تطبيقات علي نقل الكهرباء لاسلكيا

الجزء الأول – إصدار رقم 1 أغسطس 2014

إعداد م/ عبد المجيد أمين الجندي

المحتويات

المحتويات 2

المقدمة 3

الحاصدة الكهرومغناطيسية Electromagnetic Harvester 4

الشحن الحثي Inductive Charging 5

شحن فرشاة الأسنان بواسطة الربط الحثي Inductive Coupling 5

طاولة الطاقة Splashpower Mat 7

بطارية عجيبة 8

الشحن في نطاق أوسع 9

محطات الطاقة اللاسلكية بعيدة المدى 12

محطة على الأرض تستقبل الطاقة الصادرة من القمر عبر أمواج الميكروويف 14

الشحن اللاسلكي للسيارة Wireless Charging for EVs 15

أول طريق 'كهربائي' لشحن الحافلات لاسلكيا في كوريا الجنوبية 17

اصنعها بنفسك DIY 19

ما هي عوائق انتشار هذه التقنية؟ 20

المراجع 21

كتب سبق نشرها 21

اللغة العـــربية تفوق سائر اللغات **رونقا ويعجـــز اللسان عن وصف محـــــاسنها.**

الإيطالي كارلو نلينو

المقدمة

نقل الطاقة لا سلكياً هي عملية تتم داخل أي نظام حيث يتم نقل الطاقة الكهربائية من مصدر قدرة إلى حمل كهربائي من دون وجود أسلاك موصلة .

عكف العلماء على استحداث تقنيات نقل الكهرباء بشكل لاسلكي منذ زمن طويل ، و أولهم ذلك العالم ذائع الصيت (تسلا Tesla) صاحب نظريات الحقول الكهربائية منذ قرن من الزمان، و كانت أولى خطواته في ذلك المجال مشروعه الصغير في إمداد بعض الأضواء بالكهرباء عن بعد في مركز أبحاثه الخاص .

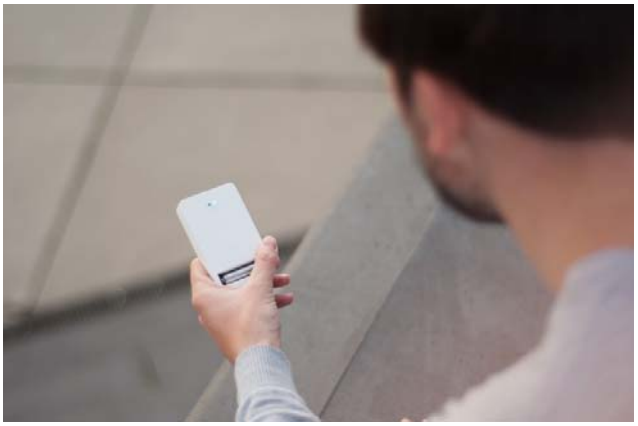
لقد كانت تجارب تسلا في هذا المجال مؤثرة جداً و لكنها لم تلقَ انتشاراً في تلك الفترة نظراً لعوزها الكبير للتجربة و المنهج العملي لتحقيق النقل اللاسلكي . و منذ ذلك الوقت حاول الباحثون تحقيق الهدف المطلوب في نقل الكهرباء لمسافات بعيدة لا سلكياً و لكن أغلب الخطا أخذت شكل أبحاث علمية و تصاميم و مخططات فقط . و لم يرَ النور منها عملياً و بشكل واسع إلا جزء صغير من التطبيقات .

وفيما يلي سنذكر بعض هذه التطبيقات وكيفية حدوث الشحن اللاسلكي بها.

الحاصدة الكهرومغناطيسية Electromagnetic Harvester

بمجرد اقتراب الجهاز من مجال قوي بما يكفي تضيئ لمبة حمراء دليلا علي بدأ الشحن . ويوجد نوعين من الجهاز واحد للترددات الأقل من 100 هرتز (مثل التردد الخاص بتغذية التيار المتردد الرئيسية) والنوع الآخر من الشاحن للترددات الأعلي من 100 هرتز (مثل الترددات الناتجة من البلوتوث ، وشبكات الإنترنت اللاسلكية وأجهزة إتصالات الراديو) .

شحن بواسطة توجيه الجهاز لأي جهاز آخر ينتج عنه مجال كهرومغناطيسي



شحن بطارية من الحجم AA بتقريب الحاصدة الكهرومغناطيسية من أي جهاز كهربي أو مصدر للكهرباء

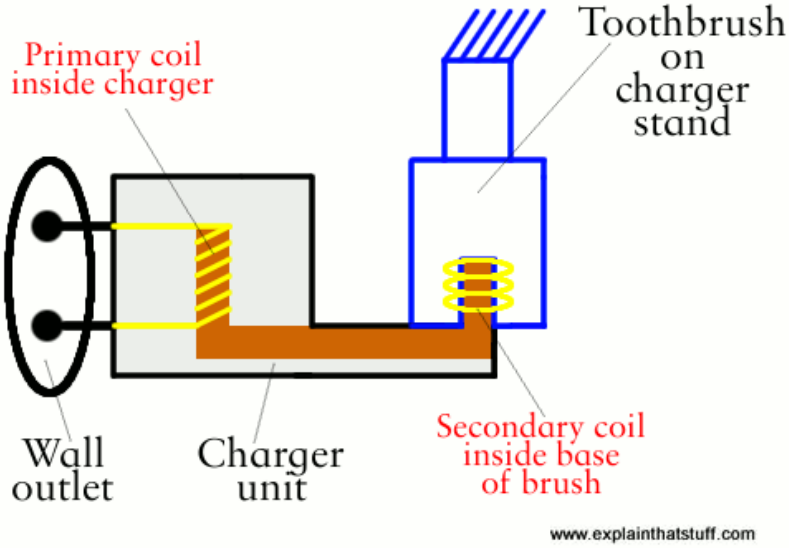
المشكلات:

بالرغم من وجود المجالات الكهرومغناطيسية في كل مكان إلا أنه مازال يحتاج شحن بطارية AA إلي يوم كامل .

تقريب الجهاز من خطوط نقل الكهرباء

الشحن الحثي Inductive Charging

شحن فرشاة الأسنان بواسطة الربط الحثي Inductive Coupling

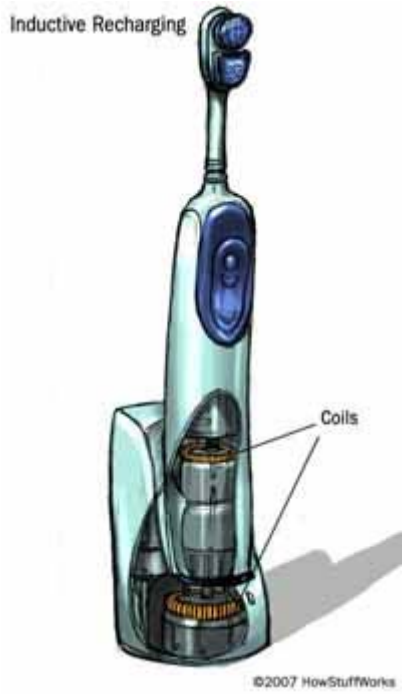


يستخدم الحث المغناطيسي المتبادل Inductive Coupling المجال المغناطيسي الصادر عن حركة التيار الكهربي عبر الأسلاك. فكلما تحرك التيار الكهربي عبر السلك، فإنه ينتج حلقات من المجال المغناطيسي حول السلك. وإذا ما تم لف السلك ليشكل ملفاً دائرياً فان هذا سوف يساعد في تكبير قيمة المجال المغناطيسي. وكلما زادت عدد لفات الملف فإن المجال المغناطيسي سيصبح أكبر .

فرشاة الأسنان الكهربية تتعرض للماء كلما استخدمت وهذا يجعل من توصيلها بمقبس التيار الكهربي أمراً خطيراً جداً كما أن بعض الماء ممكن أن يتسرب داخل أجزاء الفرشاة الكهربائية مما يعرضها للخراب، ولهذا يتم شحن فرشاة الأسنان هذه بتقنية الحث المغناطيسي المتبادل Inductive Coupling .

إذا ما تم وضع ملف آخر في المجال المغناطيسي فسوف يستحث تياراً كهربياً ينشأ في الملف الجديد. وهذه فكرة عمل المحول الكهربي حيث نسمي الملف الأول بالملف الرئيسي Primary Winding والملف الثاني بالملف الثانوي Secondary Winding ، وبهذه الطريقة يتم شحن فرشاة الأسنان الكهربية حيث تتم عملية الشحن عبر المراحل التالية :

(1) يمر تيار كهربي من مغذي التيار الكهربي في المنزل إلى الشاحن الكهربي فينشئ مجالا مغناطيسيا .
(2) عند وضع فرشاة الأسنان الكهربية على الشاحن، فإن المجال المغناطيسي يستحث تيارا كهربيا يمر في الملف الثانوي.
(3) التيار الكهربي الناتج بالحث يستخدم لشحن بطارية فرشاة الأسنان .



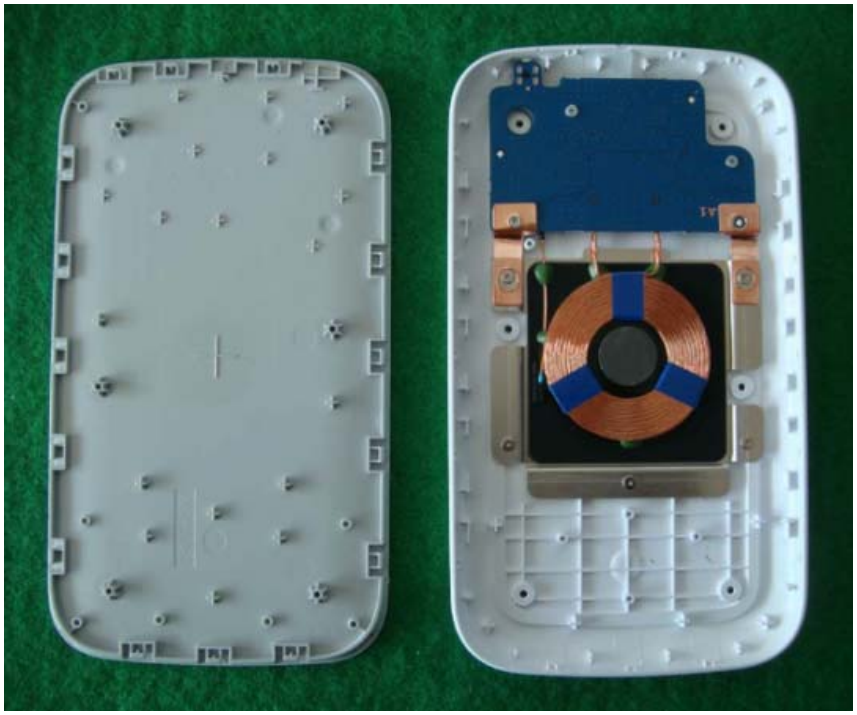
شحن فرشاة الأسنان الكهربية لاسلكياً

تحتوي يد الفرشاة علي ملف يسمح بإلتقاط الطاقة اللازمة للشحن ثم الدائرة المسئولة عن توصيل الكهرباء لشحن البطارية

طاولة الطاقة Splashpower Mat

نستطيع أن تستخدم نفس المبدأ السابق في شحن عدة أجهزة مع بعضها البعض مرة واحدة، فعلى سبيل المثال يمكن استخدام جهاز Splashpower (موزع الطاقة) أو Power desk طاولة الطاقة من شركة Edison Electric's واللتان تستخدمان قاعدة مسطحة بها ملف ينتج مجالاً مغناطيسياً، عند وضع الأجهزة الكهربية التي تحتوي على ملفات ثانوية على سطح أي من الشاحنين فإن بطارية هذه الأجهزة سوف تشحن.

الصورة توضح إمكانية شحن أكثر من جهاز في آن واحد باستخدام طاولة الطاقة Splashpower Mat



Samsung Qi wireless charging pad

بطارية عجيبة

توجد بطارية جديدة تسمي "Proxi-Fi" تحت البحث والتطوير بواسطة شركة PowerbyProxi تحل محل البطاريات ذات المقاس AA . ويمكن تركيبها في أي جهاز إلكتروني يعمل ببطارية مقاس AA وبالتالي يمكن شحن الجهاز لاسلكيا بغض النظر عن مكان تواجد البطارية في الجهاز الإلكتروني.

وتعمل الشركة أيضا علي تطوير شاحن مرسل ثلاثي الأبعاد لشحن تلك البطاريات أو أي جهاز بها هذا النوع من البطاريات . هذا الشاحن ثلاثي الأبعاد يعمل بتردد في نطاق الكيلو هرتز kHz وبالتالي لن يؤثر علي عمل أي جهاز إلكتروني في نفس المكان.

The new so-called "Proxi-Fi" battery under development by PowerbyProxi has the same form/fit/function as a conventional AA sized battery. It can, therefore, be fitted into any mobile electronic device that currently has an AA battery. By doing so, the mobile electronic device can now be wirelessly recharged. The company claims that it does not matter where the battery is located within the device.

The company has also developed a so-called 3D wireless device charging transmitter to recharge batteries and devices containing Proxi-Fi batteries. The 3D wireless device charging transmitter operates in the kHz range and will not affect the operation of other electronic devices in the immediate area.

كل من الشاحن ثلاثي الأبعاد والبطارية اللاسلكية

الشحن في نطاق أوسع

الرنين والطاقة اللاسلكية

تنتج الأجهزة المنزلية مجالات مغناطيسية صغيرة نسبياً. ولهذا السبب فإن الشواحن التي تعمل بالنظام المغناطيسي الحثي يجب أن تكون قريبة جداً من الجهاز المراد شحنه. مجال مغناطيسي ذو شدة عالية يمكن أن يقوم بإحداث تيار كهربي حثي على مسافات أبعد، ولكن هذه العملية تكون ذات كفاءة متدنية جداً لأن المجال المغناطيسي سوف ينتشر في كل الاتجاهات في حين جزء صغير منه هو الذي سيستغل لشحن الجهاز، ولإنتاج مجال مغناطيسي كبير بهذه الطريقة سوف يستنفذ الكثير من الطاقة .

في نوفمبر 2006 تمكن باحثون من جامعة MIT من التوصل لطريقة مناسبة لنقل الطاقة بين ملفين يبعدان عدة أمتار عن بعضهما البعض. الفريق العلمي بقيادة Marin Soljacic قال إنه يمكن زيادة المسافة بين الملفين لمسافات أبعد إذا ما تم إدخال الرنين resonance في معادلاتهما لإنتاج الطاقة بطريقة لاسلكية .

الرنين ظاهرة فيزيائية تعتمد على التردد ولها تطبيقات كثيرة فمثلاً الرنين هو الذي يجعل جهاز الراديو يستقبل محطة إذاعية محددة دون غيرها، وكذلك الرنين هو الذي يجعل الذرة تمتص تردد موجة كهرومغناطيسية دون غيرها، والرنين يجعل الأجسام تهتز بنفس التردد إذا توافق التردد المؤثر مع التردد الطبيعي للجسم، ولنأخذ مثالاً على الشوكة الرنانة حيث أن لكل شوكة رنانة تردد طبيعي محدد فإذا ما تم طرق الشوكة الرنانة فإنها تهتز مصدرة صوتاً ذو نغمة محددة، فإذا ما وجدت شوكة رنانة أخرى لها نفس التردد الطبيعي للشوكة المهتزة فإنها سوف تستجيب للاهتزازات التي أحدثتها الشوكة الأولى وتهتز معها هذا نسميه رنيناً resonance .

باحثون في MIT أثبتوا أن الحث المغناطيسي المزدوج يمكن أن يحدث بشكل مختلف إذا كان المجال الكهرومغناطيسي للملف له تردد يساوي التردد الطبيعي للملف الثانوي. وهذه النظرية تم التحقق منها من خلال تصميم ملف على شكل قوس منحني يعمل عمل الملف، وبتوصيل لوحين معدنيين عند نهاية كل طرف من الملف المنحني ليقوم بعمل المكثف الكهربي capacitor الذي يحتفظ بالشحنة ويخزنها بين لوحيه. ويكون لهذا الملف تردد رنين معين يحسب من حاصل ضرب حث الملف inductance في سعة المكثف capacitance .

وبهذا فإن فرشاة الأسنان الكهربية تستخدم ملفين لتحصل على الطاقة الكهربية لاسلكيا، حيث أن الكهرباء التي تنتقل عبر الأمواج الكهرومغناطيسية يمكن أن تجد لنفسها ممر أو نفق من الملف الرئيسي إلى الملف الثانوي إذا كان للملفين نفس التردد الرنيني مثلما يحدث في حالة اهتزاز الشوكات الرنانة .

وهنا يجب أن يتحقق شرطان هما :

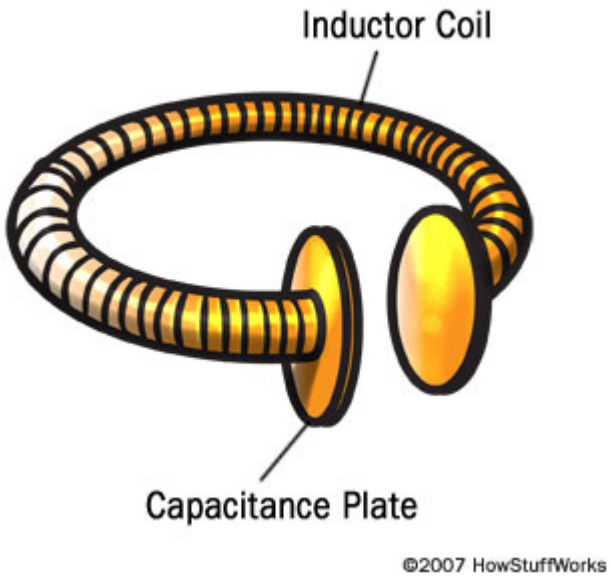
(1) أن يكون الملف الثانوي في مدى الملف الرئيسي .

(2) أن يكون للملفين نفس تردد الرنين .

إذا تحقق هذان الشرطان فان الملف الرئيسي يمكن أن يقوم باستحثاث أكثر من ملف ثانوي في نفس الوقت وهذه الطريقة أطلق عليها اسم-non radiative energy transferأي توجيه لاسلكي لنقل الطاقة حيث أن الطريقة المذكورة لا تقوم بنشر المجال المغناطيسي في كافة الاتجاهات إنما فقط في اتجاه ملفات الاستقبال التي لها نفس تردد الرنين .

ملف واحد يقوم بشحن لاسلكي لمجموعة من الأجهزة إذا كان للملف الثانوي الخاص بهذه الأجهزة نفس التردد الرنيني للملف الرئيسي (ملف الشاحن) .

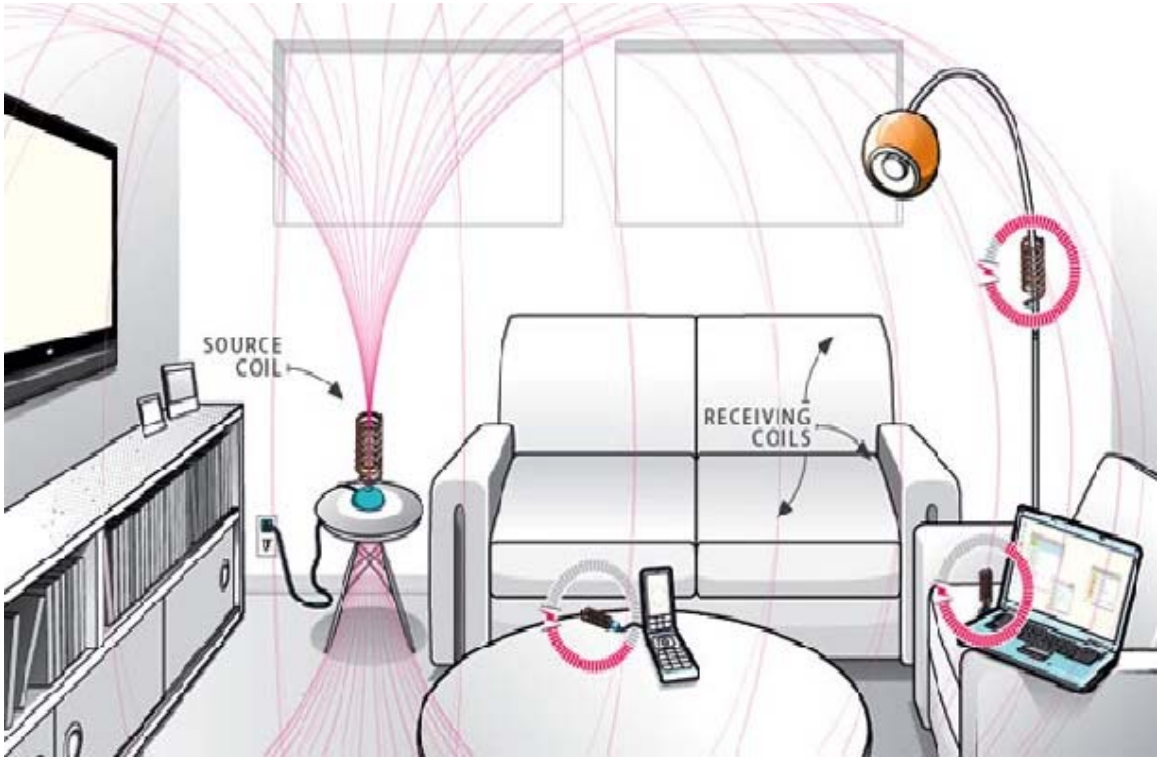
الأعمال الأولية لفريق البحث في MIT أكدت أنه بالإمكان أن يتم بهذه الطريقة شحن جميع الأجهزة التي في الغرفة باستخدام محطة شحن لا سلكية واحدة، ومع بعض التعديلات والإضافات الضرورية يمكن زيادة مسافة التأثير لتغطي بناية كاملة أو مدينة. ففي يونيو من العام 1997 نشر فريق بحث MIT ورقة علمية تظهر فيها نتائج ناجحة لنموذج عملي لنقل الطاقة لاسلكيا، حيث تمكنوا من إضاءة مصباح كهربي يبعد مسافة 2 متر عن الملف الكهربي.



ملف دائري مزود بلوحي مكثف علي طرفيه

ونجح الفريق بإضاءة لمبة بهذه الطريقة علي مسافة 7 أقدام (2 متر) .

الهدف في المستقبل التخلص من الأسلاك لتغذية الأجهزة المنزلية بالكهرباء



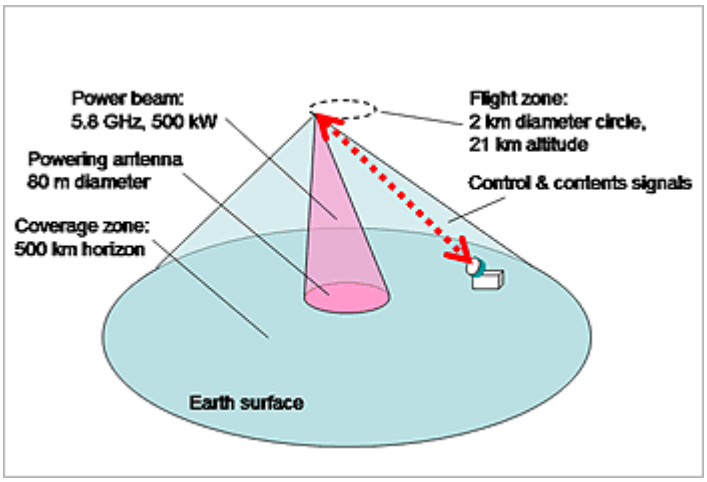
توصيل كل جهاز بملف لإستقبال المجال الكهرومغناطيسي

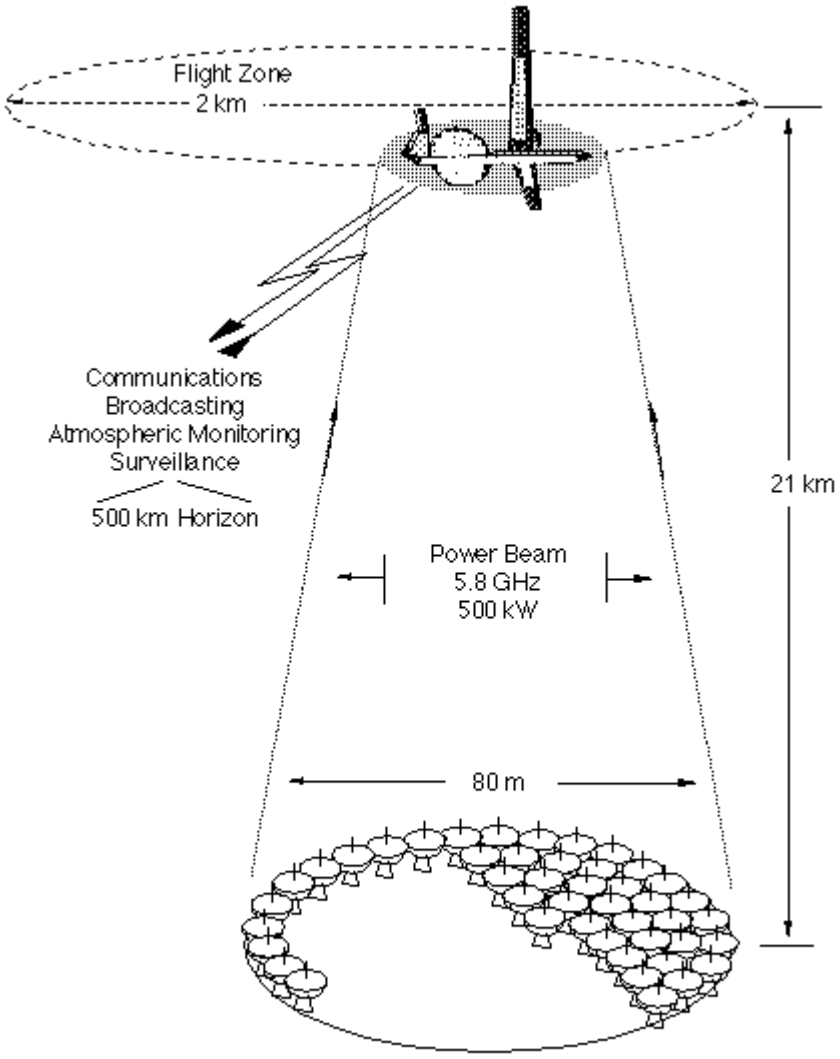
محطات الطاقة اللاسلكية بعيدة المدى

الطائرة بدون طيار الكندية SHARP التي تعمل بشعاع من موجات الميكروويف من الأرض

طريقة النقل اللاسلكي للكهرباء بواسطة ملفات التأثير الحثي تعمل لمسافات محدودة فقط، ولكن هناك أفكار واقتراحات لنقل الكهرباء على مسافات واسعة قد تصل لنقل الكهرباء من الفضاء إلى الكرة الأرضية .

في القرن التاسع عشر مركز أبحاث الاتصالات الكندية صممت طائرة صغيرة بدون طيار وتزود بالطاقة الكهربية بواسطة شعاع موجه إليها من الأرض. هذه الطائر سميت باسم SHARP اختصارا للجملة Stationary High Altitude Relay Platform حيث أن هذه الطائرة كانت معدة لتكون جزء من وحدة الإتصالات وليس للسفر من مكان لآخر . الطائرة SHARP كانت تحلق على ارتفاع 21 كيلومتر وتعمل دائرة نصف قطرها 2 كيلومتر والاهم في هذا الموضوع إن الطائرة كانت تستمر في تحليقها لمدة زمنية تصل لأشهر في المرةالواحدة .





SHARP System

إن السر في سبب تحليق الطائرة SHARP كل هذه المدة بدون توقف هو إنها تستقبل أمواج ميكروويف من محطة أرضية ومدار تحليق الطائرة يقع في مجال تأثير مولد أمواج الميكروويف، زودت الطائرة بهوائي على شكل قرص دائري ويسمي أيضا هوائي التوحيد Rectifying Antenna أو Rectenna موجود خلف الطائرة بلقرب من الذيل ليلتقط أمواج الميكروويف ويحولها إلى تيار كهربي مستمر. ولهذا كانت الطائرة تستمد طاقتها من خلال تحليقها المستمر في مجال تأثير أمواج الميكروويف .

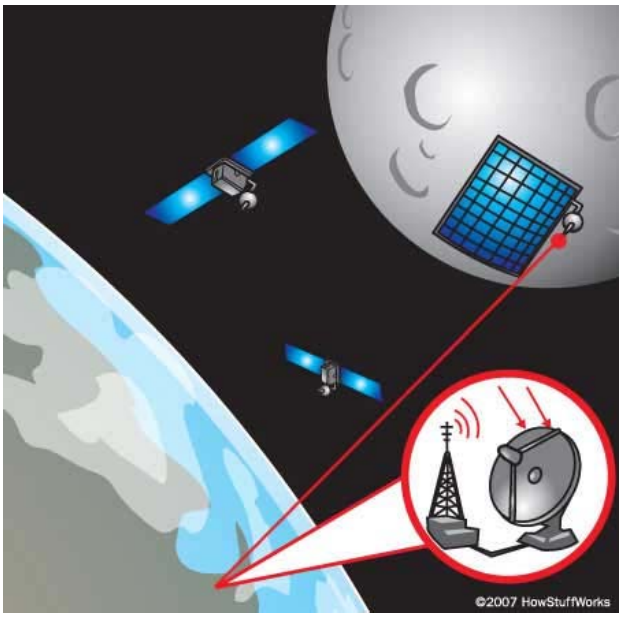
طورت وكالة الفضاء ناسا مصدر بعيد المدى لتوصيل الطاقة الكهربية للطائرات بدون طيار. كما طور مركز طيران الفضاء Marshal طائرات تعمل خلايا فوتوفوتك photovoltaic cellsيتم تزيدها بالضوء من مصدر ليزر غير مرئي يعمل بالأشعة تحت الحمراء. وتقنية الفوتوفولتيك تحتاج إلى اتصال مباشر بينها وبين مصدر الليزر وهذه التقنية تم التفكير فيها في المصاعد الفضائية كمصدر لنقل الطاقة الكهربية لهذه المصاعد .

كيف يحول الهوائي Antenna أمواج الميكروويف إلى طاقة كهربية ؟

يعتبر الهوائي عنصر مهم في تطبيقات نقل الطاقة اللاسلكية، وهذا الهوائي مكون من مصفوفة من الهوائيات من النوع Dipole Antennae ولها قطبية موجبة وسالبة ويتم توصيل هذا الهوائي بدايود Diode من مادة شبه موصلة Semiconductor وتقوم بعملها على النحو التالي :

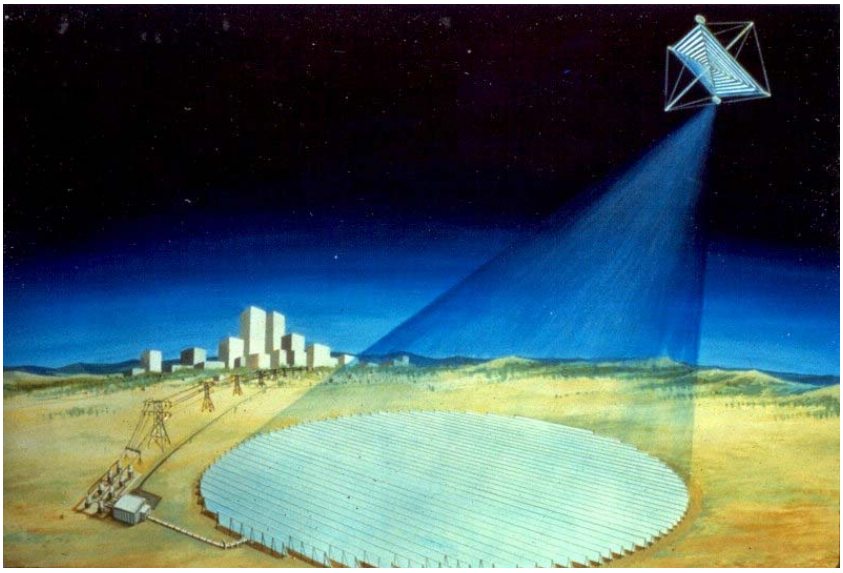
(1) تصل أمواج الميكروويف والتي هي عبارة عن جزء من الطيف الكهرومغناطيسي إلي الهوائي Dipole Antennae .
(2) يتقوم الهوائي بتجميع طاقة الميكروويف وتحولها إلى الديودات Diodes .
(3) تقوم الديودات بعمل المفاتيح الكهربائية لتفتح وتغلق كبوابة تسمح للإلكترونات بالحركة في اتجاه واحد فقط لتصل إلى دائرة كهربية .
(4) توجه الدائرة الكهربية سيل الالكترونات إلى النظام الذي يحتاج إلى التيار الكهربي .

محطة على الأرض تستقبل الطاقة الصادرة من القمر عبر أمواج الميكروويف



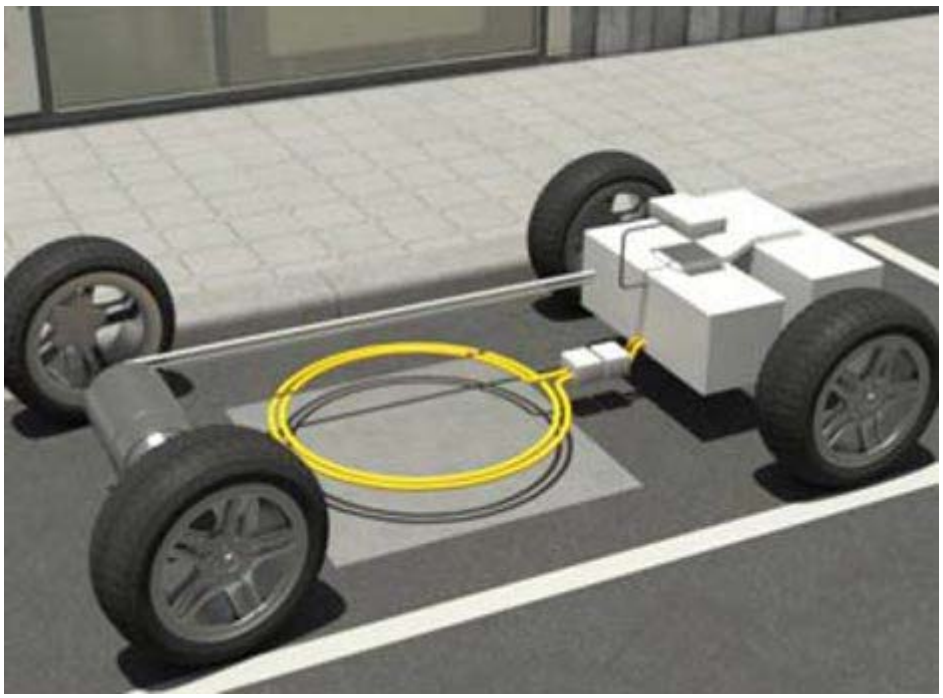
محطة على الأرض تستقبل الطاقة الصادرة من القمر عبر أمواج الميكروويف

ومن الأفكار العملية لنقل الطاقة الكهربية لمسافات كبيرة الاقتراح الذي تقدم به العالم Diavid Criswell من جامعة هيوستن Houston University حيث يتضمن الإقتراح استخدام أمواج الميكروويف لنقل الكهرباء إلى الأرض من محطات توليد على سطح القمر. حيث تستقبل هذه الطاقة أجهزة استقبال خاصة تحتوي على هوائي يحولها إلى تيار كهربي .

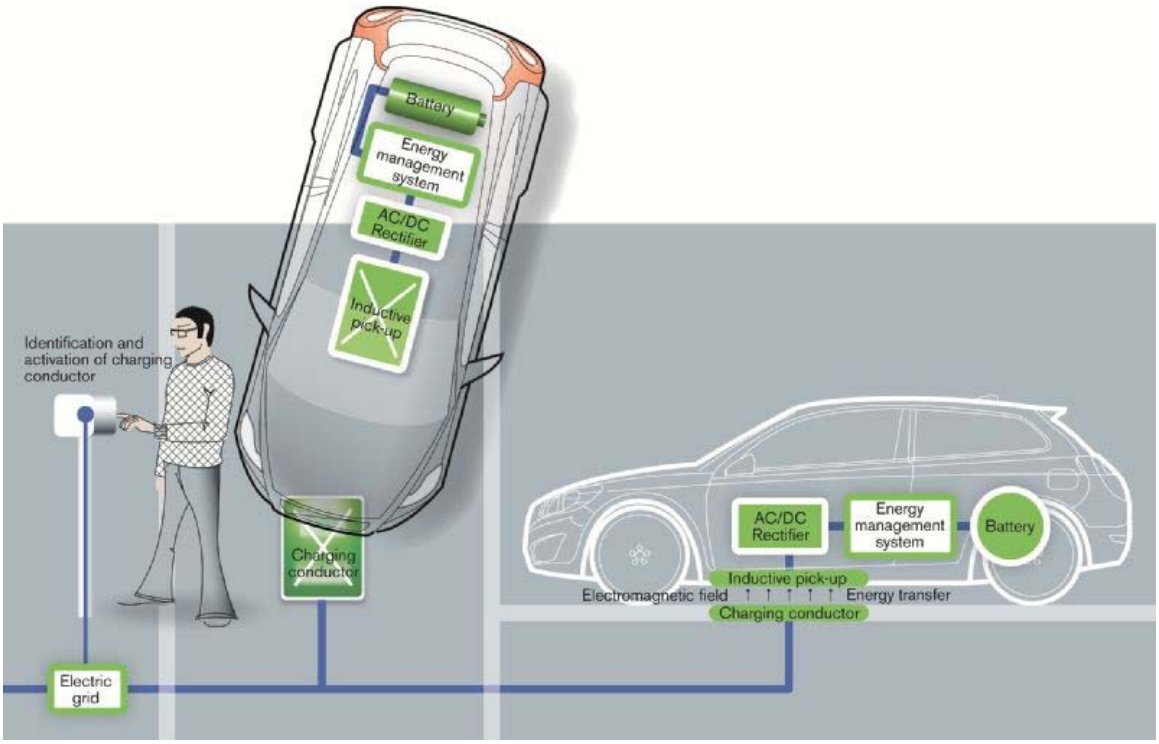


والخوض في تفاصيل هذا الاقتراح سوف يقودنا إلى الكثير من الصعوبات التي يجب أن تذلل وتحل فمثلا لاستقبال أمواج الميكروويف من مولدات على سطح القمر يتطلب وجود مستقبلات ضخمة على سطح الأرض لاستقبال هذه الأمواج بكفاءة عالية حيث تم التفكير في صنع هوائي في صورة شبكات ضخمة لتسمح بمرور ضوء الشمس والأمطار وهذه الهوائيات توفر مصدرا للطاقة محافظا للبيئية ولكن هناك الكثير من العقبات مثل الحاجة إلى وجود وحدة صيانة ومتابعة للمحطة الرئيسية على سطح القمر، كما أن المنطقة المستفيدة من هذه الطاقة الكهربية الصادرة من القمر هي تلك التي تقع على الخط الواصل بين القمر والأرض، أضف إلى ذلك مخاوف الناس من وجودهم في حيز من أمواج الميكروويف مما يجعلهم يرفضون استخدام هذه الفكرة كما يحدث عندما تقوم شركات الجوال بإقناع أهل المنطقة بأهمية وجود محطة تقوية لأجهزة الجوال .

الشحن اللاسلكي للسيارة Wireless Charging for EVs



بإيقاف السيارة فوق ملف كهربي موجود في الأرض يولد المجال الكهرومغناطيسي وبالتالي شحن السيارة دون استخدام أي أسلاك



نظام الشحن اللاسلكي للسيارات الكهربائية لشركة فلفو Volvo

نظام الشحن اللاسلكي للسيارات الكهربائية لشركة فلفو Volvo

أول طريق 'كهربائي' لشحن الحافلات لاسلكيا في كوريا الجنوبية

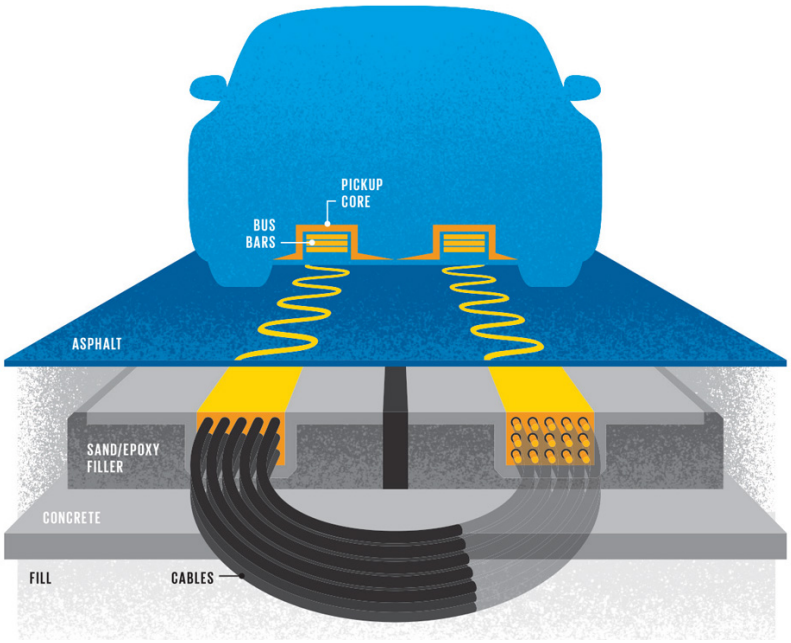
ما يزال استخدام السيارات الكهربائية محدوداً بسبب البطاريات المكلفة وقلة محطات الشحن وبينما يهتم المصنعون بتحسين تكنلوجيا البطاريات، كان للمعهد الكوري المتقدم للعلوم والتكنولوجيا (KAIST) فكرة مختلفة وهي إنشاء طرق كهربائية تشحن المركبات التي تسير عليها، وبالتالي لا حاجة لإنشاء محطات كهربائية بعد اليوم .

في يوليو الماضي، دشنت كوريا الجنوبية حافلتين كهربائيتين جديدتين للنقل العام في مدينة غومي . هذه الحافلات تسير على الطريق مثل الهاتف المحمول اللاسلكي الذي يشحن عن طريق وضعه فوق حصيرة أو لوحة الشحن.

يبلغ طول الطريق الكهربائية والتي يطلق عليها أيضا اسم "حصيرة الشحن" 7.5 ميلا وقدرت تكلفة بنائها بـ 4 ملايين دولار أميركي.

كيف تعمل؟

يتم شحن الحافلات بمجرد سيرها على الطريق الكهربائية، عن طريق مصادر طاقة تركب على الطريق بشكل دوري وتوفر 180 كيلوواط من الطاقة. ويقول معهد (KAIST) أن 5 ٪ إلى 15 ٪ من الطرقات فقط بحاجة لإعادة بنائها لتتحول إلى شاحن لاسلكي.



يتم ربط كل مصدر طاقة بالصفائح المعدنية التي تعتبر جزءً لا يتجزأ من هيكل الطريق ويتم تشغيلها أو إيقافها بطريقة أوتوماتيكية كلما اقتربت الحافلات من المسار ومغادرتها مثلما يحدث في الدرج الكهربائي الذي يشتغل بمجرد قدوم الأشخاص ويتوقف عند مغادرتهم لتوفير الطاقة .

عندما تكون في حالة تشغيل تنتج مصادر الطاقة حقلا مغناطيسياً ينقل الطاقة لا سلكيا إلى جهاز الاستقبال المركب أسفل الحافلة، وبعدها يتم تحويل الحقل المغناطيسي مرة أخرى إلى تيار كهربائي وإرساله إلى البطارية والمحرك .

فكرة تطوير الطريق الكهربائي تمت دراسته سابقاً من قبل باحثين في جامعة كاليفورنيا في بيركلي، ولكن العلماء تخوفوا من تأثير الحقول الكهرومغناطيسية القوية سلباً على صحة الإنسان فتخلوا عن الفكرة. ولكن معهد (KAIST) الكوري قال أنه عمل على حل هذه المشكلة وأكد أن حافلاته مصنوعة وفقاً للمعايير الدولية للصحة والسلامة .

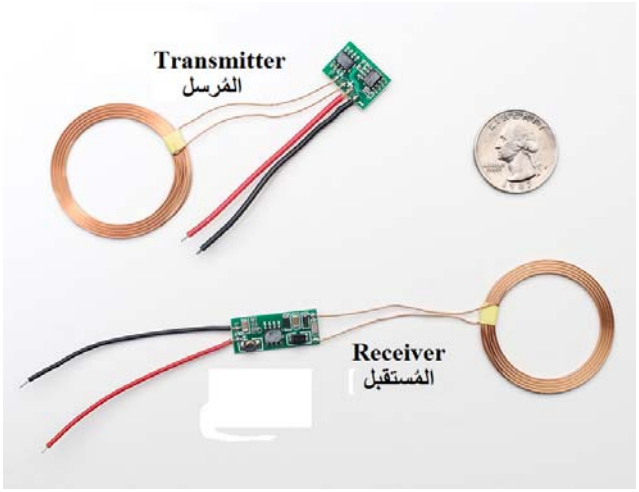
وأوضح المعهد أن الحافلات تعمل على تحويل ما يصل إلى 85 ٪ من الطاقة المرسلة من المصدر، ويبلغ حجم بطارياتها نحو ثلث الحجم النموذجي لبطارية السيارة الكهربائية، وبالتالي تقليل الوزن والتكلفة، كما أنها لا تحتاج أبداً للتوقف في المحطات الكهربائية لإعادة شحنها .

وذكر المعهد أنه في حال سارت الأمور بشكل جيد، سيتم إضافة 10 حافلات أخرى بحلول عام 2015 .

يشار إلى أنه في شوارع تورينو و جنوة الإيطاليتين يسير أسطول من حافلات النقل العام الكهربائية، ولكن ما يجعل النظام الكوري فريداً من نوعه هو طريقة شحن هذه المركبات، فالحافلات الإيطالية يتم شحنها في محطات الشحن .

اصنعها بنفسك DIY

يتوفر في الأسواق بعض الدوائر التي يمكنك تركيبها في بعض الأجهزة لتقوم بشحنها بواسطة الشحن الحثي مثل الدائرة الموجودة في الصورة التالية.



مجموعة شحن Inductive Charging Set - 5V @ 500mA max

تقوم بتوصيل جزء بالجهاز المطلوب شحنه والجزء الآخر بمصدر تغذية.

ما هي عوائق انتشار هذه التقنية؟

إحدى أهم أسباب عدم انتشار الشحن اللاسلكي هو أن التقنية تحتاج لطرفين أي أن يكون الجهاز قابل للشحن لا سلكيا والطرف الآخر هي نقطة الشحن التي من المفترض أن يتم تأمينها في الأسواق والمقاهي وغير ذلك من الأماكن العامة. بعض الأماكن في الولايات المتحدة الأمريكية قد أتاحت هذه الخدمة فعلا لروادها مثل مطار هيثرو وحديقة ماديسون في نيويورك .

عائق آخر لانتشار هذه التقنية هو بطء عملية الشحن مقارنة بالشحن السلكي وبفارق زمني كبير نسبيا .

والعائق الأهم هو عدم التزام الشركات بتوحيد المعايير فاتحاد الطاقة اللاسلكية Wireless Power Consortium حدد معايير وشجع الشركات على الإلتزام وتوحيد منافذ ومآخذ الطاقة، ليتمكن المستخدم من شحن جهازه مهما كان نوعه من أي منفذ أيا كان نوعه، فمالك جهاز نوكيا لوميا الذي يعتمد المعيار Qi لن يتمكن من الشحن في مطار LaGuardia التي تعتمد مآخذه المعيار Powermat .

حقيقة لا يمكن إلزام الشركات ومقدمي خدمة الشحن باتباع معيار واحد، ولكن نعتقد بأن قرارا من إحدي الشركات الكبري مثل أبل قد يحسم هذه المسألة، فحتى الآن أبل لم تدخل في هذه المنافسة ولكن عندما تقدم جهازا سواء iPhone او iPad يعتمد أحد المعايير، ستجعل كل منافذ الشحن اللاسلكي تتبع نفس المعيار وبالتالي باقي شركات تصنيع الأجهزة.

المراجع

http://www.albayan.ae/editors-choice/varity/2013-08-29-1.1949784	1
https://learn.adafruit.com/cell-phone-charging-purse/overview	2
http://www.display-central.com/free-news/display-daily/means-creating-devices-can-wirelessly-charged/	3
	4

كتب سبق نشرها

http://www.kutub.info/library/book/11188	نقل الكهرباء لاسلكيا
http://www.kutub.info/library/book/10004	الوصلات الطرفية للكابلات والأجهزة
http://www.kutub.info/library/author/%D9%85%20%D8%B9%D8%A8%D8%AF%20%D8%A7%D9%84%D9%85%D8%AC%D9%8A%D8%AF%20%D8%A3%D9%85%D9%8A%D9%86	مجموعة كتب