Московский Авиационный Институт
(Национальный Исследовательский Университет)

«Программно-Определяемые Радиосистемы»

Серкин Фёдор Борисович

Кафедра 408 – «Инфокоммуникации»

Литература:

1. Скляр Б., «Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение», «Вильямс», Москва, Санкт-Петербург, Киев, 2003.

2. Гольденберг Л.М., Матюшкин Б.Д., Поляк М.Н., «Цифровая обработка сигналов», «Радио и связь», Москва, 1990.

3. Максфилд К., «Проектирование на ПЛИС. Архитектура, средства и методы», «Додэка-XXI», Москва, 2007.

4. «IEEE 1012 Standard for Software Verification and Validation», IEEE, New York, 2005.

5. Tuttlebee W., «software defined radio. Enabling technology», WILEY, New York, 2002.

Содержание курса:

I. Введение в ПОР.

II. Основные теоретические вопросы проектирования ПОР.

III. Реализация на жесткой и программируемой логике.

IV. Программируемое радио.

III. Программируемое радио.

Основные определения

Многорежимное ПОР (Multimode) -> несколько стандартов связи.

Многодиапазонное ПОР (Multiband) -> несколько частотных диапазонов.

Radio Front End –аналоговая обработка.

Radio Back End – аппаратура для связи аналоговой и цифровой частей.

Digital Front End – аппаратная реализация алгоритмов ЦОС для сигналов на выходе.

III. Программируемое радио.

Основные характеристики входного сигнала

Действительный сигнал
Низкая мощность – до -107 дБм
Большой динамический диапазон – до 15 дБм
Узкополосный спектр с несущими частотами от 0.8 до 6 ГГц.

Основные характеристики выходного сигнала для цифровой части

Комплексный сигнал (I/Q – компоненты)
Полоса сигнала до 40 МГц

III. Программируемое радио.

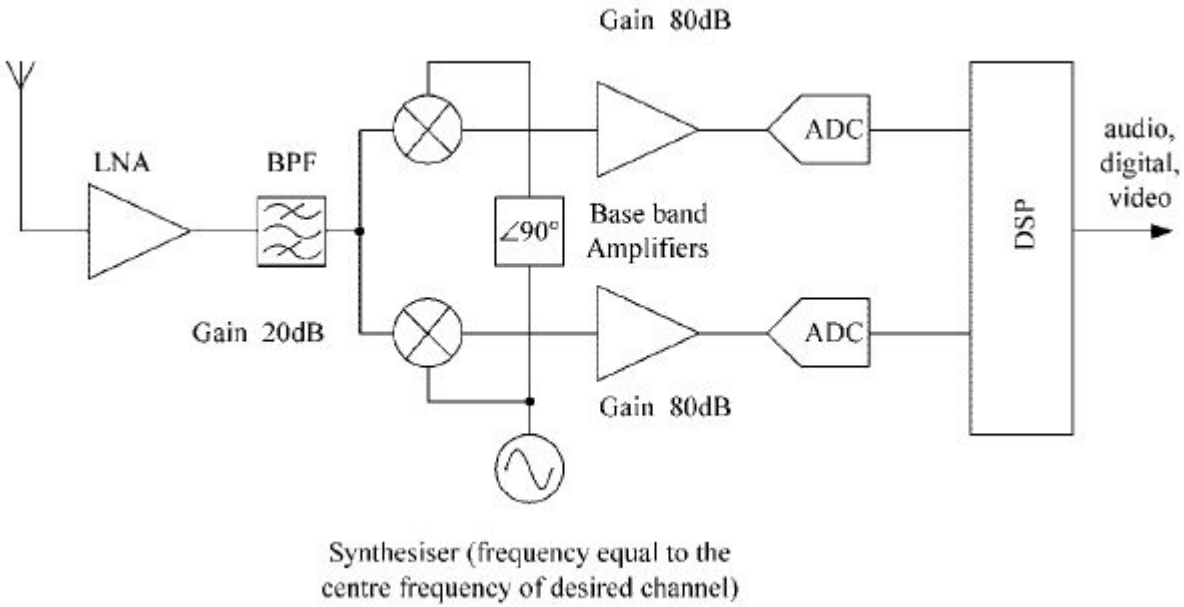
Требования к ВЧ-части приемника

- Сигнал должен находиться выше шумов для обеспечения хорошей BER
- Высокомощные сигналы не должны перегружать компоненты приемника
- Высокомощные сигналы в соседних каналах не должны влиять на производительность

- Возможность реализовать алгоритм в виде интегрированной схемы с минимальным количеством компонентов
- Низкое энергопотребление

III. Программируемое радио.

Прямой перенос (Direct Conversion)



Преимущества:

1) Низкая сложность
2) Подходит для реализации на ИС
3) Простые требования к фильтрам
4) Подавление зеркального канала сделать проще

III. Программируемое радио.

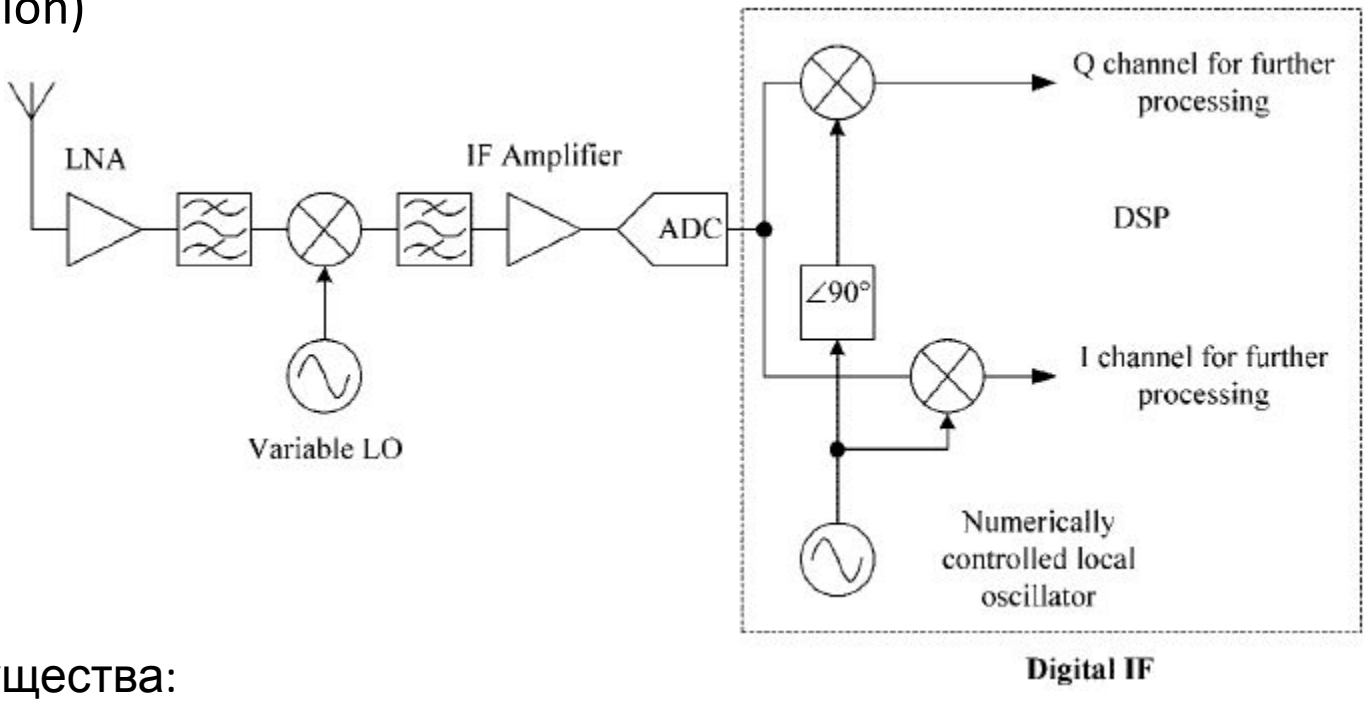
Прямой перенос (Direct Conversion)

Недостатки:

1) Требуется генератор частоты, компоненты которого аккуратно сбалансированы по амплитуде и фазе во всей области частот приемника.
2) Сигналы на смесителях должны быть сбалансированы и работать в достаточно широком частотном диапазоне.
3) Протекание составляющий генератора через смеситель и МШУ будет излучаться с антенны и отражаться обратно в приемник. Этот сигнал будет варьироваться в зависимости от характеристик среды, где установлена антенна. Этот изменяющийся во времени сдвиг постоянной составляющей (DC offset) вызванный самосмешиванием (self-mixing) является проблемой.
4) Большая часть усиления приходится на 1 частотный диапазон, создавая потенциал для нестабильности.

III. Программируемое радио.

Супергетеродинный приемник (Superheterodyne receiver; Multiple Conversion)



Преимущества:

1) Хорошая избирательность
2) Усиление разделено между несколькими компонентами, работающими в разных частотных диапазонах
3) Перенос с несущей осуществляется на некоторую фиксированную частоту. Сбалансированные сигналы требуется обеспечивать только для этой фиксированной частоты.

III. Программируемое радио.

Супергетеродинный приемник (Superheterodyne receiver; Multiple Conversion)

Недостатки:

1) Высокая сложность
2) Может понадобиться несколько сигналов генераторов
3) Требуются специализированные ППФ.

III. Программируемое радио.

Архитектура с низкой ПЧ (Low IF Architecture)

Преимущества:

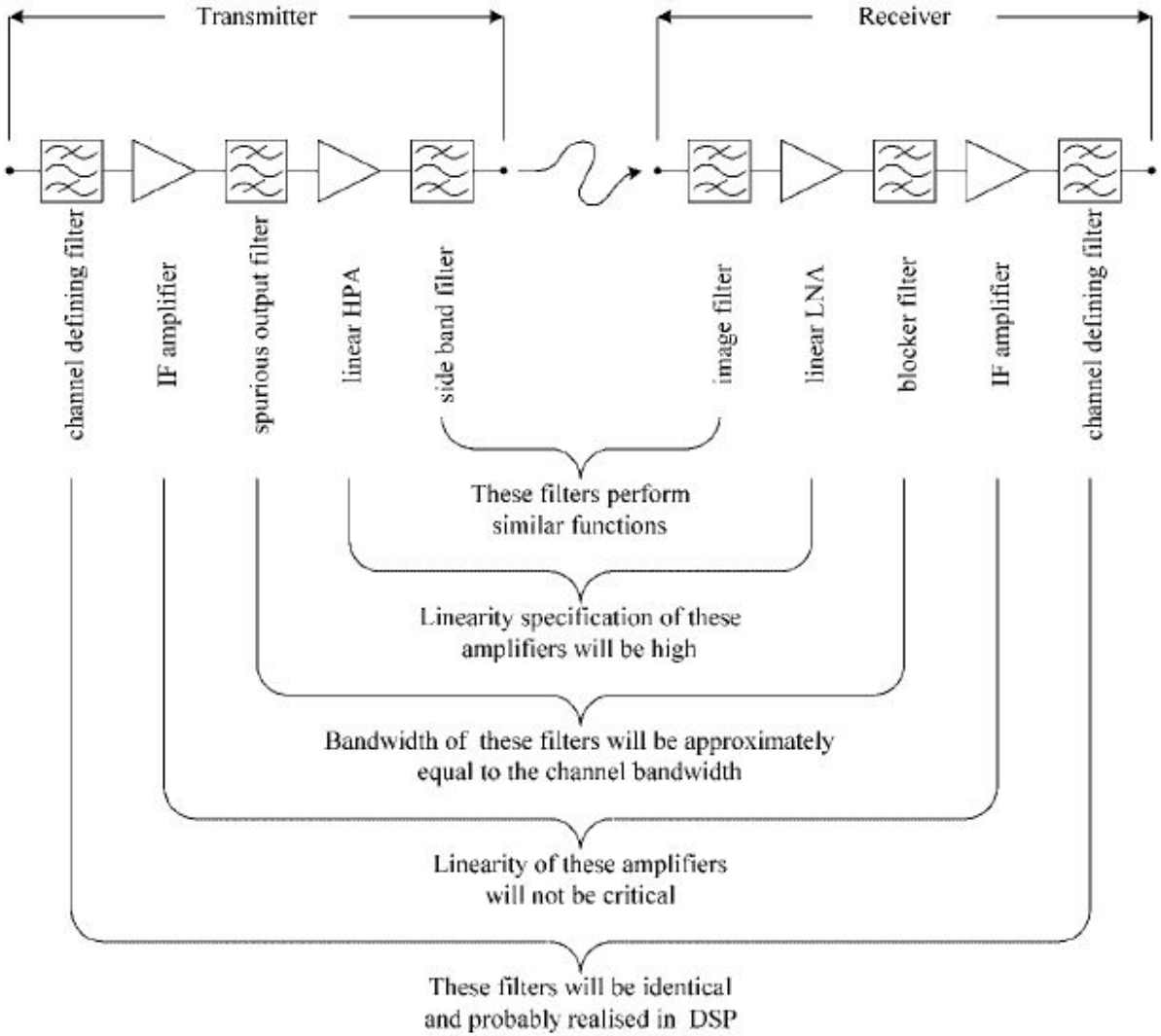
1) Проблемы постоянной составляющей схемы с прямым переносом решаются, сохраняя большинство преимуществ этой схемы.
2) Меньшая сложность, чем супергетеродинный приемник, но большая, чем схема с прямым переносом

Недостатки:

1) Требуется лучшее подавление зеркального канала, чем в схеме с прямым переносом.

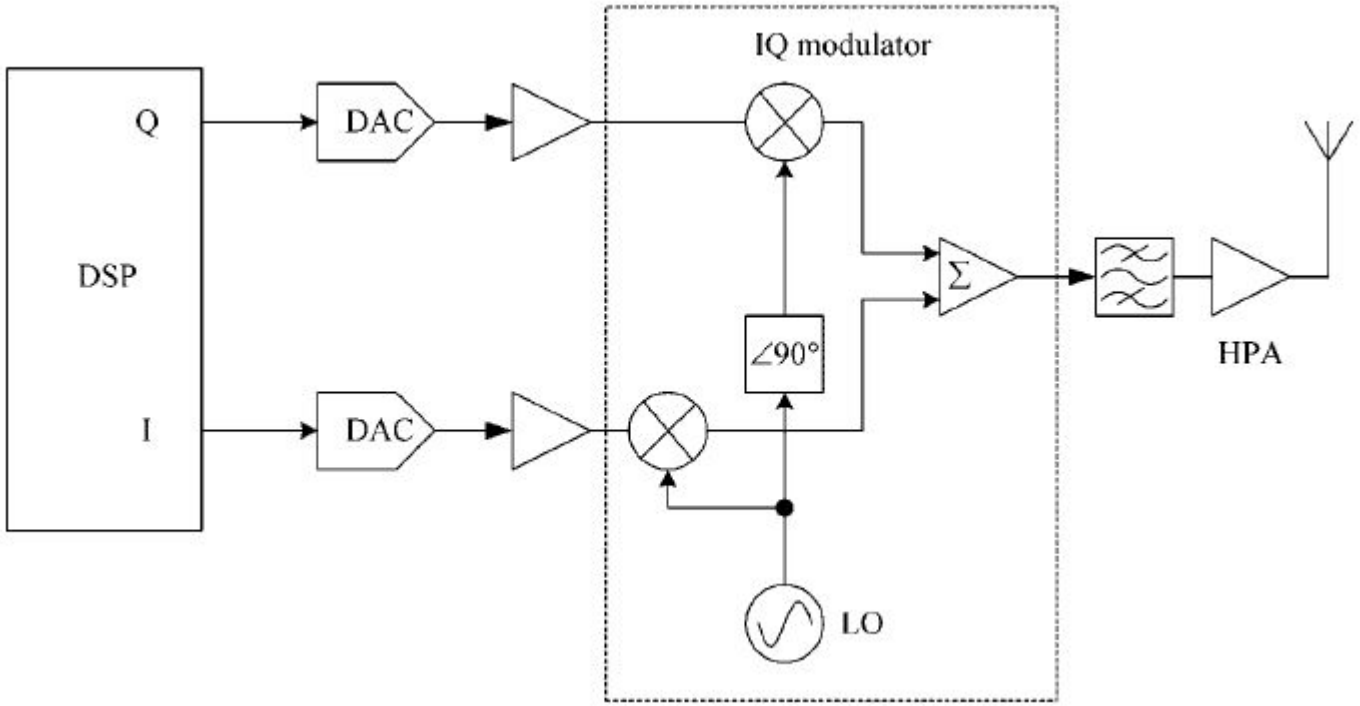
III. Программируемое радио.

Фильтры передатчика и приемника.



III. Программируемое радио.

Прямой перенос в передатчике.



Преимущества:

1) Низкая сложность
2) Подходит для реализации на ИС
3) Простые требования к фильтрам
4) Проблемы связанные с зеркальным каналом решать проще, чем в других схемах

III. Программируемое радио.

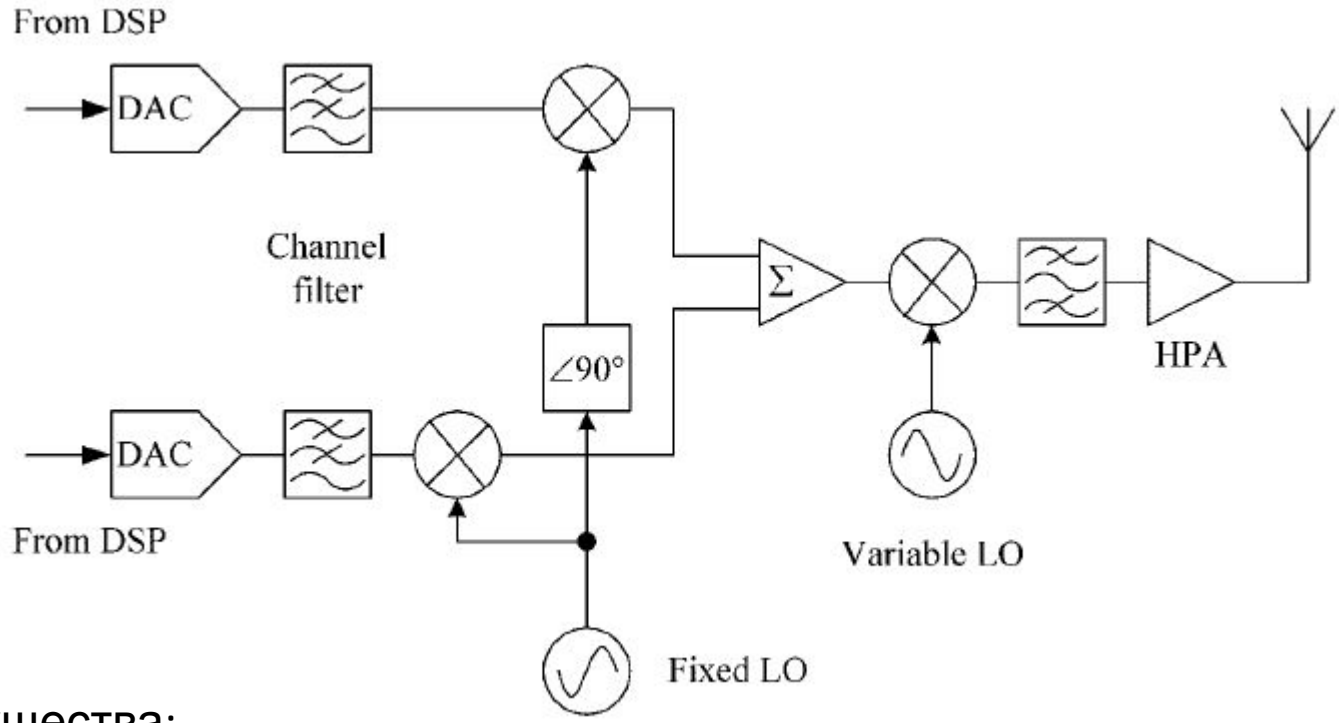
Прямой перенос в передатчике.

Недостатки:

1) Сигналы на смесителях должны быть сбалансированы и работать в достаточно широком частотном диапазоне.
2) Смесители должны работать в широком диапазоне частот
3) Необходимы схемы линеаризации усилителя, работающие в широком диапазоне частот.
4) Утечка с генератора через смеситель будет излучаться с антенны.

III. Программируемое радио.

Множественный перенос в передатчике.



Преимущества:

1) Перенос на несущую осуществляется с некоторой фиксированной частоты.
2) Сбалансированные сигналы требуется обеспечивать только для этой фиксированной частоты.

III. Программируемое радио.

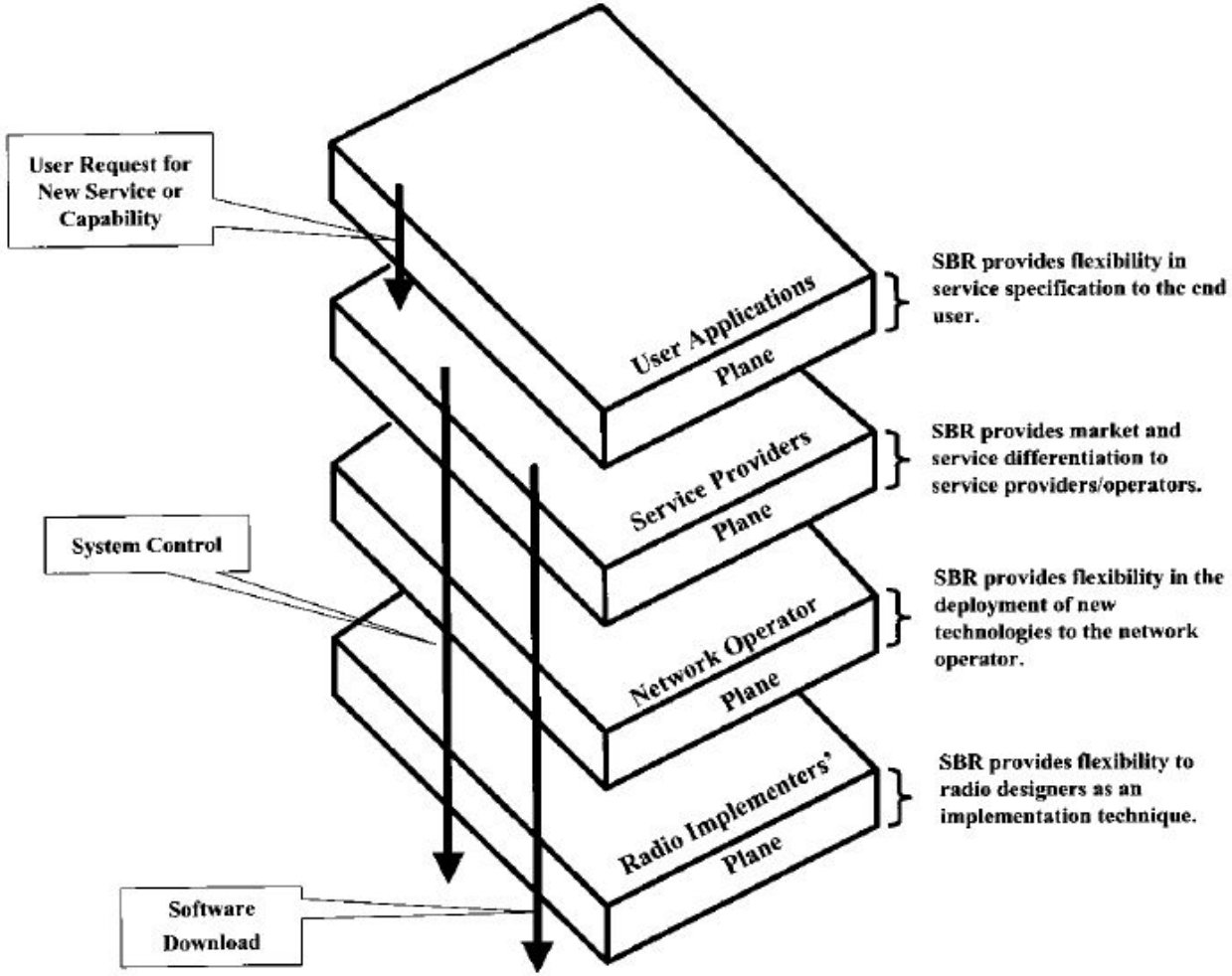
Множественный перенос в передатчике.

Недостатки:

1) Высокая сложность
2) Может понадобиться несколько сигналов генераторов
3) Требуются специализированные ППФ.

III. Программируемое радио.

Многомерная модель ПОР.



III. Программируемое радио.

Определения.

ПОР – программно-определяемое радио (SDR)

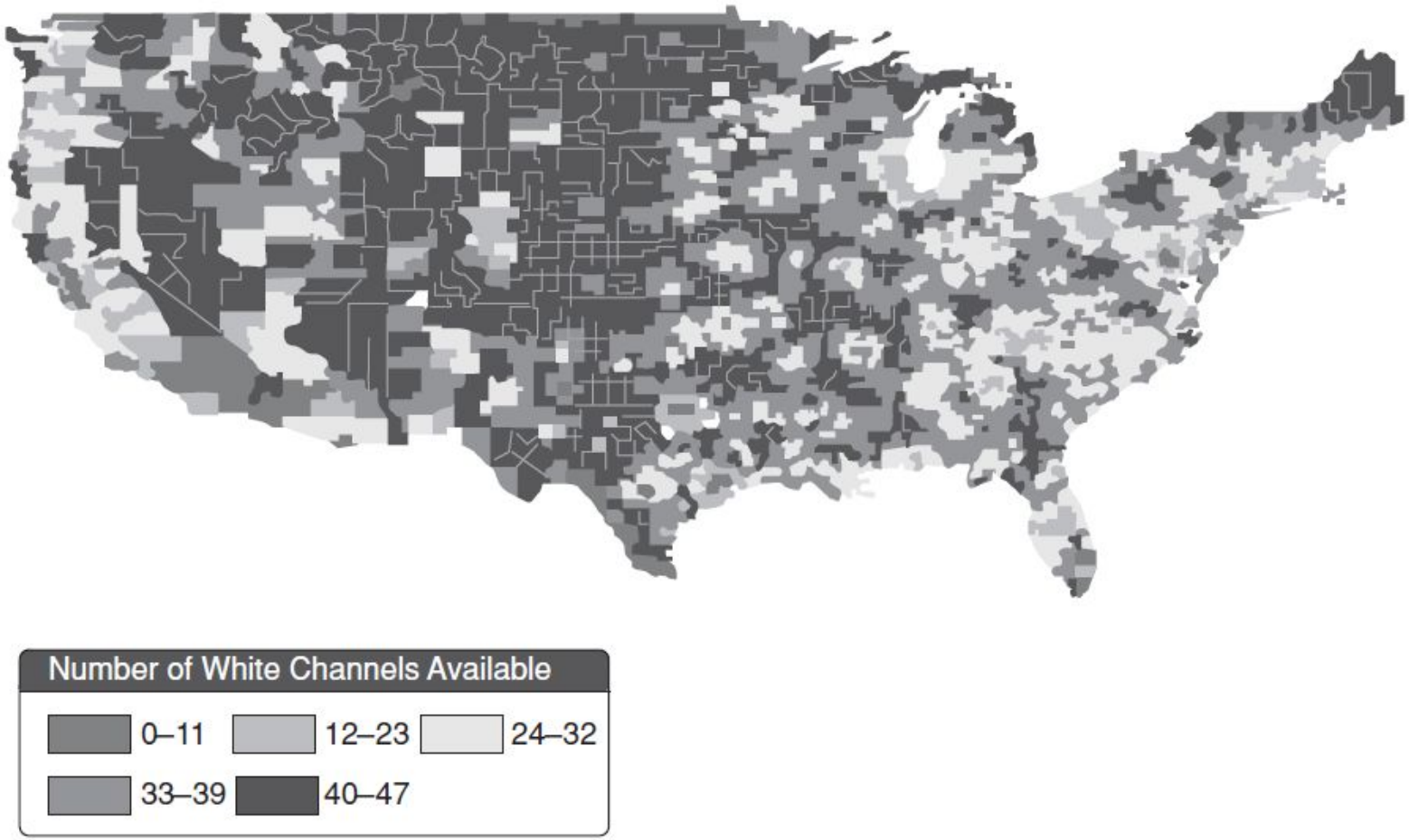
КР – когнитивное радио (CR)

Congnition – познавание (распознавание, измерение)

Sensing – считывание (измерение)

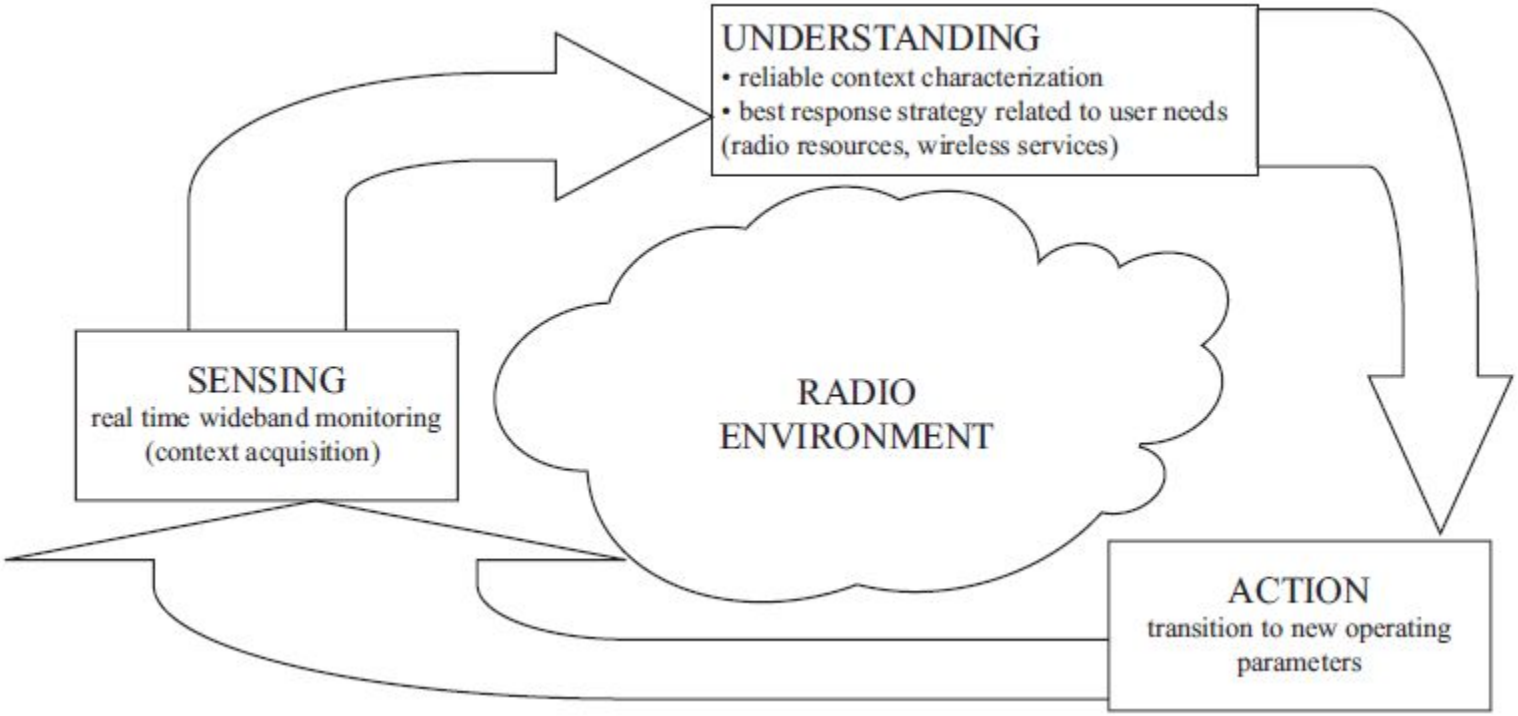
III. Программируемое радио.

Телевизионные диапазоны.



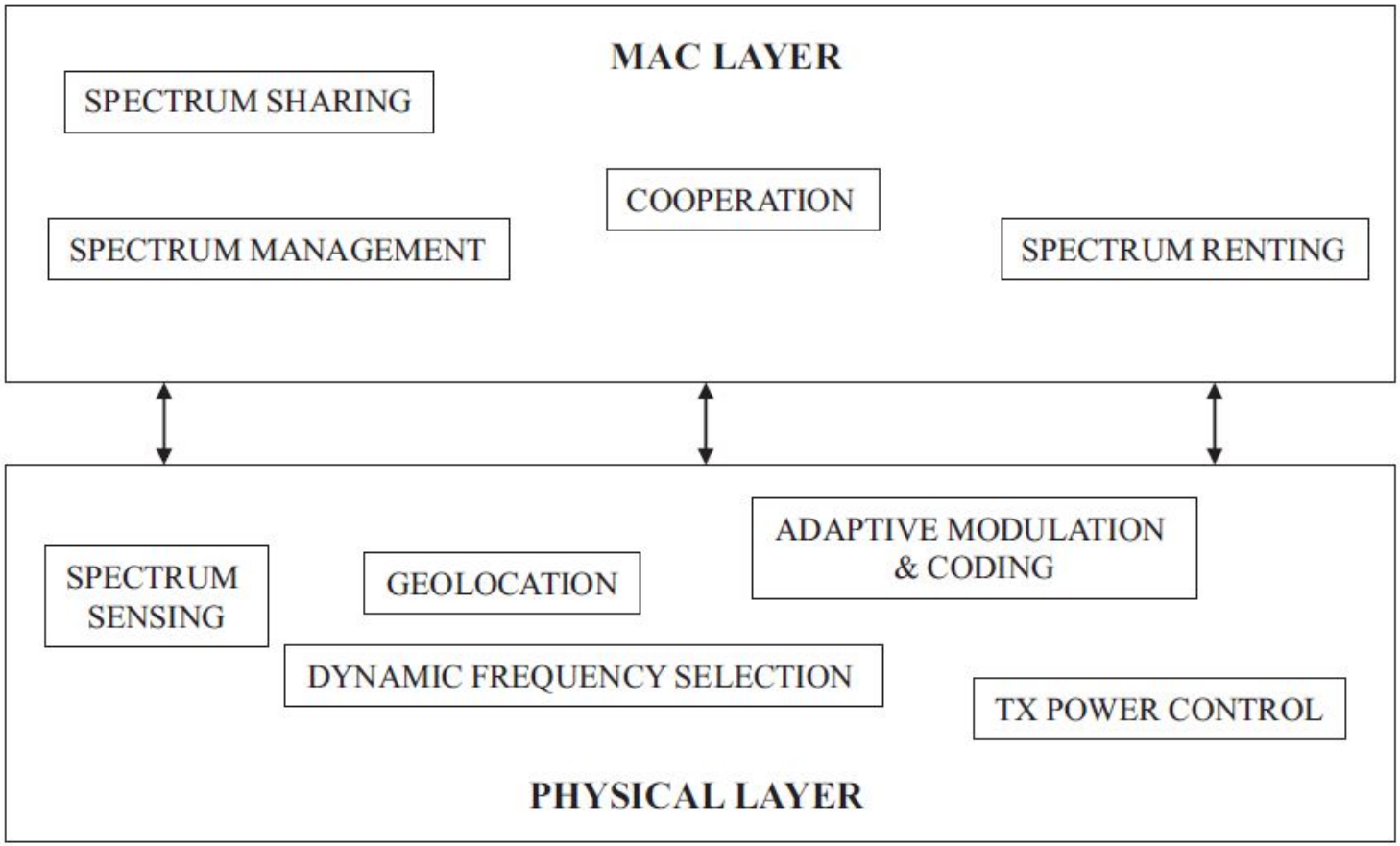
III. Программируемое радио.

Spectrum sensing



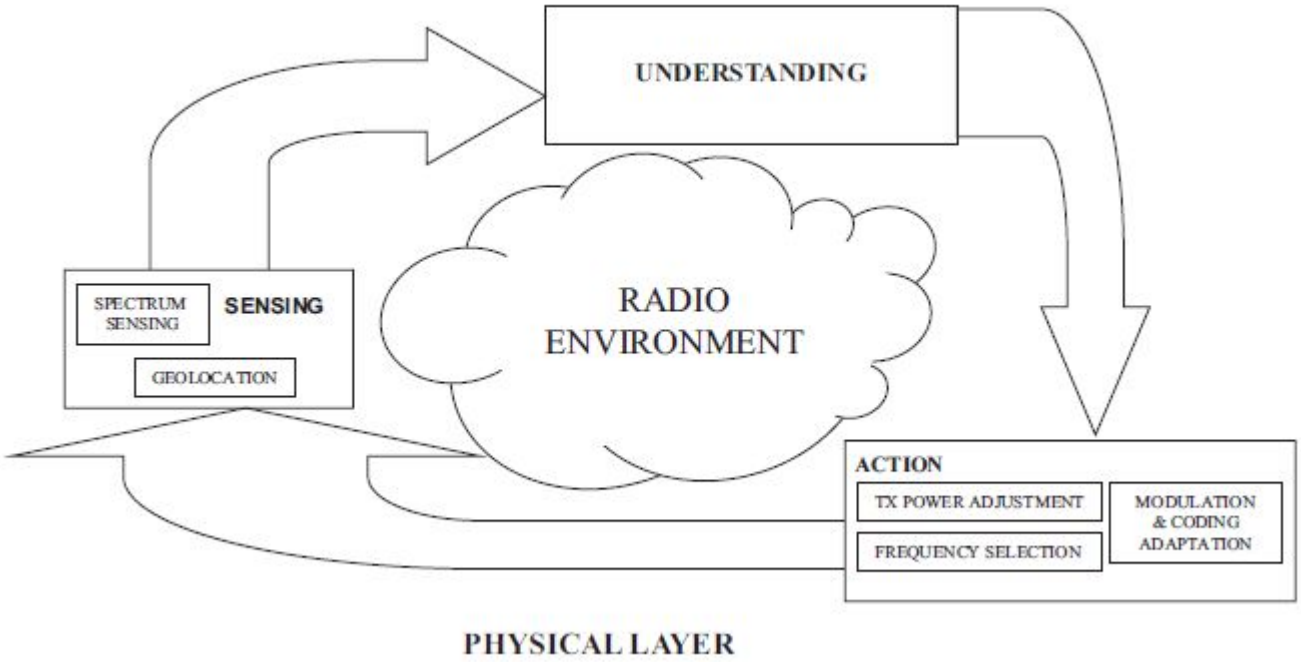
III. Программируемое радио.

Spectrum sensing (измерение, распознавание спектра)



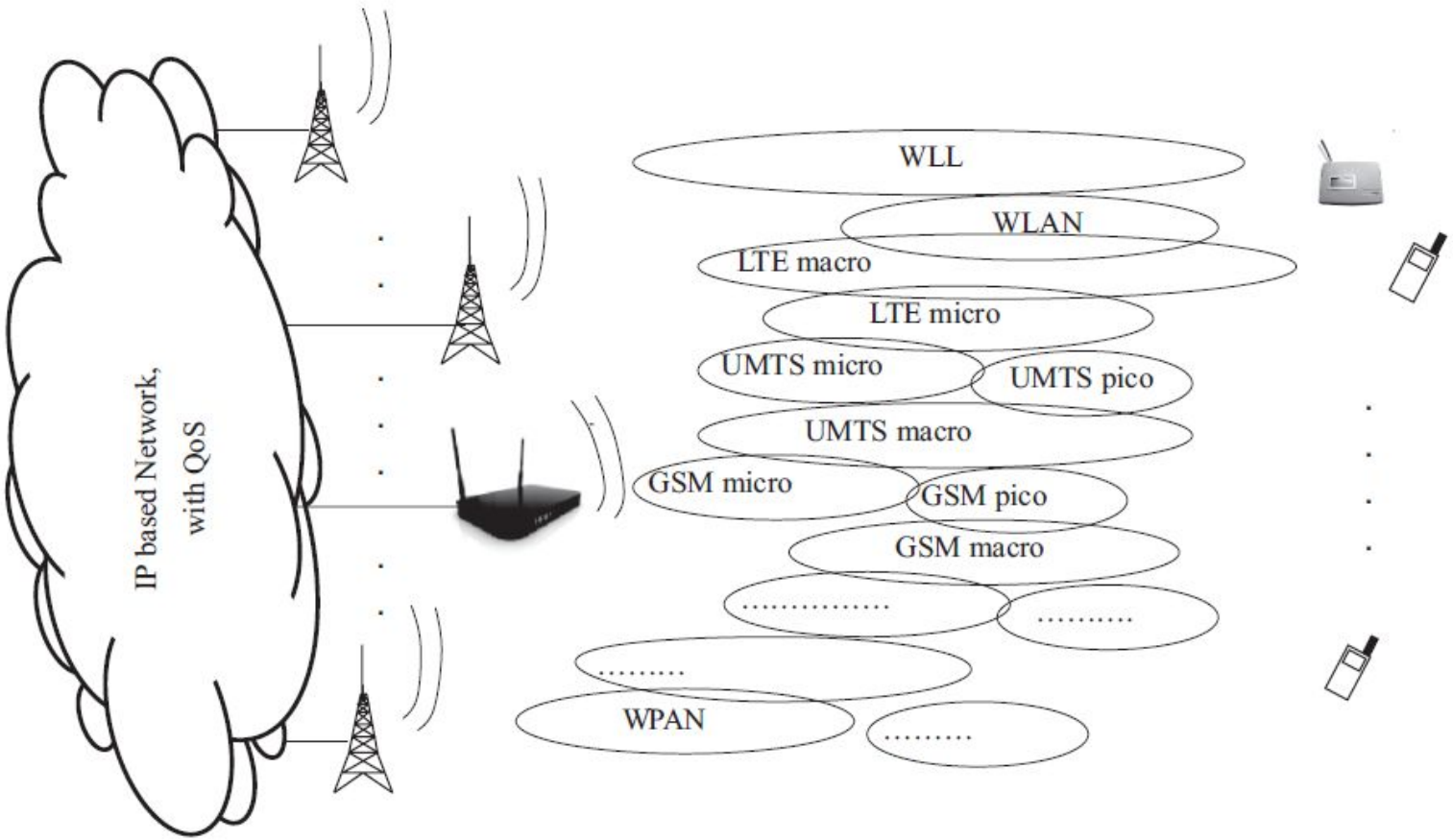
III. Программируемое радио.

Sensing-understanding-action



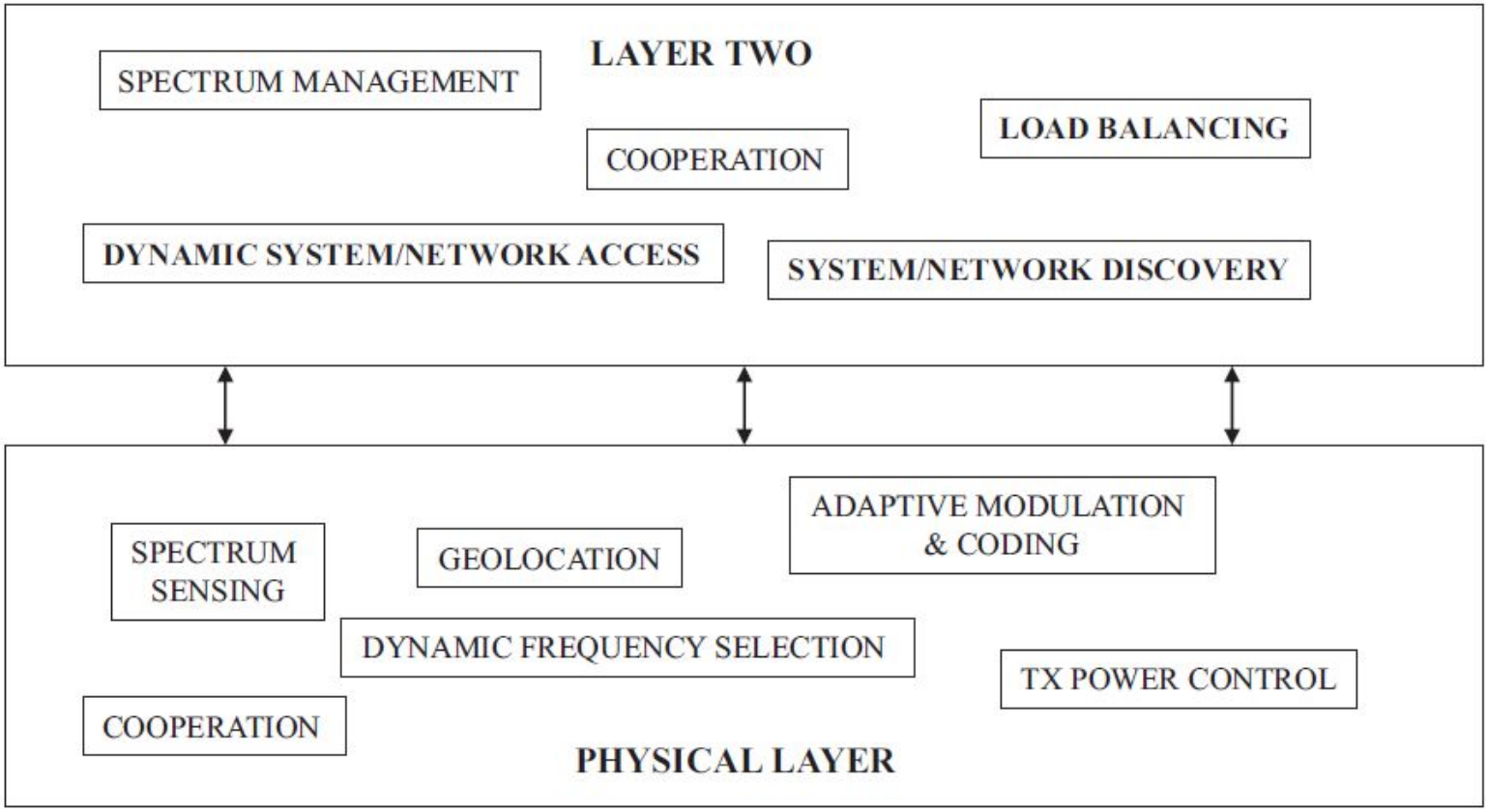
III. Программируемое радио.

Full Cognitive Radio



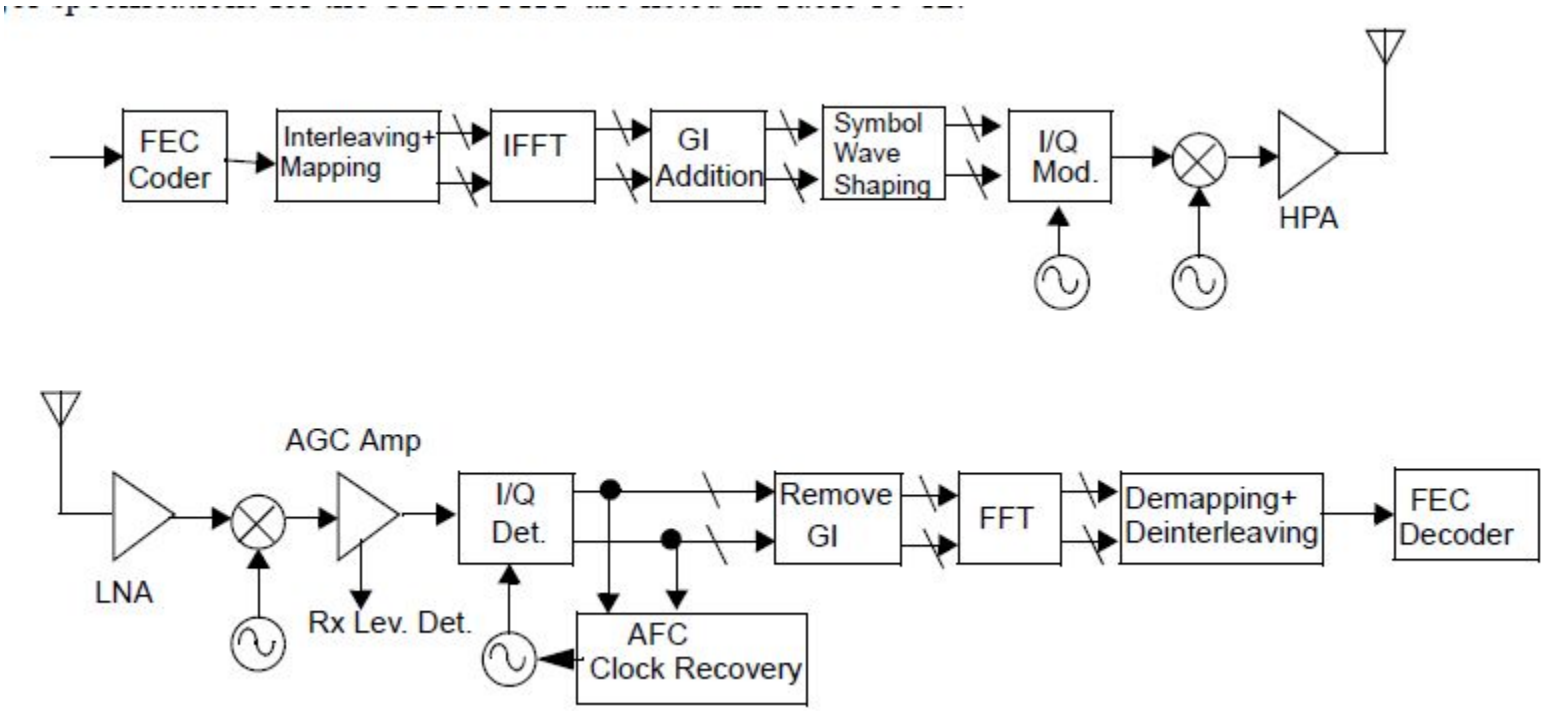
III. Программируемое радио.

Full Cognitive Radio



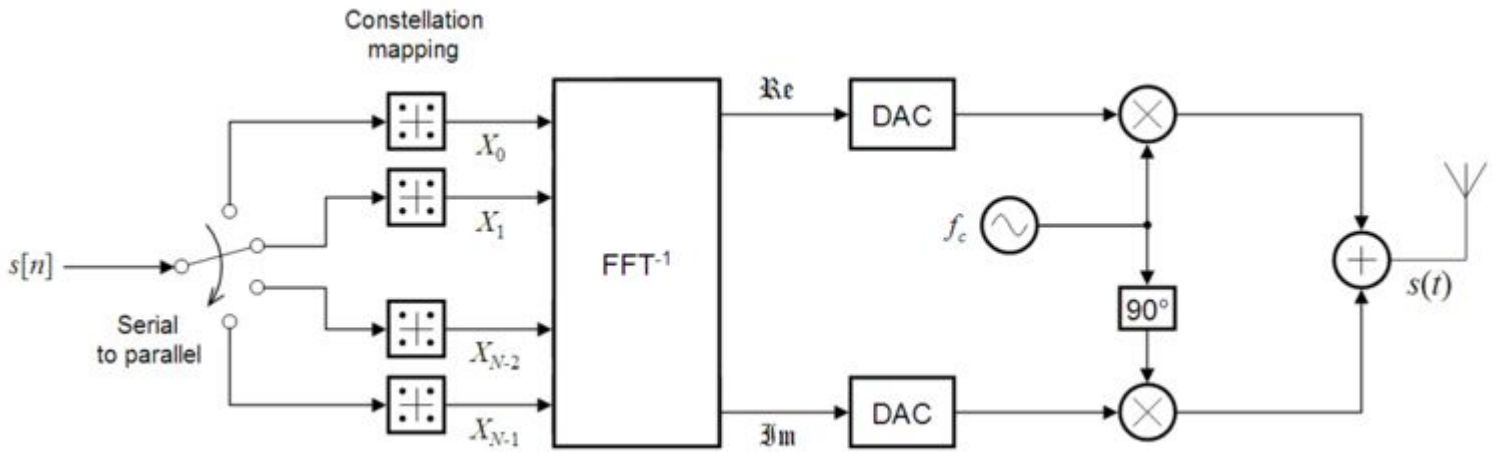
III. Программируемое радио.

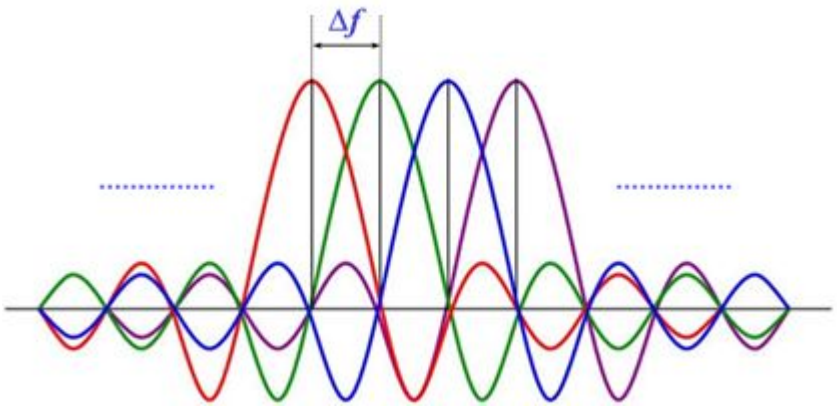
IEEE 802.11 и OFDM



III. Программируемое радио.

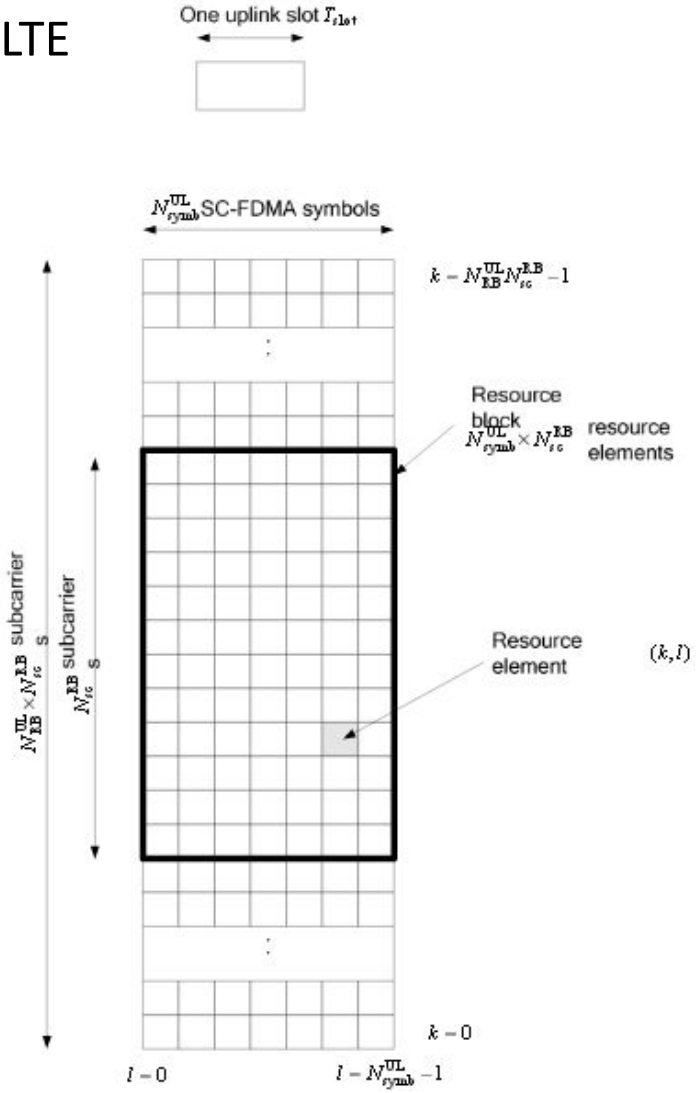
IEEE 802.11 и OFDM





III. Программируемое радио.

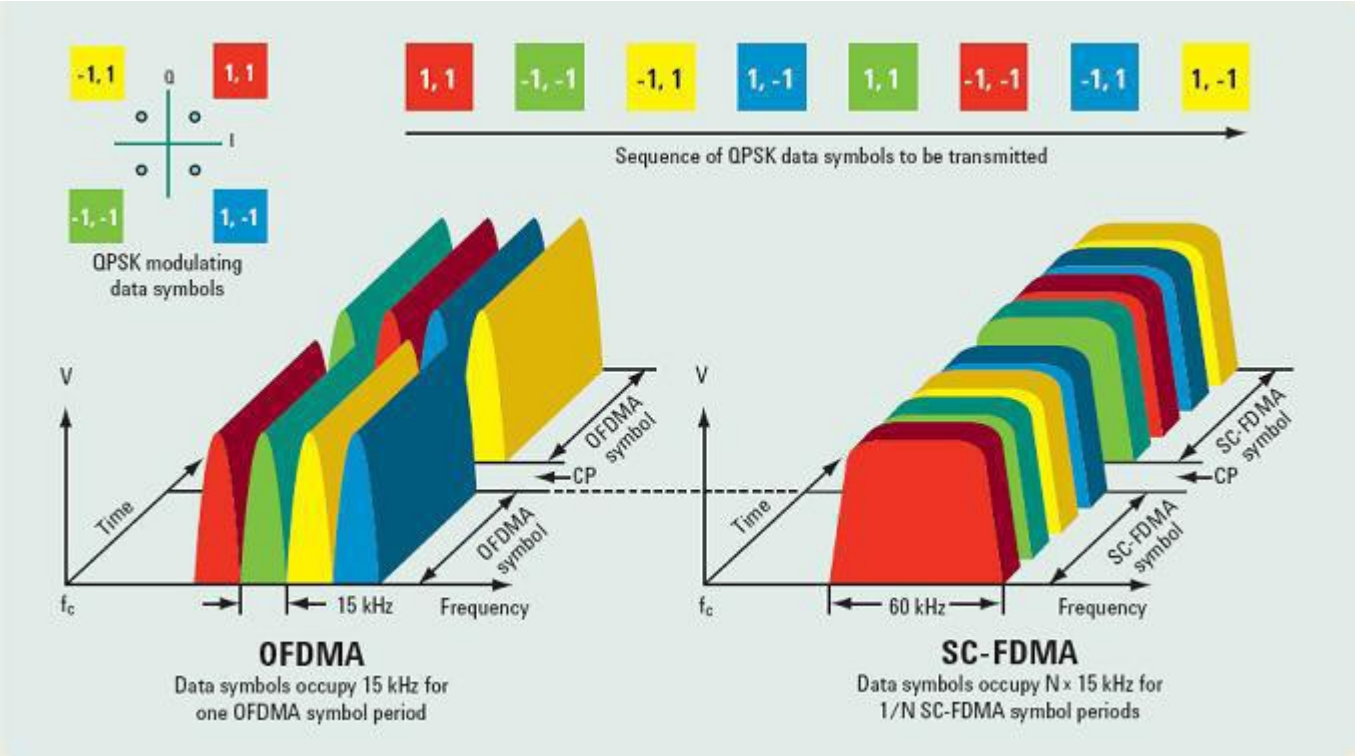
LTE



Channel bandwidth $BW_{Channel}$ [MHz]	1.4	3	5	10	15	20
Transmission bandwidth configuration N_{RB}	6	15	25	50	75	100

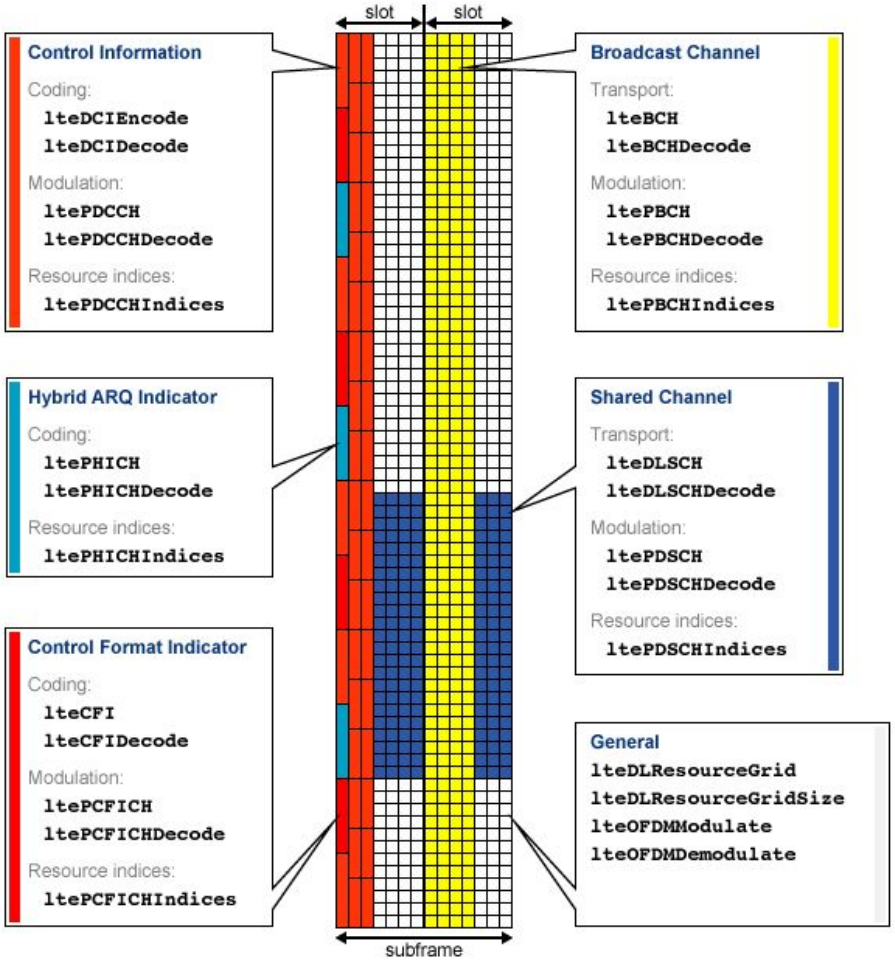
III. Программируемое радио.

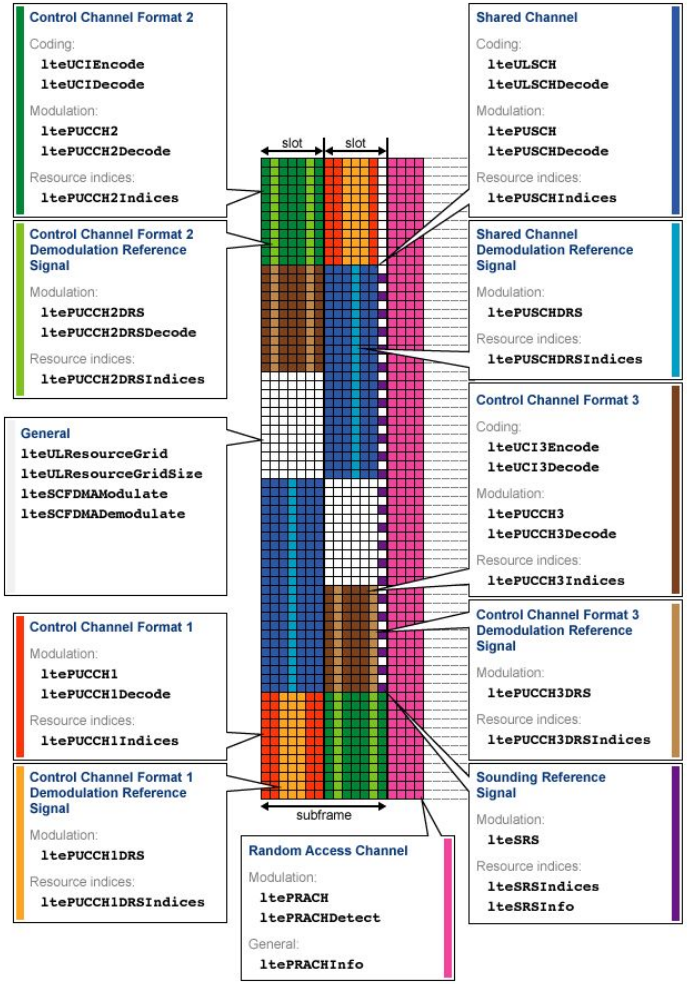
OFDMA и SC-FDMA



III. Программируемое радио.

Downlink Resource Grid



III. Программируемое радио.

Uplink Resource Grid