

Mobilfunknetze

2G bis 3G

Dieser Vortrag stellt die Mobilfunknetze von der 2ten bis zum Vorläufer der 4ten Generation vor

GSM – UMTS – Flash-OFDM

mu21.de

Letzter Vortrag:

Firmenvorstellung und Marktdaten zum Mobilfunk in Deutschland

Groben Überblick über GSM

#####

Bitte entschuldigen Sie an dieser Stelle das „nicht stimmige Layout“ der Präsentation:

Diesen Vortrag hielt ich erstmals im Rahmen einer Firmenpräsentation. Folglich wurde auch das Layout dieser Firma verwendet.

Das Copyright für den Inhalt liegt bei mir. Die Rechte am ursprünglichen Layout allerdings nicht!

Somit musste ich (unübersehbare) Änderungen in Form und Schrift vornehmen!

#####

Inhalt

1. 2G: GSM

2. 3G: UMTS

3. B3G: Flash-OFDM – ein Ausblick

Freitag, 09.06.2006
Mobilfunknetze, Michael Uhl

2

GSM:

Zellulares Konzept
Clusterbildung
Handover

UMTS:

Vielfachzugriff
Signalspreizung
Übertragungsprinzip und Processing Gain
Netzarchitektur

B3G:

Flash-OFDM

2G: GSM.

Global System for Mobile Communication

mu21.de

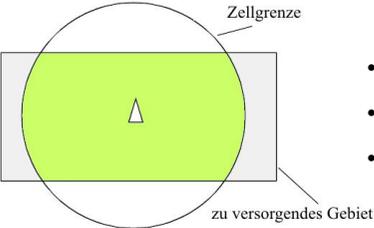
Die beste Netzabdeckung kann durch Satelliten erreicht werden. Nur kann das Endgerät mit seiner geringen Sendeleistung die Basisstation (den Satelliten) nicht erreichen.

Abhilfe: Terrestrische Basisstationen.

Problem: Netzabdeckung!

Guter Kompromiss: Zellulares Konzept.

2G: GSM. Zellulares Konzept.



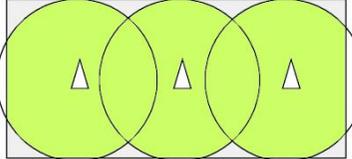
- 1 Frequenz
- Schlechte Abdeckung
- Hohe Ausstrahlung

Freitag, 09.06.2006
Mobilfunknetze, Michael Uhl

4

Nur 1 Frequenz wird benötigt → Keine Störungen, jedoch schlechte Abdeckung des zu versorgenden Gebiets und eine hohe Ausstrahlung in Gebiete, die nicht versorgt werden sollen.

2G: GSM. Zellulares Konzept.

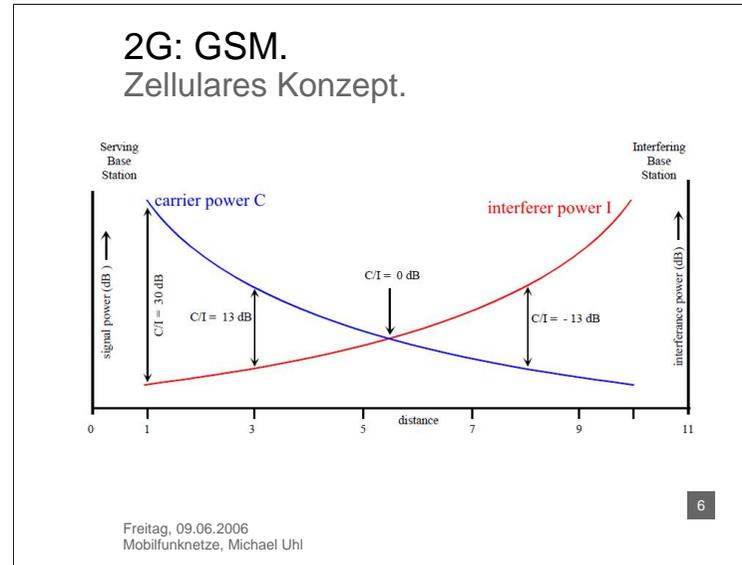


The diagram shows three overlapping circles representing radio cells, each containing a small triangle representing a base station. The circles are arranged in a horizontal row and overlap significantly. A grey rectangular box encloses the three cells. Labels include 'Zellgrenze' pointing to the boundary between two cells, 'zu versorgendes Gebiet' pointing to the area covered by the three cells, and a small box with the number '5'.

- 3 Frequenzen
- Gute Abdeckung
- Geringe Ausstrahlung
- Problem: Störung zwischen den Zellen

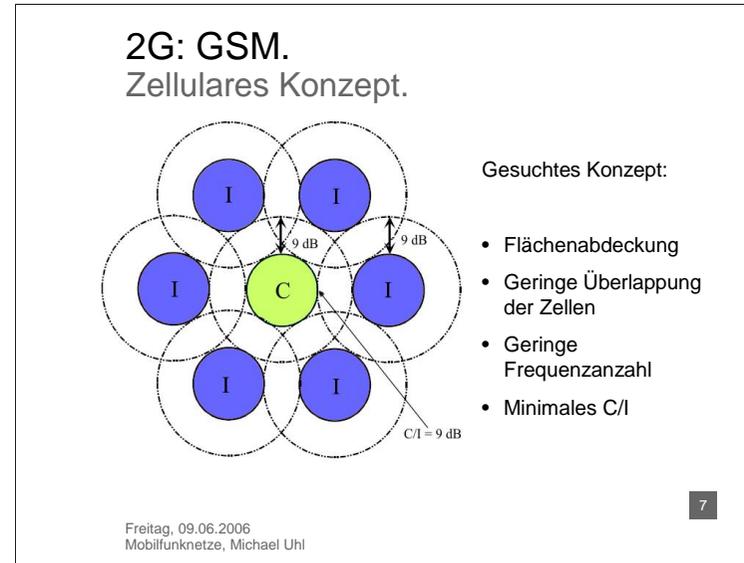
Freitag, 09.06.2006
Mobilfunknetze, Michael Uhl

3 Frequenzen → Gute Abdeckung des zu versorgenden Gebietes, geringe Ausstrahlung
→ Problem: Störung zwischen den Zellen.



2 Basisstationen benutzen die gleiche Frequenz und die gleiche Sendeleistung. Hierbei wirkt die eine BS auf die andere als Störquelle. Setzt man die Signalstärke und die Störstärke der beiden BSen zueinander ins Verhältnis, so erhält man den so genannten C/I (Carrier to Interferer Ratio).

Bei GSM wird ein C/I von 9dB als akzeptabel betrachtet.



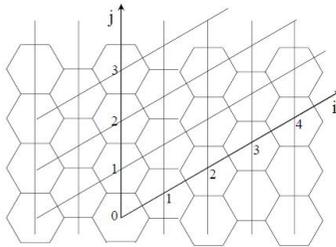
Beachtet man beim Netzaufbau die 9dB C/I-Forderung und gestaltet sein Netz nach dem oben gezeigtem Prinzip, so entstehen zwischen den einzelnen Zellen beachtliche Lücken, die mit Zellen anderen Frequenz aufgefüllt werden müssen.

Dabei möchte man eine große Flächenabdeckung,
eine geringe Überlappung der Zellen (dadurch weniger Standorte),
eine geringe Frequenzanzahl und
ein minimales C/I erreichen.

Sinnvoll erscheint hierbei die Clusterbildung.

2G: GSM. Clusterbildung.

60°-(i,j)-Koordinatensystem; i, j ganzzahlig
Cluster $N = i^2 + ij + j^2$



Cluster: Gruppe von Zellen, die durch regelmäßige Wiederholung eine große Fläche lückenlos abdeckt.

Frequenzwiederholung: jeder Zelle in einem Cluster wird eine andere Frequenz zugewiesen.

Freitag, 09.06.2006
Mobilfunknetze, Michael Uhl

8

Als Cluster bezeichnet man eine Gruppe von Zellen, die durch regelmäßige Wiederholung eine große Fläche lückenlos abdeckt. Dabei wird jeder Zelle eine andere Frequenz zugewiesen.

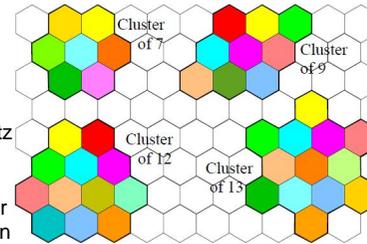
Die Clustergröße gibt somit auch den sog. Frequency Reuse Factor an. Dieser gibt an, ab wie vielen Zellen eine Frequenz wieder genutzt werden kann.

2G: GSM. Clusterbildung.

Die regelmäßige Wiederholung der Frequenzen hat eine Gruppierung der Zellen zur Folge.

In einer solchen Gruppe (Cluster) können alle im Netz verfügbaren Frequenzen enthalten sein.

Die Anzahl, in einem Cluster vorhandenen Zellen, k ist ein Maß für den Frequenzwiederholabstand D .



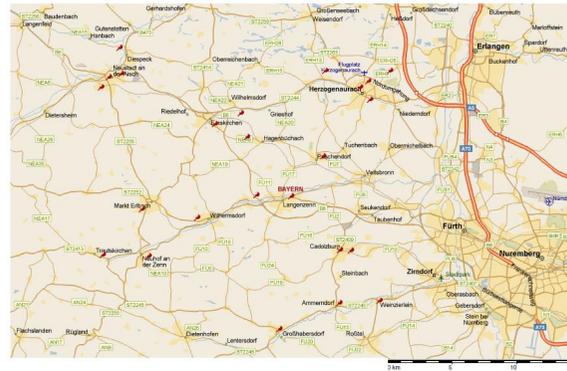
9

Freitag, 09.06.2006
Mobilfunknetze, Michael Uhl

Hier exemplarisch verschiedene Cluster dargestellt.

Heutzutage werden jedoch weitaus größere Cluster verwendet. Diese werden auch variabel in der Größe und in der Anzahl gebildet. Je nach Topographie und Größe des zu versorgenden Gebietes können so bis zu 120 Zellen in einem Cluster enthalten sein. Außerdem erweist sich die Hexagonbildung als nicht brauchbar in der Realität.

2G: GSM. Reguläre Cluster.



10

Freitag, 09.06.2006
Mobilfunknetze, Michael Uhl

Hier ein exemplarisches Cluster mit 27 Standorten und ca. 70 Zellen.

2G: GSM. Handover.

Handover Entscheidung:

- Leistungsbilanz
- Minimaler Empfangspegel
- Entfernung
- Qualität
- Verkehr

Freitag, 09.06.2006
Mobilfunknetze, Michael Uhl

11

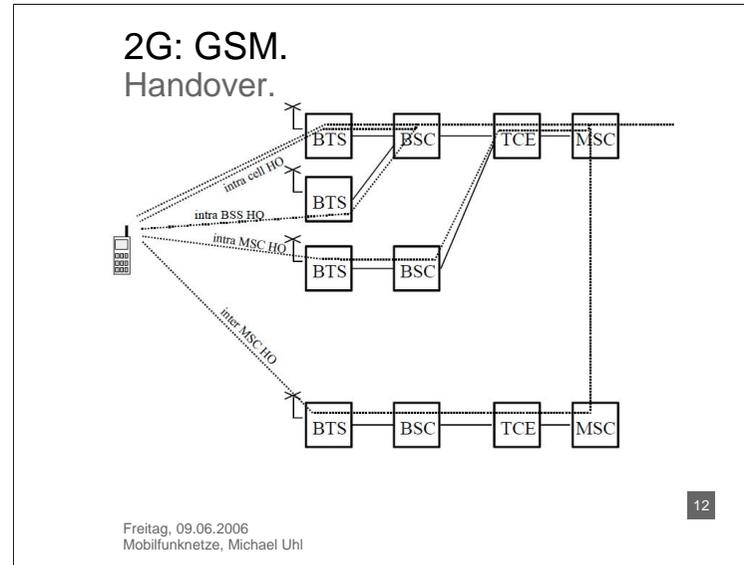
Mit der Zelleinteilung ist es notwendig geworden Handover durchzuführen.

Man unterscheidet 3 Arten von HO:

- Intra BSC Handover
- Intra MSC Handover
- Inter MSC Handover

Darüber hinaus gibt es mehrere Gründe für die Durchführung eines HO:

- Leistungsbilanz: um die Sendeleistung möglichst gering zu halten
- Minimaler Empfangspegel: Falls der Empfangspegel der Serving Cell so klein wird, dass das Gespräch abzureißen droht
- Entfernung: Die Entfernung der MS zur BS wird zu groß (um zu verhindern, dass die Zelle mitgenommen wird)
- Qualität: Hohes C/I
- Verkehr: Der Verkehr in der Serving Cell ist sehr hoch → HO in Nachbarzellen um Verkehr zu verteilen



Nochmals die Verschiedenen HO Varianten:

- Intra BSC Handover
- Intra MSC Handover
- Inter MSC Handover

TCE: Transcoding Equipment (Sprachdatenratenanpassung M-Link → 64kbit/s)

2G: GSM. Handover Measurements.

- BSC:
 - Liste der Nachbarzellen wird über SACCH zur MS übertragen
- MS:
 - Messung der Feldstärke der Frequenzen aus der Liste der Nachbarzellen
 - BSIC im 'Idle Slot' lesen
 - Mittelung der Messwerte über 480 ms
 - Datenübertragung alle 480 ms über den SACCH
- BSC:
 - Sortieren der Nachbarzellen und Langzeitmittelwert bilden

Freitag, 09.06.2006
Mobilfunknetze, Michael Uhl

13

SACCH: Slow Associated Control Channel (ein Signalisierungskanal)

BSIC: Base Transceiver Station Identity Code

Idle Slot: meist Zeitschlitz 0

480ms → Alle 104 Frames (1 Frame = 4,6154ms – 1 Frame = 8 Bursts – 1 Burst = 156,25 Bit = 3,692µs)

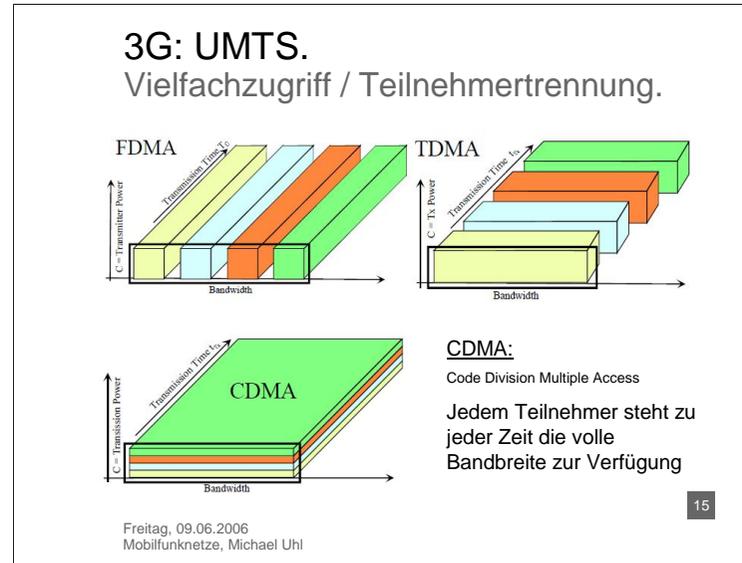
3G: UMTS.

Universal Mobile Telecommunications services

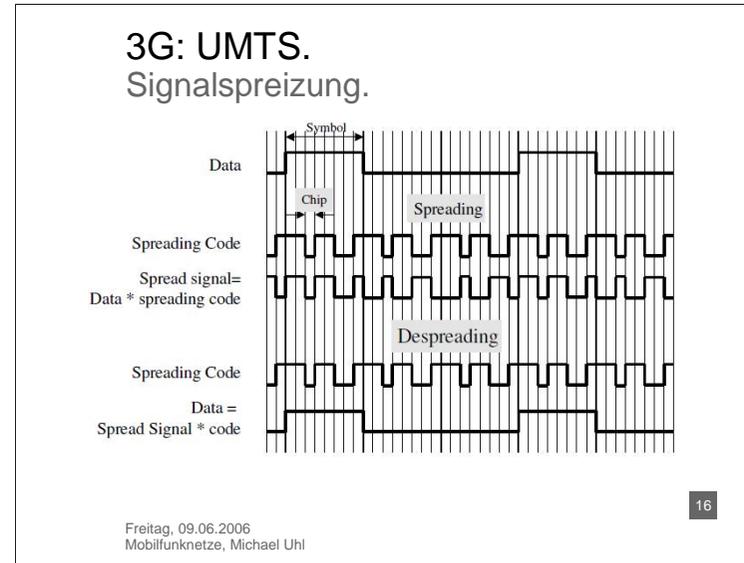
mu21.de

Das Problem bei GSM besteht schon im System selbst wegen des Vielfachzugriffverfahrens. Dem Teilnehmer steht nur jeweils für eine kurze Dauer (ein Zeitschlitz) die Bandbreite des Systems zur Verfügung. So reduziert sich Bruttobitrate (ohne GPRS – Kanalbündelung oder EDGE) von 22.800 bit/s auf eine Nettobitrate von nur noch Idealerweise 12.000 bit/s.

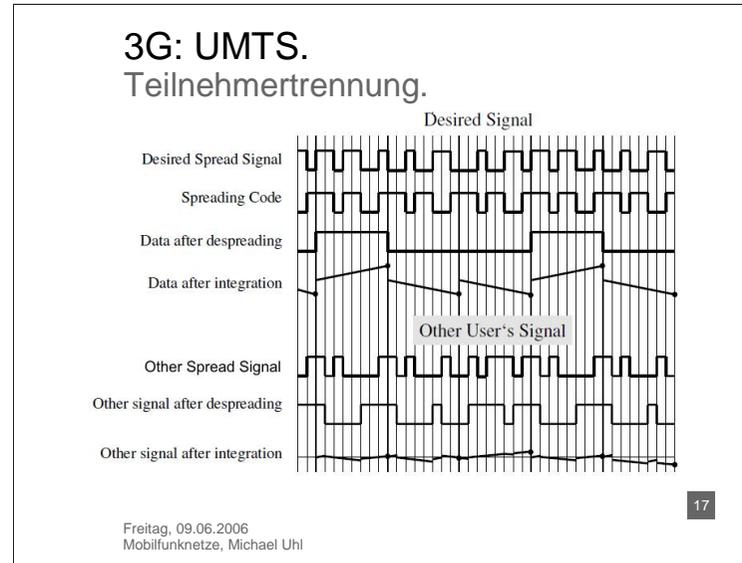
Abhilfe schafft hier UMTS mit seinem alternativen Vielfachzugriffverfahren WCDMA.



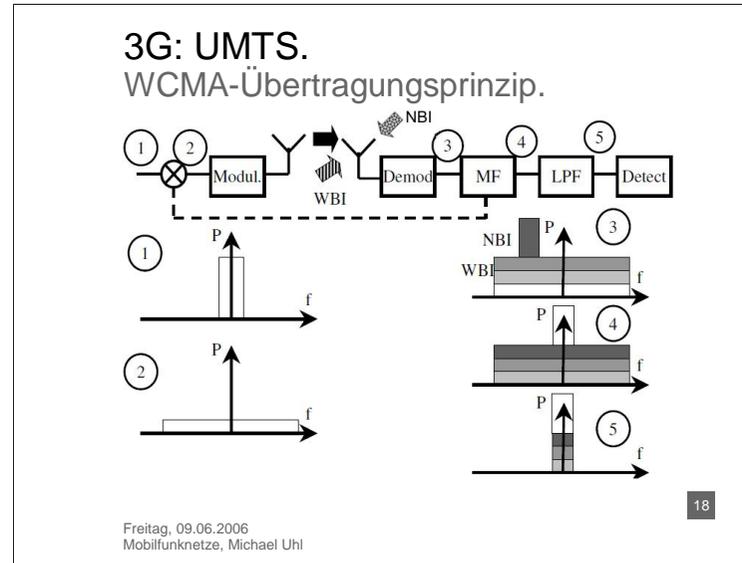
- FDMA: Frequency Division Multiple Access: Jeder TM erhält nur einen kleinen Teil der Gesamtbandbreite (C-Netz)
- TDMA: Time Division Multiple Access: Jeder TM erhält die Gesamtbandbreite nur für eine kurze Dauer (GSM)
- CDMA: Code Division Multiple Access: Jeder TM erhält über die gesamte Dauer die gesamte Bandbreite (UMTS). Die Teilnehmertrennung geschieht hierbei über sog. Code Codes. Jeder Teilnehmer erhält eine bestimmten Code mit dem das Signal gespreizt wird.



- Data: Die Daten des Teilnehmers
- Spreading Code: Der Spreizcode des Teilnehmers (dem TM und dem Signal Detektor in der BS bekannt)
- Chip: Chiprate des Codes (variabel, je nach Teilnehmerdichte oder nach QoS-Klasse) – darüber lässt sich die Bandbreite des Nutzers bestimmen
- Spread Signal: Gespreiztes Signal (Data multipliziert mit dem Spreizcode) → Höher Frequenz
- Gespreiztes Signal wird übertragen
- In der BS wird das gespreizte Signal wieder zum ursprünglichen hergestellt (Entspreizung)



- Desired Spread Signal: gespreiztes übertragenes Signal vom TM
- Entspreizung
- Integration um das Signal zu verstärken: damit könne Dedektionsfehler ausgeglichen werden
- Other Spread Signal: gespreiztes übertragenes Signal von anderen TM
- Entspreizung und Integration ergibt Rauschen



- 1: Ursprüngliches Signal
- 2: Gespreiztes Signal: höhere Bandbreite, kleinere Energie → Signalenergie bleibt jedoch gleich
- Modulation zur Übertragung
- Übertragung: Bei der Übertragung kommen WBI (Wide Band Interferer, anderer TM, Rauschen) und NBI (Narrow Band Interferer) hinzu
- Demodulation
- 3: NBI und WBI kommen hinzu
- 4: MF (Matched Filter) NBI wird ebenfalls zum WBI: Signal ragt wg. MF heraus und wird wieder schmalbandig
- 5: LPF (Low Pass Filter): NBI und WBI werden abgeschnitten → Signal kann problemlos detektiert werden

3G: UMTS. WCDMA-Übertragungsgewinn.

$$\text{Processing Gain: } G = 10 \times \log \left(\frac{R_{\text{chip}}}{R_{\text{bit}}} \right)$$

$$\text{SNR für Sprache: } \left. \frac{E_b}{N_0} \right|_{\text{required}} = 5 \text{ dB}$$

$$\text{Processing Gain für Sprache: } G = 10 \times \log \left(\frac{3.84 \text{ Mbps}}{12.2 \text{ kbps}} \right) \approx 25 \text{ dB}$$

$$\text{SNR beim Empfänger: } \left. \frac{E_b}{N_0} \right|_{\text{rev}} = \left. \frac{E_b}{N_0} \right|_{\text{req}} - G = -20 \text{ dB}$$

Freitag, 09.06.2006
Mobilfunknetze, Michael Uhl

19

3,84 Mbps: Chiprate UMTS

12,2 kbps: Bitrate Sprachübertragung

→ Das Signal kann bis zu 20dB (1/100) unter der Signal to Noise Ratio liegen (Rauschgrenze) liegen und kann dennoch detektiert werden.

→ Höhere Datenrate = niedrigerer Processing Gain

G: Processing Gain

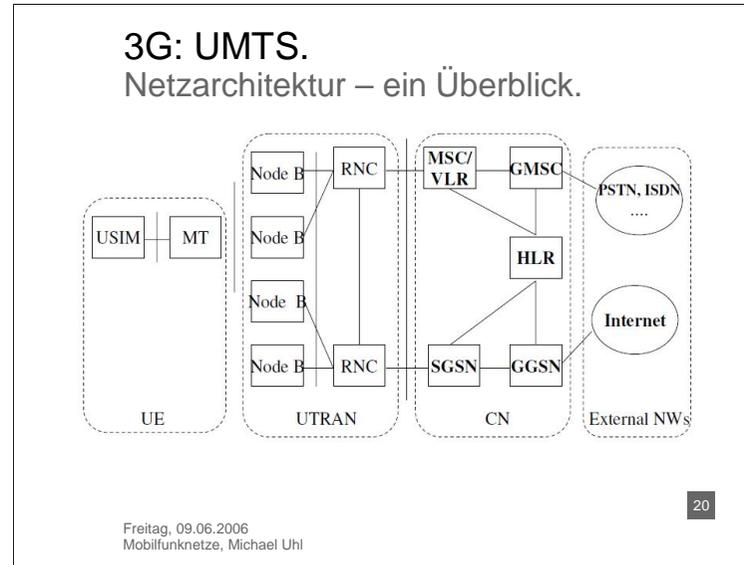
R_chip: Chiprate UMTS

R_bit: Bitrate für Sprachübertragung

SNR: Singal to Noise Ratio

E_b: Bitenergie

N_0: Rauschleistungsdichte



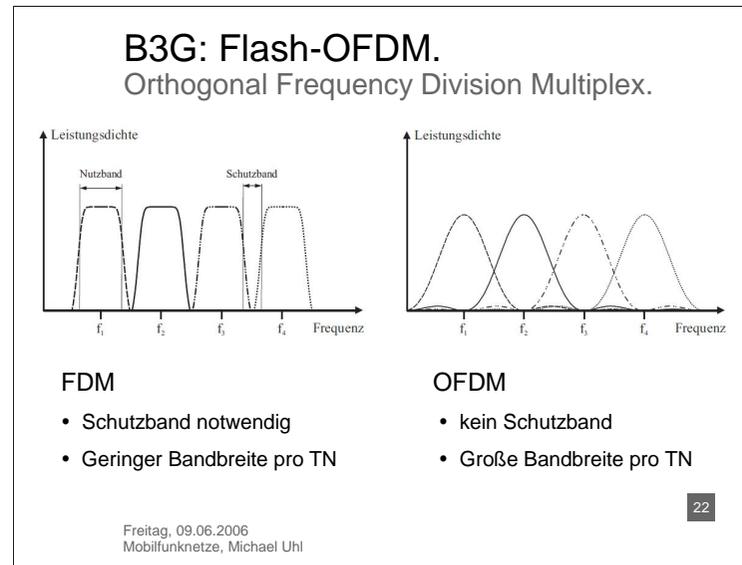
SGSN: Serving GPRS Support Node
GGSN: Gateway GPRS Support Node

B3G: Flash-OFDM.

Ein Ausblick

mu21.de

Mit UMTS steht die gesamte Bandbreite des Systems zur Verfügung. Jedoch sinkt diese bei hohen Geschwindigkeiten wegen Mehrwegeausbreitung und anderen Störeffekten und dem damit verbundenen höheren Detektionsaufwand beachtlich. Abhilfe soll die 4. Mobilfunkgeneration oder auch B3G (Beyond 3G) schaffen.



Das FDM-Verfahren ist schon lange bekannt. Probleme bereitet dieses jedoch wegen den der Störanfälligkeit (dem C/I) unter einander. Deshalb und wegen der besseren Unterscheidbarkeit der Signale (Stichwort Teilnehmertrennung) ist ein Schutzband notwendig. Dies schränkt die ohnehin geringe Bandbreite nochmals erheblich ein.

OFDM verwendet jedoch nur Frequenzen zur Übertragung, die orthogonal zueinander stehen. Damit ist Idealerweise ein C/I von 0dB zu erreichen.

Bei Flash-OFDM werden die Daten in kleine Pakete zerlegt und diese jeweils einem kleinen Frequenzband zugeordnet. Die einzelnen Frequenzbänder verhalten sich zueinander orthogonal. Somit kann das gesamte allokierte Spektrum von Flash-OFDM zur Übertragung verwendet werden.

Probleme bereitet derzeit noch die Teilnehmertrennung, da diese hochgenaue Filter benötigt um die bei der Übertragung verwendeten Frequenzen zu trennen. Abhilfe soll ein Hybridsystem aus CDMA und OFDM bringen.

B3G: Flash-OFDM. Flash-OFDM Eigenschaften.

- Frequenzband 450 – 466 MHz
- Vollständig Paketorientiert
- QoS bereits auf MAC-Ebene
- Bestehende Protokolle wie z.B. TCP/IP werden unterstützt
- Nutzung auch bei hohen Geschwindigkeiten möglich

Freitag, 09.06.2006
Mobilfunknetze, Michael Uhl

23

- Frequenzen: 450 – 466 MHz: Alte C-Netz Frequenzen (gute Ausbreitungseigenschaften → wenig BS)
- Vollständig Paketorientiert: Keine Unterscheidung mehr, wie noch z.B. bei UMTS zwischen Leitungs- und Paketvermittelnden Diensten
- Damit QoS bereits auf MAC-Ebene möglich, nicht mehr wie bei UMTS erst bei der Spreizung (versch. Geräten können versch. Verkehrsklassen zugeordnet werden → Niedrige für Telefone, Hohe für Laptops)
- Unterstützung von bereits bestehenden Protokollen wie z.B. TCP/IP → Sehr gute Integration in bestehenden Netzen
- Nutzung auch bei sehr hohen Geschwindigkeiten möglich ohne Verlust der Bandbreite wg. C/I gegen 0



mu21.de