

Экранированный кабель «витая пара» против неэкранированного кабеля «витая пара»

Ошибочный взгляд на рабочие характеристики

Ошибочный взгляд на рабочие характеристики

В последнее время большое внимание уделяется электромагнитной совместимости в различных информационных приложениях кабелей на основе экранированной витой пары (STP) по сравнению с кабелями на основе неэкранированной витой пары (UTP). Широко распространенные традиционные взгляды на экранирование привели к вере в то, что физически “экранированный” кабель безусловно обладает лучшей невосприимчивостью к шуму и более низкими уровнями излучательной способности, чем “неэкранированный” кабель. Однако полученные результаты исследований показывают, что невосприимчивость к шуму и излучательные характеристики информационных кабелей типа неэкранированная витая пара практически не отличаются от таких же характеристик кабелей типа экранированная витая пара. Опубликованная работа “Сравнение характеристик чувствительности к помехам кабелей типа экранированная витая пара и неэкранированная витая пара при передаче данных” дает заключение, что кабельные системы на основе UTP Category 5 демонстрируют превосходные рабочие характеристики с точки зрения электромагнитной совместимости и в то же время обеспечивают конкурентноспособные цены при монтаже и эксплуатации.

По мере увеличения скоростей передачи информации в телекоммуникационных системах, растет внимание к проблемам шума и его разрушительном воздействии на телекоммуникационные сети. Электромагнитная совместимость (EMC - Electromagnetic Compatibility) является показателем способности кабельной системы минимизировать уровни излучаемой энергии (испускание излучения) и быть устойчивой к шумовым помехам от внешних источников (невосприимчивость). Важно помнить, что рабочие характеристики EMC определяются общим качеством кабельной системы и сетевого оборудования. Кабельная система с превосходными рабочими характеристиками не может улучшить рабочие характеристики EMC плохо сконструированного телекоммуникационного оборудования. И наоборот, кабель с плохими рабочими характеристиками может стать причиной ухудшения рабочих характеристик EMC хорошо сконструированного оборудования.

Передающие характеристики витой пары

Понимание эффективных способов снижения уровней излучения и повышения невосприимчивости зависит от понимания принципов, на которых основана передача сбалансированного сигнала по паре витых проводников. Сбалансированный сигнал состоит из двух одинаковых по амплитуде и противофазных сигналов, распространяющихся по двум проводникам пары. Приемник интерпретирует сигнал, приходящий по линии передачи витая пара как разницу напряжений между двумя проводниками. В приложении к кабелю термин “баланс” означает насколько точно соответствуют друг другу проводники в одной паре. В идеально сбалансированной кабельной системе электрические наводки вызывают одинаковые шумовые сигналы в обоих проводниках пары. Вследствие того, что шумы в проводниках равны по амплитуде, но не противофазны, приемник, который обнаруживает только разницу напряжений, их игнорирует. Кроме того, при идеальных условиях, два одинаковых по амплитуде и противофазных сигнала, генерируемые передатчиком, образуют равные по напряженности и противофазные электромагнитные поля, которые являются самокомпенсирующимися и дают суммарный эффект отсутствия излучения.

Излучение

К сожалению в реальных ситуациях передаваемые сигналы и кабельные компоненты не бывают идеально сбалансированными. Такая разбалансированность приводит к испусканию электромагнитного излучения, энергия которого зависит от степени разбалансированности и амплитуды передаваемого сигнала. Несбалансированные токи в паре могут рассматриваться как ток, текущий в одну сторону по одному из проводников и возвращающийся обратно по другому, таким образом формируя огромную петлю. Эта часть несбалансированного тока ведет себя как

контурная антенна, формирующая поле. Напряженность поля зависит от площади петли и количества проходящего по ней "нескомпенсированного" тока. Такое излучение может мешать работе беспроводных приемников, таких как телевизоры, радиоприемники и сотовые телефоны, а также устройств, использующих медный кабель для приема-передачи сигналов. Уровень излучения зависит от степени сбалансированности пары, а также от других второстепенных факторов, таких как, например, изоляционный материал кабеля. Для снижения уровня излучения энергии важно поддержание баланса пар как для кабелей UTP, так и для кабелей STP.

Невосприимчивость к шуму

В дополнение к излучению реальные кабельные системы подвержены влиянию шумовых помех. Невосприимчивость - это способность кабельной системы противостоять воздействию шумов и помех. Помехи могут генерироваться передающими антеннами (например, радиостанциями), излучением от других электронных устройств (например, от близко расположенного принтера ПК) или наведенным шумом от электрических приборов (например, от электродвигателей и электровыключателей).

В кабелях UTP и STP применяются две различные стратегии противостояния шумовым помехам. В неэкранированных кабелях витая пара для повышения невосприимчивости к шуму основная ставка делается на хороший баланс пар в кабеле. Когда сбалансированность кабельной UTP-системы приближается к идеальной, наведенные шумовые токи на витых проводниках выравниваются и приемник, который способен обнаруживать только разницу напряжений на паре, становится невосприимчивым к шумовым помехам. Таким образом, даже без защиты с помощью физического "экрана" идеально сбалансированная пара будет демонстрировать отличную невосприимчивость к шуму.

В экранированных кабелях витая пара для улучшения невосприимчивости к шуму используется легко разрушимая и дорогостоящая техника. Поле шумовой помехи наводит ток в металлическом экране кабеля. В результате стекания на землю наведенного тока на сигнальных проводниках под экраном будет наводиться одинаковый по амплитуде и разнофазный ток. По мере приближения качества экрана к идеальному два тока становятся равными по амплитуде и противофазными, компенсируя влияние шумовых помех.

Комбинированное влияние

Сложное взаимозависимое соотношение существует между явлениями шумовых помех и испусканием излучения. Идеально сбалансированная кабельная система обладает бесконечно высокой невосприимчивостью к шуму и не испускает электромагнитное излучение (в случае если передатчик и приемник также идеально сбалансированы).

Однако в реальных ситуациях, если сигнальные проводники "открыты" для несбалансированных шумовых токов, не только регистрируется шум на стороне приемника, но и несбалансированный ток создает описанный ранее эффект контурной антенны. Следовательно, несбалансированная передающая система на витой паре или неправильно заземленная передающая STP-система будут не только испускать излучение, но будут также подвержены шумовым помехам от внешних источников. Как разработчики систем и оборудования, так и конечные пользователи во время принятия решений, касающихся кабельных систем, должны тщательно исследовать возможность возникновения этих явлений:

Инженеры и разработчики систем и оборудования

· Разработчики систем и оборудования, занимающиеся проектированием устройств для передачи и приема телекоммуникационных сигналов, часто рассматривают проблемы излучения и невосприимчивости к шуму как вопросы, требующие компромиссного решения. Для соответствия требованиям к излучению (таким как FCC Part 15 и IEC CISPR22), часто снижается амплитуда передаваемого сигнала. К сожалению низкие уровни сигналов увеличивают восприимчивость системы к шуму. С точки зрения разработчика хорошая кабельная система - это система, которая позволяет вести передачу сигнала с уровнями, достаточными для преодоления остаточного шума, и в то же время удовлетворяющими требованиям к излучению, установленные для предполагаемого рынка.

Конечные пользователи

· Главной заботой для огромного большинства конечных пользователей является то, насколько хорошо будет функционировать система в различных конфигурациях и при различных кабельных решениях. Невосприимчивость к воздействию со стороны электромагнитных шумов является главным критерием при определении рабочих характеристик установленной системы (часто выражается как BER - bit-error-rate - уровень битовой ошибки). В случае LAN ухудшение рабочих характеристик может значительно увеличить время реакции системы и в экстремальных ситуациях вызвать аварию в сети. С точки зрения конечного пользователя хорошая кабельная система позволяет реализовать множественные конфигурации (то есть количество пользователей, количество подключений, длины кабельных сегментов) и в то же время сохранять приемлемые рабочие характеристики BER. По этой причине экранированные кабели обладают интуитивной привлекательностью для тех, кто не подозревает об опасностях, создаваемых неправильно terminated экраном, и не знает о хорошей невосприимчивости к шуму и отличных рабочих характеристиках кабельных систем UTP, предназначенных для передачи данных.

Физические характеристики кабеля UTP по сравнению с STP

Неэкранированный кабель витая пара состоит из двух или более одножильных медных проводников, в основном размером 24 AWG, отдельно помещенных в изолирующие пластиковые оболочки. Изоляция, как правило, изготавливается из термопластичного материала, такого как поливинилхлорид (PVC - ПВХ) для кабелей более низкого класса и из полиэтилена для кабелей высших классов. Изолированные проводники обычно свиты с различным шагом витков для повышения сбалансированности пар и улучшения невосприимчивости к шуму между парами (NEXT).

Экранированный кабель витая пара состоит из свитых пар (как описано выше), которые окружены экраном, представляющим собой луженую сетку, фольгу или комбинацию обеих. Два наиболее распространенных типа техники экранирования - это индивидуальное экранирование каждой пары и экранирование всего кабельного пучка. Практика индивидуального экранирования витых пар имеет целью уменьшение излучения и повышение невосприимчивости к шумовым помехам, а также для улучшения рабочих характеристик NEXT. Общее экранирование кабеля снижает уровень излучения и повышает невосприимчивость к шумовым помехам, но не улучшает рабочие характеристики NEXT между парами. Недостатком кабелей, экранированных только оболочкой из фольги является то, что они подвержены низкочастотному EMI-шуму, например, генерируемому мощными электрическими двигателями. Кроме того, экранирование в общем случае ухудшает характеристики кабеля по затуханию сигнала. Это повышенное значение затухания является следствием добавочной емкости между экраном и витыми парами.

Испытания

В AT&T Bell Laboratories было проведено сравнительное исследование рабочих характеристик экранированного кабеля витая пара и неэкранированного кабеля витая пара с помощью двух тестовых процедур. Была исследована чувствительность кабеля к шуму при защите только с помощью экранирования (измерение вторично наведенного тока). Результаты этого теста являются индикатором проникновения шума через экран. Еще одна серия исследований была выполнена для сравнения относительных уровней помехового напряжения, наводимого на кабелях UTP Category 3, UTP Category 5 и Type 1 STP в результате воздействия шума (измерение разницы напряжений).

Измерение вторично наведенного тока

Многие проектировщики систем и оборудования, а также конечные пользователи уверены в том, что качество их кабельных систем на основе STP является следствием физического присутствия "экрана". Однако, любой экран, если он изготовлен и terminated некачественно, будет вести себя как антенна, излучая или поглощая шумы. Эффективно экранированная кабельная система должна быть правильно terminated с обоих концов и должна поддерживать целостность экрана в каждом соединении по всей кабельной системе. При измерении вторично наведенного тока сравнивают результирующее воздействие шума, произошедшее вследствие нарушения системы заземления, с воздействием шума на хорошо заземленный кабель.

По результатам этого теста невосприимчивость экрана к шуму изменялась от граничной (10% для заземляющего отвода длиной 1 дюйм) до плохой (50% для заземляющего отвода длиной 8 дюймов) и результирующее влияние на сигнал изменялось соответствующим образом. Это

замечание является очень важным, так как на практике очень часто экран заземляется с помощью заземляющего отвода.

Результаты измерений вторично наведенного тока четко демонстрируют, что любая деградация экрана может ухудшать невосприимчивость к шуму до такой степени, что начинают происходить искажения сигнала. Очевидно, что физическое наличие экрана само по себе недостаточно для обеспечения невосприимчивости к шуму. Более того, качество терминирования экрана по всей телекоммуникационной системе и качество монтажа системы заземления определяют уровень невосприимчивости к шуму. На самом деле сбалансированная линия передачи с неправильно терминированной системой экранирования может быть более подвержена шумовым помехам, чем если бы она не была экранирована вовсе.

Измерение разницы напряжений

Важным фактором при выборе кабельной продукции как для разработчиков систем и оборудования, так и для конечных пользователей является общий уровень работоспособности кабеля. Измерение разницы напряжений, основанное на измерении уровней помех, вызванных шумом, были проведены для кабелей UTP Category 3, UTP Category 5 и Type 1 STP.

На основании результатов измерений инженеры Bell Labs сделали заключение, что "при соблюдении определенных правил, в реальных рабочих условиях неэкранированный кабель витая пара может достигать таких же высоких рабочих характеристик по сопротивляемости к шуму, какие присущи экранированному кабелю витая пара. Результирующие дифференциальные шумовые напряжения, измеренные в кабелях UTP Category 5 и STP были достаточно низкими для обеспечения точной передачи данных, учитывая жесткие условия эксперимента".

Выводы по результатам измерений

Результаты измерений разницы напряжений и вторично наведенного тока привели к заключению, что и UTP и STP способны обеспечивать степень невосприимчивости к электромагнитным помехам от хорошей до отличной. По определению специалистов Bell Labs степень невосприимчивости "зависит от сбалансированности системы UTP и качества экранирования системы STP. Кабели UTP для высокочастотных приложений с жестко контролируемым балансом могут обеспечивать рабочие характеристики EMC, сравнимые с такими же характеристиками кабельных систем на основе STP с хорошим экраном. И точно так же, плохо экранированная система STP или система с дефектным экраном может оказаться более уязвимой к помехам, чем хорошо сбалансированная система на основе UTP".

Заключение

Измерения рабочих характеристик, проведенные AT&T развеяли некоторые заблуждения, связанные с рабочими характеристиками кабелей на основе экранированной и неэкранированной витой пары. Результаты измерений вторично наведенного тока привели к заключению, что "сам по себе экранированный кабель не обеспечивает невосприимчивости к шуму. Следует рассматривать внешнее экранирование всей линии, так как на первый взгляд безобидные соединения могут оказывать и оказывают значительное влияние на эффективность экранирования. Кроме того, поддержание высокого качества экрана в каждой точке становится дорогим, а разработчик системы должен найти компромисс между требованиями, предъявляемыми к системе, учитывая требуемые рабочие характеристики EMC, а также стоимость компонентов и обслуживания системы". В заключение можно констатировать, что при использовании обычных кабельных конфигураций, неэкранированный кабель полностью способен обеспечивать такой же уровень устойчивости к шуму, как и экранированный кабель.