blockierwahrscheinlichkeiten hängen nur noch von der Soft-

Kapazität der Sektoren ab.  $\xi_{hard}$  sollte auf jeden Fall deutlich kleiner als die kleinste Zielblockierwahrscheinlichkeit gewählt werden.

- $\xi_{soft}$ : Parameter, ab dem angenommen wird, dass ein Dienst in einem Zustand als vollständig soft-blockiert gilt.  $\xi_{soft}$  sollte also fast 1 sein und Werte im Bereich [0.99; 1] annehmen. Verwendung in der Funktion ***isSoftBlocked***.

#### Dimensionierungsverfahren

- 10 Das Verfahren zur Dimensionierung der Hardware-Komponenten an einer Basisstation besteht aus mehreren Teilschritten.

Zunächst werden die Modems und Channel-Elemente getrennt voneinander dimensioniert, da darüber eine feste untere Schranke für die Anzahl der  
15 benötigten Hardware-Komponenten vorgegeben ist. Danach wird für diese initiale Konfiguration,  $C_{min}$  und  $M_{min}$  die Berechnung der Blockierwahrscheinlichkeiten durchgeführt. Dabei werden Modems und Channel Elemente gemeinsam betrachtet und Soft Blocking auf dem Up- und Downlink miteinbezogen.

- 20 Sind die vorgegebenen Blockierwahrscheinlichkeiten jetzt für alle Sektoren erfüllt, so ist die Dimensionierung abgeschlossen. Andernfalls muss unterschieden werden, ob die Soft Kapazität bereits für alle Sektoren erreicht ist. In diesem Fall werden die Hardware-Komponenten soweit reduziert, dass  
25 die Blockierwahrscheinlichkeiten höchstens um einen Wert  $\theta$  über den reinen Soft Blockierwahrscheinlichkeiten liegen. Andernfalls wird die Zahl der Hardware-Komponenten weiter erhöht. Dazu wird die Zahl der Modems bei konstanten  $C_{min}$  Channel Elementen so weit erhöht, bis keine Blockierung durch Modems mehr auftritt. Ebenso wird die Zahl der Channel Elemente bei  
30  $M_{min}$  Modems erhöht. Diese Erhöhung der Modems und Channel Elemente wird solange durchgeführt, bis entweder die gewünschten Blockierwahrscheinlichkeiten erreicht sind oder aber durch zusätzliche

Hardware keine Reduzierung der Blockierwahrscheinlichkeiten mehr erreicht wird, da die Soft-Kapazität in den entsprechenden Sektoren erreicht ist. Die daraus resultierenden  $C_{max}$  und  $M_{max}$  stellen eine Obergrenze für die benötigten Modems dar. Die Blockierwahrscheinlichkeiten für alle

- 5 Konfigurationen mit weniger als  $M_{max}$  bzw.  $C_{max}$  werden bestimmt und unter allen Konfigurationen, die die vorgegebenen Blockierwahrscheinlichkeiten einhalten, wird diejenige mit den geringsten Kosten ausgewählt.

Im folgenden wird der Dimensionierungsalgorithmus in Pseudo-Code

- 10 beschrieben und in einem Flussdiagramm dargestellt:

```

function (M,C)=DimHardware(Z,S)
  Mindestanzahl Modems:  $M_{min} = DimPureModem(Z, S)$ 
  Mindestanzahl Channel Elemente:  $C_{min} = DimPureChannelElement(Z, S)$ 
  Zustandsraum:  $\mathcal{X} = StateSpace(0, 0, 0, M_{min}, C_{min}, S, Z)$ 
  if isBlockProbOk( $\mathcal{X}, M_{min}, C_{min}, Z, S$ )
     $M = M_{min}, C = C_{min}$ 
  else
     $M_{max} = M_{min}, C_{max} = C_{min}$ 
    while isAdditionalHardwareRequired( $\mathcal{X}, M_{max}, C_{max}, Z, S$ )
       $M_{min} = M_{max}, C_{min} = C_{max}$ 
      Maximale Anzahl Modems:
         $M_{max} = DimModem(\mathcal{X}, M_{min}, C_{min}, S, Z)$ 
      Maximale Anzahl Channel Elemente:
         $C_{max} = DimChannelElement(\mathcal{X}, M_{min}, C_{min}, S, Z)$ 
      Zustandsraum:
         $\mathcal{X} = StateSpace(\mathcal{X}, M_{min}, C_{min}, M_{max}, C_{max}, S, Z)$ 
    end
    Blockierwahrscheinlichkeiten:
       $\{B_{Z,S}\} = BlockProbAll(\mathcal{X}, M_{max}, C_{max}, S, Z)$ 
     $(M, C) = DimModemChannelElement(B_{Z,S}, M, C, Z, S)$ 
  end
end

```



Figur 1 zeigt ein entsprechendes Flussdiagramm zum oben angegebenen Dimensionierungsalgorithmus, wobei die folgenden Funktionen verwendet wurden:

- 5  $f_1$  (**DimPureModem**): Dimensioniert die Anzahl der Modems ohne Einschränkung durch Channel Elemente oder Soft-Kapazität.
- $f_2$  (**DimPureChannelElement**): Dimensioniert die Anzahl der Channel Elemente ohne Einschränkung durch Modems oder Soft-Kapazität.
- $f_3$  (**StateSpace**): Berechnet den Zustandsraum, insbesondere
- 10 Zustandswahrscheinlichkeiten und "lokale" Blockierwahrscheinlichkeiten für eine vorgegebene Anzahl von Modems und Channel Elementen.
- $f_4$  (**DimModem**): Erhöht die Anzahl der Modems bei einer vorgegebenen Anzahl von Channel Elementen bis entweder die geforderten Blockierwahrscheinlichkeiten erreicht sind oder aber keine Blockierung durch
- 15 Modems mehr auftritt.
- $f_5$  (**DimChannelElement**): Erhöht die Anzahl der Channel Elemente bei einer vorgegebenen Anzahl von Modems bis entweder die geforderten Blockierwahrscheinlichkeiten erreicht sind oder aber keine Blockierung durch Channel Elemente mehr auftritt.
- 20  $f_6$  (**BlockProbAll**): Berechnet für einen bereits berechneten Zustandsraum mit M Modems und C Channel Elementen die Blockierwahrscheinlichkeiten für alle Hardware-Konfigurationen mit höchstens M Modems und höchstens C Channel Elementen.
- $f_7$  (**DimModemChannelElement**): Bestimmt für jeden Dienst in jedem Sektor,
- 25 ob nach der vorgegebenen Blockierwahrscheinlichkeit dimensioniert wird oder ob die Soft-Kapazität dafür nicht ausreicht. Bestimmt für eine vorgegebene maximale Hardware-Konfiguration die Hardware-Konfiguration mit den minimalen Kosten, die die vorgegebenen Blockierwahrscheinlichkeiten bzw. Soft-Blockierwahrscheinlichkeiten einhält.

30

Es gelten die Bedingungen:

c1 (**isBlockProbOk**): Bestimmt für einen Zustandsraum, ob die vorgegebenen Blockierwahrscheinlichkeiten eingehalten werden.

5 c2 (**isAdditionalHardwareRequired**): Bestimmt für einen Zustandsraum, ob zusätzliche Hardware benötigt wird.

Die verwendeten Funktionen werden nun im einzelnen erläutert:

Die Funktion **isBlockProbOk** prüft, ob für einen Zustandsraum  $X$  mit  $M$  Modem-Paaren und  $C$  Channel-Elementen die vorgegebenen

10 Blockierwahrscheinlichkeiten für alle Dienste und Sektoren eingehalten werden:

```
function isBlockProbOk( $X, M, C, Z, S$ )
  forall  $Z \in Z$ 
    forall  $S \in S$ 
       $B_{Z,S} = \text{BlockProb}(X, M, C, Z, S)$ 
      if  $B_{Z,S} > S.B^*$ 
        return false
      end
    end
  end
  return true
end
```

15 Die Funktion **isAdditionalHardwareRequired** prüft, ob noch zusätzliche Hardware, d.h. Modems oder Channel Elemente, benötigt werden. Zusätzliche Hardware wird benötigt, falls es mindestens einen Sektor gibt, in dem die vorgegebenen Blockierwahrscheinlichkeiten für mindestens einen Dienst noch nicht eingehalten werden gleichzeitig aber auch die Soft-Kapazität dieses

20 Sektors noch nicht vollständig erschöpft ist:

```

function isAdditionalHardwareRequired( $\mathcal{X}, M, C, \mathcal{Z}, S$ )
  forall  $Z \in \mathcal{Z}$ 
    forall  $S \in \mathcal{S}$ 
       $B_{Z,S} = \text{BlockProb}(\mathcal{X}, M, C, Z, S)$ 
      if  $B_{Z,S} > S \cdot B^* \wedge \text{not isSoftBlocked}(\mathcal{X}, M, C, Z, S)$ 
        return true
      end
    end
  end
  return false
end

```

### Reine Modem-Dimensionierung

Die Mindestanzahl  $M_{min}$  von Modems wird bestimmt, indem die

- 5 Systemkapazität zunächst nur durch die Anzahl der Modems bestimmt wird.

Diese Anzahl ist nur dann überdimensioniert, falls die Soft-Kapazität nicht ausreicht, um der Verkehrsanforderung zu genügen. Die reine

Modemdimensionierung wird direkt über die Erlang B-Formel durchgeführt. Im folgenden wird die Funktion **DimPureModem** in Pseudo-Code beschrieben:

10

```

function  $M = \text{DimPureModem}(\mathcal{Z}, \mathcal{S})$ 
  Gesamtverkehrsintensität:  $a = \sum_{Z \in \mathcal{Z}} \sum_{S \in \mathcal{S}} Z \cdot a_S$ 
  Anzahl Modem-Paare:  $M = 0$ 
  Wahrscheinlichkeit des Blockierzustandes:  $P=1$ 
  Normalisierungskonstante:  $N=1$ 
  Blockierwahrscheinlichkeit  $B = 1$ 
  while  $B > \max_{S \in \mathcal{S}}(S \cdot B^*)$ 
     $M = M + 1$ 
     $P = P \cdot \frac{a}{M}$ 
     $N = N + P$ 
     $B = P/N$ 
  end
  \\ Hinweis: Modems werden nur paarweise (Up- und Downlink) betrachtet
end

```

Reine Channel Element-Dimensionierung

Die Mindestanzahl  $C_{min}$  von Channel Elementen wird bestimmt, indem die Systemkapazität zunächst nur durch die Anzahl der Channel Elemente bestimmt wird. Diese Anzahl ist nur dann überdimensioniert, falls die Soft-

5 Kapazität nicht ausreicht, um der Verkehrsanforderung zu genügen. Die reine Channel Element-Dimensionierung wird rekursiv durchgeführt. Im folgenden wird die Funktion **DimPureChannelElement** in Pseudo-Code beschrieben:

```

function  $C = DimPureChannelElement(Z, S)$ 
    Verkehrintensität pro Dienst über alle Sektoren:  $a_S = \sum_{Z \in Z} Z \cdot a_{SZ}$ 
    Anzahl Channel Elemente:  $C = 0$ 
    Zustandswahrscheinlichkeit:  $P[0] = 1$ 
    Blockierwahrscheinlichkeit für Dienst S:  $B_S = 1$ 
    while  $\exists S \in S : B_S > S \cdot B^*$ 
         $C = C + 1$ 
         $P[C] = \sum_{S \in S | S \cdot C \leq C} P[C - S \cdot C] \cdot a_S \frac{S \cdot C}{C}$ 
         $P = \frac{P}{1 + P[C]}$ 
        \\ P ist hier ein Vektor
         $B_S = \sum_{c = \max\{0, C - S \cdot C + 1\}}^C P[c]$ 
    end
end

```

10

Berechnung der Zustandswahrscheinlichkeiten und Soft-Blockierwahrscheinlichkeiten für einen Zustandsraum

In diesem Abschnitt wird der Algorithmus zur Bestimmung der Zustands- und

15 Soft-Blockierwahrscheinlichkeiten unter Berücksichtigung von Soft- und Hard-Kapazität beschrieben. Die Zahl der Hardware-Komponenten ist mit M Modempaaren (Up- und Downlink) und C Channel Elementen festgelegt. Der Algorithmus beruht auf einer rekursiven Berechnung der

Zustandswahrscheinlichkeiten, wobei ein Zustand durch die Anzahl der

20 belegten Modems und Channel Elemente beschrieben wird. Der Algorithmus

beinhaltet den Fall, dass bereits ein kleinerer Zustandsraum berechnet wurde, auf dessen Zustandsbeschreibung rekursiv zurückgegriffen werden kann.

Der Zustandsraum wird mit  $X$  bezeichnet, der Zustand mit  $M$  belegten

5 Modems und  $C$  belegten Channel Elementen als  $X[M, C]$ . Die Notation  $X[M, C]$  bezeichnet den Teilraum mit allen Zuständen, in denen höchstens  $M$  Modems und höchstens  $C$  Channel Elemente belegt sind. Für jeden Zustand  $X$  werden rekursiv die folgenden Größen bestimmt:

- |    |                                  |  |
|----|----------------------------------|--|
| 10 | • $X.P_S$ :                      | Wahrscheinlichkeit, den Zustand durch Übergang mit Dienst $S$ zu erreichen |
|    | • $X.P$ :                        | Zustandswahrscheinlichkeit   |
|    | • $X.E[N_{z,s}]$ :               | Mittlere Anzahl Teilnehmer von Dienst $S$ in Sektor $Z$                    |
|    | • $X.p_{z,s}$ :                  | Wahrscheinlichkeit, dass ein Teilnehmer in                                 |
| 15 |                                  | Sektor $Z$ Dienst $S$ hat  |
|    | • $X.E[\eta_z]$ :                | Mittelwert der Uplink-Last für Sektor $Z$                                  |
|    | • $X.VAR[\eta_z]$ :              | Varianz der Uplink-Last für Sektor $Z$                                     |
|    | • $X.E[\hat{T}_z^k], k = 1, 2$ : | 1. und 2. Moment der Basisstationsleistung zu den                          |
|    |                                  | Teilnehmern in Sektor $Z$  |
| 20 | • $X.E[\psi_z]$ :                | Mittelwert der Downlink-Last in Sektor $Z$                                 |
|    | • $X.\beta_{z,s}$ :              | Soft-Blockierwahrscheinlichkeit in Sektor $Z$ für                          |
|    |                                  | Dienst $S$   |

Im folgenden wird vorausgesetzt, dass für den Teilraum  $X[M_{init}, C_{init}]$  die

25 Zustände  $X$  mit obigen Größen schon bestimmt sind. Die Summe der Zustandswahrscheinlichkeiten des Teilraumes muss offensichtlich 1 ergeben. Für  $M_{init} = C_{init} = 0$ , d.h. wenn kein Teilraum vorgegeben ist, wird der minimale Teilraum  $X[0, 0]$  wie folgt initialisiert:

```

function  $\mathcal{X} = \text{initStateSpace}(\mathcal{Z}, \mathcal{S})$ 
     $X[0, 0].P = 1$ 
     $X[0, 0].E[\eta_Z] = 0$ 
     $X[0, 0].VAR[\eta_Z] = 0$ 
     $X[0, 0].E[\hat{T}_Z] = 0$ 
     $X[0, 0].E[\hat{T}_Z^2] = 0$ 
     $X[0, 0].E[\psi_Z] = 0$ 
    forall  $Z \in \mathcal{Z}$ 
        forall  $S \in \mathcal{S}$ 
             $X[0, 0].E[N_{Z,S}] = 0$ 
             $X[0, 0].p_{Z,S} = 0$ 
        end
    end
    forall  $Z \in \mathcal{Z}$ 
        forall  $S \in \mathcal{S}$ 
             $X[0, 0].\beta_{Z,S} = \text{SoftBlockProb}(X[0, 0], Z, S, \mathcal{S})$ 
        end
    end
end

```

Ausgehend von diesem initialen Zustandsraum mit  $M_{init}$  Modems und  $C_{init}$  Channel Elementen wird der Zustandsraum  $X[M, C]$  nach der Funktion

5 **StateSpace** bestimmt.

```

function ( $\mathcal{X}$ , [NormConst]) = StateSpace( $\mathcal{X}$ ,  $M_{init}$ ,  $C_{init}$ ,  $M$ ,  $C$ ,  $\mathcal{S}$ ,  $\mathcal{Z}$ )
    NormConst = 1
    if  $M_{init} = C_{init} = 0$ 
         $\mathcal{X} = initStateSpace(\mathcal{Z}, \mathcal{S})$ 
    end
    for m= $M_{init} + 1$  to  $M$ 
        for c=0 to  $C_{init}$ 
             $X[m, c] = State(m, c, \mathcal{X}[m-1, c-1], \mathcal{Z}, \mathcal{S})$ 
             $\backslash\backslash \mathcal{X}[m, c] = \emptyset$ , falls  $m < 0$  oder  $c < 0$ 
            NormConst = NormConst +  $X[m, c].P$ 
        end
    end
    for m=0 to  $M$ 
        for c= $C_{init} + 1$  to  $C$ 
             $X[m, c] = State(m, c, \mathcal{X}[m-1, c-1], \mathcal{Z}, \mathcal{S})$ 
             $\backslash\backslash \mathcal{X}[m, c] = \emptyset$ , falls  $m < 0$  oder  $c < 0$ 
            NormConst = NormConst +  $X[m, c].P$ 
        end
    end
     $\mathcal{X}[M, C].P = \frac{\mathcal{X}[M, C].P}{NormConst}$ 
     $\backslash\backslash \mathcal{X}[M, C].P$  bezeichnet die  $M \times C$ -Matrix mit den Zustandswahrscheinlichkeiten
end

```

### Benutzte Funktionen

- 5 Die Funktion **State** bestimmt die Zustandswahrscheinlichkeiten, die Systemgrößen und die Blockierwahrscheinlichkeiten für den Zustand mit  $m$  Modem-Paaren und  $c$  Channel Elementen. Dabei wird vorausgesetzt, dass die Zustände mit weniger Modem-Paaren oder Channel Elementen schon bekannt sind. Der Algorithmus setzt voraus, dass die Zustände den lokalen
- 10 Gleichgewichtsgleichungen (*local balance equations*) genügen, die Zustandswahrscheinlichkeiten also relativ zu den Wahrscheinlichkeiten der schon bestimmten Zustände bestimmt werden können. Bei diesem Algorithmus handelt es sich um eine Approximation, da bei den lokalen

Gleichgewichtsgleichungen aufgrund der lokalen Blockierwahrscheinlichkeiten kleine Abweichungen auftreten.

```

function  $X = State(M, C, \mathcal{X}, \mathcal{Z}, S)$ 
    \ \ Zustandswahrscheinlichkeiten
    forall  $S \in \mathcal{S}$ 
        if  $isReachable(M - 1, C - S.C, S)$ 
             $X[M, C].P_S = X[M - 1, C - S.C].P \cdot \left( \sum_Z (1 - X[M - 1, C - S.C].\beta_{Z,S}) \cdot Z.a_S \right) \frac{S.C}{C}$ 
        else
             $X[M, C].P_S = 0$ 
        end
    end
     $X[M, C].P = \sum_{S \in \mathcal{S}} X[M, C].P_S$ 
    forall  $S \in \mathcal{S}$ 
         $X[M, C].P_S = \frac{X[M, C].P_S}{X[M, C].P}$ 
    end
    forall  $Z \in \mathcal{Z}$ 
        forall  $S \in \mathcal{S}$ 
             $X[M, C].E[N_{Z,S}] = UserNumber(X[M, C], \mathcal{X}, M, C, Z, S, S)$ 
        end
        forall  $S \in \mathcal{S}$ 
            if  $X[M, C].E[N_{Z,S}] > 0$ 
                 $X[M, C].p_{Z,S} = \frac{X[M, C].E[N_{Z,S}]}{\sum_{S' \in \mathcal{S}} X[M, C].E[N_{Z,S'}]}$ 
            else
                 $X[M, C].p_{Z,S} = 0$ 
            end
        end
        end
         $(X[M, C].E[\eta_Z], X[M, C].VAR[\eta_Z]) = UplinkLoad(X[M, C], \mathcal{X}, M, C, Z, S)$ 
         $(X[M, C].E[\hat{T}_Z], X[M, C].E[\hat{T}_Z^2]) = BTS-Tx-Power(X[M, C], \mathcal{X}, M, C, Z, S)$ 
         $X[M, C].E[\psi_Z] = DownlinkLoad(X[M, C], \mathcal{X}, M, C, Z, S)$ 
        forall  $S \in \mathcal{S}$ 
             $X[M, C].\beta_{Z,S} = SoftBlockProb(X[M, C], Z, S, S)$ 
        end
    end
end
end

```

5

Die Funktion ***isReachable*** prüft, ob ein Zustand überhaupt erreichbar ist. Zustände sind nur dann erreichbar, wenn pro Modem-Paar mindestens die



minimale Anzahl Channel-Elemente belegt ist, höchstens aber die maximale Anzahl. Die minimale und maximale Anzahl von Channel Elementen ergeben sich aus dem Dienst mit der kleinsten bzw. größten Channel Element Anforderung.

5

```

function isReachable(M, C, S)
  if M < 0
    return false
  else
    if  $M \cdot \min_{S \in S} \{S.C\} \leq C \leq M \cdot \max_{S \in S} \{S.C\}$ 
      return true
    else
      return false
    end
  end
end
end

```

Die Funktion ***SoftBlockProb*** bestimmt die lokale Blockierwahrscheinlichkeit im Zustand *X* für Dienst *S* im Sektor *Z*. Das ist die Wahrscheinlichkeit, mit der ein Teilnehmer, der sich in Sektor *Z* befindet und mit Dienst *S* kommunizieren will, abgewiesen wird, falls sich das System gerade in Zustand *X* befindet.

10

```

function  $\beta = \text{SoftBlockProb}(X, Z, S, S)$ 
   $\beta = 1 - (1 - \text{SoftBlockProbUp}(X, Z, S))(1 - \text{SoftBlockProbDown}(X, Z, S, S))$ 
end

```

15 Die Funktion ***SoftBlockProbUp*** bestimmt die Wahrscheinlichkeit, mit der ein Teilnehmer mit Dienst *S* in Sektor *Z* blockiert wird, weil die Uplink-Kapazität erschöpft ist.

```

function  $\beta = \text{SoftBlockProbUp}(X, Z, S)$ 
   $E[\eta_{all}] = X.E[\eta_Z] + S.E[\omega] + Z.E[\Gamma]$ 
   $VAR[\eta_{all}] = X.VAR[\eta_Z] + S.VAR[\omega] + Z.VAR[\Gamma]$ 
   $(\mu, \sigma) = \text{Mom2ParLN}(E[\eta_{all}], VAR[\eta_{all}])$ 
   $\beta = 1 - LN_{\mu, \sigma}(Z.\eta_{th})$ 
end

```

Die Funktion **SoftBlockProbDown** bestimmt die Wahrscheinlichkeit, mit der ein Teilnehmer mit Dienst S in Sektor Z blockiert wird, weil die Downlink-

5 Kapazität erschöpft ist.

```

function  $\beta = \text{SoftBlockProbDown}(X, Z, S, S)$ 
   $E[\hat{T}_{all}] = X.E[\hat{T}_Z] + S.E[\gamma] \cdot Z.E[Q_S]$ 
   $E[\hat{T}_{all}^2] = X.E[\hat{T}_Z^2]$ 
   $\quad + 2 \cdot X.E[\psi_Z] \cdot S.E[\gamma] \cdot \sum_{S' \in S} X.p_{Z, S'} \cdot Z.E[Q_{S'} Q_S]$ 
   $\quad + S.E[\gamma^2] \cdot Z.E[Q_S^2]$ 
   $VAR[\hat{T}_{all}] = E[\hat{T}_{all}^2] - E[\hat{T}_{all}]^2$ 
   $(\mu, \sigma) = \text{Mom2ParLN}(E[\hat{T}_{all}], VAR[\hat{T}_{all}])$ 
   $\beta = 1 - LN_{\mu, \sigma}(Z.\hat{T}_{th} - Z.\hat{T}_{const})$ 
end

```

Die Funktion **UserNumber** berechnet rekursiv, wie viele Nutzer von einem

10 Dienst sich im Mittel in einem Zustand im System befinden.

```

function  $E[N] = UserNumber(Y, \mathcal{X}, M, C, Z, S, \mathcal{S})$ 
   $E[N] = 0$ 
  forall  $S' \in \mathcal{S} \setminus S$ 
    if  $M > 0 \wedge C \geq S'.C$ 
      if  $S' \neq S$ 
         $E[N] = E[N] + Y.P_{S'} \cdot X[M - 1, C - S'.C].E[N_{Z,S}]$ 
      else
         $E[N] = E[N] + Y.P_{S'} \cdot (X[M - 1, C - S'.C].E[N_{Z,S}] + 1)$ 
      end
    end
  end
end
end
end

```

Die Funktion **UplinkLoad** bestimmt den Mittelwert und die Varianz der Last, die in Sektor Z im Zustand X anliegt.

5

```

function ( $E[\eta], VAR[\eta]$ ) = UplinkLoad( $Y, \mathcal{X}, M, C, Z, S$ )
   $E[\eta] = 0$ 
   $E[\eta^2] = 0$ 
  forall  $S \in \mathcal{S}$ 
    if  $M > 0 \wedge C \geq S.C$ 
       $E[\eta] = E[\eta] + Y.P_S \cdot (X[M - 1, C - S.C].E[\eta_Z] + S.\nu_{up} \cdot S.E[\omega])$ 

       $E[\eta^2] = E[\eta^2] + Y.P_S \cdot (X[M - 1, C - S.C].E[\eta_Z^2]$ 
         $+ 2 \cdot X[M - 1, C - S.C].E[\eta_Z] \cdot S.\nu_{up} \cdot S.E[\omega]$ 
         $+ S.\nu_{up} \cdot S.E[\omega^2])$ 
    end
  end
   $VAR[\eta] = E[\eta^2] - E[\eta]^2$ 
end

```

Die Funktion **DownlinkLoad** bestimmt den Mittelwert der Last, die in Sektor Z im Zustand X anliegt.

10

```

function  $E[\psi] = \text{DownlinkLoad}(Y, \mathcal{X}, M, C, Z, S)$ 
   $E[\psi] = 0$ 
  forall  $S \in \mathcal{S}$ 
    if  $M > 0 \wedge C \geq S.C$ 
       $E[\psi] = E[\psi] + Y.P_S \cdot (X[M-1, C-S.C].E[\psi_Z] + S.v_{down} \cdot S.E[\gamma])$ 
    end
  end
end

```

Die Funktion **BTS-Tx-Power** bestimmt das erste und zweite Moment der Basisstationsleistung in Sektor Z, falls sich das System im Zustand X befindet.

5

```

function ( $E[\hat{T}], E[\hat{T}^2]$ ) =  $\text{BTS-Tx-Power}(Y, \mathcal{X}, M, C, Z, S)$ 
   $E[\hat{T}] = 0$ 
   $E[\hat{T}^2] = 0$ 
  forall  $S \in \mathcal{S}$ 
    if  $M > 0 \wedge C \geq S.C$ 
       $E[\hat{T}] = E[\hat{T}] + Y.P_S \cdot (X[M-1, C-S.C].E[\hat{T}_Z] + S.v_{down} \cdot S.E[\gamma] \cdot Z.E[Q_S])$ 
       $E[\hat{T}^2] = E[\hat{T}^2] + Y.P_S \cdot (X[M-1, C-S.C].E[\hat{T}_Z^2] + 2 \cdot X[M-1, C-S.C].E[\psi_Z] \cdot S.v_{down} \cdot S.E[\gamma] \cdot \sum_{S' \in \mathcal{S}} X[M, C].p_{Z,S'} \cdot Z.E[Q_{S'}Q_S] + S.v_{down} \cdot S.E[\gamma^2] \cdot Z.E[Q_S^2])$ 
    end
  end
end

```

Bestimmung von Soft/Hard-Blockierwahrscheinlichkeiten für Modems und

10 Channel Elemente

Die Funktion **BlockProb** bestimmt die Blockierwahrscheinlichkeiten für alle Dienste in allen Sektoren für eine vorgegebene Anzahl von M Modem-Paaren und C Channel Elementen. Die Blockierwahrscheinlichkeiten enthalten Soft- und Hard-Blocking.

15

```
function  $B_{Z,S} = \text{BlockProb}(\mathcal{X}, M, C, Z, S)$ 

$$B_{Z,S} = \sum_{m=0}^{M-1} \left( \sum_{c=0}^{C-S,C} X[m,c].P \cdot X[m,c].\beta_{Z,S} + \sum_{c=\max\{0,C-S,C+1\}}^C X[m,c].P \right) + \sum_{c=0}^C X[M,c].P$$

end
```

Die Funktion **HardBlockProb** bestimmt die Hard-Blockierwahrscheinlichkeiten für alle Dienste für eine vorgegebene Anzahl von  $M$  Modem-Paaren und  $C$

5 Channel Elementen.

```
function  $B = \text{HardBlockProb}(\mathcal{X}, M, C, C_{max})$ 

$$B = \sum_{m=0}^{M-1} \left( \sum_{c=\max\{0,C-C_{max}+1\}}^C X[m,c].P \right) + \sum_{c=0}^C X[M,c].P$$

end
```

Die Funktion **isSoftBlocked** prüft, ob es einen erreichbaren Zustand gibt, in dem Hard-Blocking für Dienst  $S$  auftritt, gleichzeitig aber die Soft-Kapazität des Sektors noch ausreicht, um einen Nutzer von Dienst  $S$  mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit anzunehmen.

```
function  $\text{isSoftBlocked}(\mathcal{X}, M, C, Z, S)$ 
  for  $m=0$  to  $M$ 
    if  $X[m, C - S.C + 1].P > 0 \wedge X[m, C].\beta_{Z,S} < \xi_{soft}$ 
      return false
    end
  end
  for  $c=0$  to  $C-S,C$ 
    if  $X[M, c].P > 0 \wedge X[M, c].\beta_{Z,S} < \xi_{soft}$ 
      return false
    end
  end
  return true
end
```

### Dimensionierung der Modems bei gegebenen Channel Elementen

- In diesem Abschnitt wird die Funktion **DimModem** beschrieben. Diese bestimmt die Anzahl der Modems, für die bei einer vorgegebenen Anzahl von Channel Elementen entweder die Ziel-Blockierwahrscheinlichkeiten aller
- 5 Dienste eingehalten werden oder eine weitere Erhöhung der Zahl der Modems zu keiner Reduzierung der Blockierwahrscheinlichkeiten mehr führt. Die Berechnung der Blockierwahrscheinlichkeiten wird jeweils rekursiv, aufbauend auf den schon berechneten Blockierwahrscheinlichkeiten durchgeführt. Die Funktion **DimModem** sieht wie folgt aus, wobei  $X$  der schon berechnete
- 10 Zustandsraum ist:

```

function M = DimModem(X, M, C, S, Z)
  Soft-Blockierwahrscheinlichkeiten:  $B_{Z,S}^{Soft}[M, C] = \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{c=0}^{C-S.C} X[m, c].P \cdot X[m, c].\beta_{Z,S}$ 
  Channel Element Blockierwahrscheinlichkeit:  $B_S^C[M, C] = \sum_{c=\max\{0, C-S.C+1\}}^C \sum_{m=0}^{M-1} X[m, c].P$ 
  Modem Blockierwahrscheinlichkeit:  $B^M[M, C] = \sum_{c=0}^C X[M, c].P$ 
  Gesamtblokkierwahrscheinlichkeit:  $B_{Z,S}[M, C] = B_{Z,S}^{Soft}[M, C] + B_S^C[M, C] + B^M[M, C]$ 
  while  $\exists Z, S : B_{Z,S}[M, C] \geq S.B^* \wedge B^M[M, C] > \xi_{hard}$ 
    M=M+1
    {X[M, C], NormConst} = StateSpace(X[M-1, C], M-1, C, M, C, S, Z)
     $B^M[M, C] = \sum_{c=0}^C X[M, c].P$ 
    forall S ∈ S
       $B_S^C[M, C] = \frac{B_S^C[M-1, C]}{NormConst} + \sum_{c=\max\{C-S, C+1\}}^C X[M-1, c].P$ 
      forall Z ∈ Z
         $B_{Z,S}^{Soft}[M, C] = \frac{B_{Z,S}^{Soft}[M-1, C]}{NormConst} + \sum_{c=0}^{C-S.C} X[M-1, c].P \cdot X[M-1, c].\beta_{Z,S}$ 
         $B_{Z,S}[M, C] = B_{Z,S}^{Soft}[M, C] + B_S^C[M, C] + B^M[M, C]$ 
      end
    end
  end
end
end

```

### Dimensionierung der Channel Elemente bei gegebenen Modems

In diesem Abschnitt wird die Funktion **DimChannelElement** beschrieben.

Diese bestimmt die Anzahl der Channel Elemente, für die bei einer vorgegebenen Anzahl von Modems entweder die Ziel-

- 5 Blockierwahrscheinlichkeiten aller Dienste eingehalten werden oder eine weitere Erhöhung der Zahl der Channel Elemente zu keiner Reduzierung der Blockierwahrscheinlichkeiten mehr führt. Die Berechnung der Blockierwahrscheinlichkeiten wird jeweils rekursiv, aufbauend auf den schon berechneten Blockierwahrscheinlichkeiten durchgeführt. Die
- 10 **Funktion DimChannelElement** sieht wie folgt aus, wobei  $X$  der schon berechnete Zustandsraum ist:

```

function  $C = DimChannelElement(\mathcal{X}, M, C, S, Z)$ 

  Soft-Blockierwahrscheinlichkeiten:  $B_{Z,S}^{Soft}[M, C] = \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{c=0}^{C-S.C} X[m, c].P \cdot X[m, c].\beta_{Z,S}$ 

  Channel Element Blockierwahrscheinlichkeit:  $B_S^C[M, C] = \sum_{c=\max\{0, C-S.C+1\}}^C \sum_{m=0}^M X[m, c].P$ 

  Modem Blockierwahrscheinlichkeit:  $B_S^M[M, C] = \sum_{c=0}^{C-S.C} X[M, c].P$ 

  Gesamtblokkierwahrscheinlichkeit:  $B_{Z,S}[M, C] = B_{Z,S}^{Soft}[M, C] + B_S^C[M, C] + B_S^M[M, C]$ 
  while  $\exists Z, S : B_{Z,S}[M, C] \geq S.B^* \wedge B_S^C[M, C] > \xi_{hard}$ 
     $C=C+1$ 
     $\{\mathcal{X}[M, C], NormConst\} = StateSpace(\mathcal{X}[M, C-1], M, C-1, M, C, S, Z)$ 
    forall  $S \in \mathcal{S}$ 
       $B_S^C[M, C] = \sum_{c=\max\{0, C-S.C+1\}}^C \sum_{m=0}^M X[m, c].P$ 
       $B_S^M[M, C] = \frac{B_S^M[M, C-1]}{NormConst} + X[M, C-S.C].P$ 
      forall  $Z \in \mathcal{Z}$ 
         $B_{Z,S}^{Soft}[M, C] = \frac{B_{Z,S}^{Soft}[M, C-1]}{NormConst} + \sum_{m=0}^{M-1} X[m, C-S.C].P \cdot X[m, C-S.C].\beta_{Z,S}$ 
         $B_{Z,S}[M, C] = B_{Z,S}^{Soft}[M, C] + B_S^C[M, C] + B_S^M[M, C]$ 
      end
    end
  end
end

```

Blockierwahrscheinlichkeiten für alle Teilräume

Die Funktion **BlockProbAll** bestimmt die Blockierwahrscheinlichkeiten für alle Dienste und Sektoren und zwar für alle Teilräume des übergebenen Zustandsraums. Wird also ein Zustandsraum für  $M$  Modempaare und  $C$

- 5 Channel Elemente übergeben, so werden die Blockierwahrscheinlichkeiten für alle Hardware-Konfigurationen  $m, c$  mit  $0 \leq m \leq M$  und  $0 \leq c \leq C$  bestimmt.

```

function {BZ,S} = BlockProbAll(X, M, C, Z, S)
  for m=0 to Mmax
    for c=0 to Cmax
      N[m, c] = N[m-1, c] + N[m, c-1] - N[m-1, c-1] + X[m, c].P
      \\ N[m,c]=0, falls m < 0 oder c < 0
      forall S ∈ S
        BSH[m, c] = ( ∑c'=c-S.C+1c ∑m'=0m-1 X[m', c'].P ) + ∑c'=0c P[m, c']
        forall Z ∈ Z
          BZ,SSoft[m, c] = BZ,SSoft[m-1, c] + BZ,SSoft[m, c-1]
            - BZ,SSoft[m-1, c-1] + X[m, c].P · X[m, c].βZ,S
          \\ BSoft[m, c] = 0, falls m < 0 oder c < 0
          BZ,S[m, c] =  $\frac{B_S^H[m, c] + B_{Z,S}^{Soft}[m-1, c-S.C]}{N[m, c]}$ 
        end
      end
    end
  end
end

```

10

Optimale Hardware-Konfiguration bei gegebener Blockierwahrscheinlichkeiten

Die Funktion **DimModemChannelElement** führt eine erschöpfende Suche nach der optimalen Hardware-Konfiguration durch. Dazu werden zunächst alle Zustände bestimmt, die die Vorgaben für die Blockierwahrscheinlichkeiten der

15 einzelnen Dienste erfüllen. Danach werden für alle diese Hardware-Konfigurationen die Kosten bestimmt und die Konfiguration mit den minimalen Kosten wird ausgewählt.



```

function  $(M, C) = DimModemChannelElement(B_{Z,S}, M, C, Z, S)$ 
  forall  $Z \in \mathcal{Z}$ 
    forall  $S \in \mathcal{S}$ 
      if  $B_{Z,S}[M, C] \leq S.B^*$ 
        \ \ Ziel: vorgegebene Blockierwahrscheinlichkeit
         $S.B_Z = S.B^*$ 
      else
        \ \ Ziel: Soft-Blockierwahrscheinlichkeit
         $S.B_Z = \max\{S.B^*, B_{Z,S}[M_{max}, C_{max}] \cdot S.\theta\}$ 
      end
    end
  end
   $Valid = \{(m, c) | \forall Z \in \mathcal{Z}, S \in \mathcal{S} : B_{Z,S}[m, c] \leq S.B_Z\}$ 
   $(M, C) = \arg \left( \min_{(m,c) \in Valid} \{m \cdot K.M + c \cdot K.C\} \right)$ 
end

```

### Notation und allgemeine Funktionen

In diesem Abschnitt wird die Notation erläutert. Zusätzlich werden allgemein  
 5 gebräuchliche Funktionen, die im Dimensionierungsalgorithmus genutzt  
 werden, aufgeführt.

- $(\mu_X, \sigma_X) = Mom2ParLN(E[X], VAR[X])$

Die Funktion *Mom2ParLN* bestimmt aus Mittelwert und Varianz einer  
 10 lognormal-verteilten Zufallsvariablen deren Parameter.

- $LN_{\mu, \sigma}(X)$

Mit  $LN_{\mu, \sigma}(x)$  wird die Verteilungsfunktion einer lognormal-verteilten  
 Zufallsvariablen mit Parametern  $\mu$  und  $\sigma$  bezeichnet.

15

### Verfahren zur Bestimmung der Eingabeparameter

In diesem Abschnitt werden Verfahren angegeben, wie die Eingabeparameter  
 für das Dimensionierungsverfahren bestimmt werden. Der  
 Dimensionierungsalgorithmus bestimmt die Hardware-Anforderungen für eine

einzelnen betrachteten Basisstation. Im folgenden wird zunächst definiert, wie die Eingabeparameter für ein ganzes UMTS-Netzwerk aussehen könnten und wie daraus die entsprechenden Eingabeparameter abgeleitet werden.

### 5 Definition eines UMTS-Netzwerks

Ein UMTS-Netzwerk wird über die Menge  $B$  der Basisstationen, die Menge  $S$  der angebotenen Dienste und die Menge  $F$  der Flächenelemente definiert. Die Flächenelemente sind Quadrate, die zusammen ein Rechteck bilden, das dann der Fläche entspricht, in der Mobilteilnehmer vom UMTS-Netzwerk  
 10 versorgt werden sollen. Die Basisstationen befinden sich jeweils auf Gitterpunkten. Für jede Basisstation  $B \in B$  werden die folgenden Größen festgelegt:

- $B.\{x, y\}$ : Gitter-Koordinaten
- 15 •  $B.Z$ : Menge der Sektoren

Jeder Sektor  $Z$  wird über die folgenden Größen spezifiziert:

- $Z.\phi$ : Winkel der Antenne (X-Achsenrichtung entspricht 0 Grad)
- $Z.N_0$ : thermisches Rauschen in dBm/Hz (-174)
- 20 •  $Z.\eta_B$ : Blockierschwelle für die Uplink-Last
- $Z.\eta_{th}$ : Blockierschwelle für den Uplink (Lastfaktor)
- $Z.\hat{T}_{th}$ : Blockierschwelle für den Downlink (Basisstationsleistung)
- $Z.E[\hat{I}_{other}]$ : Mittelwert der Fremdinterferenz [mW/Hz]
- $Z.VAR[\hat{I}_{other}]$ : Varianz der Fremdinterferenz [mW/Hz]
- 25 •  $Z.\hat{T}_{const}$ : konstante Basisstationsleistung [mW]

Weiterhin wird noch die Menge  $Z^*$  aller Sektoren im Netz definiert:

$$Z^* = \bigcup_{B \in B} B.Z$$

Ein Dienst  $S \in S$  wird über die folgenden Parameter festgelegt:

- $S.R$ : Bit-Rate
- $S.E [\varepsilon^{up}]$ : Mittelwert der  $E_b/N_0$ -Werte auf dem Uplink, entspricht dem Ziel- $E_b/N_0$ -Wert
- 5 •  $S.VAR [\varepsilon^{up}]$ : Varianz der  $E_b/N_0$ -Werte auf dem Uplink, ist bei Annahme von perfekter Sendeleistungsregelung Null
- $S.E [\varepsilon^{down}]$ : Mittelwert der  $E_b/N_0$ -Werte auf dem Downlink, entspricht dem Ziel- $E_b/N_0$ -Wert
- 10 •  $S.VAR [\varepsilon^{down}]$ : Varianz der  $E_b/N_0$ -Werte auf dem Downlink, ist bei Annahme von perfekter Sendeleistungsregelung Null
- $S.v_{up}$ : Uplink Aktivitätsfaktor (mittlere Aktivität)
- $S.v_{down}$ : Downlink Aktivitätsfaktor (mittlere Aktivität)
- $S.C$ : benötigte CEs (Up- und Downlink zusammen)
- $S.M = 2$ : benötigte Modems (Up- und Downlink zusammen)
- 15 •  $S.B^*$ : vorgegebene Blockierwahrscheinlichkeit
- $S.\theta$ : maximaler relativer Abstand zur reinen "Soft"-Blockierwahrscheinlichkeit

Ein Flächenelement  $F \in F$  wird über die folgenden Parameter spezifiziert:

- $F.(x, y)$ : Koordinaten des Mittelpunktes
- 20 •  $F.a_S$ : Teilnehmerdichte für Dienst  $S$
- $F.N_0$ : thermisches Rauschen in dBm/Hz (-174)

Zusätzlich wird das Ausbreitungsmodell über die Funktion ***attenuation(F,Z)*** bzw. ***attenuation(Z, F)*** bestimmt, die die Dämpfung von einer Mobilstation in  
25 Flächenelement  $F$  zu Sektor  $Z$  bzw. umgekehrt angibt. Sendet also eine Mobilstation in Flächenelement  $F$  mit  $S$  mW, so wird sie in Sektor  $Z$  mit

$$S^R = S \text{ ***attenuation(F,Z)***}$$

empfangen. Die Funktion ***attenuation<sub>dB</sub>*** liefert die entsprechenden Werte im  
30 Dezibel-Bereich. Während die Funktion ***attenuation*** nur den Pfadverlust umfasst, kann noch zusätzlich Shadow-Fading berücksichtigt werden. Dieses

wird im Dezibel-Bereich durch eine Normal-Verteilung mit Mittelwert 0dB und eine Standardabweichung von  $\sigma_{SF}$  modelliert. Die Zufallsvariable für das Shadow-Fading von Sektor Z zu Flächenelement F wird mit  $\Theta_{Z,F}$  bezeichnet.

5

Weiterhin wird mit W die Systembandbreite bezeichnet und mit  $\alpha$  der Orthogonalitätsfaktor. Typische Werte für  $\alpha$  liegen im Bereich [0; 0,4], wobei  $\alpha = 0$  perfekte Orthogonalität bedeutet.

#### Verkehrsintensität pro Dienst und Sektor

10 Die Last eines Sektors Z wird bestimmt, indem über die zugehörige Fläche integriert wird. Im einfachsten Fall bei deterministischer Dämpfung wird jedes Flächenelement F dem Sektor zugeordnet, zu dem es die geringste Dämpfung hat. Für die Menge der Flächenelemente Z.F die dem Sektor Z zugeordnet sind, gilt also:

15

$$Z.F = \left\{ F \in \mathcal{F} \mid Z = \arg \left( \min_{Y \in \mathcal{Z}^*} \{ \text{attenuation}(Y, F) \} \right) \right\}$$

Die Teilnehmerdichte für den Dienst S in Sektor Z ergibt sich dann als:

20

$$Z.a_s = \sum_{F \in Z.F} F.a_s$$

25

Bei dieser Zuordnung der Flächenelemente zu den Basisstationen wird davon ausgegangen, dass die Dämpfung eine deterministische Funktion ist. Wird zusätzlich "Shadow-Fading" beachtet, so wird jedes Flächenelement nur mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit einer Basisstation zugeordnet:

$$Z.F = \left\{ F \in \mathcal{F} \mid \text{attenuation}_{dB}(Z, F) \geq \max_{Y \in \mathcal{Z}^*} \{ \text{attenuation}_{dB}(Y, F) \} - PL \right\}$$

Umgekehrt wird auch mit  $F.Z$  die Menge aller Sektoren definiert, zu denen eine Mobilstation in Flächenelement  $F$  verbunden sein kann:

$$F.Z = \{Z \in Z^* | F \in Z.F\}$$

- 5  $PL$  ist eine Konstante, die angibt, wie groß der Bereich ist, indem eine Mobilstation einer geographisch weiter entfernten Basisstation noch zugeordnet werden kann und sollte abhängig von der Standardabweichung des Shadow Fadings gewählt werden. Die Wahrscheinlichkeit, dass eine Mobilstation im Flächenelement  $F \in Z.F$  dem Sektor  $Z$  zugeordnet wird, ist:

10

$$F.P_Z = P\left\{attenuation_{dB}(Z, F) + \Theta_{Z,F} \geq \max_{Y \neq Z \in F.Z} \{attenuation_{dB}(Y, F) + \Theta_{Y,F}\}\right\}$$

Die Verkehrsintensität für Dienst  $S$  in Sektor  $Z$  ergibt sich dann als:

$$Z.a_S = \sum_{F \in Z.F} F.P_Z \cdot F.a_S$$

### 15 Momente der Dienstlastfaktoren

Der Algorithmus zur Hardware-Dimensionierung definiert die Soft-Ressourcen-Anforderung über die Momente der Uplink- bzw. Downlink-Dienstlastfaktoren. Der Uplink-Dienstlastfaktor  $S.\omega$  für einen Dienst  $S$  ist definiert als:

20

$$S.\omega = \frac{S.R \cdot S.\hat{\varepsilon}^{up}}{W + S.R \cdot S.\hat{\varepsilon}^{up}}$$

wobei  $S.\hat{\varepsilon}^{up}$  eine normal-verteilte Zufallsvariable für die auf dem Uplink empfangenen  $E_b/N_0$ -Werte im Dezibel-Bereich ist, die durch den Mittelwert  $S.E[\varepsilon^{up}]$  und die Varianz  $S.VAR[\varepsilon^{up}]$  definiert ist. Die Zufallsvariable  $S.\hat{\varepsilon}^{up}$

- 25 entspricht der Zufallsvariablen  $S.\varepsilon^{up}$  im linearen Bereich. Das  $k$ -te Moment wird durch die numerische Berechnung des folgenden Integrals bestimmt:

$$E[S \cdot \omega^k] = \int_{-\infty}^{\infty} a_{\varepsilon^{up}}(\varepsilon) \left( \frac{dB2Lin(\varepsilon) \cdot S \cdot R}{W + dB2Lin(\varepsilon) \cdot S \cdot R} \right)^k d\varepsilon$$

Hier ist  $a_{\varepsilon^{up}}(\varepsilon)$  die Verteilungsdichtefunktion der Zufallsvariablen  $\varepsilon^{up}$ , die  $N(S.E[\varepsilon^{up}], S.STD[\varepsilon^{up}])$ -verteilt ist. Mit  $N(\mu, \sigma)$  wird eine normal-verteilte  
 5 Zufallsvariable mit Mittelwert  $\mu$  und Standardabweichung  $\sigma$  bezeichnet.

Für den Downlink gilt analog, dass der Dienstlastfaktor  $S \cdot \gamma$  für den Dienst  $S$  als

$$S \cdot \gamma = \frac{S \cdot R \cdot S \cdot \varepsilon^{down}}{W + \alpha \cdot S \cdot R \cdot S \cdot \varepsilon^{down}}$$

10

definiert ist. Der Orthogonalitätsfaktor wird mit  $\alpha$  bezeichnet und  $S \cdot \varepsilon^{down}$  ist eine normal-verteilte Zufallsvariable für die auf dem Downlink empfangenen  $E_b/N_0$ -Werte im Dezibel-Bereich. Das  $k$ -te Moment wird durch die numerische Berechnung des folgenden Integrals bestimmt:

15

$$E[S \cdot \gamma^k] = \int_{-\infty}^{\infty} a_{\varepsilon^{down}}(\varepsilon) \left( \frac{dB2Lin(\varepsilon) \cdot S \cdot R}{W + \alpha \cdot dB2Lin(\varepsilon) \cdot S \cdot R} \right)^k d\varepsilon$$

Hier ist  $a_{\varepsilon^{down}}(\varepsilon)$  die Verteilungsdichtefunktion der Zufallsvariablen  $\varepsilon^{down}$ , die  $N(S.E[\varepsilon^{down}], S.STD[\varepsilon^{down}])$  verteilt ist.

## 20 Momente der Fremdzelllast

Im einfachsten Fall wird davon ausgegangen, dass die Interferenz von Mobilstationen, die zu anderen Basisstationen oder zu einem anderen Sektor der gleichen Basisstation gehören, unabhängig von der Uplink-Last der betrachteten Basisstation ist. Mittelwert und Varianz der Fremdinterferenz  
 25 sind in diesem Fall für jeden Sektor  $Z$  gegeben. Die Eingabeparameter für den

Dimensionierungsalgorithmus, also Mittelwert und Varianz des Fremdzelllast für jeden Sektor ergeben sich als:

$$Z.E[\Gamma] = (1 - Z.\eta_{th}) \frac{Z.E[\hat{I}_{other}]}{Z.\hat{N}_0}$$

$$Z.VAR[\Gamma] = (1 - Z.\eta_{th})^2 \frac{Z.VAR[\hat{I}_{other}]}{(Z.\hat{N}_0)^2}$$

5

### Momente des Positionslastfaktors

Der Positionslastfaktor ist im Gegensatz zum Dienstlastfaktor nicht vom Dienst eines Nutzers abhängig sondern von seiner Position. Der Positionslastfaktor  $F.Q$  eines Flächenelements  $F$  entspricht einem dienstunabhängigen Leistungsanteil, den eine Basisstation, die im Sektor  $Z$  mit  $F \in$  10  $Z.F$  mit Grenzleistung  $Z.\hat{T}_{th}$  überträgt, für dieses Flächenelement aufbringen muss. Der Positionslastfaktor ist also die Interferenz, die ein Teilnehmer im betrachteten Flächenelement sieht, umgerechnet auf die Basisstationsleistung, die benötigt wird, um ein dienst-bereinigtes Ziel- $E_b/N_0$ , 15 d.h.  $E_b/N_0$  dividiert durch Processing Gain, zu erzielen. Der Positionslastfaktor  $F.Q$  ist definiert als:

$$F.Q = W \cdot F.\hat{N}_0 \cdot F.\delta_Z + \sum_{Y \in Z \setminus \{Z\}} Y.\hat{T} \cdot F.\Delta_{Z,Y}$$

Dabei sind  $F.\delta_Z$  und  $F.\Delta_{Z,Y}$  Schreibweisen für:

$$F.\delta_Z = \frac{1}{attenuation(Z, F)}$$

$$F.\Delta_{Z,Y} = \frac{attenuation(Y, F)}{attenuation(Z, F)}$$

20

Weiterhin ist  $Z.\hat{T}$  die Sendeleistung von Sektor  $Z$ , die als lognormal-verteilt angenommen wird und deren erstes und zweites Moment gegeben sind. Das

erste und zweite Moment des Positionslastfaktors für das Flächenelement  $F$  ergeben sich als:

$$E[F \cdot Q] = W \cdot F \cdot \hat{N}_0 \cdot E[F \cdot \delta_Z] + \sum_{Y \in \mathcal{Z}^* \setminus Z} E[Y \hat{T}] \cdot E[F \cdot \Delta_{Z,Y}]$$

$$\begin{aligned} E[F \cdot Q^2] &= (W \cdot F \cdot \hat{N}_0)^2 \cdot E[F \cdot \delta_Z^2] \\ &+ \sum_{Y \in \mathcal{Z}^* \setminus Z} W \cdot F \cdot \hat{N}_0 \cdot E[Y \hat{T}] \cdot E[F \cdot \delta_Z \cdot F \cdot \Delta_{Z,Y}] \\ &+ \sum_{\substack{Y_1, Y_2 \in \mathcal{Z}^* \setminus Z \\ Y_1 \neq Y_2}} E[Y_1 \hat{T}] E[Y_2 \hat{T}] E[F \cdot \Delta_{Z,Y_1} \cdot F \cdot \Delta_{Z,Y_2}] \\ &+ \sum_{Y \in \mathcal{Z}^* \setminus Z} E[Y \hat{T}^2] E[F \cdot \Delta_{Z,Y}^2] \end{aligned}$$

5

Die Erwartungswerte von  $E[F \cdot \delta_Z]$  und  $E[F \Delta_{Z,Y}]$  sind immer unter der Bedingung zu sehen, dass die Dämpfung von Sektor  $Z$  zu Flächenelement  $F$  maximal ist, d.h. die korrekte Schreibweise wäre:

$$E[F \cdot \delta_Z | \text{attenuation}(Z, F) = \max_{Y \in \mathcal{Z}^*} \{ \text{attenuation}(Y, F) \}]$$

10

$$E[F \cdot \Delta_{Z,X} | \text{attenuation}(Z, F) = \max_{Y \in \mathcal{Z}^*} \{ \text{attenuation}(Y, F) \}]$$

Die Momente des Positionslastfaktors für einen Sektor werden über die Positionslastfaktoren der einzelnen Flächenelemente bestimmt.

$$\begin{aligned} E[Z \cdot Q_S] &= \frac{1}{Z \cdot a_S} \sum_{F \in Z, F} F \cdot P_Z \cdot F \cdot a_S \cdot E[F \cdot Q] \\ &= \sum_{F \in Z, F} F \cdot P_Z \cdot \frac{F \cdot a_S}{Z \cdot a_S} \cdot \left( W \cdot F \cdot \hat{N}_0 \cdot E[F \cdot \delta_Z] + \sum_{Y \in \mathcal{Z}^* \setminus Z} E[Y \hat{T}] \cdot E[F \cdot \Delta_{Z,Y}] \right) \\ &= W \cdot \sum_{F \in Z, F} F \cdot P_Z \cdot \frac{F \cdot a_S}{Z \cdot a_S} \cdot F \cdot \hat{N}_0 \cdot E[F \cdot \delta_Z] + \sum_{Y \in \mathcal{Z}^* \setminus Z} E[Y \hat{T}] \sum_{F \in Z, F} F \cdot P_Z \cdot \frac{F \cdot a_S}{Z \cdot a_S} \cdot E[F \cdot \Delta_{Z,Y}] \\ &= W \cdot \hat{N}_0 \cdot S \cdot E[\delta_Z] + \sum_{Y \in \mathcal{Z}^* \setminus Z} E[Y \hat{T}] \cdot S \cdot E[\Delta_{Z,Y}] \end{aligned}$$



Hier wird angenommen, dass das thermische Rauschen für alle Flächenelemente identisch ist, d.h.  $\forall F \in \mathcal{F}: \hat{N}_0 = F \cdot N_0$

$$\begin{aligned}
E[Z \cdot Q_S^2] &= \frac{1}{Z \cdot a_S} \sum_{F \in \mathcal{Z}, \mathcal{F}} F \cdot P_Z \cdot F \cdot a_S \cdot E[F \cdot Q^2] \\
&= (W \cdot \hat{N}_0)^2 \cdot S.E[\delta_Z^2] \\
&\quad + 2 \cdot W \cdot \hat{N}_0 \cdot \sum_{Y \in \mathcal{Z}^* \setminus Z} E[Y \cdot \hat{T}] \cdot S.E[\Delta_{Z,Y}] \\
&\quad + \sum_{\substack{Y_1, Y_2 \in \mathcal{Z}^* \setminus Z \\ Y_1 \neq Y_2}} E[Y_1 \cdot \hat{T}] E[Y_2 \cdot \hat{T}] S.E[\Delta_{Z,Y_1} \cdot \Delta_{Z,Y_2}] \\
&\quad + \sum_{Y \in \mathcal{Z}^* \setminus Z} E[Y \cdot \hat{T}^2] S.E[\Delta_{Z,Y}^2]
\end{aligned}$$

- 5 Zusätzlich wird noch das Produkt der Positionslastfaktoren zweier Nutzer mit Dienst  $S_1$  und  $S_2$  benötigt. Es wird angenommen, dass sich die beiden Teilnehmer nicht auf dem gleichen Flächenelement befinden.

$$\begin{aligned}
E[Z \cdot Q_{S_1} Q_{S_2}] &= \frac{1}{Z \cdot a_S^2} \sum_{F_1 \in \mathcal{Z}, \mathcal{F}} \sum_{F_2 \in \mathcal{Z}, \mathcal{F}} F_1 \cdot P_Z \cdot F_1 \cdot a_S \cdot E[F_1 \cdot Q] F_2 \cdot P_Z \cdot F_2 \cdot a_S \cdot E[F_2 \cdot Q] \\
&= (W \cdot \hat{N}_0)^2 \cdot S_1.E[\delta_Z] \cdot S_2.E[\delta_Z] \\
&\quad + W \cdot \hat{N}_0 \cdot \sum_{Y \in \mathcal{Z}^* \setminus Z} E[Y \cdot \hat{T}] \cdot (S_1.E[\Delta_{Z,Y}] + S_2.E[\Delta_{Z,Y}]) \\
&\quad + \sum_{\substack{Y_1, Y_2 \in \mathcal{Z}^* \setminus Z \\ Y_1 \neq Y_2}} E[Y_1 \cdot \hat{T}] E[Y_2 \cdot \hat{T}] (S_1.E[\Delta_{Z,Y_1}] \cdot S_2.E[\Delta_{Z,Y_2}] + S_2.E[\Delta_{Z,Y_1}] \cdot S_1.E[\Delta_{Z,Y_2}]) \\
&\quad + \sum_{Y \in \mathcal{Z}^* \setminus Z} E[Y \cdot \hat{T}^2] \cdot S_1.E[\Delta_{Z,Y}] \cdot S_2.E[\Delta_{Z,Y}]
\end{aligned}$$

## 10 Soft Handover

Um Soft Handover Verbindungen mit einzubeziehen, werden zusätzliche Dienste definiert, deren Dienstlastfaktoren 0 sind, die also nicht zur Soft-Kapazität beitragen, denen aber dennoch Hardware-Anforderungen zugewiesen werden.

- 15 Zu jedem Dienst  $S \in \mathcal{S}$  wird also ein weiterer Dienst  $S_{soft}$  definiert mit:

- $S_{soft} \cdot C = S \cdot C$
- $S_{soft} \cdot M = S \cdot M$
- $S_{soft} \cdot E[\omega] = 0$

$$\bullet S_{soft} \cdot E[\gamma] = 0$$

Zur Bestimmung der Verkehrsintensität eines Soft-Dienstes werden zunächst die Flächenelemente bestimmt, die für Soft Handover in Frage kommen. Ohne Beachtung von Lognormal Shadowing sind dies:

$$Z.F_{soft} = \left\{ F \in \mathcal{F} \mid \begin{array}{l} \max_{Y \in \mathcal{Z}^*} \{ attenuation_{dB}(Y, F) \} \\ > attenuation_{dB}(Z, F) \\ \geq \max_{Y \in \mathcal{Z}^*} \{ attenuation_{dB}(Y, F) - RepRange \} \end{array} \right\},$$

5

wobei **RepRange** für die Reporting Range des Systems steht.

Die Verkehrsintensität für den Soft-Dienst ergibt sich dann durch  
10 Aufsummieren der Verkehrsintensitäten dieser Flächenelemente:

$$Z.a_{S_{soft}} = \sum_{F \in Z.F_{soft}} F.a_S$$

Wird Lognormal-Shadowing mit einbezogen, so vergrößert sich die Anzahl der in Frage kommenden Flächenelemente. Diese sind dann allerdings nur noch mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit im Soft Handover Bereich:

15

$$Z.F_{soft} = \left\{ F \in \mathcal{F} \mid \begin{array}{l} \max_{Y \in \mathcal{Z}^*} \{ attenuation_{dB}(Y, F) + PL \} \\ > attenuation_{dB}(Z, F) \\ \geq \max_{Y \in \mathcal{Z}^*} \{ attenuation_{dB}(Y, F) - RepRange - PL \} \end{array} \right\}$$

Die Wahrscheinlichkeit, dass ein Flächenelement  $F$  im Soft Handover Bereich von  $Z$  ist, ergibt sich aus:

20

$$F.P_Z^{soft} = P \left\{ \begin{array}{l} \max_{Y \neq Z \in \mathcal{F}, \mathcal{Z}} \{ attenuation_{dB}(Y, F) + \Theta_{Y,F} \} \\ > attenuation_{dB}(Z, F) + \Theta_{Z,F} \\ \geq \max_{Y \neq Z \in \mathcal{F}, \mathcal{Z}} \{ attenuation_{dB}(Y, F) + \Theta_{Y,F} - RepRange \} \end{array} \right\}$$

Die Verkehrsintensität für den Soft-Dienst ergibt sich dann durch Aufsummieren der Verkehrsintensitäten dieser Flächenelemente:

$$Z.a_{S_{soft}} = \sum_{F \in Z.F_{soft}} F.P_Z^{soft} \cdot F.a_S$$

### Patentansprüche

1. Verfahren zur Dimensionierung von Hardware-Komponenten an einer  
5 Basisstation eines CDMA-Mobilkommunikationsnetzes, wobei die  
Hardwarekomponenten Modems und Channel Elemente umfassen,  
**dadurch gekennzeichnet**,  
dass die für jede Basisstation eine minimale Anzahl von Hardware-  
Komponenten bestimmt wird, für die die vorgegebenen  
10 Blockierwahrscheinlichkeiten eingehalten werden, wobei bei beschränkter  
„Soft“-Kapazität die Hardware-Komponenten so dimensioniert werden,  
dass die „Soft“-Blockierwahrscheinlichkeit, d.h. bei uneingeschränkten  
Hardware-Ressourcen, höchstens um einen vorgegebenen Faktor erhöht  
wird.
- 15
2. Verfahren nach Anspruch 1, **gekennzeichnet durch** die Schritte:
- Dimensionieren der Modems und Channel-Elemente getrennt  
voneinander,  
wobei von einer festen unteren Schranke für die Anzahl der benötigten  
20 Modems  $M_{min}$  und Channel Elemente  $C_{min}$  ausgegangen wird,
  - Berechnen der Blockierwahrscheinlichkeiten für diese initiale  
Konfiguration von  $C_{min}$  und  $M_{min}$ , wobei Modems und Channel  
Elemente gemeinsam betrachtet werden und Soft Blocking auf dem Up-  
und Downlink mit einbezogen wird,
  - 25 - dass im Falle eine vorgegebene Blockierwahrscheinlichkeiten für alle  
Sektoren der Basisstation erfüllt ist, das Dimensionierungsverfahren  
abgeschlossen ist, oder
  - dass andernfalls unterschieden werden muss, ob die Soft Kapazität  
bereits für alle Sektoren erreicht ist,
  - 30 -- wobei im positiven Fall die Hardware-Komponenten soweit reduziert  
werden, dass die Blockierwahrscheinlichkeiten höchstens um  
einen Wert  $\theta$  über den reinen Soft Blockierwahrscheinlichkeiten

liegen, und

-- dass andernfalls die Zahl der Hardware-Komponenten weiter erhöht wird, wobei die Zahl der Modems bei konstanten  $C_{min}$  Channel Elementen so weit erhöht wird, bis keine Blockierung durch Modems mehr auftritt, und ebenso die Zahl der Channel Elemente bei  $M_{min}$  Modems erhöht wird, wobei die Erhöhung der Modems und Channel Elemente solange durchgeführt wird, bis entweder die vorgegebenen Blockierwahrscheinlichkeiten erreicht sind oder aber durch zusätzliche Hardware keine Reduzierung der Blockierwahrscheinlichkeiten mehr erreicht wird, da die Soft-Kapazität in den entsprechenden Sektoren erreicht ist, wobei die daraus resultierenden  $C_{max}$  und  $M_{max}$  die Obergrenze für die benötigten Modems darstellen.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Blockierwahrscheinlichkeiten für alle Konfigurationen mit weniger als  $M_{max}$ , und  $C_{max}$  bestimmt werden, und unter allen Konfigurationen, die die vorgegebenen Blockierwahrscheinlichkeiten einhalten, diejenige mit den geringsten Kosten ausgewählt wird.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Anzahl der Hardware-Komponenten erhöht wird, falls es mindestens einen Sektor gibt, in dem die vorgegebenen Blockierwahrscheinlichkeiten für mindestens einen Dienst noch nicht eingehalten werden gleichzeitig aber auch die Soft-Kapazität dieses Sektors noch nicht vollständig erschöpft ist.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Mindestanzahl  $M_{min}$  von Modems dadurch bestimmt wird, indem die Systemkapazität zunächst nur durch die Anzahl der Modems bestimmt wird.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass Die Mindestanzahl  $C_{min}$  von Channel Elementen dadurch bestimmt wird, indem die Systemkapazität zunächst nur durch die Anzahl der Channel Elemente bestimmt wird.

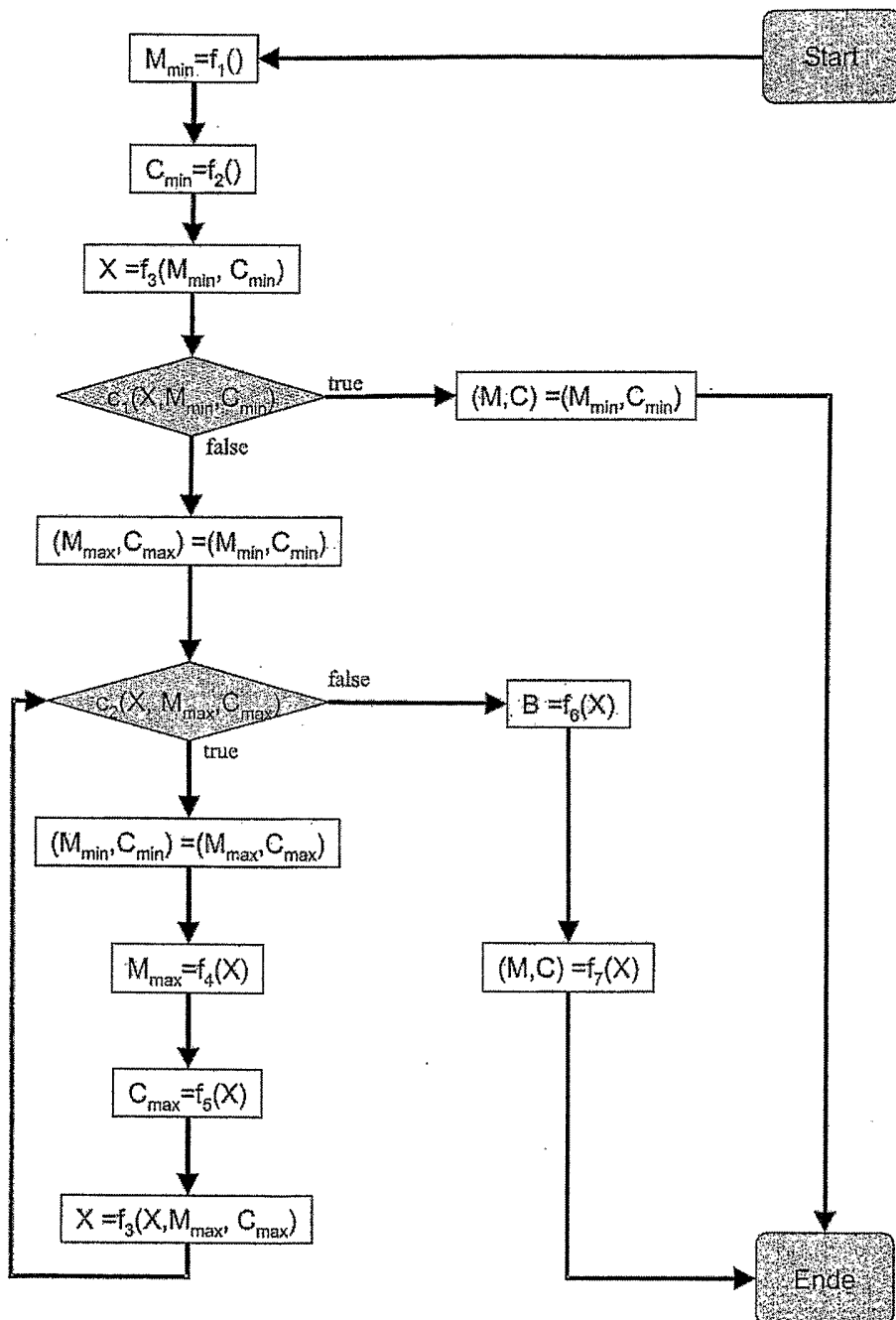


Fig. 1

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International Application No  
**PCT/EP2005/008939**

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> H04Q7/30                      H04L12/56		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H04Q    H04L		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)  EPO-Internal, WPI Data		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2004/068556 A1 (RADPOUR ASSAD) 8 April 2004 (2004-04-08) paragraph '0002! paragraph '0036! - paragraph '0046! -----	1-6
A	HOLMA H ET AL: "Uplink admission control and soft capacity with MUD in CDMA" VEHICULAR TECHNOLOGY CONFERENCE, 1999. VTC 1999 - FALL. IEEE VTS 50TH AMSTERDAM, NETHERLANDS 19-22 SEPT. 1999, PISCATAWAY, NJ, USA, IEEE, US, vol. 1, 19 September 1999 (1999-09-19), pages 431-435, XP010352848 ISBN: 0-7803-5435-4 page 434, column 1, line 1 - page 435, column 2, line 14 ----- -/--	1-6
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.		
° Special categories of cited documents :		
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. "&" document member of the same patent family	
Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report	
18 November 2005	25/11/2005	
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer  Harrysson, A	



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP2005/008939

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>SALKOLA M I: "CDMA capacity - can you supersize that?" WIRELESS COMMUNICATIONS AND NETWORKING CONFERENCE, 2002. WCNC2002. 2002 IEEE, PISCATAWAY, NJ, USA, IEEE, vol. 2, 17 March 2002 (2002-03-17), pages 768-773, XP010585692 ISBN: 0-7803-7376-6 page 769, column 1, line 18 - line 37 page 770, column 1, line 6 - line 20 -----</p>	1-6

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2005/008939

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2004068556	A1	NONE	08-04-2004

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2005/008939

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
H04Q7/30 H04L12/56

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
H04Q H04L

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2004/068556 A1 (RADPOUR ASSAD) 8. April 2004 (2004-04-08) Absatz '0002! Absatz '0036! - Absatz '0046! -----	1-6
A	HOLMA H ET AL: "Uplink admission control and soft capacity with MUD in CDMA" VEHICULAR TECHNOLOGY CONFERENCE, 1999. VTC 1999 - FALL. IEEE VTS 50TH AMSTERDAM, NETHERLANDS 19-22 SEPT. 1999, PISCATAWAY, NJ, USA, IEEE, US, Bd. 1, 19. September 1999 (1999-09-19), Seiten 431-435, XP010352848 ISBN: 0-7803-5435-4 Seite 434, Spalte 1, Zeile 1 - Seite 435, Spalte 2, Zeile 14 ----- -/--	1-6

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

18. November 2005

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

25/11/2005

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Harrysson, A

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP2005/008939

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	<p>SALKOLA M I: "CDMA capacity - can you supersize that?" WIRELESS COMMUNICATIONS AND NETWORKING CONFERENCE, 2002. WCNC2002. 2002 IEEE, PISCATAWAY, NJ, USA, IEEE, Bd. 2, 17. März 2002 (2002-03-17), Seiten 768-773, XP010585692 ISBN: 0-7803-7376-6 Seite 769, Spalte 1, Zeile 18 - Zeile 37 Seite 770, Spalte 1, Zeile 6 - Zeile 20 -----</p>	1-6

# INTERNATIONALE RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2005/008939

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2004068556	A1	KEINE	