

ОСОБЕННОСТИ НАЦИОНАЛЬНОГО КОДИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ACS-500 и CRYPTON — ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ

В предыдущих номерах журнала (№7 и №8 за 2000 г.) были опубликованы статьи с кратким обзором кабельных систем кодирования. Как видно из статей, систем и технологий — множество. В нашей стране нашли широкое применение только две — ACS-500 и CryptOn, использующие примитивную технологию Sync Suppression. Вероятно, дело в том, что, благодаря оригинальным техническим решениям, эти системы сочетают в себе ряд достоинств:

1) (и главное!) Низкая стоимость абонентского декодера (до \$20) при наборе возможностей полноценной адресной системы — каждому абоненту можно индивидуально разрешить или запретить просмотр каждого отдельного канала, причем в реальном времени.

2) Система не ухудшает качество кодированного/декодированного сигнала по сравнению с исходным. Между тем кодированная "картинка" практически нечитаема.

3) Кодеры совместимы с любыми модуляторами, декодеры — с любыми телевизорами.

Недостатки же упомянутых систем можно считать несущественными:

1) Низкая стойкость. При данной технологии она не может быть высокой по определению. Но: во-первых, последнее слово в этом вопросе разработчиками еще не сказано. Во-вторых, как это ни странно звучит, опыт эксплуатации показывает, что степень защиты системы практически не влияет на финансовые аспекты ее эксплуатации.

2) Отсутствие сервиса, типичного для дорогих систем — вывода сообщений на экран телевизора. Ни абоненты, ни операторы особенно от этого не страдают.

3) Проблемы частного характера при подключении кодеров к конкретным моделям модуляторов и декодеров — к конкретным моделям телевизоров. Они могут причинить некоторую головную боль оператору системы, однако, в большинстве случаев так или иначе разрешимы.

Принцип "Запорожца"

В ACS-500 и CryptOn используется технология скремблирования Sync Suppression/Sync Removal — смещение по уровню/удаление из сигнала строчных синхроимпульсов (ССИ). Соответственно, в декодере синхроимпульсы должны быть восстановлены либо синтезированы. Собственно сама технология не оригинальна, в тех или иных модификациях она используется многими "дорогими" системами — Chameleon, CableCrypt, Zenith/Toocom и другими. На рис. 1 показаны осциллограммы исходного сигнала (вход кодера), кодированного сигнала (выход кодера), декодированного сигнала (выход декодера) и осциллограммы сигнала с частотой несущей, модулированного соответствующими сигналами видео. Процессы как кодирования, так и декодирования можно осуществить в двух точках тракта — по низкой частоте (в видеосигнале) либо по высокой частоте (в радиосигнале).

По низкой частоте:

■ Кодирование — сигнал видео складывается с последовательностью прямоугольных импульсов, совпадающих по времени с ССИ. В результате ССИ смещаются по уровню — площадка ССИ оказывается на уровне "серого".

■ Декодирование — исполнительная цепь декодера шунтирует (закорачивает на "корпус") кодированный сигнал видео на время ССИ, вставляя, таким образом, в видеосигнал импульс с нулевым уровнем (уровнем синхроимпульсов).

По высокой частоте:

■ Кодирование — на время исполнительная цепь кодера скачкообразно уменьшает коэффициент передачи на время, приходящееся на ССИ. Таким образом, уровень радиочастотного сигнала во время ССИ уменьшается до уровня, соответствующего уровню "серого".

■ Декодирование — на время ССИ исполнительная цепь декодера скачкообразно увеличивает коэффициент передачи таким образом, чтобы уровень радиосигнала соответствовал уровню синхроимпульсов (максимальному уровню).

В традиционных системах с Sync Suppression кодирование осуществляется по высокой частоте, такой способ обеспечивает корректную работу схем автоматической регулировки усиления по входному сигналу (APY) и восстановления постоянной составляющей сигнала (ВПС) модулятора. Для этого кодер должен быть подключен к модулятору по промежуточной частоте (для стандарта D — 38,9 МГц), то есть уже после собственно схемы модулятора. К сожалению, далеко не все модуляторы имеют возможность такого подключения. Декодирование же традиционно осуществляется по низкой частоте. Это связано с тем, что кодеры разных каналов работают не синхронно, и декодер для корректной работы должен принимать данные от кодера именно того канала, который необходимо декодировать. Это значит, что декодер должен иметь

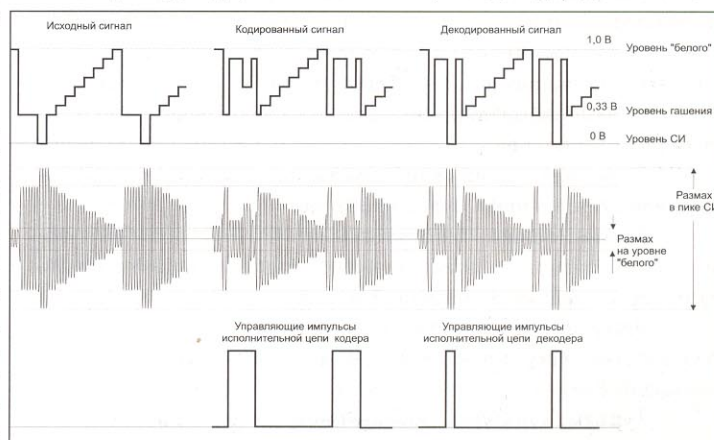


Рис. 1. Осциллограммы сигналов видео и радио на входе и выходе кодера и декодера

собственный демодулятор и все обслуживающие его цепи — систему синтезированной настройки, память каналов, дистанционное управление и т.д. Поэтому стоимость таких декодеров высока (около \$100). Можно использовать и демодулятор собственно телевизора, но для этого необходимо включить декодер между его радиоканалом и блоком цветности. Очень немногие телевизоры имеют такую возможность, даже у тех моделей, которые имеют и вход и выход видео, как правило, при обнаружении сигнала на видеовходе процессор автоматически отключает радиоканал.

Системы ASC500 и CryptOn организованы по принципу "За-порожца": то, что должно быть спереди, размещено сзади и наоборот. Кодирование осуществляется по низкой частоте, декодирование — по радиочастоте. Канальный кодер включается между источником видеосигнала и входом модулятора. Он изменяет уровень синхрои́мпульсов строк (ACS-500) либо удаляет синхрои́мпульсы из сигнала вообще, замещая их постоянным уровнем "серого" (CryptOn). Кроме того, в последние строки каждого поля вводятся управляющие сигналы для абонентских декодеров на частоте около 3 МГц. Этот сигнал вместе с видеосигналом поступает на модуляторы кинескопа телевизора с амплитудой нескольких десятков вольт. Это позволяет абонентскому декодеру, находящемуся рядом с телевизором, принимать управляющий сигнал на специальный антенный зонд. Таким образом, нет необходимости подключаться к внутренним цепям телевизора. Декодер включается между абонентским отводом кабельной сети и антенным гнездом телевизора. Антенный зонд (отрезок провода) располагается на задней крышке телевизора рядом с платой кинескопа. При работе телевизора на любом из каналов, декодер воспринимает команды только того кодера, который установлен на этом канале. Это позволяет декодеру восстанавливать структуру сигнала в случае получения команды "разрешено" (просмотр оплачен абонентом) или пропускать сигнал невосстановленным в случае получения команды "запрещено" или при отсутствии команды "разрешено". Исполнительная цепь декодера модулирует радиосигнал управляющим импульсом (см. рис. 1), что эквивалентно изменению уровня сигнала видео. Таким образом, ССИ "врезается" прямо в радиочастотный сигнал.

На рисунке показан радиочастотный сигнал одного телевизионного канала. На самом деле, на входе декодера присутствуют сигналы сразу нескольких каналов, а исполнительная цепь декодера не избирательна по частоте, поэтому ССИ вставляются одновременно в сигнал всех каналов. Но исходные сигналы на головной станции не синхронизированы, следовательно, кодеры также работают не синхронно. Поэтому декодер восстанавливает сигнал только того канала, на который настроен телевизор. В остальные каналы ССИ врезается не на свое "штатное" место, а в произвольную часть строки. Получается, что другие кодированные каналы на выходе декодера оказываются "еще больше закодированными" — кроме того, что у них удалены или модифицированы "собственные" ССИ, в них еще врезаны "чужие". Более того, если телевизор настроен на кодированный канал, то все открытые каналы на его входе (на выходе декодера) также становятся "кодированными" — декодер врезает в них ССИ, совпадающие по частоте и фазе с ССИ принимаемого канала, но вовсе не обязательно совпадающие с его собственными. Это обстоятельство не позволяет использовать один декодер для работы нескольких телевизоров.

Проблемы двух концов

Такая "перевернутая" система имеет два огромных плюса: кодер может быть подключен к любому модулятору, декодер — к

любому телевизору. Однако есть и минусы. На передающем "конце" некоторые функциональные узлы модулятора могут некорректно работать с сигналом кодера:

■ Схема автоматической регулировки усиления (АРУ) по входному сигналу. Она призвана поддерживать уровень сигнала видео на входе собственно модулятора постоянным независимо от случайных изменений входного сигнала. Однако уровень в активной части строки может изменяться от уровня гашения до уровня "белого" в зависимости от содержания "картинки". Поэтому цель АРУ регулирует общий уровень, анализируя размах ССИ. Но в кодированном сигнале ССИ присутствуют только в кадровом гашающем интервале (КГИ), в активных строках их нет. Если постоянная времени АРУ достаточно мала, то во время активной части поля АРУ будет "читать" уровень ССИ слишком низким и увеличивать уровень всего входного сигнала, что приведет к искажениям изображения. Поэтому, если модулятор имеет АРУ по входному сигналу, она должна быть отключена.

■ Схема восстановления постоянной составляющей видеосигнала (ВПС). Сигнал от источника до модулятора (имеется в виду модулятор, как функциональный узел, а не как законченный прибор) проходит множество разделительных конденсаторов, составляющих с входным сопротивлением включенных за ними узлов дифференцирующие цепи. Если постоянная времени такой цепи невелика, постоянная составляющая видеосигнала теряется. В результате сигнал видео с размахом от 0 до 1 В становится сигналом с размахом от -0,5 до +0,5 В. При этом уровень синхрои́мпульсов, который в исходном сигнале одинаков, будет меняться от импульса к импульсу в зависимости от содержания каждой строки. На рис. 2 показан сигнал "черно-белые горизонтальные полосы", прошедший дифференцирующую цепь (разумеется, искажения утрированы). Модулировать несущую таким сигналом нельзя, надо восстановить постоянную составляющую — "поставить" нижние полки синхрои́мпульсов на одну горизонтальную линию 0 В. Для этого используется схема ВПС — ключевая схема, на время ССИ "замыкающая" сигнал на "землю". В кодированном сигнале ССИ отсутствуют, поэтому схему ВПС необходимо переделывать.

Обе проблемы актуальны только в редких частных случаях. Как правило, система кодирования используется с недорогими модуляторами, у которых обе схемы — и ВПС и АРУ по входному сигналу — попросту отсутствуют. Без АРУ модулятор вполне обходится в принципе. Так как входные сопротивления каскадов, выполненных на современной элементной базе, велики, то при достаточной емкости разделительных конденсаторов можно обойтись и без ВПС.

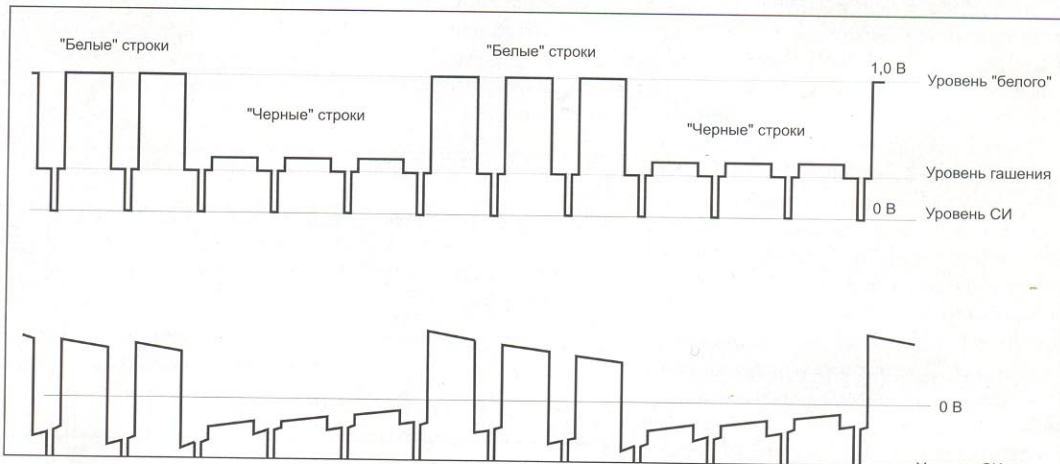


Рис. 2. Исходный сигнал видео на входе и на выходе дифференцирующей цепи

Проблемы приемного конца

■ Декодер принимает данные управления через антенный зонд от модуляторов кинескопа. Но на время КГИ модуляторы запираются схемой самого телевизора — это необходимо, иначе все служебные импульсы, передаваемые в КГИ (телетекст, сигналы испытательных строк, импульсы кадровой цветовой синхронизации SECAM и т.д.), были бы видимы во время обратного хода развертки по вертикали. Поэтому данные управления декодерами приходится передавать не в КГИ, а в активных строках — в последних

строках каждого поля. Это приводит к тому, что при некоторых настройках телевизора (размер по вертикали) импульсы данных видны на экране — в виде беспорядочных черно-белых штрихов в нижней части экрана.

■ В некоторых случаях антенного эффекта выводов кинескопа недостаточно для уверенного приема сигналов через зонд. Приходится подключать зонд к видеовыходу телевизора, а если таковой отсутствует — непосредственно к его внутренним цепям, что не слишком удобно и небезопасно.

Система CryptOn изначально разработана для работы в микроволновой распределительной системе МИТРИС, где декодер не может быть включен иначе, чем по низкой частоте (он подключается к декодерному разъему спутникового ресивера). Радиочастотный вариант декодера для кабельных и эфирных сетей был создан, как версия. Производители других систем, в том числе ACS-500, утверждают, что разработчикам CryptOn'a так и не удалось добиться устойчивой работы декодера через зонд со всеми моделями телевизоров. Это косвенно подтвердили и сами инженеры НПФ "Криптон": последняя модификация декодеров не имеет антенного зонда и подключается только к видеовыходу. С декодером можно использовать только телевизор, имеющий такой выход, в противном случае его необходимо доработать — установить соответствующий коннектор. Это не слишком удобно, зато устраняется и первая проблема — данные управления декодером передаются в одной из строк КГИ и не появляются на экране.

Сундук мертвеца

Несмотря на низкую стойкость, системы ACS-500 и CryptOn успешно эксплуатируются в десятках сетей, и их операторы не страдают от пиратов. Это естественно, потому что степень распространения пиратских технологий определяется не техническими, а экономическими факторами. Например, сложные и дорогие цифровые системы используются, как правило, в "дорогих" сетях — спутниковых и MMDS, где набор каналов широк, а абонентская плата — велика. Часть из этих систем уже взломана, над остальными упорно трудится интернациональное пиратское сообщество. Постоянный спрос на пиратскую продукцию можно наблюдать, зайдя практически в любую Интернет-конференцию по спутниковому или кабельному телевидению. Между тем, системы ACS-500 до сих пор широко используются в ранних версиях, взлом которых не представляет проблем даже для начинающего радиолюбителя. Однако, судя по тем же конференциям в Интернет и печатным изданиям, интересующихся пиратскими декодерами весьма немного. ACS-500 и CryptOn используются в больших кабельных сетях, где абонентская плата относительно невысока, а те же или почти те же каналы с худшим качеством абонент может принимать на индивидуальную эфирную антенну. Проще заплатить несколько рублей в месяц, чем создавать пиратскую конструкцию.

Несмотря на это, стойкость систем заботит кабельных операторов, причем не столько действующих, сколько будущих. При покупке системы кодирования это один из самых важных вопросов, наряду со стоимостью оборудования. Поэтому разработчики активно трудятся над совершенствованием своих технологий.

На рис. 3 изображена принципиальная схема простейшего пиратского декодера для систем ACS-500 ранних версий, в которых ССИ просто смещаются по уровню. Из осциллограмм (рис. 1) видно, что для восстановления сигнала достаточно лишь увеличить коэффициент передачи исполнительной цепи декодера на время обратного хода развертки по горизонтали. В качестве такой цепи используется регулируемый аттенуатор, состоящий из постоянного резистора R4 и сопротивления диода VD1. Через цепочку R1, C1, R2 на базу транзистора VT1 подается импульс обратного хода раз-

вертки от элемента связи L1, который представляет собой 1-2 витка провода, намотанные непосредственно вокруг сердечника выходного трансформатора строчной развертки телевизора. Полярность подключения L1 должна быть такова, чтобы обратному ходу соответствовал положительный импульс на базе VT1. Во время прямого хода VT1 закрыт, напряжение на его коллекторе близко к напряжению питания, через резисторы R3, VR1 течет значительный ток, отпирающий диод VD1. Сопротивление диода VD1 в открытом состоянии мало, соответственно, мал коэффициент передачи исполнительной цепи RF IN — RF OUT. Импульс обратного хода отпирает транзистор VT1, напряжение на его коллекторе падает практически до нуля, диод VD1 запирается, сопротивление его увеличивается, соответственно, увеличивается коэффициент передачи исполнительной цепи декодера. Эта схема малоприменима для практического использования — декодер не делает различия между модифицированными ССИ активной части поля и ССИ кадрового гасящего интервала, которые не изменяются, кроме того, подключение к строчному трансформатору весьма небезопасно. Описанный декодер можно рассматривать только как пример, демонстрирующий простоту взлома.

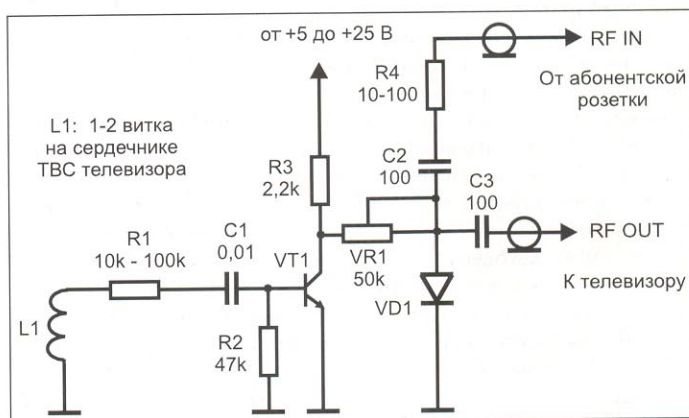


Рис. 3. Простейший пиратский декодер

Кодеры системы CryptOn вообще удаляют из сигнала ССИ, заменяя их напряжением постоянного уровня. Восстановить такой сигнал несколько сложнее, поскольку ССИ необходимо уже не выделить, а синтезировать заново. Для восстановления ССИ может быть использован задающий генератор с фазовой автоподстройкой частоты (ФАПЧ). Синхронизация генератора осуществляется ССИ, передаваемыми в кадровом гасящем интервале — они не удаляются и не модифицируются. Такая технология используется, например, для восстановления поднесущих цветности по сигналу "вспышки" в декодерах цветности PAL. "Вспышка" PAL за-

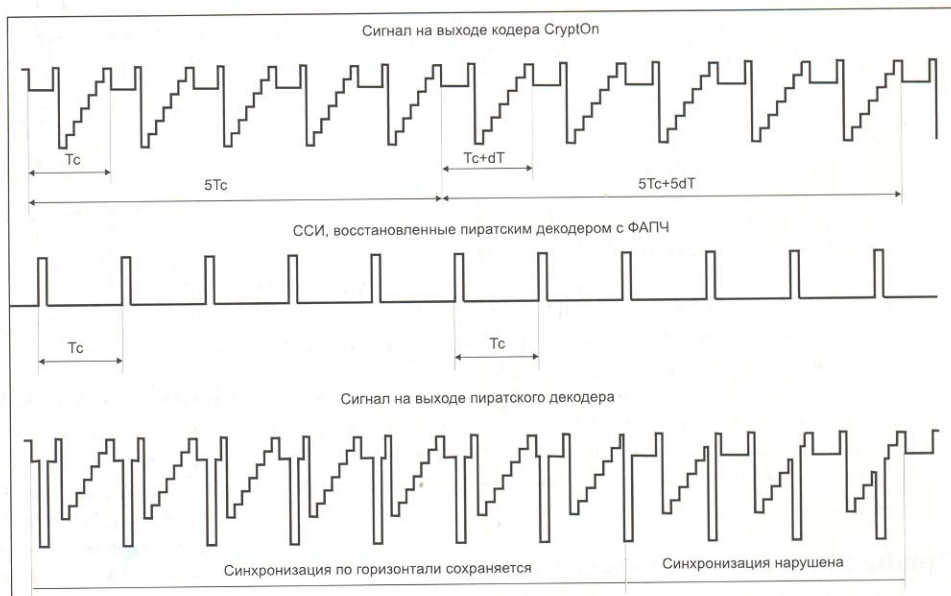


Рис. 4. Дополнительная защита в системе CryptOn

нимает по времени всего 3,5% от длительности строки, тем не менее, этого достаточно, чтобы цепь ФАПЧ синхронизировала опорный генератор по частоте и фазе с сигналом "выскачки". Затем на протяжении всей активной части строки сигнал опорного генератора используется для работы двумя синхронно-фазовыми детекторами цветоразностных сигналов. КГИ занимает 12,5% от всей длительности поля, поэтому стабильность частоты и фазы генератора с ФАПЧ на протяжении активной части поля обеспечивает еще большая, чем в декодере PAL. Практические схемы восстановления ССИ с помощью ФАПЧ можно найти в пиратских декодерах семейства "3Chip — 4Chip" для систем SSAVI (Sync Suppression & Active Video Inversion). Они подробно описаны в Интернет и широко используются для пиратского просмотра каналов, кодированных в SSAVI — системы Zenith, Toscom (декодеры с торговыми марками Pioneer, Jerrold, Salora, Zenith, Scientific Atlanta и др.). (Кстати, автору представляется совершенно нецелесообразным использование этих систем в сетях MMDS в Москве и Санкт-Петербурге — они сочетают высокую стоимость оборудования, присущую цифровым системам, с низкой стойкостью, сравнимой со стойкостью Sync Suppression систем.)

Создатели системы CryptOn разработали технологию, обеспечивающую дополнительную защиту. К каждому кодеру добавляется доработанный кадровый синхронизатор. Это устройство позволяет в небольших пределах изменять длительность строк. Кадровый синхронизатор управляется кодером. В результате в кодированном сигнале не только удаляются ССИ, но и на некоторую малую величину изменяется длительность строки. Изменение происходит по псевдослучайному закону, определяемому кодером. Например, начиная с i -той строки длительность N строк увеличивается на $dT1$, затем начиная с $i+N$ -ной строки длительность M строк уменьшается на $dT2$ и т.д. Изменения достаточно малы для того, чтобы на экране были заметны геометрические искажения изображения. Однако в системе с переменной длительностью строки абсолютно неработоспособны декодеры, восстанавливающие ССИ с помощью ФАПЧ. Это видно из осциллограмм на рис. 4. На участке $5Tc$ длительность строки не изменяется, и любой декодер

(фирменный и пиратский) работоспособен. На участке $5Tc+5dT$ длительность строки изменяется на величину dT . Фирменный декодер по команде кодера мгновенно изменяет частоту синтезируемых ССИ. Система автоматической подстройки частоты и фазы (АПЧФ) задающего генератора разверток телевизора оперативно изменяет частоту собственных генерируемых ССИ, синхронизируясь ССИ фирменного декодера, поэтому изображение остается синхронным. Пиратский декодер продолжает синтезировать ССИ с периодом Tc . В результате ССИ пиратского декодера оказывается смещенным относительно начала строки: в первой измененной строке — на dT , во второй — на $2dT$ и т.д. Рано или поздно смещение увеличивается настолько, что горизонтальная синхронизация срывается. Декодеры CryptOn изначально способны работать как в системе со стабильными синхроимпульсами, так и в модернизированной, поэтому введение дополнительной защиты не требует замены декодеров — достаточно дооборудовать головную станцию. Решение весьма оригинальное — примитивная аналоговая система благодаря нелинейным преобразованиям сигнала приобретает стойкость цифровой, при этом стоимость оборудования увеличивается минимально.

Проблемы систем ACS-500 и CryptOn, определенно имеющие место, так или иначе решаемы и несравнимы с достоинствами систем, прежде всего, с ценой. Поэтому обе системы успешно используются и будут использоваться в кабельных, эфирных и беспроводных распределительных сетях. По данным производителя ACS-500 НПК "Телевидео", на 1997 г. в России и СНГ работало 58 систем ACS-500, из них 3 системы в беспроводных сетях на основе MMDS. Система CryptOn разработана позже, однако, успешно эксплуатируется уже в нескольких десятках сетей, в том числе беспроводных — с системами MMDS фирмы ComWave в Татарстане и с распределительной системой МИТРИС — на Украине. Автор надеется, что настоящая статья не напугает отечественных операторов — они народ крепкий, — а наоборот, поможет глубже понять принципы работы и определиться с выбором той или иной системы.



ТелеШоу

TeleShow

Осень Autumn

"ТелеШоу" предлагает:

- Новинки и классика отечественной и зарубежной лицензионной телепродукции
- Пресс-конференции и презентации новых проектов
- Круглые столы и семинары с участием профессионалов международного рынка телеиндустрии
- Современное оборудованные стенды в престижном выставочном зале Конгресс-холла ЦМТ

Среди участников:

- Покупатели и продавцы из России, стран СНГ и Балтии, Европы и Америки
- Центральные и региональные телеканалы, студии кабельного телевидения
- Представители отечественных и зарубежных телевизионных сетей, киностудий, продюсерских и дистрибьюторских компаний
- Производители кино-, теле- и видео продукции

Дирекция "ТелеШоу"

Адрес: 109028 Москва, Хохловский пер., 10/1
Тел/Факс: (095) 917 86 28, 916 29 74, 956 48 94, 956 48 95
E-mail: info@teleshow.ru

Moscow International TV Market

14-16 ноября

November, 14-16

Market:

- Special screenings
- Business center
- Information packed workshops
- Press-conferences & products presentations
- High impact sponsorship opportunities
- Pre-arranged meetings
- First class business, public and press relations service
- Right contacts and excellent sales opportunities

Participants:

- 100 stands in prestigious exhibition area
- More than 500 program buyers from Russia, CIS & Baltic States, Eastern Europe and Central Asia
- Key Moscow TV Channels, distribution and production companies: NTV, ORT, TV Center, CTC, THT, TV-6, VIDEOFILM, Premier Film, MOSFILM

Приглашаем к участию!

Ждем Вас в Центре Международной Торговли Москва!

"TeleShow Ltd." Film Market Management:

Тел/Факс: +7 (095) 917 86 28, 916 29 74, 956 48 94, 956 48 95
E-mail: info@teleshow.ru