# MINIMIZATION OF DISTORTIONS AREA IN SYNCHRONOUS VHF-FM TRANSMITTERS NETWORK

# التقليل الى الحد الادنى من منطقة التشوهات في الشبكة المتزامنة من اجهزة الارسال ذات التضمين الترددي في نطٍاق الترددات العالية جدا

Ali Abdo Mohammed Al-Kubati
*Faculty of Computer Science and Engineering, Hodeidah University, Hodeidah, Yemen*

**ملخص**

هذا البحث ينظر إلى أسباب ظهور مناطق تشوهات الإشارات المستقبلة في المنطقة، التي تخدمها شبكة متزامنة من أجهزة الإرسال ذات التضمين الترددي في نطاق الترددات العالية جدا ((Very High Frequency-Frequency Modulation (VHF-FM). اظهرت العلاقة بين قيمة التشوهات و قيم النسب الوقائية بالتردد اللاسلكي، عرض التوصيات التي تسمح بتقليل قيمة التشوهات وتخفيض مدى المنطقة، التي سوف تأثر فيها.

**كلمات مفتاحية:** الشبكة المتزامنة، النسب الوقائية بالتردد اللاسلكي، منطقة التشوهات، البث الاذاعي المجسم، التشوهات الخطية و الغير خطية، التأخير الزمني،

**Abstract**

This paper considers the causes of the appearance of the areas where signals are received with the distortions on the territory, served by the synchronous network of VHF-FM transmitters are seen. The relation between the value of distortions and radio-frequency protection ratios is shown, the recommendations allowing the reduction of distortions value and decreasing the extent of the territory, on which they will take effect, are presented.

## 1. المقدمة (Introduction):

انشاء شبكات متزامنة من اجهزة الارسال ذات التضمين الترددي في نطاق الترددات العالية جداً (VHF-FM) يعتبر مسألة ملحة، لأن من مميزاتها – الاستخدام الاقتصادي للموارد الترددية اللاسلكية. في نطاق الترددات العالية جدا الموارد الترددية عمليا قد أوشكت على النفاد، وتنفيذ بعض الترددات المخصصة لأجهزة إرسال التي تخدم منطقة محددة، فإنه سيكون إشكالية.

وقد أظهرت الدراسات النظرية والتجريبية لهذه الشبكات [1-4]، أن المناطق التي تغطيها الشبكة المتزامنة، ستكون قطع منها واقعة ضمن نطاق الاستقبال الذي سوف يكون مصحوباً بالتشوهات الترددية، والغير خطية، وفي حالة البث الاذاعي المجسم (Stereophonic Radio Broadcasting)، التشوهات العابرة . لذا، عند تخطيط الشبكة المتزامنة للبث الإذاعي مع استخدام التضمين الترددي في نطاق الترددات العالية جداً ، بارامتراتها يجب ان تختار، بحيث تكون مناطق تشوهات الإشارات المستقبلة صغيرة قدر الإمكان.

اساس تخطيط شبكات البث الاذاعي (Radio Broadcasting Network ) تعتبر النسب الوقائية بالتردد اللاسلكي (Radio-Frequency Protection Ratios)، معرفة قيم النسب الوقائية ستسمح بوضع محطات الإرسال الإذاعي (Radio Transmitting Stations) واختيار خصائصها، لتأمين استقبال جيد بما فيه الكفاية في أي مكان من منطقة التغطية [5].

في التوصية ITU-R BS.412-9 [6-8] تظهر المعطيات لإيجاد النسب الوقائية بالتردد اللاسلكي A في الشبكة المتزامنة لأجهزه الارسال ذات التضمين الترددي في نطاق الترددات العالية جدا اعتمادا على قيمة التأخير الزمني $\tau$ (Time Delay) للإشارات على مدخل المستقبل. ومع ذلك في المراجع لا توجد بيانات عن العلاقة بين التأخيرات الزمنية للإشارات اللاسلكية و اشارات التضمين (Modulating Signals)، الذي يحدد بشكل حقيقي النسب الوقائية المطلوبة بالتردد اللاسلكي (Desired Radio-Frequency Protection Ratios).

هذا البحث يهدف إلى حل مسألة التقليل الى الحد الادنى من منطقة التشوهات في الشبكة المتزامنة لأجهزه الارسال ذات التضمين الترددي في نطاق الترددات العالية جدا.

## 2. العلاقات الرئيسية والحسابات (BASIC RELATIONS AND CALCULATIONS):

بالنظر في الشروط اللازمة لتشكيل منطقة التشوهات (Distortions Area) في المساحة الواقعة بين اثنين من اجهزة الإرسال $T_{x1}$, $T_{x2}$ (الشكل 1) مع الترددات الزاوية (Angular Frequencies) $\omega_1=\omega_2=\omega$ التي تعمل في شبكة متزامن [1,9].

المستقبل يقع على مسافة $r_1$ من جهاز الإرسال $T_{x1}$ و على مسافة $r_2$ من جهاز الإرسال $T_{x2}$. إشارة التضمين تتدفق من الاستوديو (Studio) الي اجهزة الارسال. الاستوديو تقع على مسافة $l_1$ من جهاز الإرسال $T_{x1}$ و على مسافة $l_2$ من جهاز الإرسال $T_{x2}$ (الشكل 1).

على مدخل المستقبل $R_x$ تتدفق اشارتين لاسلكيتين (Two Radio Signals). فلطيات الاشارات اللاسلكية هي:

$$u_1(t) = U_1\cos[\omega(t-\tau_1) + S(t-T_1)],$$
$$u_2(t) = U_2\cos[\omega(t-\tau_2) + S(t-T_2)], \qquad (1)$$

حيث $U_1$ و $U_2$ – اتساعات (Amplitudes) فلطيات الاشارات اللاسلكية عند مدخل المستقبل؛

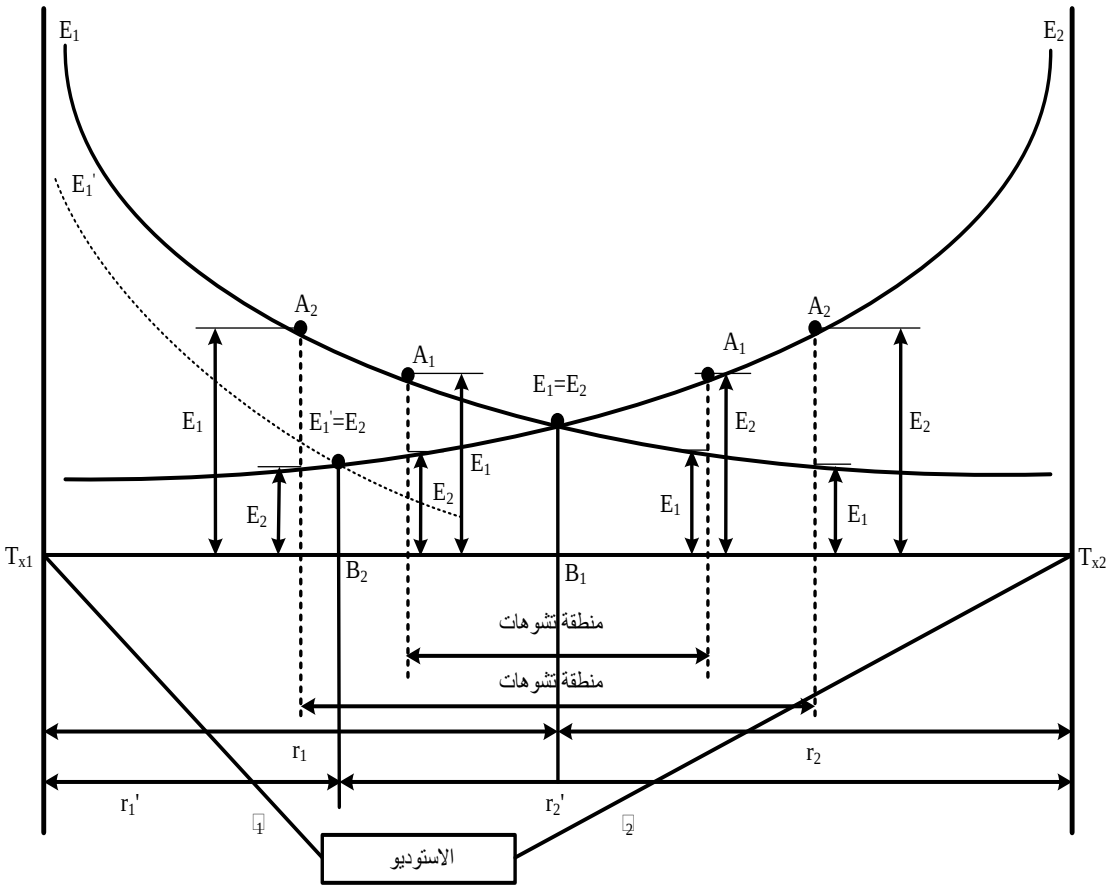
$\tau_1 = \frac{r_1}{c}$, $\tau_2 = \frac{r_2}{c}$ – زمن عبور (**Transit Times**) الموجات الكهرومغناطيسية من جهاز الإرسال $T_{x1}$ و جهاز الإرسال $T_{x2}$ الى موضع المستقبل على الترتيب، $c$ – سرعة الضوء.

$$T_1=\tau_1 + \tau_{01}, \quad T_2=\tau_2 + \tau_{02},$$

$\tau_{01}$، $\tau_{02}$ – زمن عبور إشارة التضمين من مصدر الاشارة (الاستوديو) الى اجهزة الارسال (التضمين الغير متماثل الطور).

الذبذبة الكلية على مدخل المستقبل :

$$U_{input}(t) = U_1(t) + U_2(t) =$$




**شكل 1. رسم تخطيطي يتعلق بمسألة عمل أجهزة الإرسال ذات التضمين الترددي في نطاق الترددات العالية جداً في النمط المتزامن**

$$= U_1\{\cos[\omega(t-\tau_1)+ S(t-T_1)] + D\cos[\omega(t-\tau_2) + S(t-T_2)]\}, \quad (2)$$

**حيث :** $D= U_2 / U_1$ **(عادةً يعبر عنها بالوحدات اللوغاريتمية).**

**بعد اجراء عدد من التحويلات المثلثية البسيطة، العبارة الرياضية (2) يمكن ان تصبح على الشكل التالي:**

$$U_{input}(t)= U_\Sigma(t)\cos[\omega t + S(t-T_1) + \theta(t)], \quad (3)$$

**حيث:**

$$U_\Sigma(t) = U_1\sqrt{1+D^2+2D\cos[z(t)+\Phi]}, \quad (4)$$

$$\theta(t) = -\operatorname{arctg}\frac{D\sin[z(t)+\Phi]}{1+D\cos[z(t)+\Phi]}, \quad (5)$$

$$z(t) = S(t-T_1) - S(t-T_2), \quad (6)$$

$$\Phi = \omega(\tau_1-\tau_2). \quad (7)$$

**وبالتالي، من العبارات الرياضية (5) و (6) التشوهات في الشبكة المتزامنة، التي سببها لاخطية الطور** $\theta(t)$ **،(5)**

ستكون غير موجودة عند: $\tau_1 = \tau_2$ ، $\tau_{01} = \tau_{02}$ ، لان في هذه الحالة $T_1 = T_2$ و $\theta(t) = 0$ ، $z(t) = 0$ و $\Phi = 0$ العبارات الرياضية (5) ،(6) ، (7) على الترتيب.

العبارات الرياضية التي تم الحصول عليها تشير الى إمكانية التقليل الى الحد الادنى (Minimization) من النسب الوقائية $A = 20\lg(E_1/E_2) = 20\lg(E_2/E_1)$ شكل (1) ، حيث $E_1$ و $E_2$ – اتساع شدة المجالات المكونة بواسطة اجهزة الارسال $T_{x1}$ و $T_{x2}$ علي الترتيب.

لنأخذ الحالة، عندما قدرات (Powers) اجهزة الارسال $P_1$ و $P_2$ متطابقة، ويستخدمان هوائيات متعددة الاتجاهات (omnidirectional antennas). النقطة التي عندها شدة الجهود متساوية $E_1 = E_2$ $(U_1 = U_2)$ (الشكل 1. نقطة $B_1$) تطابق المساواة $r_2 = r_1$ . في هذه الحالة، الفرق بين زمن عبور الموجات الكهرومغناطيسية من $T_{x1}$ و $T_{x2}$ الي موضع الاستقبال $B_1$: $\tau = \tau_1 - \tau_2 = 0$ ، و لاخطية الطور ستتحدد فقط بواسطة النسب بين التأخيرات الزمنية لإشارات التضمين المتدفقة نحو أجهزة الإرسال. النسب الوقائية، المبينة في الجدول 1، سيتم تحديدها بواسطة الفرق $\tau_0 = |\tau_{01} - \tau_{02}|$ .

الجدول 1– قيم النسب الوقائية، التي تم الحصول عليها نتيجة الخبرات الإحصائية الشخصية (subjective statistical expertise).

بالسعي نحو التقليل إلى الحد الأدنى من هذه الفرق، عن طريق وضع في مدخل المضمنات المجسمة

| التأخر الزمني (Time delay), (μs) | النسب الوقائية (Protection ratios )،dB | | | |
|---|---|---|---|---|
| | النمط المجسم Stereophonic (mode) | | النمط غير المجسم Monophonic ) (mode | |
| | التقييم بالمقياس الاسوأ Impairment (grade) | | التقييم بالمقياس الاسوأ (Impairment grade) | |
| | 3 | 4 | 3 | 4 |
| 2 | <1 | 1 | 4 | 6 |
| 5 | 1 | 2 | 10 | 12 |
| 10 | 1 | 3 | 14 | 16 |
| 20 | لم تقيم | 11 | لم تقيم | لم تقيم |
| 40 | لم تقيم | 20 | لم تقيم | لم تقيم |

**ملاحظة:** الأرقام في الجدول تمثل أسوأ القيم التي تم الحصول عليها أثناء الاختبارات.

لأجهزة الارسال اجهزة ضبط التأخر الزمني لإشارات التضمين. كما يتضح من الجدول (1)، زيادة التأخر الزمني يؤدي الي زيادة النسبة الوقائية A.

النسب الوقائية تحدد حدود منطقة التشوهات. عند زيادة النسبة الوقائية A يزداد امتداد منطقة التشوهات. وبالتالي، عند $A_1 = 6$ dB النسبة $E_1/E_2 = E_2/E_1 = 2$ dB ، وعند $A_2 = 12$ dB $E_1/E_2 = E_2/E_1 = 4$ dB . قيم $A_1$ و $A_2$ مبينة في الشكل (1). منطقة التشوهات تعرف بأنها الجزء من المساحة بين أجهزة الإرسال، الذي تقع ضمن النسبة الوقائية بالتردد اللاسلكي أقل من القيمة المطلوب. في الشكل (1) صورت مناطق التشوهات لحالتين:اذا كان لتحقيق جودة استقبال جيدة، النسبة الوقائية المطلوبة dB $A_1 = 6$ (الجزء ذو الامتداد الاقل)، وإذا كانت قيمة النسبة الوقائية المطلوبة هي dB $A_2$=12 (الجزء ذات الامتداد الأكبر).

إذا كانت عند الشروط المتساوية الأخرى قدرات اجهزة الارسال لن تكون متطابقة، و $P_1 < P_2$ ، فأن النقطة متساوية الشدة ستنتقل نحو جهاز الارسال $T_{x1}$ (نقطة$B_2$ )، وفارق زمن العبور للموجات

الكهرومغناطيسية من $T_{x1}$ الي $T_{x2}$ نحو النقطة $B_2$ ؛ $\tau = |\tau_1 - \tau_2| > 0$ . إذا كانت قيم $\tau$ كبيرة بما فيه الكفاية، هذه سيؤدي الي زيادة كبيرة في منطقة التشوهات.

لتكن المسافة بين النقطتين $B_1$ و $B_2$ تساوي 5 KM، و $\tau_{01} = \tau_{02}$ . في هذه الحالة، إذا كان المستقبل يتواجد في النقطة $B_2$، $\tau \approx 33\mu s$، والقيمة المطلوبة A (عند الاستقبال المجسم والتقييم المطلوبة لجودة الاستقبال الإذاعي‹‹4›› بمقياس النقاط الخمس) سوف يتجاوز 16 dB (الجدول 1). تقليل $\tau$، كما يتضح من الصيغة الرياضية (6)، يمكن أن يكون في انتقاء القيمة المناسبة للتأخير التعويضي في قناة تسليم إشارات التضمين هكذا، كي تتوافق مع المساواة $(\tau_1 - \tau_{01}) \approx (\tau_2 - \tau_{02}) \geq 2\ \mu s$ . في هذه الحالة، لحد كبير ستنخفض النسبة الوقائية المطلوبة، و بالتالي سيقل امتداد منطقة التشوهات، على سبيل المثال، هذه المساواة يتم تحقيقها عن طريق إدخال التأخير الزمني في قناة تسليم البرامج لجهاز الارسال $T_{x2}$.

أن المثال المذكور اعلاه يتوافق مع الظروف المثالية. ومع ذلك، في الحالات الفعلية، الأجهزة التعويضية تتيح الحصول على قيم منخفضة للتأخير الزمني بما فيه الكفاية.

نظام مزامنة Synchrocast شركة Harris [10] يسمح بتنفيذ ضبط $\tau_0$ عن بعد لجميع أجهزة أرسال الشبكة المتزامنة.

## 3. الخلاصة (Conclusion):

في شبكة البث الاذاعي المتزامن ذات التضمين الترددي في نطاق الترددات العالية جداً الاستقبال يمكن ان يكون مصحوبا بالتشوهات الخطية و الغير خطية، التي قيمها تتوقف على نسبة سعات الإشارة اللاسلكية للمحطة المتزامنة عند مدخل المستقبل، وكذلك الفروق الزمنية لوصول هذه الإشارات إلى نقطة الاستقبال. في بالمقابل، التأخير الزمني للإشارات على مدخل المستقبل يتم تحديدها بواسطة مركبتين - الفارق الزمني لعبور الاشارة اللاسلكية من اجهزة الإرسال إلى نقطة الاستقبال $\tau$، و الفارق الزمني لعبور اشارة التضمين من مصدر الاشارة (الاستوديو) الي أجهزة الإرسال (التضمين الغير متماثل الطور) $\tau_0$. هذان المكونان الإجماليان للتأخير الزمني $T = \tau - \tau_0$ لهما تأثيرهما على تشويه الاشارة، التي سوف يتم استلامها على مخرج المستقبل (انظر الصيغ الرياضية (3) و (5)).

في حالة، عندما يتم الاستقبال في نقطة من المنطقة الواقعة بين أجهزة الإرسال، و التي تم إزاحتها من المركز ($\tau \neq 0$)، والتي فيها سعات الإشارات اللاسلكية متساوية ($D = 1$)، تظهر التشوهات الخطية و الغير خطية على حد سواء. وقيمها ستكون أكبر، كلما زادة هذهِ الإزاحة. لذلك، عندما عمل أجهزة الإرسال المتزامنة ذات التضمين الترددي في نطاق الترددات العالية جداً في تلك نقاط الاستقبال، التي فيها قيم شدة المجال متقاربة. يجب السعي نحو "المساواة" في ازمان انتشار الإشارات: $T_1 = T_2$. يمكن أن يتحقق ذلك عن طريق تصحيح التضمين الغير متماثل الطور $\tau_0$، الناجمة عن قيم مختلفة $\tau_{01}$ و $\tau_{02}$. التأخير بالتردد اللاسلكي $\tau$ يتم تحديده فقط بواسطة موضع المستقبل و ضبطها باستخدام أي وسيلة لا تبدو ممكنة.

وهكذا، إدخال تأخير «معادل» إضافي قبل تسليم الإشارات إلى المضمن، يمكن لدرجة ما من الدقة ان يؤدي الى مساواة قيمة زمن الانتشار كل من الإشارات إلى نقطة الاستقبال، وعندئذ بالتقليل الى ادنى حد من تشوهات الاستقبال امتداد المنطقة، التي سيشعر بها المستمع.

## 4. المراجع (References):


[1] Kovalgin Y. A., Volodin, E. J., and Katznelson L. N. Stereophonic Radio Broadcasting and Sound Recording. Publisher: Hot Line – Telecom, Moscow, 2007.

[2] Vykhodets A. V., Ganzha S. N., Kuznetsova A. S. design peculiarities of synchronous FM sound broadcasting networks at VHF. Communication – 2007. № 2. – pp. 60 – 64.

[3] https://en.wikipedia.org/wiki/FM_broadcasting.

[4] ITU (International Telecommunication Union): Final acts of the Regional Administrative Conference for the Planning of VHF Sound Broadcasting (Region 1 and Part of Region 3), Geneva,1984.

[5] Lokshin M. T., Shur A. A., Kokorev A. V, Krasnoshchekov R.A. Networks of TV and FM sound broadcasting at VHF: Handbook. Publisher: Radio and Communication, Moscow, 1988. – 144 p.

[6] Recommendation ITU-R BS.412-9 (12/1998) Planning standards for terrestrial FM sound broadcasting at VHF. https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/bs/R-REC-BS.412-9-199812-I!!PDF-E.pdf

[7] Philipp, J.: Traditional protection ratios in FM sound broadcasting – still appropriate for interference management, Adv. Radio Sci., 9, 391-396, doi: 10.5194/ars-9-391-2011, 2011. www.adv-radio-sci.net/9/391/2011/ars-9-391-2011.pdf.

[8] ITU (International Telecommunication Union): Recommendation ITU-R BS.559-2, Objective measurement of radio-frequency protection ratios in LF, MF and HF broadcasting, Geneva, 1990.

[9] https://en.wikipedia.org/wiki/Distortion.

[10] Harris corporation Intraplex Products. Intraplex Synchrocast Operation and Installation Manual. March, 2002.