

## **SISTEM CDMA REVISI C**

**Andreas Ardian Febrianto**

Program Studi Teknik Elektro

Fakultas Teknik Elektronika dan Komputer – UKSW

Jalan Diponegoro 52-60, Salatiga 50711

### **INTISARI**

Sistem CDMA 2000 bergabung dengan teknologi 1xEV-DV (*Evolution Data and Voice*) menjadi sistem CDMA 2000 1xEV-DV (atau disebut juga sistem CDMA 2000 Revisi C). Sistem ini mempunyai kemampuan untuk mengirimkan data dan suara pada *single carrier*. Sehingga tidak diperlukan penambahan spektrum frekuensi yang baru. Dengan adanya penambahan beberapa saluran trafik yang baru dan bergabung dengan yang sudah ada, serta penambahan fasilitas-fasilitas lainnya akan dihasilkan kecepatan transmisi data pada hubungan maju mencapai 3,1 Mbps

**Kata kunci : CDMA, Revisi C**

### **1. GAMBARAN TEKNOLOGI 1xEV-DV**

Pihak-pihak yang tertarik dalam kemajuan *CDMA* telah menentukan suatu spesifikasi yang mampu mengirim data dengan kecepatan yang lebih tinggi. Spesifikasi itu diletakkan pada *CDMA 2000* yang dirancang untuk memenuhi kebutuhan yang ada. Spesifikasi ini dinamakan *CDMA 2000 1xEV-DV (Evolution Data and Voice)*.

Sasaran evolusi jaringan *3G* adalah memperkenalkan suatu sambungan ke jaringan paket data melalui sistem seluler dan pada saat yang bersamaan juga meningkatkan kapasitas suara. Teknologi 1xEV-DV adalah suatu peningkatan kemampuan untuk pengiriman data pada *CDMA 2000* yang dirancang untuk mengirimkan data yang lebih cepat daripada *CDMA 2000* versi yang sebelumnya. Revisi C diutamakan untuk peningkatan kecepatan data pada hubungan maju (*forward link*).

Teknologi 1xEV-DV dirancang untuk efisiensi pemakaian spektrum, melihat kecocokan dengan *handset-handset* terdahulu, dan semua versi IS-95 sebelumnya dan

CDMA 2000 (termasuk saluran yang sudah ada dan struktur pengiriman sinyal) dan dukungan untuk semua aplikasi yang mungkin.

Sistem ini dirancang untuk mengirimkan layanan suara dan data tingkat tinggi pada frekuensi pembawa yang sama. Pengembangan standar ini didukung oleh berbagai operator seluler dan memberikan suatu logika dan efisiensi biaya untuk pengembangan sistem CDMA 2000 pada jaringan 3G.

Teknologi 1x EV-DV mampu mengirimkan data dengan puncak kecepatan data pada hubungan maju sebesar 3,1 Mbps pada frekuensi 1,25 MHz. Karena sistem ini mendukung data dan suara secara bersama-sama, maka tidak diperlukan suatu spektrum frekuensi yang baru, sehingga merupakan suatu kelebihan dalam peningkatan yang terjadi dalam sistem CDMA 2000.

Operator 1x EV-DV menyediakan suatu fleksibilitas dalam fluktuasi sehari-hari untuk memenuhi tuntutan kapasitas. Ketika akan menyebarkan data, suara, atau kombinasi data dan suara, 1x EV-DV mengirimkan kapasitas suara yang diperlukan selama jam-jam komunikasi yang sibuk, dan pada saat yang sama menyediakan pembawa-pembawa yang diperlukan untuk mencukupi kebutuhan kapasitas data selama jam-jam data sibuk.

Teknologi 1xEV-DV bukan suatu lapisan sistem, tapi merupakan suatu bukti nyata pengembangan 1x, dan menyediakan kecocokan untuk sistem terdahulu yaitu IS-95 dan CDMA 2000 yang pertama. CDMA 2000 1xEV-DV juga menggunakan kembali lokasi sel yang sudah ada, sehingga akan mempertahankan pemenuhan yang sudah ada dalam jaringan CDMA 2000. Para peninjau memandang bahwa 1x EV-DV merupakan langkah logis berikutnya untuk pengembangan jaringan CDMA 2000 1x yang sudah ada.

1xEV-DV memperkenalkan suatu peningkatan dan kemampuan tambahan bagi CDMA 2000. Kemampuan yang telah ada pada CDMA 2000 tetap digunakan, dan ada beberapa penambahan kemampuan baru. Berikut adalah inti peningkatan yang ada dalam teknologi 1xEV-DV.

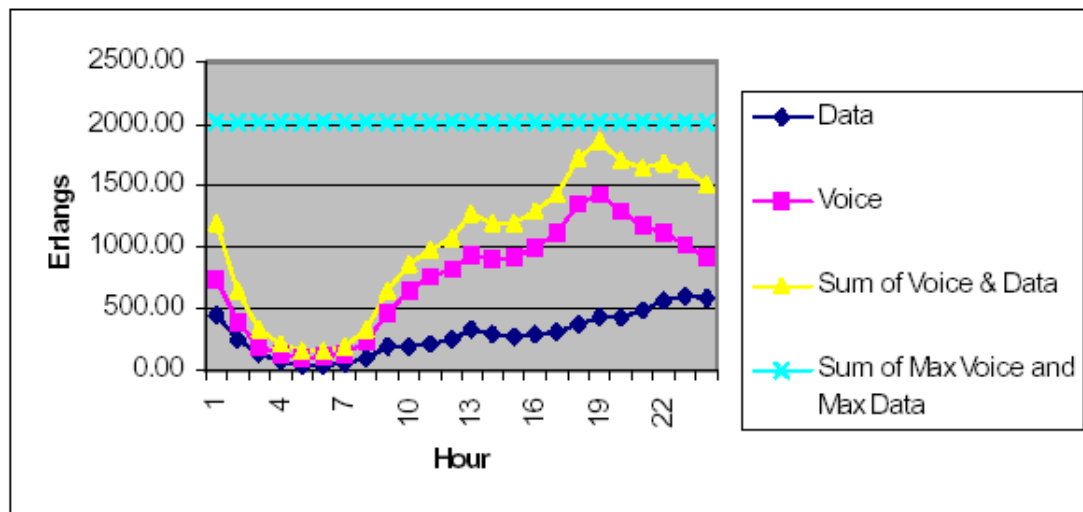
1. Kapasitas hubungan maju (*forward link*) yang lebih tinggi.

Teknologi 1xEV-DV menyertakan berbagai keistimewaan yang bergabung untuk menyediakan peningkatan dalam kecepatan data pada hubungan maju mencapai 3,1 Mbps dan tingkat rata-rata sebesar 1 Mbps. Keistimewaan ini meliputi AMC (*Adaptive Modulation and Coding Schemes*), menggunakan HARQ (*Hybrid Automatic Repeat*

*reQuest*), menyediakan saluran komunikasi baru pada hubungan maju yang disebut F-PDCH (*Forward Packet Data Channel*), dan penyediaan TDM (*Time Division Multiplexing*) dan CDM (*Code Division Multiplexing*) untuk proses transmisi data pada saluran ini. Penambahan corak ini akan menyediakan manfaat bagi operator dan pelanggan berupa layanan data dengan kecepatan lebih tinggi. Dengan adanya 1xEV-DV, para pelanggan dapat menikmati layanan-layanan yang belum ada pada teknologi CDMA sebelumnya.

2. Layanan suara dan dukungan layanan suara dan data secara bersama-sama.

1xEV-DV mendukung layanan suara dan data secara bersama-sama dalam hubungan maju (*forward link*) dan hubungan balik (*reverse link*). Dengan teknologi ini, operator akan memakai metode yang fleksibel dalam penggunaan spektrum. Operator dapat membagi spektrum untuk layanan suara dan layanan data, serta layanan suara dan data secara bersama-sama. Operator dapat mengontrol spektrum yang perlu dialokasikan untuk berbagai keperluan. Dengan memanfaatkan pola yang berbeda untuk layanan data dan suara, operator yang membagi suara dan data dalam *single carrier* dapat mengoptimalkan penggunaannya.



Gambar 1. Penggunaan spektrum untuk suara dan data[2].

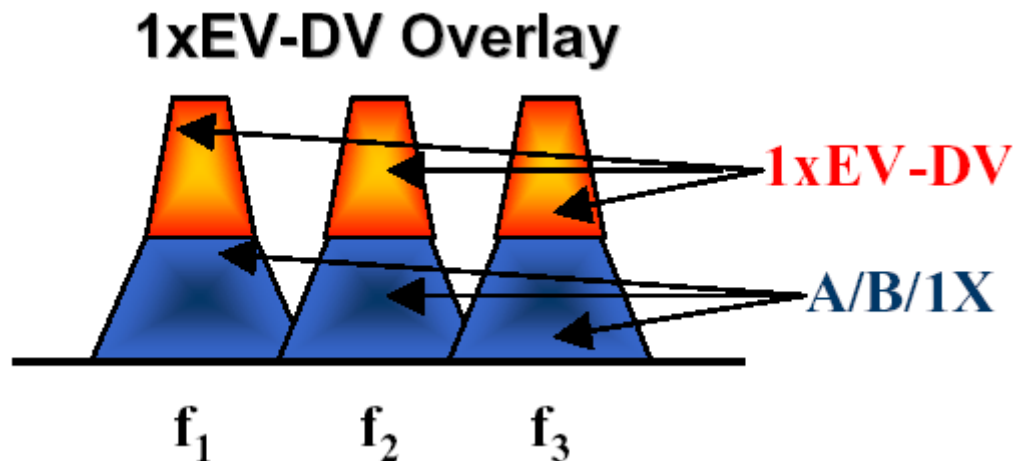
3. Berbagai macam tipe trafik gabungan.

Spesifikasi 1xEV-DV mendukung banyak bagian pemberian sinyal dan data pemakai melalui F-PDCH dan berbagai kumpulan data. Kelebihan ini memberikan

manfaat bagi operator dan pelanggan karena mendukung aplikasi-aplikasi dasar bagi PC (*Personal Computer*). Sekarang para pelanggan dapat mengoperasikan berbagai aplikasi PC secara serempak. Para operator dapat memperoleh pendapatan dari berbagai aplikasi tanpa mengalokasikan suatu saluran pokok untuk masing-masing aplikasi.

4. Kecocokan dengan sistem CDMA 2000.

Salah satu tujuan 1xEV-DV adalah mendukung layanan suara dan layanan-layanan terdahulu yang lebih baik. Dengan menggunakan kembali standar CDMA 2000 terdahulu dan memperbaiki kekurangannya. Sehingga memberikan kemudahan bagi operator dalam berpindah ke teknologi yang baru karena infrastruktur yang telah tersebar tetap dapat digunakan. Kelebihan ini juga memberikan dampak yang minim bagi infrastruktur yang ada pada saat operator beralih ke 1xEV-DV. Pada akhirnya, para pelanggan dijamin akan memiliki suatu alat komunikasi bergerak yang mendukung teknologi 1x dan 1xEV-DV, dengan menyediakan suatu terminal tunggal yang dapat beroperasi pada semua jaringan operator. Operator dapat memilih untuk membebani 1xEV-DV pada pembawa yang sama (mendukung IS-95A/B atau 1x) seperti yang terlihat pada gambar 3.2. Sehingga operator dapat mengontrol proses migrasi dan penggunaan spektrum.



Gambar 2. Overlay 1xEV-DV[2].

5. Dukungan bagi semua layanan data.

Teknologi 1xEV-DV menyediakan fleksibilitas bagi pengaturan TDM dan CDM, mengutamakan TDM ketika TDM dapat bekerja lebih baik, menggunakan CDM untuk efisiensi layanan data untuk jasa yang lain (seperti *Wireless Access Protocol (WAP)*, *Voice over Internet Protocol (VoIP)*, dan *streaming video*). *Multiplexing* TDM/CDM merupakan keunggulan yang terkuat dan khas untuk 1xEV-DV. Keunggulan ini memaksimalkan sistem dengan penyediaan modulasi dan penyandian yang optimal pada suatu basis yang sama bagi semua layanan, dengan demikian fleksibilitas sangat diperlukan bagi operator untuk menghadapi pasar yang dinamik.

## **2. KEUNGGULAN TEKNOLOGI 1xEV-DV**

Berikut ini akan diuraikan lebih lanjut mengenai keunggulan teknologi 1xEV-DV.

### **2.1. Saluran Komunikasi yang Baru.**

Spesifikasi 1xEV-DV menambahkan suatu saluran trafik dan 3 buah saluran pengendali yang baru. Saluran-saluran baru ini diringkaskan pada Tabel 3.1. Dalam hubungan maju, saluran trafik yang baru tersebut adalah *Forward Packet Data Channel (F-PDCH)* dan saluran pengendali yang baru adalah *Forward Packet Data Control Channel (F-PDCCCH)*. Dalam hubungan balik hanya terdapat 2 saluran pengendali yang baru, yaitu *Reverse Channel Quality Indicator Channel (R-CQICH)* dan *Reverse Acknowledgment Channel (R-ACKCH)*. Dalam hubungan balik ini tidak ada saluran trafik yang baru. Saluran trafik yang ada pada teknologi 1x digunakan kembali yaitu R-FCH (*Reverse-Fundamental Channel*), R-DCCH (*Reverse-Dedicated Control Channel*), R-SCH (*Reverse-Supplemental Channel*).

F-PDCH adalah saluran trafik baru yang ditambahkan pada CDMA 2000 untuk mendukung kecepatan data bagi teknologi 1xEV-DV. F-PDCCCH adalah saluran pengendali yang baru pada hubungan maju dan menyediakan informasi yang diperlukan bagi *mobile station* untuk koreksi identifikasi data pada F-PDCH. Pengiriman informasi yang dibutuhkan oleh *mobile station* untuk pengkodean informasi pada F-PDCH adalah : MAC-ID (*Medium Access Control-Identifier*), ukuran paket F-PDCH, jumlah *slot* per sub-paket, dan *Last Walsh Code Index (LWCI)*. MAC-ID adalah pengidentifikasi 8 bit yang diketahui

oleh *mobile station* dan *base station* akan mengidentifikasi data pada F-PDCH. MAC-ID dibuat sebagai bagian aturan panggilan dan tetap dihubungkan dengan *mobile station* selama jangka waktu panggilan. Ukuran paket F-PDCH mengindikasikan ukuran paket yang dikirimkan dan jumlah *slot* mengindikasikan banyaknya *slot* TDM yang digunakan untuk pengiriman. *Last Walsh Code Index* digunakan untuk menentukan *Walsh cover* pada proses transmisi data. Proses ini menggunakan *Code Division Multiplexing* (CDM) pada F-PDCH. Ada 2 saluran pada F-PDCCH yang mendukung pada hubungan maju. Saluran-saluran ini mensinkronisasi waktu dengan F-PDCH sehingga *mobile station* dapat menggunakan informasi F-PDCCH dengan mudah untuk mendekode dan demodulasi informasi F-PDCH.

Ada 2 saluran pengendali baru yang ditambahkan pada hubungan balik. Yaitu *Reverse Channel Quality Indicator Channel* (R-CQICH) dan *Reverse Acknowledgment Channel* (R-ACKCH). R-CQICH digunakan oleh *mobile station* dan mengindikasikan ukuran kualitas saluran yang terbaik kepada *base station*. *Mobile station* memberi informasi kepada *Base Station* apakah paket F-PDCH sudah selesai didekodekan oleh R-ACKCH.

Manfaat utama 2 saluran baru ini adalah mendukung kecepatan data yang tinggi. Saluran-saluran ini merupakan alat migrasi yang kuat bagi operator. Sejak saluran 1xEV-DV bergabung dengan saluran CDMA2000 yang sudah ada, operator dapat menyebarkan 1xEV-DV dalam area cakupan CDMA2000 dimana layanan data dengan kecepatan tinggi diperlukan.

Tabel 1. Saluran 1xEV-DV yang baru.

SALURAN 1xEV-DV BARU	KETERANGAN
<i>Forward Packet Data Channel</i> (F-PDCH)	Merupakan saluran utama. Satu saluran tiap sektor. Para pemakai dipisahkan oleh TDM dan CDM
<i>Forward Packet Data Control Channel</i> (F-PDCCH)	Mengirimkan data demodulasi, pengkodean, dan informasi ARQ ke <i>mobile</i> yang spesifik
<i>Reverse Acknowledgment Channel</i> (R-ACKCH)	Umpan balik ACK/NAK ( <i>Acknowledgment/Negatif Acknowledgment</i> ) untuk <i>Hybrid ARQ</i>
<i>Reverse Channel Quality Indicator Channel</i> (R-CQICH)	Menyediakan saluran umpan balik ke <i>Base Station</i> . Data umpan balik digunakan untuk proses modulasi, pengkodean, dan pengaturan pada hubungan maju. <i>Mobile station</i> menandai adanya pemilihan sektor yang melayani dengan <i>spreading cover</i> .

## 2.2. Pengkodean dan Modulasi Adaptif.

Pengkodean dan modulasi pada hubungan maju berubah-ubah dalam *real time* menyesuaikan dengan keadaan RF (*Radio Frequency*). Penambahan pengkodean dan modulasi adaptif akan memberikan manfaat yang besar bagi operator dan pelanggan dengan semakin tingginya layanan kecepatan data. Dengan penambahan 1xEV-DV, para pelanggan dapat menikmati layanan yang tidak tersedia pada teknologi CDMA sebelumnya. Hal ini dicapai dengan bervariasinya durasi *frame* RF, banyaknya bit per *frame* RF, dan algoritma pengkodean. Durasi *frame* RF berkisar 1,25 ms, 2,5 ms, dan 5 ms. Jumlah bit *frame* RF bervariasi antara 408 dan 3864 bit dan modulasi yang dipakai adalah QPSK (*Quaternary Phase Shift Keying*), 8-PSK, dan 16-QAM (*Quadrature Amplitude Modulation*). Perencanaan algoritma mengambil keuntungan dari keadaan RF untuk

memaksimalkan penggunaan RF dengan memakai pilihan yang optimal untuk durasi *frame* RF, jumlah bit per *frame* RF, dan modulasinya.

Tabel 2. Kecepatan data pada F-PDCH.

		Number of Slots per Sub-packet		
		1	2	4
F-PDCH Packet Size (Bits)	408	326.4 kbps	163.2 kbps	81.6 kbps
	792	633.6 kbps	316.8 kbps	158.4 kbps
	1560	1248.0 kbps	624.0 kbps	312.0 kbps
	2328	1862.4 kbps	931.2 kbps	465.6 kbps
	3096	2476.8 kbps	1238.4 kbps	619.2 kbps
	3864	3091.2 kbps	1545.6 kbps	772.8 kbps

Tabel di atas menunjukkan ukuran paket dan durasi *frame* RF bergabung untuk menghasilkan kecepatan data yang bervariasi. “*Number of Slot per Sub-packet*” menunjukkan durasi *frame* RF (1 slot = 1,25 ms).

Keunggulan ini dapat memberikan suatu mekanisme yang stabil untuk pencapaian layanan data hingga 3,1 Mbps. *Base Station* dapat menentukan tingkat kecepatan data yang akan digunakan. Sehingga sumber daya yang digunakan akan efektif.

### 2.3. Hybrid ARQ.

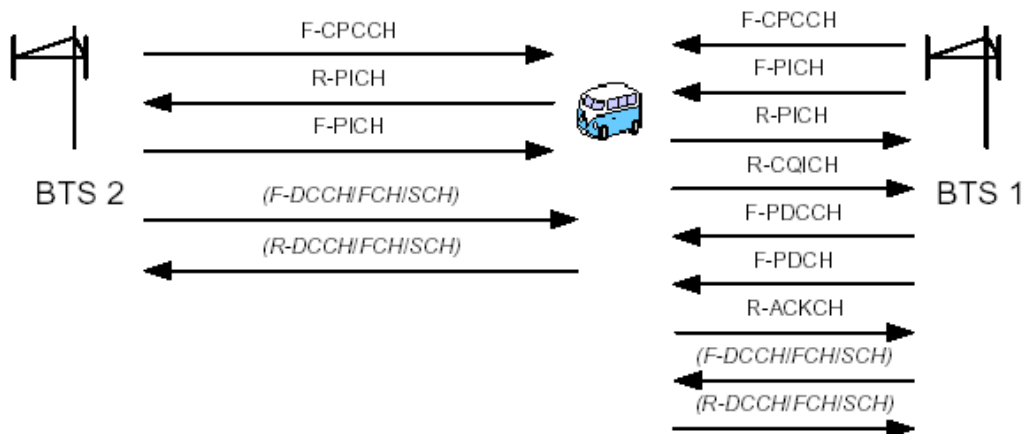
Dalam 1xEV-DV, proses pengiriman kembali *frame* yang diterima dalam keadaan *error* secara cepat sangat diperlukan bagi *bandwidth* yang tinggi. ARQ akan berpindah dari lapisan MAC ke lapisan fisik. *Hybrid ARQ* memperbaikinya dengan menggabungkan proses transmisi yang salah dengan proses transmisi yang baru, sehingga akan menciptakan kode yang lebih baik. 2 bentuk pokok *hybrid ARQ* adalah *Chase Combining* dan *Incremental Redundancy*. Dalam *Chase Combining*, masing-masing proses retransmisi mengulangi transmisi yang pertama atau bagian dari itu. Dalam *Incremental Redundancy*, masing-masing proses retransmisi menyediakan kode –kode bit yang baru untuk membangun kode dengan tingkat yang lebih rendah. Kedua *hybrid ARQ* ini menyediakan



suatu proses pengkodean dan modulasi adaptif yang cepat dengan membuat modulasi awal dan proses pemilihan kode yang toleransi terhadap kesalahan pemilihan.

#### 2.4. Pemilihan Sel.

Dalam pemilihan sel, *mobile station* menentukan satu *base station* yang aktif untuk melayani dalam hubungan maju. Pemilihan didasarkan pada ukuran kualitas RF yang dibuat oleh *mobile station*. Sejak *mobile station* tersebut menentukan *base station* berdasarkan karakteristik RF yang terbaik, pada F-PDCH tidak akan terjadi *soft handoff*. *Base station* diperlukan untuk mensinkronkan aliran data pada F-PDCH.



Gambar 3. Pemilihan Sel[2].

Gambar 3 menunjukkan contoh dalam pemilihan sel. *Mobile station* menangkap *pilot channel* dari BTS 1 dan BTS 2. *Mobile station* menentukan bahwa kualitas saluran BTS 2 lebih baik, sehingga BTS 2 digunakan untuk trafik F-PDCH. Proses seleksi dilakukan melalui R-CQICH. Proses ini diterima oleh infrastruktur dan kemudian infrastruktur mentransmisikan saluran hubungan maju melalui BTS 2.

*Soft handoff* hanya digunakan oleh semua saluran trafik 1x (F/R-FCH, F/R-DCCH, dan F/R-SCH). Pemilihan sel digunakan oleh saluran trafik 1xEV-DV (F-PDCH). Sebagai contoh, dalam panggilan data dan suara secara bersama-sama, dimana trafik suara menggunakan F-FCH dan trafik data menggunakan F-PDCH, trafik suara akan tetap menggunakan *soft handoff* sedangkan trafik data akan menggunakan *cell selection* (pemilihan sel).

Pemakaian *cell selection* akan menghemat infrastruktur secara berarti dibandingkan dengan teknik *soft handoff* yang digunakan pada CDMA 2000. Operator tidak perlu mengangkut trafik multi-megabit untuk berbagai BTS atau secara drastis mengurangi *mobile station* yang aktif untuk satu BTS. *Cell selection* juga menggunakan hubungan RF yang lebih efisien. Dengan tingkat penyebaran yang tinggi pada F-PDCH, interferensi akan berkurang dengan tidak digunakannya *soft handoff* pada F-PDCH.

### **2.5. Multiplexing TDM/CDM yang Fleksibel.**

CDM adalah suatu pilihan yang wajar untuk suatu evolusi CDMA, tetapi TDM juga memberikan suatu kelebihan yang bagus. Teknologi ini mengizinkan penggunaan keduanya, menggunakan TDM ketika TDM bekerja lebih baik, dan menggunakan CDM untuk mendukung layanan WAP, VoIP, dan *streaming video*.

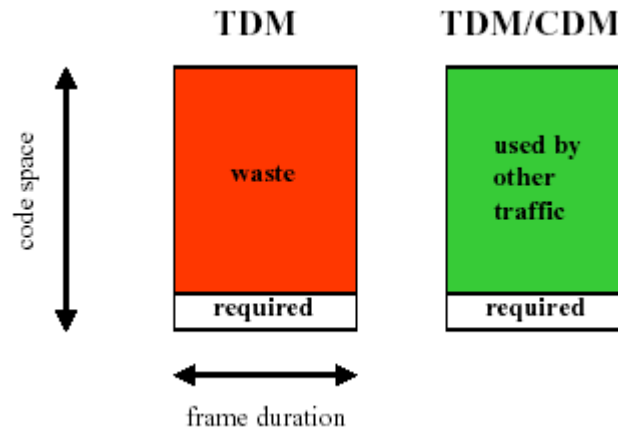
*Multiplexing* TDM/CDM merupakan keunggulan yang cukup menguatkan kehadiran teknologi 1xEV-DV. CDM mempunyai keunggulan untuk menyediakan seluruhnya saluran F-PDCH ke pemakai tunggal maupun bersama-sama untuk beberapa pemakai. TDM mempunyai keunggulan untuk mengatur sumber F-PDCH ke *user* berdasarkan data yang tersedia. Sehingga menjamin bahwa sumber F-PDCH diberikan kepada semua *user* yang membutuhkannya.

### **2.6. Dukungan untuk Paket Data Kecil.**

Teknologi 1xEV-DV menggunakan *Adaptive Modulation Coding* (AMC) yang berkombinasi dengan *Hybrid ARQ* untuk mengefisienkan layanan data dan layanan lainnya. *Fast AMC* adalah suatu hubungan dengan jalan *base station* memberikan kepada *user* suatu modulasi yang terbaik dan proses pengkodean yang cepat untuk kondisi saluran seketika. *Hybrid ARQ* mengembangkan *Fast AMC* dengan membuat modulasi awal dan proses pemilihan kode dengan toleransi kesalahan pemilihan. Dengan kemampuan melayani *user* untuk layanan data kecepatan tinggi pada kondisi saluran seketika, maka secara keseluruhan sistem telah dapat ditingkatkan.

Dalam teknologi 1xEV-DV ini, area perdebatan yang paling besar adalah berbagai metode akses untuk menggunakan bersama dengan AMC dan HARQ. Sistem CDM/TDM

pada 1xEV-DV memaksimalkannya dengan menyediakan modulasi yang optimal dan pengkodean yang cepat untuk semua layanan.



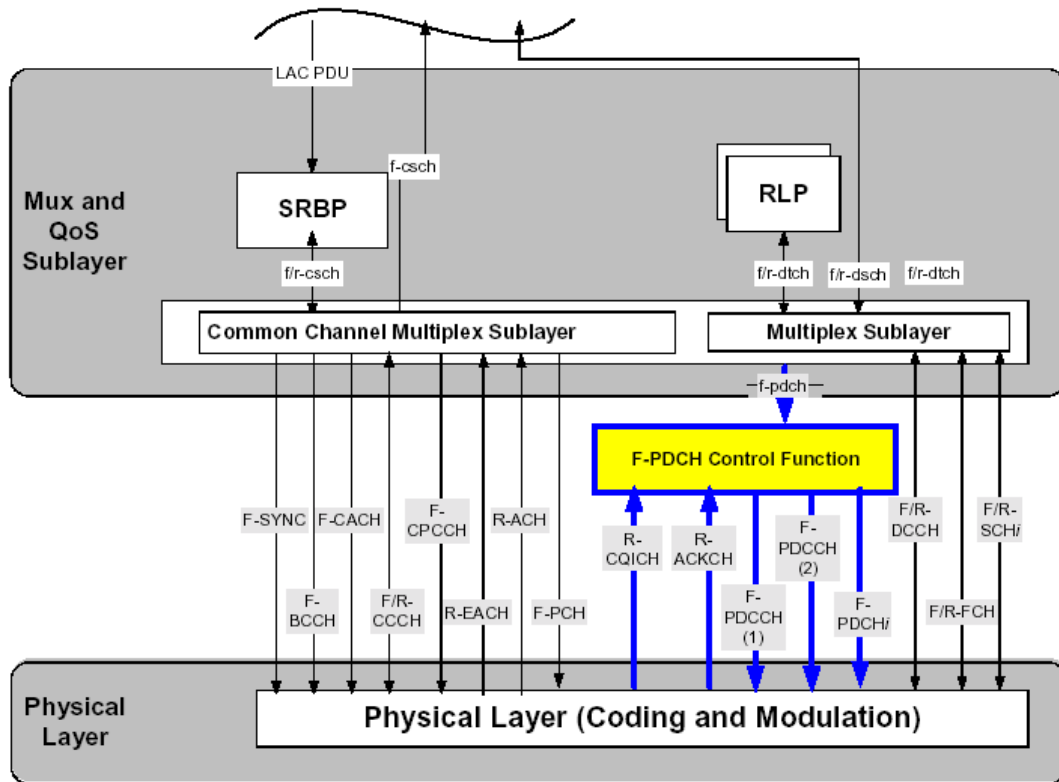
Gambar 4. Paket Data menggunakan hanya TDM dan CDM/TDM[2].

Pada Gambar 4 menunjukkan perbandingan paket data yang hanya menggunakan TDM saja dan yang menggunakan TDM/CDM. Pada paket data yang menggunakan TDM/CDM akan maksimal terpakai dibandingkan dengan paket data yang hanya memakai TDM saja.

Suatu sistem harus mampu menyediakan suatu modulasi yang tepat dan kecepatan pengkodean untuk semua layanan untuk mencapai sistem kapasitas yang dijanjikan.

### **3. INTEGRASI TEKNOLOGI 1xEV-DV KE CDMA2000**

Suatu kebutuhan kunci 1xEV-DV adalah menetapkan kecocokan kembali dengan sistem CDMA 2000. Sejumlah konsep yang ada pada CDMA 2000 disatukan dengan teknologi 1xEV-DV. Saluran yang sudah ada dalam sistem CDMA2000 yaitu F-PCH (*Forward-Paging Channel*), R-ACH (*Reverse-Access Channel*), F/R-DCCH, F/R-FCH, F/R-SCH.



Gambar 5. Interface dari 1xEV-DV Layer 1[2].

Gambar 5 menunjukkan bergabungnya saluran 1xEV-DV ke dalam arsitektur CDMA2000 yang sudah ada. F-PDCH *Control Function* berada di tengah-tengah antara lapisan fisik dan lapisan MAC, yang berisi fungsi-fungsi baru yang digambarkan pada bagian sebelumnya (kecuali modulasi dan pengkodean yang ada pada lapisan fisik). Saluran-saluran pengendali yang baru pada 1xEV-DV mengirimkan informasi kontrol yang dibutuhkan antara F-PDCH *Control Function* dan lapisan fisik. Saluran 1xEV-DV yang berkomunikasi dengan lapisan MAC hanyalah F-PDCH, yang menyediakan tempat untuk transportasi data dan kontrol pada pemakai.

Proses integrasi ini sangat menguntungkan operator dengan adanya suatu proses migrasi yang lunak dari infrastruktur CDMA yang sudah tersebar. Dampak yang ditimbulkan operator pada infrastruktur sangat kecil ketika mereka akan meningkatkan jaringannya ke 1xEV-DV.

Tabel 3 menunjukkan cara saluran F-PDCH pada 1xEV-DV berintegrasi dengan saluran pada 1x yang sudah ada. Saluran F-PDCH digunakan dalam 2 cara. Cara pertama,

saluran F-PDCH digunakan dengan berkombinasi dengan saluran *forward* yang lain. Cara kedua, F-PDCH tidak dikombinasikan dengan saluran *forward* yang lain sehingga hanya F-PDCH yang merupakan saluran *forward*.

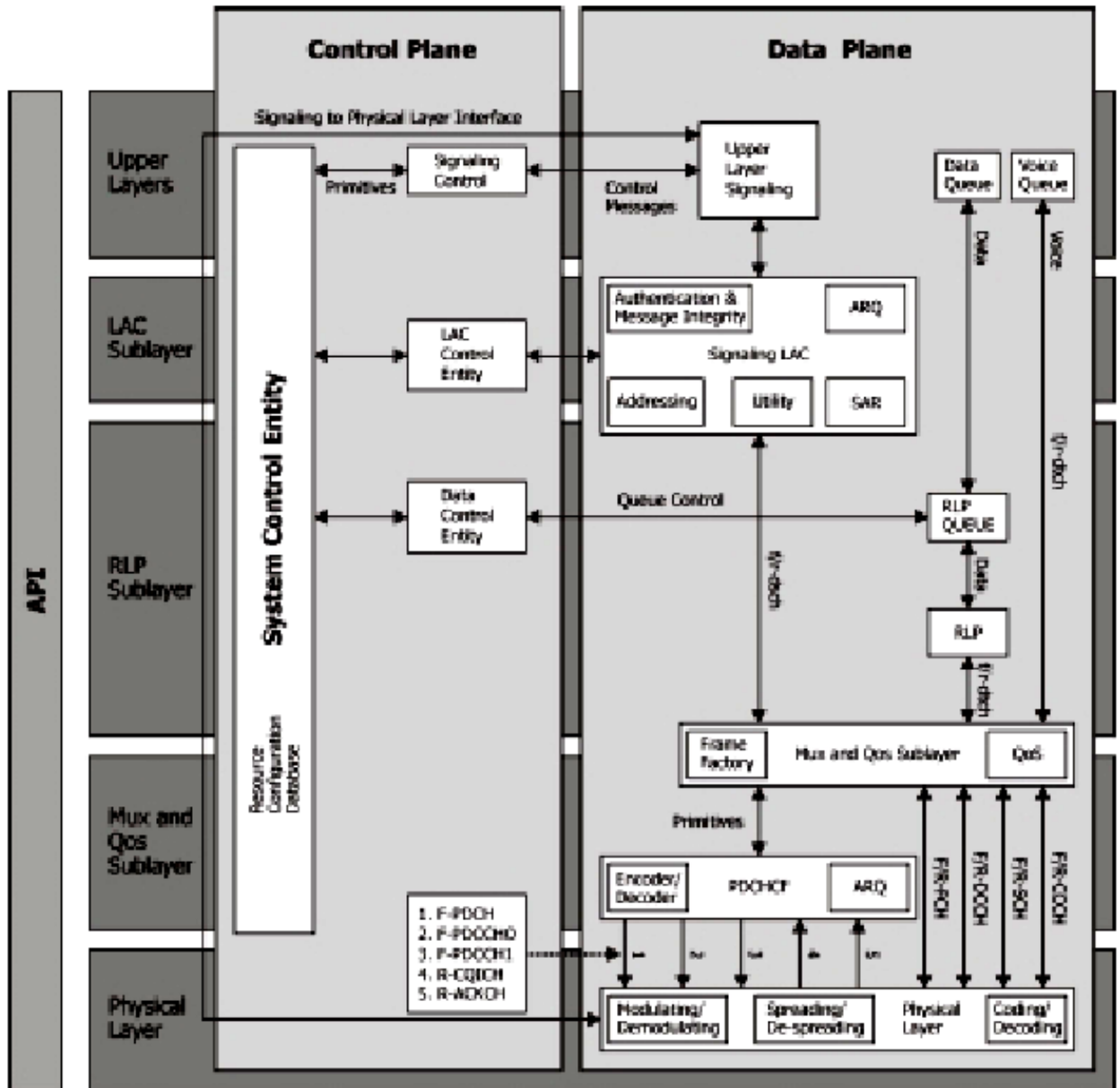
Tabel 3. Kombinasi Saluran Trafik pada 1xEV-DV[2].

Traffic Channel Combinations	Typical Use
F-PDCH + F/R-FCH + F/R-DCCH	Mixed voice and data services
F-PDCH + F/R-FCH + R-DCCH	Mixed voice and data services
F-PDCH + F/R-DCCH	Data-only services
F-PDCH + F/R-FCH	Mixed voice and data services
F-PDCH + F-CPCCH + R-DCCH	Data-only services
F-PDCH + F-CPCCH + R-FCH	Data-only services

Kombinasi saluran-saluran ini memberikan manfaat bagi operator akan layanan suara dan data pada hubungan maju dan hubungan balik. Jika pelanggan ingin mengoperasikan hanya layanan data, akan ada kombinasi saluran trafik yang memungkinkan operator untuk mengoptimalkan kecepatan data yang tersedia untuk pelanggan (menyediakan kepada pelanggan sebuah kombinasi saluran trafik yaitu hanya saluran F-PDCH pada hubungan maju). Jika pelanggan ingin mengoperasikan layanan suara dan data secara bersama-sama, ada kombinasi saluran trafik yang membantu operator dalam penyediaan saluran data yang sebanding dengan saluran data kecepatan tinggi (ada satu kombinasi saluran trafik yang menyediakan sebuah saluran F-PDCH dengan saluran F-FCH atau F-DCCH dalam hubungan maju). Sehingga operator dapat menggunakan metode yang fleksible dalam penggunaan spektrum.

#### 4. INTERFACE TEKNOLOGI 1xEV-DV

Implementasi susunan *base station* ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Arsitektur 1xEV-DV[6].

Susunan *base station* terdiri atas *Upper Layer Signaling*, *Link Access Control*, *Medium Access Control*, *Radio Link Protocol*, dan *Physical Layer*. Saluran baru yang ditambahkan yaitu *Forward Packet Data Channel (F-PDCH)*.

#### **4.1. Upper Layer Signaling.**

*Upper layer signaling* sering disebut juga lapisan 3 yang bertanggung jawab mengenai pesan kendali pada sistem *wireless*. Semua pesan dalam lapisan 3 dibentuk pada *Upper Layer Signaling* dan berhubungan dengan Lapisan 2 untuk transmisi melalui antarmuka udara.

#### **4.2. Link Access Control (LAC).**

Bagian ini bertugas sebagai protokol hubungan data untuk koreksi dalam pengiriman pesan sinyal yang dihasilkan oleh lapisan 3. Seperti terlihat pada Gambar 6. bahwa LAC berisi *Authentication and Message Integrity*, *Automatic Repeat ReQuest* (ARQ), *Addressing*, *Utility*, dan *Segmentation and Reassembly* (SAR) *sublayer*.

*Authentication and Message Integrity* bertugas untuk autentikasi *mobile station* oleh *base station*. Hal ini dilakukan untuk pesan yang telah dikirimkan hanya melalui saluran hubungan balik. MAC-I (*Message Authentication Code for Integrity*) diberikan untuk pesan yang sudah dikirimkan untuk memastikan integritas dan autentikasi dari pesan. ARQ digunakan untuk mengirimkan pesan ulang jika diperlukan. ARQ juga menunjukkan pesan yang dikirimkan sampai atau tidak. Pengalamatan (*Addressing*) digunakan hanya jika pesan ditransmisikan melalui saluran biasa. Pengalamatan ini diperlukan untuk mengidentifikasi *mobile* ketika data ditransmisikan ke berbagai *mobile station*. Sama seperti jika data diterima melalui saluran biasa, identifikasi *mobile station* yang mengirimkan data dilakukan dalam LAC. *Utility* digunakan untuk identifikasi pesan yang dikirimkan ataupun yang diterima dari *mobile station*. Dalam SAR, ketika *Packet Data Unit* (PDU) ditransmisikan *Cyclic Redundancy Check* (CRC) dilakukan dan bit-bit hitungan ditambahkan ke PDU. Ketika data diterima, penghitungan CRC dilakukan pada data dan jika pengecekan benar, pesan akan masuk ke lapisan yang lebih atas dan jika salah tidak akan dipakai.

#### **4.3. Medium Access Control (MAC).**

MAC mengimplementasikan protokol akses medium dan bertugas untuk transportasi unit data pada protokol LAC menggunakan layanan yang disediakan oleh

lapisan 1. 1xEV-DV menggunakan kesatuan MAC yang efisien dan fleksibel yang mendukung berbagai layanan data. Sejalan dengan *QoS Control*, MAC merealisasikan multimedia yang kompleks, kemampuan berbagai layanan bagi sistem *wireless* generasi berikutnya, dengan kemampuan manajemen QoS bagi masing-masing layanan.

Sublapisan MAC bertindak sebagai antarmuka antara pensinyalan lapisan atas, layanan data, layanan suara, dan lapisan fisik. MAC mengkombinasikan informasi dari lapisan-lapisan yang lebih tinggi dan membentuk blok data. *Sublayer Multiplex* mengkombinasikan satu atau lebih blok data untuk membentuk berbagai MuxPDU, dan satu atau lebih MuxPDU dikombinasikan bersama untuk membentuk SDU (*Service Data Unit*) yang akhirnya ditransmisikan pada lapisan fisik. Proses ini dilakukan pada bagian *frame factory* seperti terlihat pada gambar. Bagian ini juga bertugas untuk penciptaan berbagai saluran fisik. Saluran itu adalah *Sync Channel*, *Paging Channel*, *Broadcast Control Channel*, *Forward Common Control Channel* untuk pensinyalan biasa, dan *Fundamental Channel*, *Dedicated Control Channel*, *Supplemental Channel* untuk data trafik. Jika lapisan fisik menggunakan pengkodean yang konvolusional dan saluran fisik yang harus digunakan adalah *Supplemental Channel*, maka proses LTU (*Logical Transmission Unit*) harus dilakukan oleh SDU lapisan fisik. Jumlah LTU dalam sebuah SDU bergantung pada jumlah bit yang ditransmisikan ke SDU. CRC 16 bit juga ditambahkan untuk masing-masing LTU.

#### **4.4. Radio Link Protocol (RLP).**

Bagian ini memungkinkan akses *wireless* yang dienkripsi. Proses ini dibantu dengan sebuah saluran trafik untuk mendukung layanan data CDMA. RLP menyediakan layanan transportasi bagi berbagai suara melalui saluran trafik pada hubungan maju dan hubungan balik. RLP mempunyai prosedur yang secara substansial mengurangi angka kesalahan yang diperlihatkan oleh saluran- saluran trafik CDMA. Prosedur penting yang digunakan oleh RLP untuk mendukung layanan data adalah sebagai berikut.

- Prosedur RLP\_BLOB (*Block of Bits*) : RLP\_BLOB digunakan untuk mengeset parameter-parameter bagi *mobile station* dan *base station*. Ada beberapa prosedur yang mengikuti untuk menetapkan parameter-parameter ini.

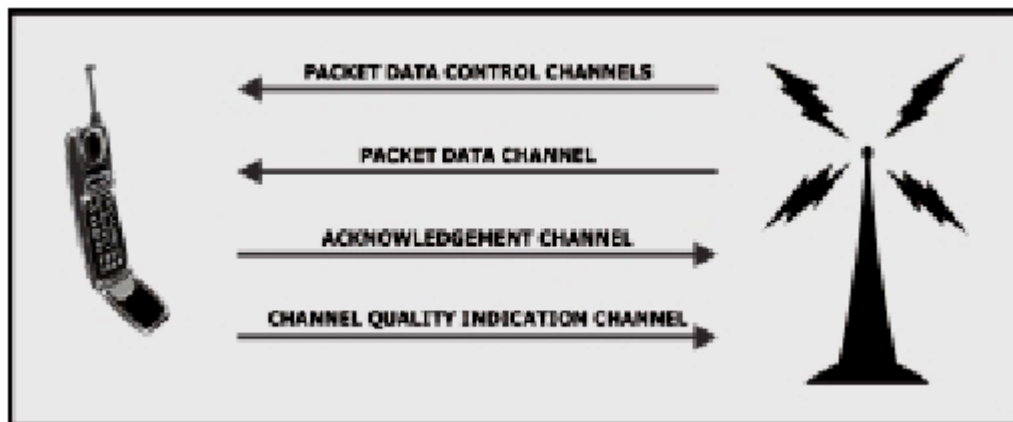


- Prosedur RLP\_SYNC : RLP\_SYNC digunakan untuk proses sinkronisasi antara RLP *mobile station* sebaik RLP *base station* sebelum perpindahan data berlangsung.
- Prosedur inisialisasi RLP : prosedur ini digunakan oleh RLP untuk menginisialisasi semua *variable* dan *buffer*-nya.
- Prosedur dekripsi/enkripsi RLP : prosedur ini digunakan untuk mengenkripsi *frame* data sebelum transmisi dan mendekripsi *frame* data yang diterima.

#### **4.5. Packet Data Channel Control Function (PDCHCF).**

PDCHCF ini ditambahkan ke dalam sistem 1xEV-DV. Bagian ini menyediakan sebuah protokol retransmisi yang otomatis untuk memastikan pengiriman paket encode dari *base station* ke *mobile station*. Hal ini dilakukan dengan proses transmisi kembali paket-paket *turbo-encoded* dalam kasus penerimaan yang tidak sukses dan pendekodean paket encode. PDCHCF menangani saluran-saluran pengikut yang berhubungan dengan paket data :

1. *Forward Packet Data Control Channel (F-PDCCH).*
2. *Forward Packet Data Channel (F-PDCH).*
3. *Reverse Acknowledgement Channel (R-ACKCH).*
4. *Reverse Channel Quality Indicator Channel (R-CQICH).*



Gambar 7. Saluran Paket Data[6].

#### **4.5.1. Forward Packet Data Control Channel (F-PDCCH).**

*Mobile station* memonitor F-PDCCH ketika saluran paket data diberikan. Proses transmisi pada saluran ini mempunyai waktu yang bervariasi yaitu 1 slot (1,25 ms), 2 slot (2,5 ms), dan 4 slot (5 ms). Saluran ini mempunyai 2 tipe yaitu *Forward Primary Packet Data Control Channel* (F-PPDCCH) dan *Forward Secondary Packet Data Control Channel* (F-SPDCCH). F-PPDCCH mengindikasikan durasi F-PDCCH, sedangkan F-SPDCCH digunakan untuk mengirimkan MAC-ID *user*, ARQ Channel ID, ukuran paket encode, dan sub-paket ID. F-PDCCH ini juga digunakan untuk memberitahu informasi kode Walsh.

#### **4.5.2. Forward Packet Data Channel (F-PDCH).**

F-PDCH menggunakan TDM diantara *mobile station* yang berbeda dan dapat menggunakan CDM untuk mengizinkan *base station* mentransmisikan paket encode ke 2 *mobile station* yang berbeda. Saluran hubungan maju dapat berisi hingga 2 F-PDCH dan masing-masing F-PDCH mentransmisikan informasi ke satu *mobile station* yang spesifik dalam suatu waktu ketika saluran ini beroperasi menggunakan TDM. Transmisi saluran ini mempunyai waktu yang bervariasi juga, yaitu 1 slot (1,25 ms), 2 slot (2,5 ms), dan 4 slot (5 ms). F-PDCH membawa subpaket dari paket encode yang dihasilkan dari *base station*. Masing-masing subpaket yang akan ditransmisikan ditandai dengan sebuah *subpacket identifier* (SPID). Untuk meyakinkan dalam pengiriman paket encode, PDCHCF menyediakan sebuah protokol untuk pengiriman data kembali secara otomatis (ARQ). Penggunaannya dapat mencapai 4 saluran ARQ yang independen, sehingga *base station* dapat memperoleh 4 paket encode yang tidak diakui pada suatu waktu. Ketika *mobile station* menerima sebuah subpaket, akan mendekodekan paket encode berdasarkan pada subpaket yang diterima yang berhubungan dengan paket encode.

#### **4.5.3. Reverse Acknowledgement Channel (R-ACKCH).**

R-ACKCH menyediakan umpan balik untuk F-PDCH. Saluran ini membawa ACK ( untuk proses transmisi yang sukses) atau NAK (untuk proses transmisi yang gagal) dari *mobile station* ke *base station* setelah pendekodean subpaket yang ditransmisikan pada F-PDCH dicoba. Sebuah *frame* R-ACKCH memulai ketika waktu sistem adalah hitungan

kelipatan 1,25 ms. Bit '0' ditransmisikan untuk respon ACK dan bit '1' ditransmisikan untuk respon NAK.

#### **4.5.4. Reverse Channel Quality Indicator Channel (R-CQICH).**

Saluran R-CQICH membawa informasi umpan balik dari *mobile station* mengenai kualitas sinyal untuk F-PDCH. Informasi ini digunakan oleh *base station* untuk menentukan level *power* transmisi dan kecepatan transmisi data. *Mobile station* mengirimkan informasi kualitas saluran tiap 1,25 ms. Masing-masing transmisi pada R-CQICH membawa salah satu yaitu nilai indikasi kualitas saluran penuh atau nilai indikasi kualitas saluran diferensial. Nilai indikasi saluran penuh adalah rasio S/N (*signal to noise*) pada pilot, sedangkan nilai indikasi kualitas saluran diferensial adalah kenaikan positif atau negatif pada nilai transmisi yang paling akhir.

#### **4.6. Lapisan Fisik.**

Lapisan 1 atau lapisan fisik menyediakan proses transmisi dan penerimaan sinyal radio antara *mobile station* dan *base station*. Lapisan ini juga bertanggungjawab untuk proses modulasi/demodulasi, encode/decode, dan masuk/keluar PDU yang disampaikan oleh lapisan 2, atau untuk PDU yang diterima pada saluran hubungan balik.

#### **4.7. Pemetaan Logis ke Fisik.**

Saluran ataupun aliran komunikasi mempunyai 2 aras yang berbeda. Saluran logis menyediakan koneksi yang logis antar bagian. Saluran fisik menandakan aliran komunikasi antar stasiun, digambarkan pada syarat-syarat karakteristik radio seperti pengkodean, penggunaan kendali tenaga, dan lain-lain. Di bawah ini adalah tabel pemetaan logis ke fisik. Saluran logis bisa dipetakan dari dan untuk satu atau beberapa saluran fisik.

Tabel 4. Pemetaan logis ke fisik[6].

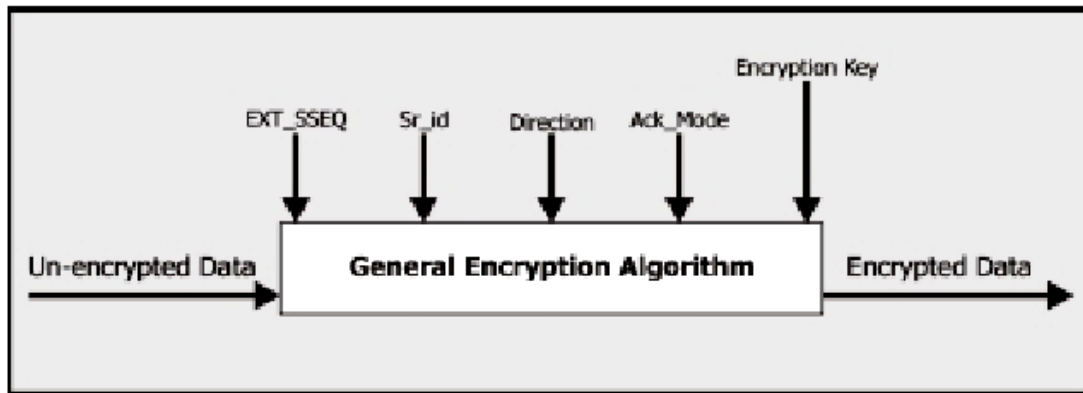
PHYSICAL CHANNELS →							
Logical Channels ↓	PILOT	F/R-CCCH	R-ACH	F/R-FCH	F/R-DCCH	F-PDCH	F/R-SCH
pc (power control)	√			√	√		
f/r-csch		√	√				
f/r-ctch		√	√				
f/r-cmch		√	√				
f/r-dmch				√	√		
f/r-dsch				√	√		
f/r-dtch				√	√	√	√

#### 4.8. Enkripsi dan Autentikasi pada Sistem 1xEV-DV.

##### 4.8.1. Enkripsi.

Teknik enkripsi yang digunakan pada teknologi 1xEV-DV sama dengan yang digunakan pada CDMA 2000. *Mobile station* menunjukkan kepada *base station* bermacam-macam algoritma enkripsi yang mendukung. *Base station* mempunyai keleluasaan untuk menghidupkan ataupun mematikan enkripsi pensinyalan data atau informasi data dari *user*. *Mobile station* dapat juga mengajukan untuk menghidupkan atau mematikan proses enkripsi. Pesan tidak akan dienkrripsikan jika autentikasi tidak dilakukan untuk pesan yang spesifik. Pesan membawa kemampuan enkripsi yang berubah-ubah tergantung pada nilai P\_Rev (*Protocol Revision*) dari *mobile station*. Sebuah algoritma enkripsi yang digunakan pada sistem 1xEV-DV adalah Algoritma Enkripsi Rijndael.

Algoritma Enkripsi Rijndael adalah algoritma yang terjamin dan sangat cepat. Algoritma ini menyediakan ukuran kunci sebesar 128, 192, dan 256 bit. Penggunaan kunci ini dikembangkan ke satu set n putaran kunci. Oleh karena itu data masukan akan mengalami n putaran operasi. Algoritma yang digunakan untuk enkripsi ditetapkan oleh SDU\_ENCRYPT\_MODE. Jika enkripsi akan dilakukan pada pesan yang ditransmisikan pada lapisan 3, SDU diisi pesan yang panjangnya menjadi hitungan kelipatan 8. CRC 8 bit dihitung pada data dan bit-bit CRC ditambahkan ke data. Data yang dikombinasikan ini kemudian dienkrripsi, menggunakan algoritma yang disebutkan di atas.



Gambar 8. Enkripsi pada 1xEV-DV[6].

Tabel 5. Bidang Enkripsi[6].

Bidang	Deskripsi
EXT_SSEQ	Nomor urutan enkripsi 32 bit untuk enkripsi/dekripsi
Sr_id	<i>Service Reference Identifier</i> untuk pilihan layanan yang dihubungkan
<i>Direction</i>	Petunjuk untuk data yang dienkripsi/ didekripsi. Ditandai '0' jika data diterima/ditransmisikan pada saluran hubungan maju dan jika lain ditandai '1'
<i>Encryption Key</i>	<i>Session Key</i> untuk keperluan enkripsi. Ini adalah hasil kesuksesan persetujuan dari kunci bahasan antara <i>mobile station</i> dan <i>base station</i>
ACK_Mode	Ragam pengiriman pesan. Diset '0' jika pesan yang dikirimkan menggunakan ragam <i>un-assured</i> , jika lain diset '1'

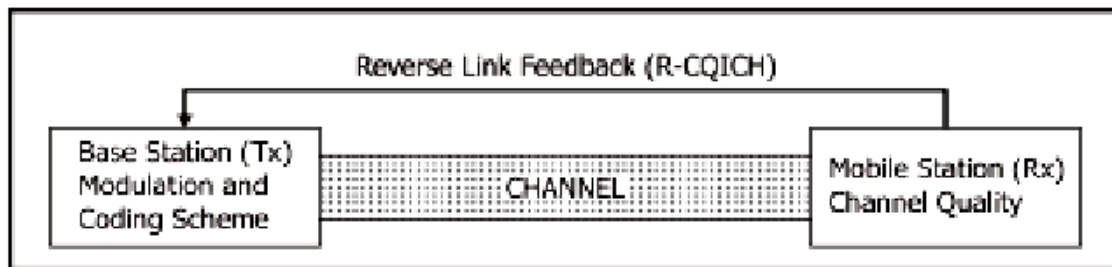
#### 4.8.2. Autentikasi.

Autentikasi adalah suatu proses pertukaran informasi antara *mobile station* dan *base station* untuk mengkonfirmasi identitas dari *mobile station*. Prosedur autentikasi diwarisi dari CDMA 2000. *Base station* memiliki *Secret Shared Data* (SSD) yang untuk masing-masing *mobile station*. Jika *base station* dan *mobile station* memiliki SSD yang sama, proses autentikasi akan dianggap sukses.

## 5. KUNCI KONSEP 1xEV-DV.

### 5.1. Pengkodean dan Modulasi Adaptif.

Berdasarkan pada kondisi saluran rata-rata yang dialami *user*, pengkodean dan modulasi yang fleksibel dipakai untuk melayani berbagai *user*. Saluran selalu dipakai secara berkelanjutan oleh *mobile station* menggunakan saluran F-PDCH melalui saluran R-CQICH.



Gambar 9. Pengkodean dan Modulasi Adaptif[6].

### 5.2. Penjadwalan yang Cepat.

Penjadwalan yang cepat dilakukan untuk kendali paket data bagi alokasi saluran ke *user* dan menentukan secara keseluruhan perilaku dari sistem. Penjadwalan yang cepat dilakukan dengan memerintahkan transmisi ke *user* dengan kondisi saluran yang terbaik, mengikuti kemungkinan kecepatan data yang mungkin untuk masing-masing kondisi. Sehingga hasilnya akan menjadi maksimal.

### 5.3. Keanekaragaman *Multi-User*.

Sistem CDMA yang lebih awal masuk untuk memberikan *bandwidth* yang signifikan bagi paket data milik *user*, ketika *user* mengalami kondisi saluran yang sulit. Hal ini tidak terlalu membantu dan juga menghasilkan pemborosan *bandwidth*. Dengan memanfaatkan teknik kecepatan yang dapat menyesuaikan diri, 1xEV-DV mampu untuk mencapai *multiplexing* yang efektif diantara *user* yang berbeda.

1xEV-DV mendukung skema TDM dan CDM. Pada skema TDM, *base station* mentransmisikan paket kecil ke *user* satu dalam satuan waktu menggunakan semua sumber yang tersedia, dan pada kecepatan data yang maksimum, kondisi saluran penerima akan

menyediakannya. Dalam cara ini, 1xEV-DV mampu untuk mengatasi kondisi saluran yang dialami *user* dengan optimal.

#### **5.4. Keanekaragaman Makro.**

Setiap terminal 1xEV-DV secara terus-menerus memonitor saluran pilot yang diterima dari *base station* yang berbeda. Terminal akan berkomunikasi dengan *base station* yang melakukan transmisi mengenai sinyal pilot terkuat yang diterima. Dengan cara ini terminal akan mengidentifikasi *base station*, dari mana terminal akan menerima sinyal selanjutnya. Hal ini akan mengurangi beban pengendali jaringan radio. Selain itu juga akan menghemat penggunaan sumber pada situasi *soft handoff* saat berbagai *base station* akan mengirimkan *frame* yang sama ke terminal khusus yang mengalami *soft handoff*.

### **6. KONSUMSI TENAGA PADA TEKNOLOGI 1xEV-DV**

Tanpa memperhatikan teknologi RF, transmisi data kecepatan tinggi memerlukan tenaga yang lebih besar. Untuk mengurangi konsumsi tenaga, jika sedikit bit dipancarkan seperti dalam pesan pendek, lebih sedikit tenaga yang digunakan. Jika banyak bit ditransmisikan seperti dalam video klip, lebih banyak tenaga yang digunakan. Terminal 1xEV-DV menjadi lebih efisien jika terminal mengalokasikan hanya tenaga RF yang dibutuhkan untuk mengirimkan bit yang ditransmisikan. Teknologi 1xEV-DV juga mendukung *Discontinuous Transmission (DTX)*. *Base station* ataupun *mobile station* men-*switch transmitter* ke *off* jika tidak ada data yang diperlukan untuk ditransmisikan. dan diubah ke *on* sesegera mungkin jika ada data yang akan ditransmisikan.

### **7. QUALITY OF SERVICE (QoS) PADA TEKNOLOGI 1xEV-DV**

*Quality of Service (QoS)* menyediakan kepada *user/jaringan* suatu operator dengan kemampuan untuk menyediakan aras layanan yang berbeda berdasarkan pada kebutuhan aplikasi pelanggan. Ada 4 golongan QoS seperti ditunjukkan pada tabel di bawah ini.

Tabel 6. Golongan QoS[6].

Golongan	Keterangan
<i>Conversational</i>	2 arah, <i>delay</i> yang rendah, <i>data loss rate</i> yang rendah, peka terhadap berbagai <i>delay</i> , contoh: <i>video conferencing</i>
<i>Streaming</i>	satu arah, kurang peka terhadap <i>delay</i> , memerlukan BW yang tinggi, contoh: pemberitaan langsung olahraga
<i>Interactive</i>	2 arah, keperluan BW yang berubah-ubah untuk <i>delay</i> , <i>data loss rate</i> terkoreksi sebagian, contoh: WWW, email, Telnet
<i>Background</i>	toleransi yang tinggi terhadap <i>delay</i> dan <i>data loss rate</i> , mempunyai BW yang berubah-ubah, contoh: <i>background file download</i>

Perbedaan tingkat layanan tersebut termasuk diantaranya adalah hal-hal berikut.

1. *Bandwidth*: kemampuan sistem untuk menyediakan kapasitas yang diperlukan untuk aplikasi milik *user*.
2. *Delay*: banyaknya waktu yang dipakai untuk mengirimkan paket dari pengiriman *node* sampai penerimaan *node*.
3. *Jitter*: ukuran dalam variasi *delay* antar kedatangan paket pada *receiver*.
4. *Traffic loss*: pembuangan paket karena *error* ataupun kemacetan jaringan.

Selain itu ada 2 tipe QoS dalam sistem 1xEV-DV. Yaitu *assured* dan *non-assured* QoS.

### 7.1. Non-Assured QoS.

*Non-assured* QoS digunakan untuk layanan paket data yang secara khusus peka terhadap minimum kecepatan data, *delay* dan tingkat kesalahan. Tipe ini bisa diterapkan ketika sumber tidak cukup untuk melayani semua pelanggan yang memerlukan layanan. Pada saat itu, pelanggan dengan prioritas layanan yang paling rendah harus meniadakan layanannya. *Mobile station* dapat meminta penyesuaian dengan tingkat kegagalan dengan mengirimkan BLOB pada pesan sinyal untuk meminta suatu sambungan. Parameter QoS untuk tipe *non-assured* hanyalah prioritas.



## 7.2. Assured QoS.

Assured QoS disusun dari parameter berikut ini.

- Prioritas.

Sama dengan yang ada pada *non-assured* QoS. Prioritas ini digunakan untuk menentukan alokasi sumber pada kejadian ketika tidak ada cukup sumber untuk *user* yang memerlukan layanan.

- Kecepatan data minimum yang diminta (hubungan maju dan hubungan balik).

Didefinisikan dalam Kbps sesuai dengan keinginan user. Hal ini berarti bahwa *user* menginginkan kecepatan data yang tidak di bawah aras ini.

- Kecepatan data minimum yang dapat diterima (hubungan maju dan hubungan balik).

Jika kecepatan data berada di bawah aras ini, *mobile station* ataupun jaringan dapat menentukan apa yang akan dilakukan, apakah akan menerima kecepatan tersebut atau akan memutuskan panggilan.

- *Delay* maksimum yang dapat diterima (hubungan maju dan hubungan balik).

*Delay* ini adalah tingkat *delay* maksimum yang akan diterima *user* pada paket data mereka.

- *Delay* maksimum yang diminta (hubungan maju dan hubungan balik).

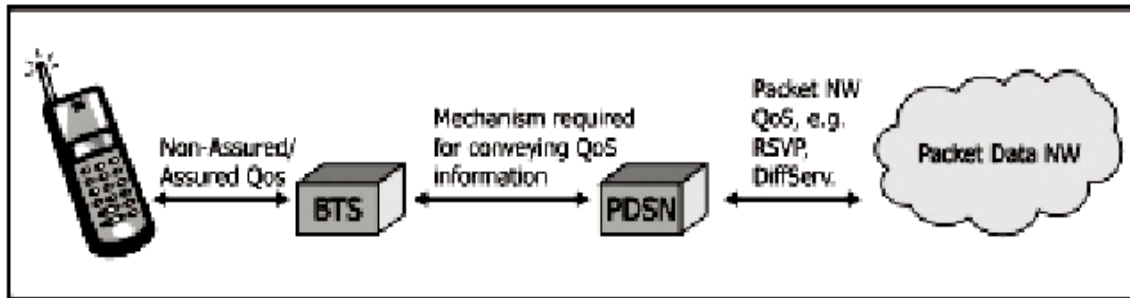
*Delay* ini adalah *delay* maksimum yang diminta *user* pada paket data mereka.

- Tingkat kehilangan data yang diminta (hubungan maju dan hubungan balik).

Ini adalah banyaknya data yang hilang ketika *user* akan menerima panggilan mereka

- Tingkat kehilangan data yang dapat diterima (hubungan maju dan hubungan balik).

Ini adalah jumlah maksimum data yang hilang yang dapat dialami *user* pada paket data mereka.



Gambar 10. QoS pada 1xEV-DV[6].

BLOB digunakan untuk mengirimkan informasi QoS selama pengaturan panggilan. Pekerjaan telah dilakukan pada area penetapan QoS melalui antarmuka udara. Dengan cara yang sama, banyak pekerjaan telah dilakukan pada area *user* yang meminta QoS melalui internet. Termasuk layanan yang berbeda-beda dan RSVP (*Resource Reservation Protocol*). Karena keinginan untuk menyediakan solusi *End to End* QoS, diperlukan untuk menghubungkan 2 mekanisme QoS seperti yang terlihat pada Gambar 10.

## 8. KESIMPULAN

CDMA 2000 1xEV-DV ( Revisi C) mampu memberikan layanan pengiriman suara dan data secara bersama-sama. Pengiriman suara dan data ini dapat dilakukan pada pembawa yang sama, yang tidak dapat dilakukan pada teknologi sebelumnya. Karena melalui *single carrier*, maka tidak diperlukan suatu spektrum frekuensi yang baru. Sehingga akan mengefisienkan pemakaian spektrum. Pengembangan yang dilakukan pada Revisi C diarahkan untuk peningkatan kecepatan transmisi data pada hubungan maju dengan kecepatan mencapai 3,1 Mbps.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] [www.loop-start.com](http://www.loop-start.com), *Third Generation (3G) Migration Paths*, 2004.
- [2] [www.cdg.org](http://www.cdg.org), Motorola Incorporation, *Technical Overview of 1xEV-DV*, 9 Juni 2002.
- [3] [www.3gpp2.org](http://www.3gpp2.org), 3GPP2 Document, *Physical Layer Standard for CDMA 2000 Spread Spectrum Systems Release D*, 13 Februari 2004.
- [4] [www.nokia.com](http://www.nokia.com), *CDMA Evolution: CDMA2000 1xEV-DV*, 2002.

- [5] [www.airvananet.com](http://www.airvananet.com), *The Growth and Evolution of CDMA2000 1xEV-DO*, February 2004.
- [6] [www.tcs.com](http://www.tcs.com), Tata Consultancy Service, *Inside 3G Wireless System*, Maret 2003.
- [7] [www.nokia.com](http://www.nokia.com), R. Thomas Derryberry, Lin Ma, & Zhigang Rong, *Voice and Data Performance of the CDMA 2000 1x EV-DV System*, 2003.
- [8] [www.3gpp2.org](http://www.3gpp2.org), 3GPP2 Document, *Physical Layer Standard for CDMA 2000 Spread Spectrum Systems Release C*, 28 Mei 2002.
- [9] Roy Blake, *Wireless Communication Technology*, Niagara College of Applied Arts and Technology, 2001.